

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



**ESTRUCTURAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS Y DOS VARIEDADES  
INTRODUCIDAS DE MAÍZ EN NOCHÁN, OLOPA, CHIQUIMULA**

**CARLOS EDUARDO DÍAZ ZUCHINI**

**Guatemala, julio de 2007**

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

**ESTRUCTURAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS Y DOS VARIEDADES  
INTRODUCIDAS DE MAÍZ EN NOCHAN, OLOPA, CHIQUIMULA**

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

POR

**CARLOS EDUARDO DÍAZ ZUCHINI**

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA  
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

Guatemala, julio de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

**Lic. Carlos Estuardo Gálvez Barrios**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA**

<b>DECANO</b>	<b>Ing. Agr.</b>	<b>Francisco Javier Vásquez Vásquez</b>
<b>VOCAL PRIMERO</b>	<b>Ing. Agr.</b>	<b>Waldemar Nufio Reyes</b>
<b>VOCAL SEGUNDO</b>	<b>Ing. Agr.</b>	<b>Walter Arnoldo Reyes Sanabria</b>
<b>VOCAL TERCERO</b>	<b>Ing. Agr.</b>	<b>Danilo Ernesto Dardón Ávila</b>
<b>VOCAL CUARTO</b>	<b>Br.</b>	<b>Duglas Antonio Castillo Alvarez</b>
<b>VOCAL QUINTO</b>	<b>P. Agr.</b>	<b>José Mauricio Franco Rosales</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>Ing. Agr.</b>	<b>Edwin Enrique Cano Morales</b>

Guatemala, julio de 2007

**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

**ESTRUCTURAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS Y DOS VARIEDADES  
INTRODUCIDAS DE MAÍZ EN NOCHAN, OLOPA, CHIQUIMULA**

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

En espera de su aprobación, me es grato presentarles mi agradecimiento.

Atentamente,

**CARLOS EDUARDO DÍAZ ZUCHINI**

## ACTO QUE DEDICO

**A:**

**DIOS:** Guía espiritual de mi vida que me permite alcanzar una meta más.

**MIS PADRES:** **Albino Díaz Rivera (Q.E.P.D.)** Mi mejor ejemplo de humildad, honradez y trabajo. Lo extrañare siempre.  
**Aída Leticia Zuchini de Díaz,** Amor incondicional. Ejemplo de temple y fortaleza a seguir.

**MI ESPOSA:** **Miriam Lisseth Díaz de Díaz,** por haberme dado los dos regalos más grandes de mi vida.

**MI HIJA:** **Liza María y María Gabriela Díaz Díaz** Amor inconmensurable. Mi fuente de inspiración en la lucha diaria por la vida.

**MIS HERMANOS:** **Sergio Aníbal Díaz Zuchini (Q.E.P.D.)** Estrella en el firmamento que me acompaña y fortalece, vivirá por siempre en mi mente y en mi corazón.  
**Juan Fernando Díaz Zuchini** Ejemplo de lucha y amor por el estudio y de búsqueda por la superación.

**MIS SOBRINOS:** **Luis Fernando y Sergio Anibal** Que mi triunfo profesional les inspire a ser hombres de bien.

**A MIS TIAS, TIOS,  
PRIMOS Y SOBRINOS:** Con mucho cariño.

## AGRADECIMIENTOS

**A:**

**Ing. Agr. Juan Carlos Fuentes:** Por ser muy buen guía, investigador y profesional.  
Por su tiempo y empeño por ayudarme a dar este paso.

**Ing. Agr. Luis Fernando Aguilar Sierra:** Por su amistad y cariño, y por su apoyo en  
mi triunfo profesional.

**Perito Forestal Alberto Morales:** Por su amistad y ayuda en la culminación de mi  
éxito profesional.

**La Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos Guatemala**

**La Escuela Nacional Central de Agricultura, Bárcenas, Villa Nueva**  
Por haberme dado las herramientas necesarias para abrirme paso en la vida.

**Mi Patria Guatemala**

Porque con la contribución de cada uno de sus hijos se convierta en el gran país todos  
soñamos.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	ÍNDICE DE CUADROS	iv
	ÍNDICE DE FIGURAS	v
	RESUMEN	vi
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
3.	MARCO TEÓRICO	3
3.1	MARCO CONCEPTUAL	3
3.1.1	LA EROSIÓN DEL SUELO	3
3.1.2	EROSIÓN HÍDRICA	3
3.1.3	PROCESO DE LA EROSIÓN HÍDRICA	4
	A. Separación	5
	B. Transporte	6
	C. Sedimentación	7
3.1.4	TIPOS DE EROSIÓN HÍDRICA	7
	A. Erosión por chapoteo	7
	B. Erosión por flujo laminar	8
	C. Erosión por flujo canalizado	8
3.1.5	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA EROSIÓN HÍDRICA	8
	A. Precipitación	8
	a. Intensidad	8
	b. Duración	8
	c. Frecuencia	9
	B. Relieve	9
	a. Grado de pendiente	9
	b. Longitud de pendiente	9
	C. Cubierta vegetal	9
	a. Densidad	9
	b. Tipo de cultivo	9
	D. Tipo de suelo	9
	a. Propiedades físicas	9
	b. Propiedades químicas	10
	c. Propiedades biológicas	10
3.1.6	CONSERVACIÓN DE SUELOS	10
3.1.7	ESTRUCTURAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS	10
	A. Terrazas de banco o bancales	11
	B. Acequias de ladera	13
3.1.8	MÉTODO DE CLAVOS Y ROLDANAS	14
3.2	MARCO REFERENCIAL	15
3.2.1	LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO	15
3.2.2	VÍAS DE ACCESO	15
3.2.3	CONDICIONES CLIMÁTICAS	15
3.2.4	CONDICIONES EDÁFICAS	15
3.2.5	CONDICIONES SOCIOECONÓMICAS	16
3.2.6	CONDICIONES DE CULTIVO	16
3.2.7	MATERIAL EXPERIMENTAL	16
	A. La Máquina 7422	16
	B. ICTA B5	16

4.	OBJETIVOS	17
4.1	OBJETIVO GENERAL	17
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
5.	HIPÓTESIS	18
6.	METODOLOGÍA	19
6.1	TRATAMIENTOS	19
6.1.1	DESCRIPCIÓN DE FACTORES Y NIVELES EVALUADOS	19
6.1.2	CODIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	19
6.1.3	DISEÑO EXPERIMENTAL	20
6.1.4	MODELOS ESTADÍSTICOS	20
6.2	VARIABLES DE RESPUESTA	21
6.3	MANEJO DEL ENSAYO	21
6.3.1	CONDICIONES DE DISEÑO	21
6.3.2	CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTRUCTURAS DE CONSERVACIÓN DE SUELO	21
	A. Terrazas de banco	21
	B. Acequias de ladera	22
	C. Acequias de ladera con camellones	22
6.3.3	TRAZO Y PREPARACIÓN DEL TERRENO	23
6.3.4	SIEMBRA	23
6.3.5	FERTILIZACIÓN	24
6.3.6	MANEJO DE MALEZAS	24
6.3.7	MANEJO FITOSANITARIO	24
6.3.8	COSECHA	24
6.4	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	24
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
7.1	LÁMINA DE SUELO EROSIONADO	25
7.1.1	LÁMINA DE SUELO EROSIONADO A LOS 30 DÍAS DE EVALUACIÓN	26
7.1.2	LÁMINA DE SUELO EROSIONADO A LOS 60 DÍAS DE EVALUACIÓN	27
7.1.3	LÁMINA DE SUELO EROSIONADO A LOS 90 DÍAS DE EVALUACIÓN	28
7.1.4	LÁMINA DE SUELO EROSIONADO A LOS 120 DÍAS DE EVALUACIÓN	29
7.1.5	GRADO DE CONTROL SOBRE LA EROSIÓN HÍDRICA DE LAS ESTRUCTURAS DE CONSERVACIÓN	30
7.2	TASA DE EROSIÓN HÍDRICA EN LAS ESTRUCTURAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS EN FUNCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN ACUMULADA	31
7.3	HUMEDAD DEL SUELO	32
7.4	RENDIMIENTO DE MAÍZ EN KILOGRAMOS POR HECTÁREA	33
7.4.1	RENDIMIENTO DE MAÍZ SEGÚN LA ESTRUCTURA DE CONSERVACIÓN DE SUELOS	34
7.4.2	RENDIMIENTO DE MAÍZ SEGÚN LA VARIEDAD DE MAÍZ	35
7.5	ANÁLISIS ECONÓMICO	36
8.	CONCLUSIONES	38
9.	RECOMENDACIÓN	39
10.	BIBLIOGRAFÍA	40



**ÍNDICE DE CUADROS**

Cuadro 1.	Distancia entre acequias según la pendiente del terreno	13
Cuadro 2.	Codificación de los tratamientos	19
Cuadro 3.	Lámina de suelo erosionado en milímetros en cada estructura de conservación de suelos, a los 30, 60, 90 y 120 días de evaluación	25
Cuadro 4.	Precipitación mínima, máxima, promedio y días de lluvia a los 30, 60, 90 y 120 días de evaluación de las estructuras de conservación de suelos, en aldea Nochán, Olopa, Chiquimula	31
Cuadro 5.	Humedad en el suelo a los 45 y 90 días después de la siembra del cultivo de maíz en cada estructura de conservación de suelos	33
Cuadro 6.	Resumen del análisis de varianza para la variable de respuesta rendimiento de maíz en kilogramos por hectárea	33
Cuadro 7.	Costo total de producción depreciado según la estructura de conservación de suelos	36
Cuadro 8.	Rentabilidad de las estructuras de conservación de suelos al cultivar maíz en forma manual, en la aldea Nochán, Olopa, Chiquimula	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Esquema general de la erosión hídrica	4
Figura 2.	Impacto de las gotas de lluvia sobre un suelo desnudo	5
Figura 3.	Etapas del proceso de erosión hídrica	6
Figura 4.	Elementos de diseño de sección de transporte de terraza de banco	12
Figura 5.	Resumen de Tukey para la lámina de suelo erosionado en milímetros a los 30 días de evaluación	26
Figura 6.	Resumen de Tukey para la lámina de suelo erosionado en milímetros a los 60 días de evaluación	27
Figura 7.	Resumen de Tukey para la lámina de suelo erosionado en milímetros a los 90 días de evaluación	28
Figura 8.	Resumen de Tukey para la lámina de suelo erosionado en milímetros a los 120 días de evaluación	29
Figura 9.	Grado de control sobre la erosión hídrica, expresado en porcentaje de suelo conservado respecto al testigo de tres estructuras de conservación de suelos	30
Figura 10.	Tasa de erosión hídrica en cada estructura de conservación de suelos, en función de la precipitación acumulada	32
Figura 11.	Resumen de Tukey para el rendimiento de maíz en kg/ha según la estructura de conservación de suelo	34
Figura 12.	Resumen de Tukey para el rendimiento de maíz en kg/ha según la variedad de maíz empleada	35

**ESTRUCTURAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS Y DOS VARIEDADES  
INTRODUCIDAS DE MAÍZ EN NOCHÁN, OLOPA, CHIQUIMULA**

**SOILS CONSERVATION STRUCTURES AND TWO CORN INTRODUCED VARIETIES  
AT NOCHÁN, OLOPA, CHIQUIMULA**

**RESUMEN**

La presente investigación constituye una evaluación preliminar de tres estructuras de conservación de suelos y 2 variedades introducidas de maíz en Nochán, Olopa, Chiquimula. En esta área se inició la construcción de estructuras de conservación de suelos impulsadas por la antigua Dirección General de Servicios Agrícolas. El objetivo de esta evaluación fue determinar que estructura presenta las mayores ventajas en el control de la erosión hídrica.

Las prácticas evaluadas fueron: terraza de banco, acequia de ladera con camellones, acequia de ladera, las cuales se compararon con respecto al testigo, el cual fue manejado de acuerdo a la forma de cultivo tradicional que desarrollan los agricultores de la región. Además se evaluó el rendimiento de dos variedades de maíz: La Máquina 7422 e ICTA B-5, también comparados con la variedad local, con las mismas condiciones de manejo.

Resultado de la investigación se tiene que durante un período de 120 días, en el terreno sin conservación del suelo se perdió una lámina de 12.80 mm de suelo; con la construcción de terrazas de banco se redujo la lámina de suelo erosionada en un 78.46 %, con las acequias de camellones se redujo la lámina de erosión en un 60.00 % y con las acequias de ladera se redujo la lámina erosionada en un 46.89 por ciento.

Desde el punto de vista económico se recomienda cultivar la variedad de maíz ICTA B-5, en el sistema de acequias de ladera con camellones ya que se obtiene la máxima rentabilidad del 18.82 por ciento.

Para lograr el mayor grado de conservación del suelo, es recomendable implementar el sistema de terrazas de banco, para lo cual es necesario buscar alternativas de cultivos que compensen el costo de su implementación.

## 1. INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso natural que el hombre, de acuerdo al manejo que le proporcione, puede conservarlo de manera sostenible, o año con año, contribuir a su deterioro hasta el punto que no sea posible desarrollar agricultura en él.

En la aldea Nochán, Olopa, Chiquimula, los suelos dedicados a la agricultura, se encuentran con pendientes que de acuerdo al grado de inclinación favorecen el desarrollo de la erosión hídrica, por lo que es importante su conservación mediante prácticas que reduzcan la velocidad de la escorrentía superficial.

Siendo el maíz el cultivo principal de ésta comunidad, en la presente investigación se evaluaron dos variedades de maíz y tres prácticas de conservación de suelo, sobre un terreno con una pendiente del 30 por ciento, de textura franco arcilloso y una profundidad de 40 centímetros.

La investigación aporta información sobre el grado de control, que tiene cada estructura de conservación de suelos, según el régimen de lluvias presentado durante un período de evaluación de 120 días; así mismo analiza desde el punto de vista económico la rentabilidad del cultivo de maíz según la estructura de conservación de suelos empleada.

## **2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

La aldea Nochán, Olopa, Chiquimula, área del presente estudio, es una comunidad cuya principal actividad productiva es la agricultura; sin embargo, los suelos utilizados para dicha actividad están en terrenos con pendientes bastante pronunciadas, los cuales constantemente están siendo erosionados principalmente por el agua de lluvia. Esto motiva a que exista una pérdida progresiva en el rendimiento de los cultivos, con un claro efecto de deterioro del ingreso económico que el agricultor obtiene de dicha actividad; aunado a ello el uso de variedades locales de maíz de bajo rendimiento contribuye a que la producción no sea económicamente viable.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 MARCO CONCEPTUAL**

##### **3.1.1 LA EROSIÓN DEL SUELO**

La erosión es el proceso al que obedece la forma cambiante de la superficie terrestre. Consiste en la separación de las partículas y agregados de la “masa” de suelo y en su transporte y sedimentación en posiciones inferiores al punto original. Los agentes de la erosión pueden ser el agua, el viento, la gravedad, los cambios de temperatura y la actividad biológica (15).

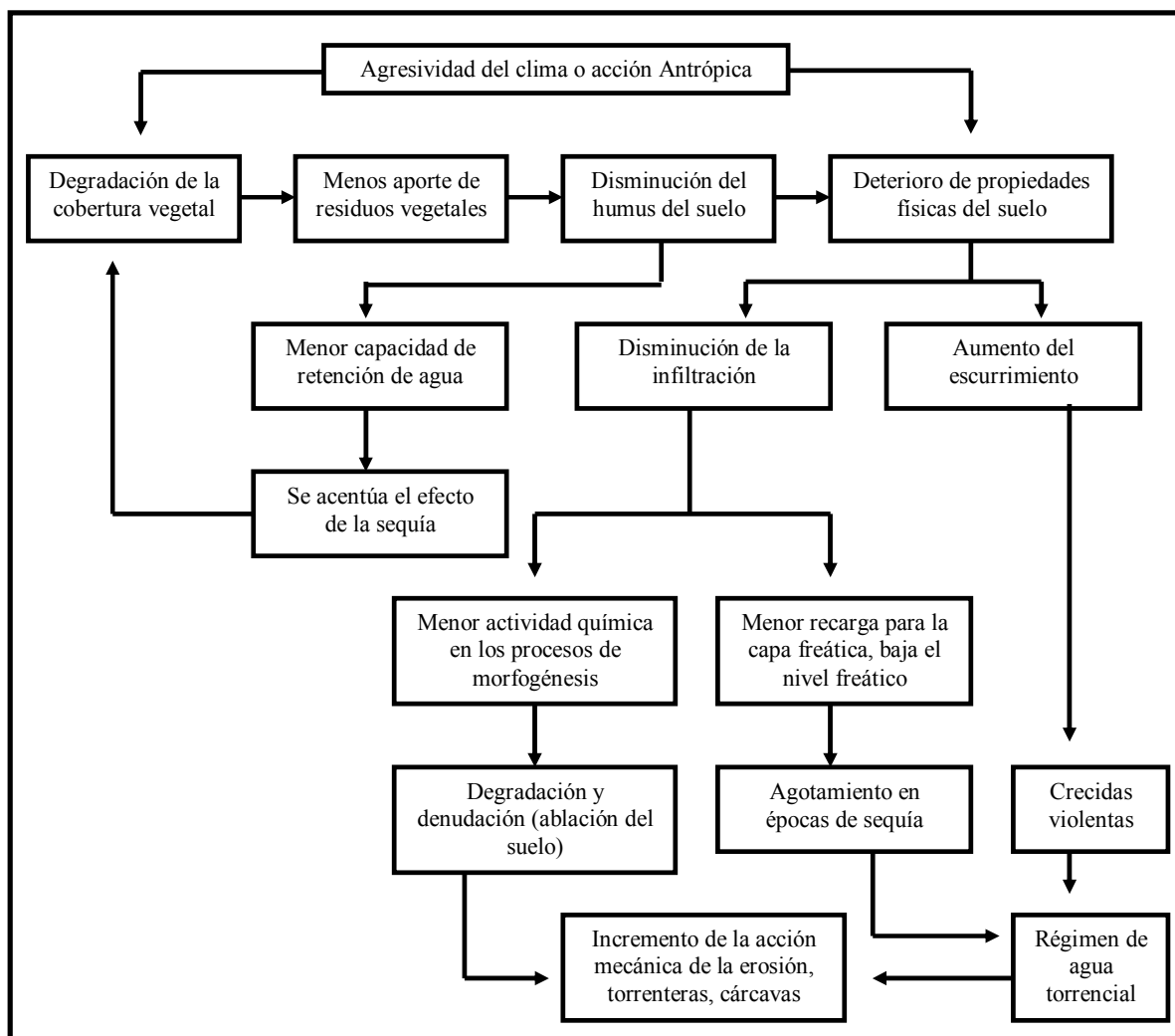
Hay que diferenciar entre erosión geológica, que ocurre en condiciones naturales y es responsable de la configuración de la tierra y la erosión acelerada, donde la actividad del hombre juega un papel preponderante. Mientras que las fuerzas que actúan en la erosión geológica escapan del alcance del hombre y las tasas de erosión raramente exceden de 1 mm por año. En la erosión acelerada el hombre interviene magnificando el proceso, por lo que las tasas de erosión son mayores (15).

En el sentido amplio el término erosión se emplea para referirse a la erosión acelerada, la cual puede definirse como el proceso de desprendimiento y arrastre acelerado de las partículas del suelo por un agente activo, que puede ser el agua o el viento (15).

El agua y el viento promueven los dos principales tipos de erosión acelerada, cuando la pérdida del suelo se encuentra relacionada con el agua de precipitación, la erosión se denomina hídrica y cuando durante la época seca la pérdida del suelo de su lugar original se debe especialmente al viento la erosión se denomina eólica (15).

##### **3.1.2 EROSIÓN HÍDRICA**

La erosión hídrica es el proceso que consiste en la separación, transporte y sedimentación del suelo por el agua. Las causas y efectos de este proceso, se presentan en la Figura 1.



Fuente (15)

**Figura 1. Esquema general de la erosión hídrica.**

Las pérdidas de suelo por erosión hídrica puede expresarse en unidad de peso por unidad de área, por milímetro de lluvia, en un determinado lapso de tiempo ( $\text{mg/ha} \cdot \text{año}$ ) o en lámina anual de suelo perdido, en base a una densidad aparente del suelo dada en ( $\text{mm/año}$ ) (15).

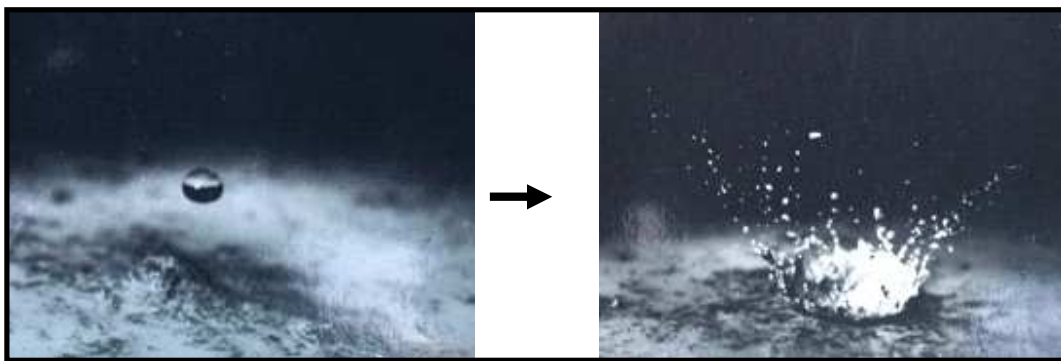
### 3.1.3 PROCESOS DE LA EROSIÓN HÍDRICA

En la erosión hídrica se distinguen tres procesos principales como son: la separación, el arrastre y la sedimentación del suelo.

### A. Separación

Es el proceso por el cual se produce el aflojamiento, separación y disgregación de los agregados del suelo, en partículas de tamaños transportables. Se mide en unidades de peso por superficie (mg/ha, g/m<sup>2</sup>).

La escorrentía y la erosión del suelo se inician con el impacto de gotas de lluvia sobre el suelo desnudo. Cuando llueve, gotas de hasta 6 mm de diámetro bombardean la superficie del suelo (Figura 2) a velocidades de impacto de hasta 32 kilómetros por hora (1)

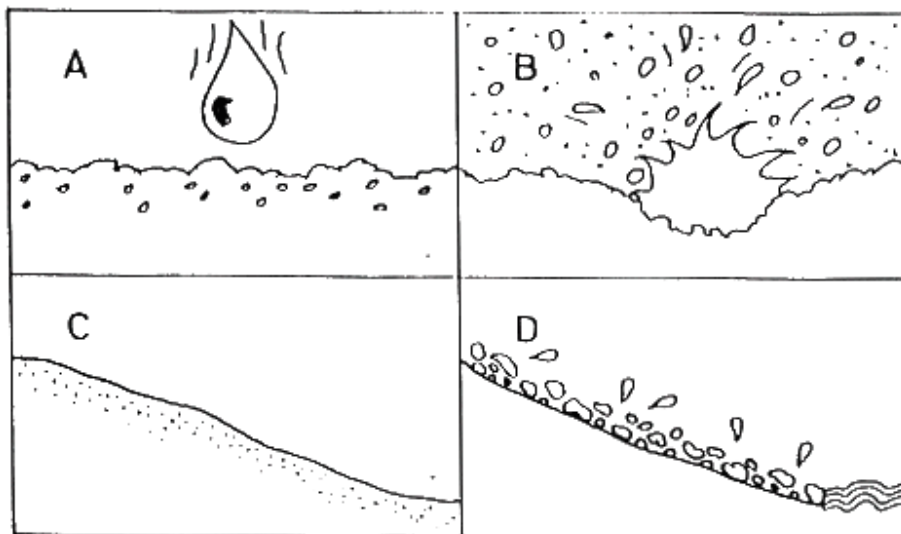


Fuente (1)

**Figura 2. Impacto de las gotas de lluvia sobre un suelo desnudo.**

Suelo salpicado en postes de cercos o murallas en un campo o una parcela de suelo desnudo es evidencia de la fuerza de grandes gotas de lluvia cayendo sobre un suelo desnudo (5). Meyer y Mannering (11) reportaron, que las gotas de lluvia que caen durante un año en una hectárea de tierra, ejercen un impacto de energía equivalente a 50 toneladas de dinamita. Esta energía que llevan las gotas de lluvia, desagrega el suelo en partículas muy pequeñas que obstruyen los poros, provocando una selladura superficial que impide la rápida infiltración del agua (Figura 3)





Fuente: (2)

**Figura 3. Etapas del proceso de erosión hídrica**

Por el impacto de la gota de lluvia sobre el suelo desnudo (Figura 3A), sus agregados son desintegrados en partículas minúsculas (Figura 3B), que tapan los poros formando una selladura superficial (3C), provocando el escurrimiento superficial del agua de lluvia. El agua que escurre carga partículas de suelo que son depositadas en lugares más bajos cuando la velocidad de escurrimiento es reducida (3D) (2).

### **B. Transporte**

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 (mg/km, g/m) (15).

Al impactar la gota de lluvia en el suelo desnudo, las partículas pequeñas que desprenden del suelo sellan el suelo contiguo (Figura 3B y 3C), por lo que sólo una pequeña parte del agua de lluvia consigue infiltrarse, siendo que la mayor parte se escurre superficialmente, perdiéndose para las plantas y causando, al descender las laderas, daños apreciables por erosión (1).

El secado del sellamiento superficial tiene como resultado el encostramiento del suelo, que puede dificultar o hasta impedir la germinación y emergencia de semillas de los cultivos sembrados. El encostramiento del suelo solamente se forma en condiciones de suelo desnudo. Suelos altamente

susceptibles al encostramiento no presentan este problema una vez que se utiliza la siembra directa y sistemas de cobertura permanente del suelo (1).

### **C. Sedimentación**

Proceso por el cual los materiales de suelo transportados son depositados al disminuir la capacidad de transporte del flujo de agua. Al igual que ocurre con la erosión eólica, la erosión hídrica también es un proceso intermitente, pues el suelo depositado, vuelve a ser transportado, bajo una nueva actividad del agua (15).

La posibilidad de sedimentación del material transportado, va a depender del tamaño y la densidad de las partículas transportadas y de la energía del flujo de escorrentía, la distancia a la cual serán transportadas las partículas varía desde unos pocos centímetros hasta cientos de kilómetros. Generalmente la arena gruesa se queda en las depresiones de los surcos de los cultivos, mientras que la arcilla y el humus coagulan por la concentración de electrolitos y los materiales finos (limos y arenas muy finas) permanecen en suspensión hasta que la velocidad del flujo desciende a valores muy bajos depositándose en las llamadas playas de sedimento o embalses, lagos y ríos (15).

### **3.1.4 TIPOS DE EROSIÓN HÍDRICA**

La erosión por acción del agua se clasifica como erosión por chapoteo, por flujo superficial y erosión por flujo canalizado (3).

#### **A. Erosión por chapoteo**

Consiste en la dispersión de pequeñas partículas por la acción de las gotas de agua que causan desprendimiento y movimiento debido a la fuerza y cantidad de lluvia que golpea al suelo desnudo, con lo cual se alcanza que chapoteen el suelo hasta 61 cm de altura y 152 cm de distancia (3).

Los suelos más fácilmente separados por el chapoteo erosivo de las gotas de lluvia son las arenas finas y los limos. Las partículas más gruesas son más difíciles por su mayor volumen y peso. La mayoría de los suelos de textura más fina, como las arcillas y los franco arcillosos, no son

realmente separados por las fuerzas de cohesión que mantienen los agregados, aunque las arcillas muy húmedas pueden estar en estado disperso después del congelamiento y descongelamiento (3).

### **B. Erosión por flujo laminar**

El agua de escorrentía es responsable de mucha de la erosión. Mueve partículas de suelo por arrastre superficial, salto y suspensión. El arrastre superficial significa movimiento de suelo húmedo y supersaturado pendiente abajo, por una acción de rodaje o arrastre. El salto se origina cuando agua turbulenta obliga a las partículas de suelo a saltar cuando se mueven hacia abajo. Las pequeñas partículas que nunca tocan la superficie del suelo, cuando se mueven a lo largo del flujo son llevadas por suspensión. El color de las aguas se debe al suelo transportado por suspensión (3).

### **C. Erosión por flujo canalizado**

Cuando el agua se mueve sobre la superficie del suelo, algo se concentra en los lugares bajos para cortar depresiones más profundas o canales. El flujo continuado desarrolla canales menores; más tarde estos canales se convierten en cárcavas (3).

## **3.1.5 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA EROSIÓN HÍDRICA**

Entre los factores que influyen en la mayor o menor erosión hídrica de los suelos pueden distinguirse tres, la precipitación, relieve, cubierta vegetal y tipo de suelo; a continuación se presenta un resumen detallado de los mismos.

### **A. Precipitación**

#### **a. Intensidad**

Cuando sobrepasa los 25 mm/hora causa erosión, debajo de este nivel la energía es tan baja que las gotas no tienen capacidad de realizar el trabajo de erosión (6).

#### **b. Duración**

Cuando se considera conjuntamente con la intensidad, la duración refleja la magnitud de la tormenta. Tormentas menores de 12.7 mm de lámina se consideran no erosivas y mayores de 45 mm se consideran de gran erosividad (14).

**c. Frecuencia**

Se refiere al número de veces que se repite un evento en un período determinado. Cuando la frecuencia es amplia el suelo se encuentra seco y al humedecerse se disgregan los agregados debido a la mayor cantidad de aire atrapado. En suelos con alto contenido de arcillas expandibles las lluvias frecuentes provocan una mayor erosión (15, 20).

**B. Relieve****a. Grado de pendiente**

Al aumentar la pendiente la velocidad del flujo se incrementa de tal manera que al duplicarse la pendiente, la cantidad de suelo erosionada es de 2.5 veces (15).

**b. Longitud de pendiente**

La pérdida de suelo se incrementa 1.5 veces por unidad de área, cuando se dobla la longitud de la pendiente (15).

**C. Cubierta vegetal****a. Densidad**

Una buena densidad vegetal sobre el suelo (100 %), impedirá que las gotas de lluvia lleguen directamente a él disipando la energía cinética de las gotas de lluvia, además que las raíces de éstas amarran el suelo, principalmente las de raíces fibrosas como los pastos (15, 20).

**b. Tipo de cultivo**

Si son árboles reducirán la energía cinética de las gotas de lluvia las cuales resbalarán por hojas y ramas hasta el suelo permitiendo una mayor infiltración y recarga del manto acuífero, en tanto que los cultivos limpios como el maíz tienen escasa cobertura (densidad) y facilitan en mayor grado a erosión menor retención de agua en el suelo (20).

**D. Tipo de suelo****a. Propiedades físicas**

Las texturas sueltas como las arenosas son más susceptibles a la erosión, en tanto que las arcillosas no permiten la libre infiltración del agua, lo que también resulta dañino, una buena textura

puede ser una franca arcillo-arenosa, la cual resiste muy bien el efecto del desprendimiento y arrastre del suelo ya sea por el agua o por el viento. Un suelo profundo es más resistente a la erosión que un suelo poco profundo, se considera que es fácil de erosionar un suelo de unos 20 centímetros de profundidad (3).

**b. Propiedades químicas**

Suelos con altos contenidos de sodio en arcillas expandibles son susceptibles a la erosión, puesto que con lluvias frecuentes se hinchan las arcillas y son arrastradas por el agua. Suelos con alto contenido de materia orgánica mantienen una mejor agregación de las partículas evitando la erosión y suelos con bajos contenidos de materia orgánica tienden a ser más sueltos y por ende más fácil de erosionarse (15).

**c. Propiedades biológicas**

La micro y macro flora y fauna del suelo es muy importante pues en suelos donde es abundante, permiten procesos de descomposición de la materia orgánica que liberan exudados que unen las partículas de suelo, en tanto que donde la población biológica es baja los suelos no se agregan uniformemente facilitando la erosión (15, 20).

### **3.1.6 CONSERVACIÓN DE SUELOS**

Como conservación de suelos se define a la protección, mejora y uso de los mismos, de acuerdo a los principios que aseguren su máximo beneficio económico y social. Son las acciones remediabiles que se toma para reducir la erosión inducida por el hombre a límites aceptables.

El uso del suelo debe darse de acuerdo a sus características físicas y químicas limitantes, para mantenerlo inalterado de acuerdo a sus limitaciones de clima y topografía (13, 16).

### **3.1.7 ESTRUCTURAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS**

Toda estructura encaminada a aumentar las resistencias o disminuir las fuerzas que intervienen en la erosión de los suelos se denominan estructuras de conservación de suelos, que son parte de las prácticas de conservación de suelos.

### A. Terrazas de banco o banales

Las terrazas de banco o banales son una de las prácticas mecánicas de conservación más conocidas. Al igual que las prácticas culturales, estas tienen como objetivo disminuir la velocidad de la escorrentía sobre el terreno. Al mismo tiempo, da oportunidad al suelo de absorber la mayor cantidad de agua o bien guiar la misma a sitios donde no ocasionen daños. Hay que insistir en que la velocidad de la escorrentía, la cantidad de agua de lluvia y la erosión son factores íntimamente relacionados.

Las terrazas de banco son estructuras bastante comunes que han sido utilizadas desde tiempos precolombinos. Los Incas en Perú y Ecuador, construyeron una alta cantidad de ellas (9).

Las terrazas consisten en plataformas o escalones construidos por taludes protegidos. La construcción de las terrazas evita la erosión, benefician al agricultor y previenen el empobrecimiento de los terrenos, pues no sólo ayudan a almacenar el agua en el suelo, sino que evitan el desgaste producido por las lluvias.

Los datos que se necesitan para el trazo y la construcción de una terraza de acuerdo a Kirkby (9), son los siguientes:

- a. Profundidad del Horizonte A del suelo (H).
- b. Pendiente del terreno (p).
- c. Textura del suelo superficial para estimar taludes.

La fórmula para determinar el corte de una terraza es:

$$C = \frac{3 \times H}{4 \times p}$$

- C = Ancho de corte.  
 H = Espesor del horizonte A en metros.  
 p = Pendiente del terreno en metro por metro.

La fórmula para determinar el ancho del terraplén (T) es:

$$T = C - H$$

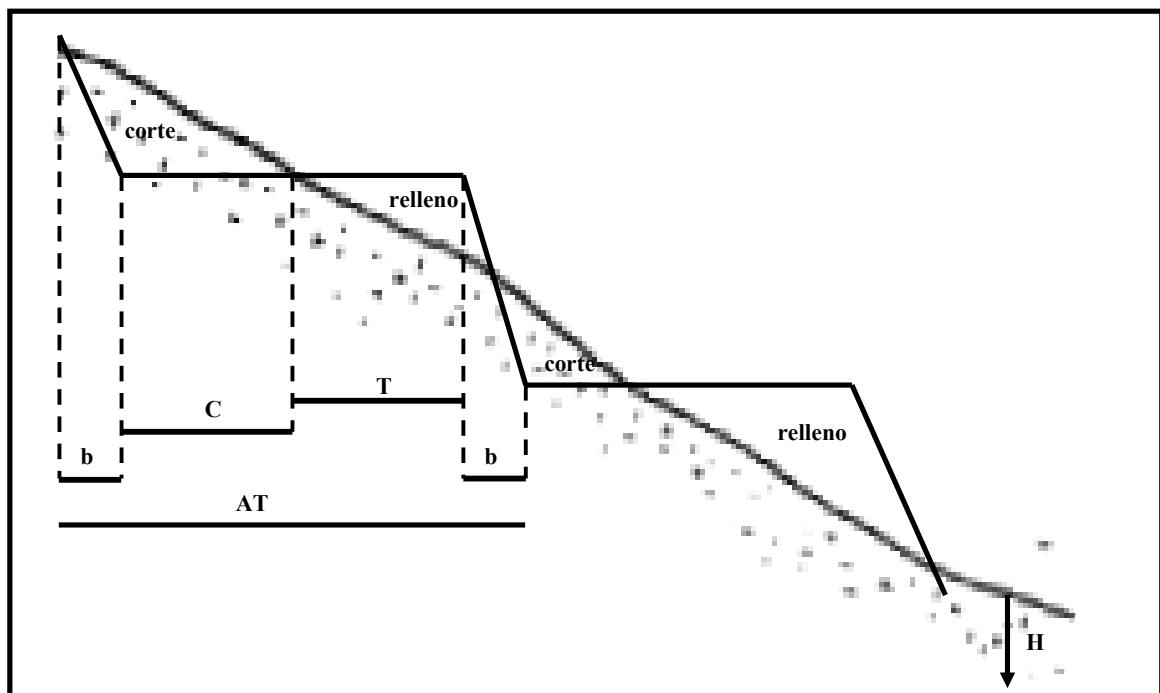
De tal forma que, al ancho de corte se le resta el espesor del horizonte A para obtener el ancho del terraplén.

La fórmula para determinar el ancho total de la estructura es:

$$AT = C + T + 2b$$

El valor de b se estima de acuerdo a la textura del suelo, aunque en términos generales en taludes 1:1 puede considerarse este valor como la profundidad del horizonte A, en tal caso  $H = b$  (12).

Para ubicar, a partir del terreno, donde se encuentran las variables de la fórmula se presenta la Figura 4.



**Figura 4. Elementos de diseño de sección transversal de terraza de banco.**

## B. Acequias de Ladera

Las acequias de ladera son estructuras mecánicas utilizadas especialmente en regiones de mucha lluvia y en terrenos con pendientes entre 10 y 30%, en los que no es posible construir terrazas de base ancha. Consiste en canales de 30 cm de ancho en el fondo, con taludes de proporción 1:1 y de profundidad y desnivel variables, los que se construyen a distancias regulares de acuerdo con la pendiente y uso del terreno y siguiendo una curva a nivel o con un poco de desnivel. A 15 cm del borde superior de la acequia y a todo lo largo de ella, se siembra siempre una barrera vegetativa con el objeto de filtrar el agua que llegue al canal y en esa forma disminuir la cantidad de material que en el se deposita.

Hay que recordar que la acequia tiene una dimensión fija en el ancho del fondo y varían sólo su profundidad y desnivel (13).

De acuerdo al Resource Conservation Glossary (16), entre las ventajas de las acequias de ladera, están las siguientes:

- a. Los terrenos preservan mayor cantidad de agua.
- b. Se logra filtrar el agua de lluvia para que no arrastre el suelo.
- c. Protegen al suelo contra la erosión.
- d. Conforme transcurre el tiempo, ayudan a formar las terrazas al natural.
- e. Se obtienen cosechas abundantes y los ingresos, por lo tanto, serán mayores.
- f. Aumenta el valor del terreno.

La tabla para determinar las distancias entre acequias, se presenta en el Cuadro 1:

**Cuadro 1. Distancia entre acequias según la pendiente del terreno**

Pendiente (Porcentaje)	Distancia entre Acequias (metros)
5	12.19
10	9.14
15	8.23
20	7.01
25	5.49
30	5.18

Fuente: Manual de Conservación de suelos (12)



### **3.1.8 MÉTODO DE CLAVOS Y ROLDANAS**

Es un método utilizado para cuantificar el suelo perdido por erosión. Este método se utiliza cuando la erosión producida es en forma laminar y consiste en lo siguiente (9).

En el área donde se quiere cuantificar la erosión, se ubica un transecto de dimensiones variables (20, 50, 100 m).

A lo largo del trayecto y a intervalos regulares (5, 10, 20 m) se colocan clavos de 30 cm de largo con roldana, de tal forma que ésta descansa sobre la superficie del suelo y la cabeza del clavo la toque ligeramente.

A intervalos regulares (mensual o anual) se hacen observaciones sobre la altura del suelo erosionado en cada sitio de muestreo y se saca el valor medio.

Algunas veces, al actuar la erosión en algunos sitios de observación, puede haber acumulación de sedimentos, de tal manera que la roldana quede en contacto con la superficie original del terreno y encima de ella permanezca el suelo sedimentado. En este caso se considera lo que se perdió por erosión únicamente (8, 16).

## **3.2 MARCO REFERENCIAL**

### **3.2.1 LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO**

La aldea en la cual se realizó la investigación se denomina Nochán, pertenece al municipio de Olopa, del departamento de Chiquimula. Se encuentra a una Latitud Norte de 14° 41' 25" y Longitud Oeste de 89° 21' 00", a una altitud de 1,335 msnm. Tiene una extensión aproximada de 4 kilómetros cuadrados, lo que es equivalente a un área aproximada de 9 caballerías.

### **3.2.2 VÍAS DE ACCESO**

Se comunica con la cabecera municipal de Olopa por medio de una brecha, por la cual pueden circular vehículos sólo durante la época de verano. La distancia es de 4 kilómetros a la cabecera municipal de Olopa y 42 kilómetros a la ciudad de Chiquimula.

### **3.2.3 CONDICIONES CLIMÁTICAS**

La comunidad de Nochán se encuentra en la Zona de Vida Bosque Húmedo Subtropical (templado), con una temperatura promedio anual que oscila entre 18 °C a °24 C, con una precipitación media anual de 1,400 mm, siendo el período de lluvias frecuentes de mayo a noviembre.

### **3.2.4 CONDICIONES EDÁFICAS**

Según Simmons, et al (19), los suelos de la región pertenecen a la serie Subinal siendo superficiales, con una profundidad alrededor de 10 centímetros, con contenido de arcilla café, muy oscura o casi negra, que es plástica cuando está húmeda. El contenido de materia orgánica es alrededor del 8 %.

La topografía es en general quebrada o escarpada, con una pendiente en general que oscila entre 20 y 40%.

Debido a las condiciones anteriores, los suelos son altamente susceptibles a la erosión y por lo tanto es necesaria la construcción de estructuras de conservación de suelos que la eviten.

### **3.2.5 CONDICIONES SOCIOECONÓMICAS**

La mayoría de habitantes de las aldeas son agricultores y jornaleros que trabajan en el campo y su nivel económico es bajo.

No cuentan con asistencia técnica eficiente, por lo que los rendimientos obtenidos de los cultivos son muy bajos, lo que provoca un precario ingreso económico.

### **3.2.6 CONDICIONES DE CULTIVO**

En los materiales de maíz locales, existe susceptibilidad a plagas y enfermedades, además de que no se realiza control. Los rendimientos obtenidos por los agricultores oscilan entre 770 y 950 kg/ha.

### **3.2.7 MATERIAL EXPERIMENTAL**

#### **A. La Máquina 7422**

Plantas de maíz de ciclo intermedio, tienen un follaje verde oscuro con hojas erectas que le dan muy buena apariencia. La altura de planta fluctúa entre 2.25 m a 2.30 m. Las mazorcas son grandes, con granos semi cristalinos blancos de muy buen peso.

Los rendimientos en muchas localidades donde se ha cultivado, llegan a ser comparables a los mejores híbridos comerciales comúnmente sembrados en Guatemala. Su rendimiento supera los 4,156 kg/ha bajo buenas condiciones de humedad y fertilización (8).

#### **B. ICTA B5**

Se recomienda para aquellas áreas que durante el invierno tienen limitantes de humedad, es decir con precipitación pluvial escasa o mal distribuida.

Es una planta precoz, cuyo ciclo oscila de 90 a 100 días a la cosecha. Su baja altura de planta (2.00 m) y poco follaje permiten sembrarla en asocio con otros cultivos como frijol y sorgo. Su rendimiento oscila alrededor de 3,571 kg/ha y se recomienda que sea cosechada al estar de punto, ya que si se deja en el campo mucho tiempo, podrán presentarse mermas en el rendimiento por daño de gorgojo y otras plagas. El grano es blanco semicristalino (8).

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Analizar el impacto de tres estructuras de conservación de suelos en la producción y rentabilidad de dos variedades de maíz en la aldea Nochán, Olopa, Chiquimula.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 4.2.1 Medir el grado de control que sobre la erosión hídrica, provocan tres prácticas de conservación de suelos.
- 4.2.2 Evaluar el potencial productivo del suelo conservado, a través del rendimiento del cultivo de maíz.
- 4.2.3 Estimar la rentabilidad del cultivo de maíz en las estructuras de conservación de suelos.

## **5. HIPÓTESIS**

- 5.1 Todas las prácticas de conservación de suelos tendrán la misma eficiencia en el control de la erosión hídrica.
- 5.2 Las distintas combinaciones de prácticas de conservación de suelos y variedades de maíz adaptables al lugar, representan la misma opción de beneficio económico para la población.

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1 TRATAMIENTOS

Para analizar el impacto de estructuras sobre la conservación de suelos cultivados en la aldea Nochán, Olopa, Chiquimula, se evaluaron dos factores, el A y el B; el factor A contiene tres estructuras de conservación de suelos, el factor B tres variedades de maíz, lo cual hace un total de doce tratamientos.

#### 6.1.1 DESCRIPCIÓN DE FACTORES Y NIVELES EVALUADOS

**Factor A:** Estructuras de conservación de suelos

- A1:** Terraza de banco
- A2:** Testigo (sin práctica de conservación)
- A3:** Acequia de ladera
- A4:** Acequia con camellón

**Factor B:** Variedades de maíz

- B1:** Local
- B2:** ICTA B-5
- B3:** La Máquina 7422

#### 6.1.2 CODIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

En el Cuadro 2, se presenta la codificación y la descripción de cada uno de los doce tratamientos evaluados.

**Cuadro 2.** Codificación de los tratamientos

Tratamiento	Combinación	Estructura de conservación	Variedad de maíz
1	A1B1	Terraza de Banco	Local
2	A1B2	Terraza de Banco	ICTA B-5
3	A1B3	Terraza de Banco	La Máquina
4	A2B1	Acequia con camellones	Local
5	A2B2	Acequia con camellones	ICTA B-5
6	A2B3	Acequia con camellones	La Máquina
7	A3B1	Acequia	Local
8	A3B2	Acequia	ICTA B-5
9	A3B3	Acequia	La Máquina
10	A4B1	Testigo	Local
11	A4B2	Testigo	ICTA B-5
12	A4B3	Testigo	La Máquina

### 6.1.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para efectuar la presente investigación se utilizó un experimento bifactorial, en arreglo en parcelas divididas en donde las parcelas grandes correspondió a las estructuras de conservación de suelos y en las parcelas pequeñas se sembraron las tres variedades de maíz. Los tratamientos se distribuyeron mediante un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

### 6.1.4 MODELOS ESTADÍSTICOS

Los modelos estadísticos empleados fueron los siguientes:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_j + A_i + \xi_{ij} + B_k + AB_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

**Donde:**

**Y<sub>ijk</sub>** = Variable de respuesta (Rendimiento de maíz en kg/ha) asociada a la ijk-ésima unidad experimental.

**μ** = Efecto de la media general.

**β<sub>j</sub>** = Efecto del j-ésimo bloque.

**A<sub>i</sub>** = Efecto de la i-ésima estructura de conservación de suelos.

**ξ<sub>ij</sub>** = Error experimental asociado a la parcela grande.

**B<sub>k</sub>** = Efecto de la k-ésima variedad de maíz.

**AB<sub>ik</sub>** = Efecto debido a la interacción de la i-ésima estructura de conservación de suelos con la k-ésima variedad de maíz.

**ε<sub>ijk</sub>** = Error experimental asociado a la parcela pequeña.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j \varepsilon_{ij}$$

**Donde:**

**Y<sub>ij</sub>** = Variable de respuesta (erosión en milímetros) de la ij-ésima unidad experimental

**μ** = Efecto de la media general.

**T<sub>i</sub>** = Efecto de la i-ésima estructura de conservación de suelos.

**β<sub>j</sub>** = Efecto del j-ésimo bloque.

**ε<sub>ij</sub>** = Efecto del error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental.

## 6.2 VARIABLES DE RESPUESTA

- a. Lámina de suelo erosionado en milímetros.
- b. Porcentaje de humedad del suelo.
- c. Rendimiento de maíz en kilogramos por hectárea.

## 6.3 MANEJO DEL ENSAYO

### 6.3.1 CONDICIONES DE DISEÑO

- |                                  |  |
|----------------------------------|--|
| <b>A. Pendiente del terreno:</b> | 30 por ciento.                               |
| <b>B. Textura del suelo:</b>     | Franco arcilloso.                            |
| <b>C. Espesor del horizonte:</b> | 0.40 metros.                                 |
| <b>E. Precipitación:</b>         | Registros de la estación, Olopa, Chiquimula. |

### 6.3.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTRUCTURAS DE CONSERVACIÓN DE SUELO

El diseño de las estructuras de conservación de suelos, se realizó con base a las condiciones de diseño, obteniéndose los resultados siguientes para cada una de ellas.

#### A. Terrazas de banco

Ancho del terraplén de 0.60 m

Ancho de corte de 1.0 m

Ancho aprovechable (terraplén + corte ) de 1.60 m.

Ancho total de la terraza de 2.40 m.

Terrazas en una hectárea con pendiente del 30 % es de 40.

Metros de terraza por hectárea de 4,000 m (100 x 40).

Metros de terraza finales por jornal, 7.00 m.

Jornales para una hectárea 571 jornales.

Costo del jornal de Q. 30.00.

Costo total para 40 terrazas de banco en una hectárea de Q. 17,130.00

Costo de mantenimiento anual de Q. 685.20



**B. Acequias de ladera**

Base de la acequia de 0.30 m.

Base superior de la acequia de 0.50 m.

Ancho total de acequia con borde de 0.85 m.

Profundidad de 0.40 m.

Distancia entre acequias de 7 m.

Acequias en

Acequias en una hectárea con 30 % de pendiente de 13 acequias.

Metros totales de acequia por hectárea de 1,300 m (13 x 100 m).

Metros de acequia por jornal de 15 m.

Jornales por hectárea de 87.

Costo del jornal a Q. 30.00.

Costo total para 11 acequias en una hectárea de Q. 2,610.00.

Costo de mantenimiento anual de Q. 104.40.

**C. Acequias de ladera con camellones**

Base de la acequia de 0.30 m.

Base superior de la acequia de 0.50 m.

Ancho total de acequia con borde de 0.85 m.

Profundidad de 0.40 m.

Distancia entre acequias de 7 m.

Acequias en

Acequias en una hectárea con 30 % de pendiente de 13 acequias.

Metros totales de acequia por hectárea de 1,300 m (13 x 100 m).

Metros de acequia por jornal de 15 m.

Jornales por hectárea de 87.

Costo del jornal a Q. 30.00

Camelloneado (6 jornales) de Q. 180.00

Costo total para 13 acequias con camellones en una hectárea de Q. 2,790.00.

Costo de mantenimiento anual de Q. 111.60

### 6.3.3 TRAZO Y PREPARACIÓN DEL TERRENO

En el trazo y preparación del área experimental, primero se limpió el terreno, luego se construyeron las estructuras de conservación de suelos, de acuerdo a las recomendaciones técnicas indicadas en el inciso anterior. En cada bloque se elaboraron cuatro grandes parcelas grandes, una de terrazas de banco, una de acequias de ladera con camellones, una de acequia de ladera, y la del testigo; la asignación de estas cuatro parcelas grandes dentro del bloque fue completamente al azar.

Luego dentro de cada una de las parcelas grandes en cada bloque se sortearon las variedades de maíz, ICTA B-5, La Máquina y la variedad local. Cada bloque constó, entonces de 12 unidades experimentales.

La longitud, sobre la pendiente de las estructuras de conservación de suelos fue de 9.60 m, y el ancho (perpendicular a la pendiente) fue de 7 metros, para un área bruta total de 67.20 m<sup>2</sup> por unidad experimental. Sobre la longitud de 9.60 metros en el terreno, fue posible elaborar cuatro terrazas de banco, con una longitud libre de siembra de 6.40 metros (1.60 m x 4 terrazas) y 6 m de ancho para un área neta de 38.40 m<sup>2</sup>. Sobre la misma longitud a favor de la pendiente de 9.60 m, también se construyeron dos acequias (con camellones y sin camellones), con un área libre para siembra entre acequias de 7 m x 7 m, de los cuales se consideró como parcela neta la parte central de 6.4 m x 7 m para un área neta de 38.40 m<sup>2</sup>; igualmente para el testigo (sin prácticas de conservación de suelos) la parcela bruta fue de 67.20 m<sup>2</sup> (9.60 m x 7 m) y la parcela neta fue de 38.40 m<sup>2</sup> (6.40 m x 6 m).

### 6.3.4 SIEMBRA

La siembra se realizó a una distancia de 0.80 m entre surcos y 0.40 m entre plantas. Es importante resaltar que para una hectárea de terreno con una pendiente del 30 por ciento, es posible cultivar según la estructura de conservación de suelo lo siguiente:

<b>Terraza de banco:</b>	40 terrazas	80 surcos	20,000 plantas/ha.
<b>Acequia de ladera:</b>	13 acequias	104 surcos	26,000 plantas/ha.
<b>Sin conservación:</b>		119 surcos	29,750 plantas/ha.

### **6.3.5 FERTILIZACIÓN**

Para la fertilización se emplearon 65 kg/ha de urea por hectárea a los ocho días después de la siembra y luego a los 50 días se aplicaron 95 kg/ha de triple quince.

### **6.3.6 MANEJO DE MALEZAS**

Se efectuaron dos limpiezas en forma manual, la primera a los 15 días y la segunda a los 35 días después, realizando juntamente el aporque.

### **6.3.7 MANEJO FITOSANITARIO**

Para el control de la principal plaga, que fue el gusano cogollero, se aplicó volatón granulado al diez por ciento a razón de 13 kilogramos por hectárea.

### **6.3.8 COSECHA**

La cosecha se realizó de forma manual, tomando en cuenta para el análisis de la información los datos obtenidos de la parcela neta y también considerando, de acuerdo a la estructura de conservación de suelos, el rendimiento por hectárea obtenido.

## **6.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Para el análisis de la información de la variable de respuesta rendimiento de maíz en kilogramos por hectárea se realizó el análisis de varianza para un arreglo combinatorio de parcelas divididas en un diseño en bloques completos al azar, luego se procedió a realizar la prueba múltiple de separación de medias de Tukey para establecer que estructura conserva mejor el suelo y que variedad de maíz ofrece el mayor rendimiento.

Se establecieron los costos de producción del cultivo y los costos de implementación de las estructuras de conservación de suelos, depreciado a 20 años plazo y con ello se obtuvo la rentabilidad del cultivo de maíz bajo cada estructura de conservación de suelo.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 LÁMINA DE SUELO EROSIONADO

La lámina de suelo erosionado en un área conservada con estructuras de conservación de suelos, con pendiente del 30 por ciento y cultivado con maíz, en la aldea Nochán, Olopa, Chiquimula, se presenta en el Cuadro 3.

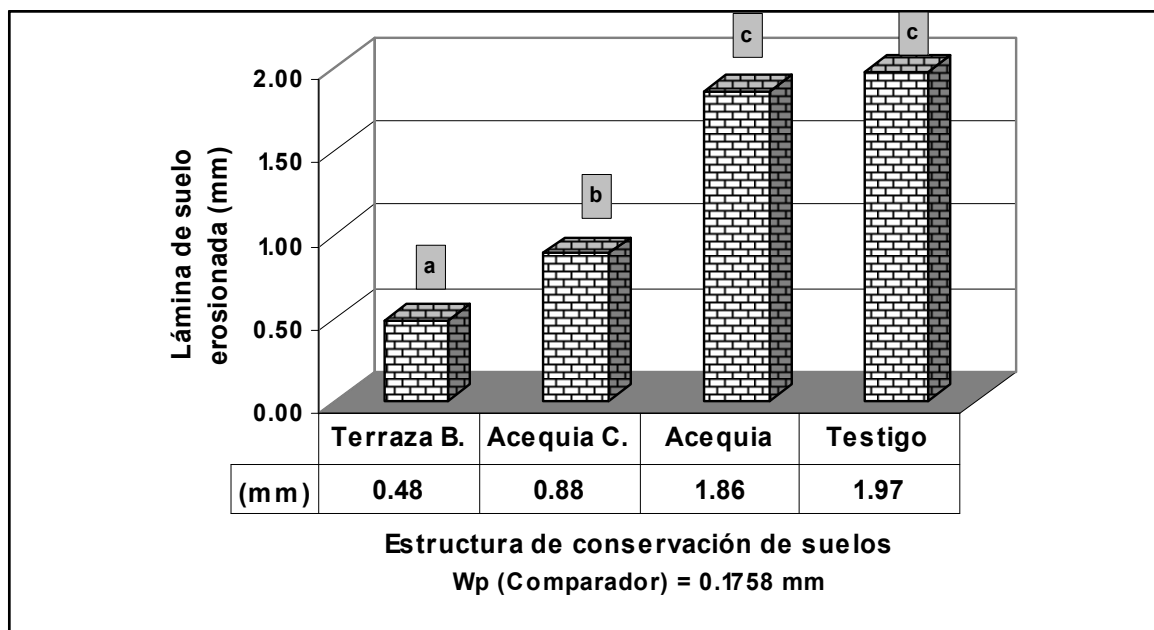
**Cuadro 3. Lámina de suelo erosionado en milímetros en cada estructura de conservación de suelos, a los 30, 60, 90 y 120 días después de la evaluación**

<b>Lamina de suelo erosionado en milímetros a los 30 días después de la siembra</b>					
<b>Estructura de Conservación</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Media</b>
<i>Terraza de banco</i>	0.44	0.50	0.55	0.44	<b>0.48</b>
<i>Acequia con camellones</i>	0.88	0.83	0.88	0.94	<b>0.88</b>
<i>Acequia</i>	1.88	1.77	1.83	1.94	<b>1.86</b>
<i>Testigo (sin conservación)</i>	2.00	1.94	2.11	1.83	<b>1.97</b>
<b>Lamina de suelo erosionado en milímetros a los 60 días después de la siembra</b>					
<b>Estructura de Conservación</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Media</b>
<i>Terraza de banco</i>	1.55	1.50	1.38	1.50	<b>1.48</b>
<i>Acequia con camellones</i>	2.16	2.88	3.11	2.66	<b>2.70</b>
<i>Acequia</i>	3.72	4.72	4.55	4.05	<b>4.26</b>
<i>Testigo (sin conservación)</i>	9.50	9.11	9.94	9.83	<b>9.60</b>
<b>Lamina de suelo erosionado en milímetros a los 90 días después de la siembra</b>					
<b>Estructura de Conservación</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Media</b>
<i>Terraza de banco</i>	1.83	2.00	2.16	2.44	<b>2.11</b>
<i>Acequia con camellones</i>	3.72	3.33	3.77	3.88	<b>3.68</b>
<i>Acequia</i>	5.22	5.00	4.83	5.61	<b>5.17</b>
<i>Testigo (sin conservación)</i>	11.11	10.83	10.50	11.33	<b>10.94</b>
<b>Lamina de suelo erosionado en milímetros a los 120 días después de la siembra</b>					
<b>Estructura de Conservación</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Media</b>
<i>Terraza de banco</i>	2.83	3.05	2.38	2.77	<b>2.76</b>
<i>Acequia con camellones</i>	5.88	5.38	4.88	4.33	<b>5.12</b>
<i>Acequia</i>	6.94	6.00	6.61	7.65	<b>6.80</b>
<i>Testigo (sin conservación)</i>	12.72	12.94	13.05	12.50	<b>12.80</b>

Como se aprecia en el Cuadro 3, la lámina de suelo erosionado, fue en aumento a medida que transcurrió el tiempo; también se aprecia que en el terreno donde no se aplicaron estructuras de conservación de suelos, la lámina de suelo erosionado, fue mayor desde la primera lectura realizada a los 30 días después de la siembra del cultivo de maíz y en cada lectura siguiente la diferencia fue mucho mayor. Con base a la información del Cuadro 3, se realizaron los análisis de varianza para cada una de las cuatro lecturas, los promedios de la lámina de suelo erosionado por estructura de conservación se presentan en los incisos siguientes.

### 7.1.1 LÁMINA DE SUELO EROSIONADO A LOS 30 DÍAS DESPUÉS DE EVALUACIÓN

El resumen del análisis de varianza (anexo 1), indica que hay diferencias significativas para la lámina de suelo erosionado entre las estructuras de conservación de suelos; la prueba de separación de medias de Tukey establece que para que dos tratamientos sean estadísticamente diferentes, la diferencia mínima entre ambos debe ser de 0.1758 mm de suelo erosionado y los grupos Tukey se presentan en la Figura 5.



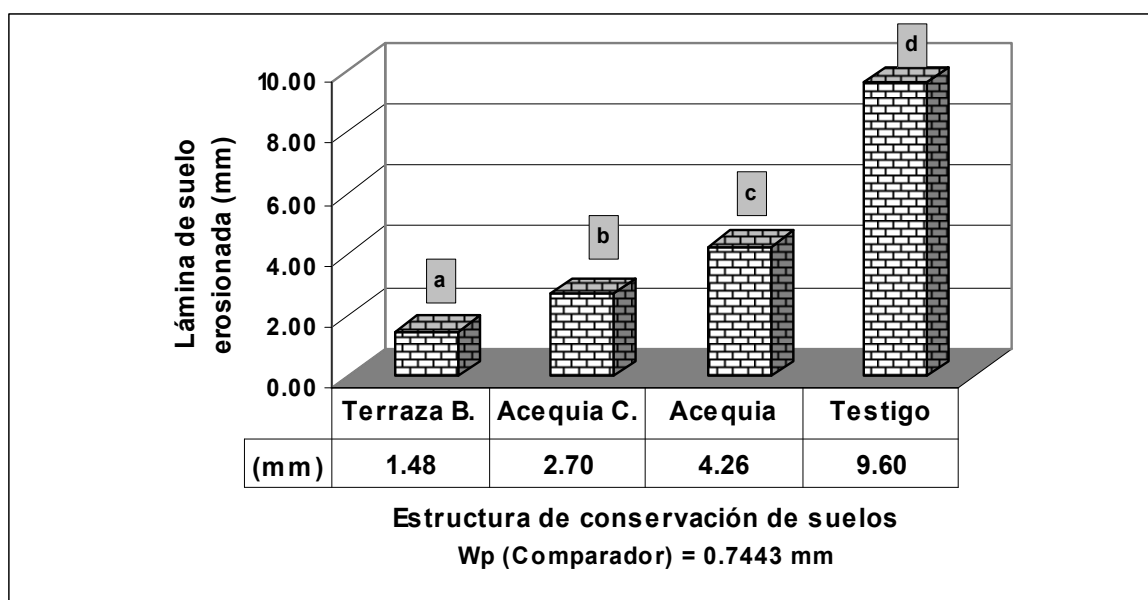
**Figura 5. Resumen de Tukey para la lámina de suelo erosionado en milímetros a los 30 días de evaluación.**

A los 30 días de evaluación de las estructuras de conservación de suelos, con una precipitación acumulada durante el período de 60.90 mm en 19 días de lluvia, y una máxima de 9 mm de lluvia por día, en el terreno sin conservación de suelos así como en el terreno donde se construyeron acequias de ladera, se perdió estadísticamente la misma lámina de suelo con 1.97 y 1.86 mm respectivamente; la estructura de conservación que mejor conservó el suelo fueron las terrazas de banco pues se perdió la menor lámina de suelo de 0.48 mm, seguido por la estructura de acequia de ladera con camellones donde se perdieron 0.88 mm de suelo durante los primeros 30 días de evaluación.

Respecto al testigo, en las terrazas se logró conservar durante los primeros 30 días de evaluación, alrededor de un milímetro y medio de suelo y en las acequias de ladera con camellones se conservó un poco más de un milímetro de suelo; en tal sentido, se considera importante y con resultados prácticos la elaboración de estructuras para la conservación del suelo.

### 7.1.2 LÁMINA DE SUELO EROSIONADO A LOS 60 DÍAS DE EVALUACIÓN

A los 60 días de evaluación, también se presentaron diferencias estadísticas entre las estructuras de conservación de suelos, según lo indica el resumen del análisis de varianza del anexo 1; la magnitud de las diferencias del suelo perdido a los 60 días se presenta en la Figura 6.



**Figura 6. Resumen de Tukey para la lámina de suelo erosionado en milímetros a los 60 días de evaluación.**

Con 35.50 mm de lluvia durante los 30 días previos y 96.40 mm de lluvia acumulada durante toda la evaluación con una lluvia máxima por día de 7 mm por día, se perdieron láminas de suelo como las que se aprecian en la Figura 6. Cada estructura de conservación de suelos presentó una lámina de suelo perdida estadísticamente distinta; a los 60 días de evaluación la acequia de ladera y el testigo que a los 30 días fueron estadísticamente iguales, aquí son estadísticamente diferentes con 4.26 mm y 9.60 mm de suelo perdidos respectivamente.

Es evidente que las estructuras de conservación de suelo, en el peor de los casos evitaron la pérdida de más de 5 mm de suelo (Acequia de ladera) y en el mejor de los casos evitaron la pérdida de más de 8 mm de suelo (terraza de banco).

De los 30 a los 60 días de evaluación, fue el período donde se perdió la mayor lámina de suelo, respecto a las otras tres lecturas, por lo que es importante notar que de durante este período de evaluación con alrededor de la mitad de precipitación (35.50 mm de lluvia) respecto a los primeros 30 días, se perdió más del triple de suelo (300 por ciento más) que durante los primeros 30 días de evaluación con el doble de precipitación (60.90 mm), lo cual puede obedecer a que el suelo ya se encontraba saturado y que estos 35.50 mm se registraron en apenas diez días de lluvia, por lo que la escorrentía arrastrando partículas de suelo fue mayor.

### 7.1.3 LÁMINA DE SUELO EROSIONADO A LOS 90 DÍAS DE EVALUACIÓN

La lámina de suelo erosionada a los 90 días de evaluación fue estadísticamente distinta en cada estructura de conservación de suelos (resumen del análisis de varianza, anexo 1); las medias separadas según la prueba de Tukey se presenta en la Figura 7.

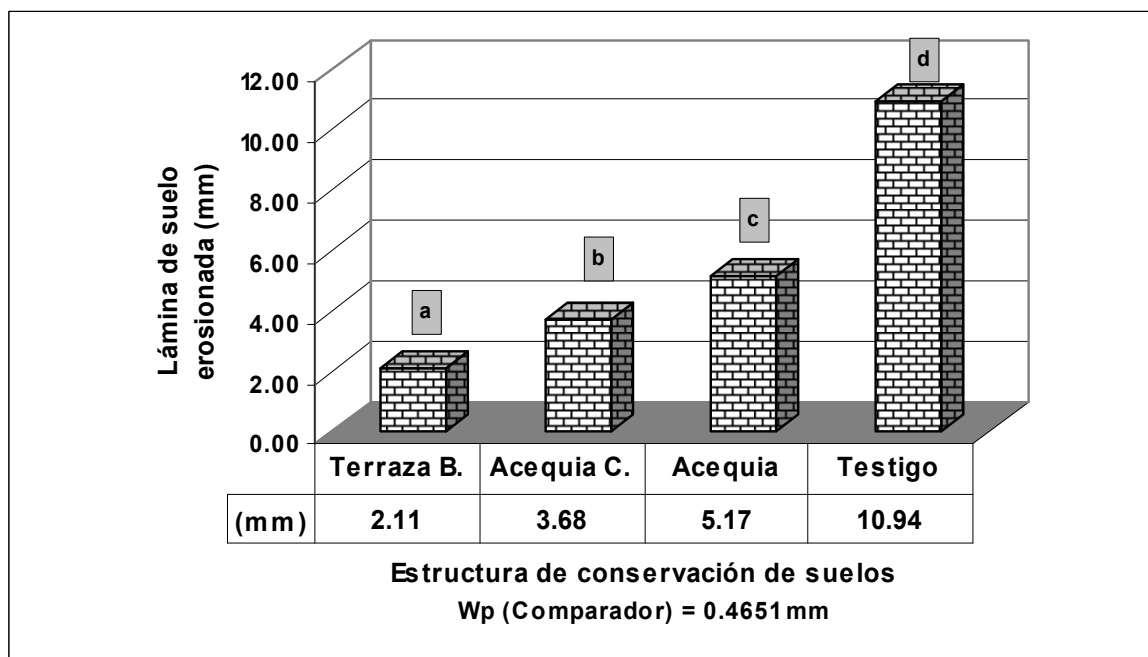


Figura 7. Resumen de Tukey para la lámina de suelo erosionado en milímetros a los 90 días de evaluación.

De los 60 a los 90 días, precipitaron 45.40 mm en 17 días de lluvia, con una máxima de 5.2 mm por día; el incremento en la lámina de suelo erosionado respecto a la lectura anterior (60 días), es menor al 40 por ciento, lo cual se debe a que la precipitación estuvo mejor distribuida y la lluvia por día fue tal que el suelo tuvo la oportunidad de infiltrar y almacenar, antes de producirse un exceso de escorrentía.

Las estructuras de conservación de suelos, continuaron ejerciendo influencia para contrarrestar el arrastre y pérdida de partículas del suelo, siendo la terraza de banco, la mejor estructura con una lámina perdida de 2.11 mm, en tanto que en el testigo (sin conservación de suelo) se perdieron 10.94 mm de suelo.

#### 7.1.4 LÁMINA DE SUELO EROSIONADO A LOS 120 DÍAS DE EVALUACIÓN

Durante la última lectura, a los 120 días de evaluación, las estructuras de conservación de suelos, mostraron diferencias significativas, respecto a la lámina de suelo perdida (resumen del análisis de varianza en anexo 1). La lámina de suelo promedio erosionada se presenta en el resumen de la prueba de Tukey en la Figura 8.

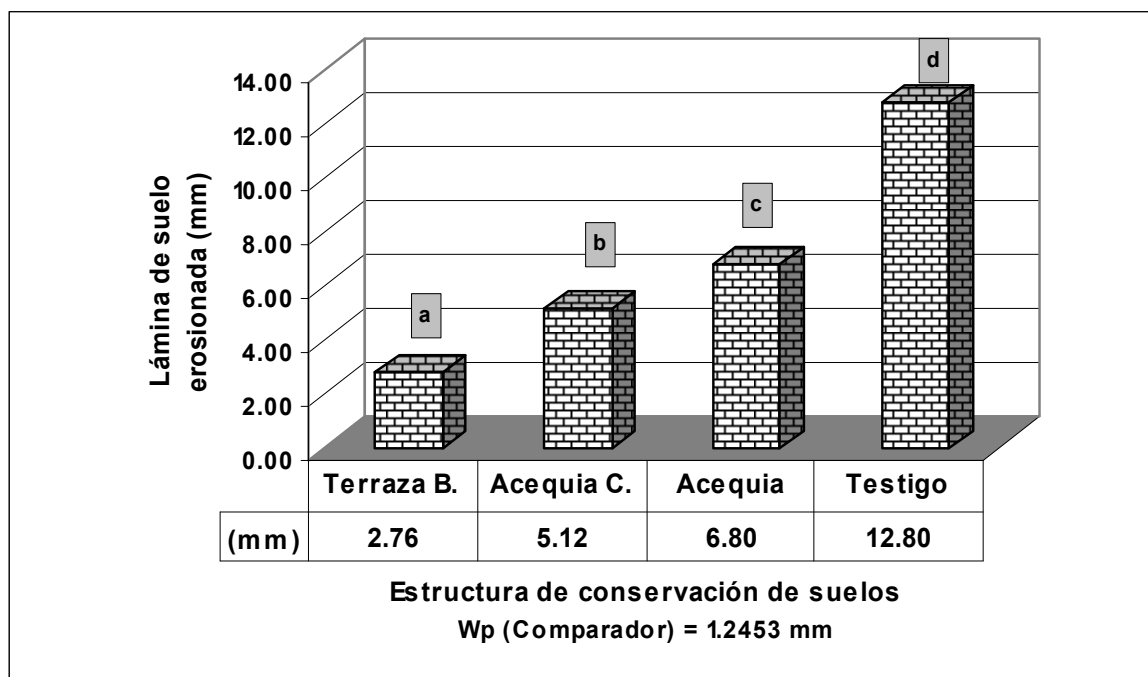


Figura 8. Resumen de Tukey para la lámina de suelo erosionado en milímetros a los 120 días de evaluación.

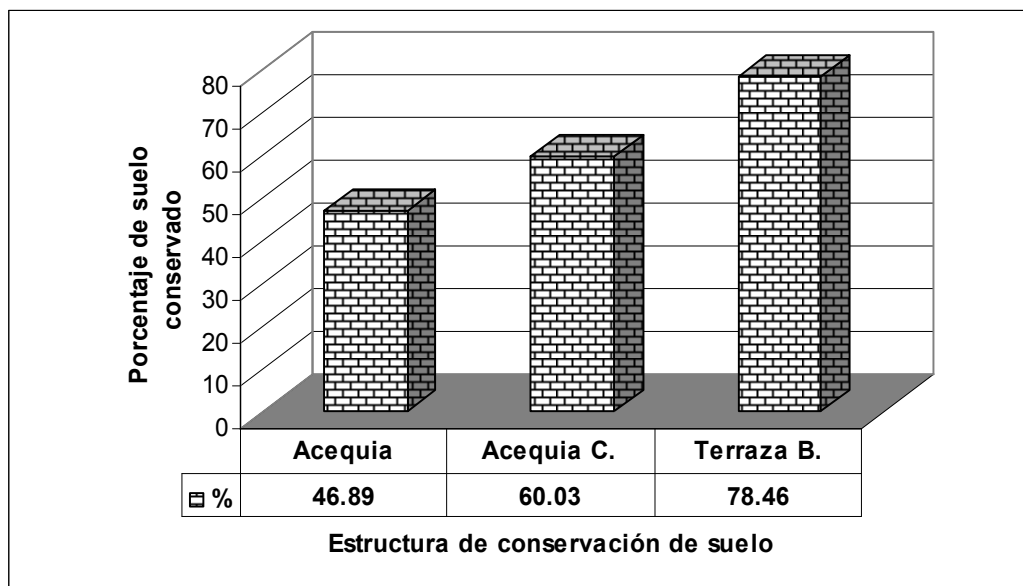


La mayor lámina de suelo perdido se tuvo en el testigo (sin práctica de conservación), con 12.80 mm de suelo perdido, es decir, 4.63 veces más suelo perdido ( $12.80/2.76 = 4.63$  m) que en donde se conservó el suelo con terrazas de banco y 2.5 veces más suelo perdido que en donde se construyeron acequias de ladera con camellones.

Al igual que en las últimas dos lecturas (60 y 90 días), la mejor estructura para conservar el suelo fue la terraza de banco; en los últimos 30 días en esta estructura (de los 90 a 120 días), con 53 mm de lluvia distribuidos en 18 días, la lámina de suelo perdido aumentó de 2.11 mm (90 días) a 2.76 mm (120 días), es decir 0.65 mm perdidos durante el intervalo de 30 días; por otro lado, en el terreno testigo (sin práctica de conservación), se perdieron durante el mismo intervalo (de los 90 a los 120 días) 1.86 mm de suelo (de 10.94 mm a 12.80 mm), que representan el 67 por ciento del total de suelo perdido en la estructura de conservación de terraza de banco durante todo el período de evaluación que corresponde a 120 días.

### 7.1.5 GRADO DE CONTROL SOBRE LA EROSIÓN HÍDRICA DE LAS ESTRUCTURAS DE CONSERVACIÓN

En la Figura 9, se presenta el grado de control sobre la erosión hídrica, que ofreció cada una de las tres estructuras de conservación de suelos.



**Figura 9.** Grado de control sobre la erosión hídrica, expresado en porcentaje de suelo conservado respecto al testigo de tres estructuras de conservación de suelos.

Del cien por ciento de suelo erosionado en la parcela testigo (12.80 mm) durante un período de evaluación de 120 días, con la estructura de conservación de suelos de acequias de ladera, se logró conservar el 46.89 por ciento, con las acequias de ladera con camellones se conservó el 60.03 por ciento del suelo y con las terrazas de banco se conservó el 78.46 por ciento del suelo.

## 7.2 TASA DE EROSIÓN HÍDRICA EN LAS ESTRUCTURAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS EN FUNCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN ACUMULADA

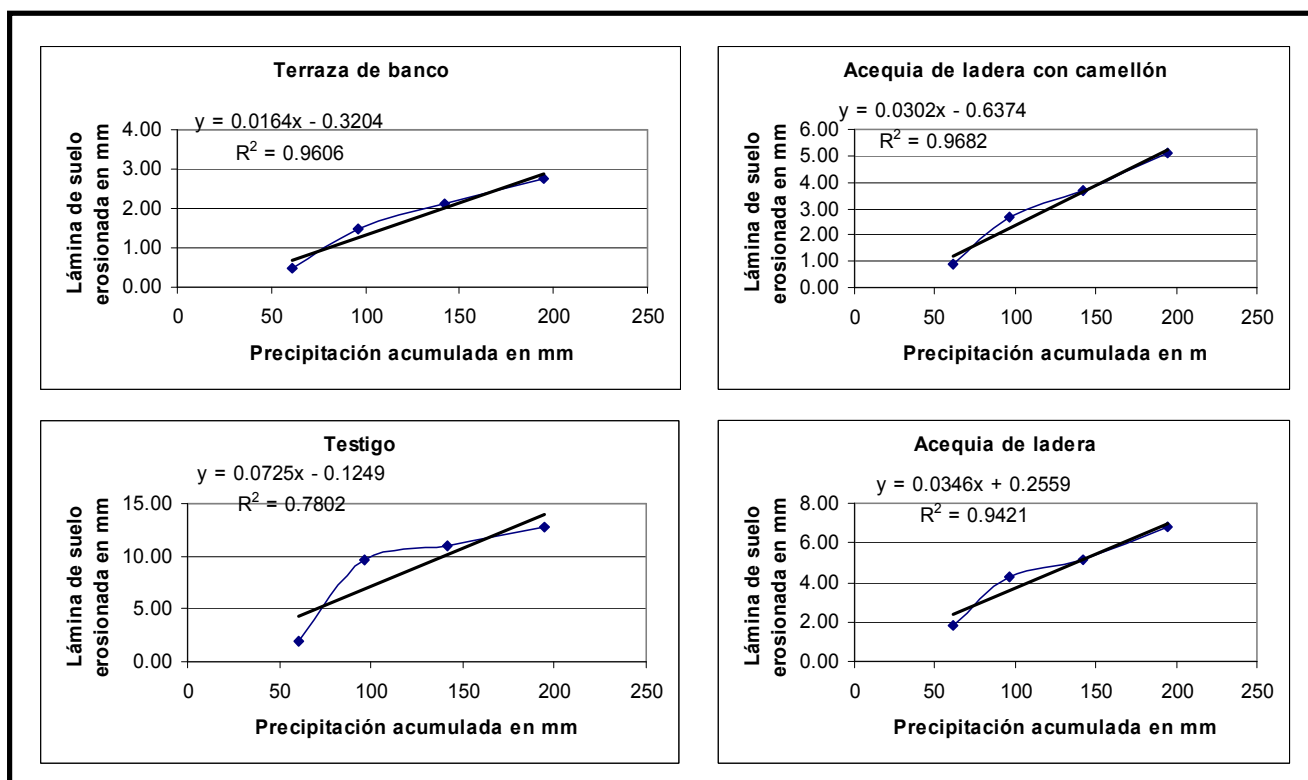
En el Cuadro 4, se presenta el resumen de la precipitación a los 30, 60, 90 y 120 días de evaluación de las estructuras de conservación de suelos, en el anexo 2, se presenta la precipitación diaria.

**Cuadro 4. Precipitación mínima, máxima, promedio y días de lluvia a los 30, 60, 90 y 120 días de evaluación de las estructuras de conservación de suelos, en aldea Nochán, Olopa, Chiquimula.**

Característica	Precipitación en mm a días de evaluación			
	30 días	60 días	90 días	120 días
<b>Mínima</b>	1.10 mm	1.20 mm	1.20 mm	1.20 mm
<b>Máxima</b>	9.00 mm	7 mm	5.2 mm	5.00 mm
<b>Total</b>	60.90 mm	35.50 mm	45.40 mm	53.00 mm
<b>Acumulada</b>	60.90 mm	96.40 mm	141.80 mm	194.80 mm
<b>Días de lluvia</b>	19 días	10 días	17 días	18 días
<b>Promedio</b>	3.21 mm/día	3.55 mm/día	2.67 mm/día	2.94 mm/día

Durante el período de evaluación de las estructuras de conservación de suelos, se tuvo una precipitación acumulada de 194.80 mm; a los 60 días de evaluación se tuvieron 35.50 mm de lluvia en tan solo diez días, teniendo como promedio 3.55 mm/día de lluvia, que es el valor máximo alcanzado.

Con los datos de la precipitación acumulada y la lámina de suelo erosionada en cada uno de los cuatro tratamientos se realizaron análisis de regresión a fin de conocer la tasa de erosión en cada de las tres estructuras de conservación de suelo así como en el testigo (Figura 10).



**Figura 10. Tasa de erosión hídrica en cada estructura de conservación de suelos, en función de la precipitación acumulada.**

En las terrazas de banco la tasa de erosión hídrica fue de 0.16 mm de suelo perdido por cada diez mm de lluvia, en las acequias de ladera con camellón la tasa de erosión hídrica fue de 0.30 mm de suelo perdido por cada diez mm de lluvia, en las acequias de ladera la tasa de erosión hídrica fue de 0.35 mm de suelo perdido por cada diez mm de lluvia y en el terreno testigo (sin práctica de conservación de suelos), la tasa de erosión hídrica fue de 0.73 mm de suelo perdido por cada diez mm de lluvia.

### 7.3 HUMEDAD DEL SUELO

A los 45 y 90 días después de la siembra del cultivo de maíz, la humedad del suelo en cada estructura de conservación de suelos fue la que se muestra en el Cuadro 5.

**Cuadro 5. Humedad en el suelo a los 45 y 90 días después de la siembra del cultivo de maíz en cada estructura de conservación de suelos.**

<b>Estructura</b>	<b>45 dds</b>	<b>90 dds</b>
<b>Terraza de banco</b>	27.30	24.68
<b>Acequia de ladera con camellón</b>	26.18	22.87
<b>Acequia de ladera</b>	25.20	23.00
<b>Testigo (sin conservación)</b>	23.93	20.13

La estructura de conservación de suelo, que conservó más humedad fue la terraza de banco con 27.30 y 24.68 por ciento a los 45 y 90 días respectivamente; en el terreno sin conservación de suelo, se tuvo el menor porcentaje de retención de humedad en el suelo. Las estructuras de conservación de suelo de acequia de ladera con camellones y acequia de ladera simple, presentaron una humedad del suelo media en relación al testigo y las terrazas de banco.

#### **7.4 RENDIMIENTO DE MAÍZ EN KILOGRAMOS POR HECTÁREA**

Los datos de campo del rendimiento de maíz en kilogramos por hectárea, para cada una de las unidades experimentales se presenta en el anexo 3. En el Cuadro 6, se muestra el resumen del análisis de varianza.

**Cuadro 6. Resumen del análisis de varianza para la variable de respuesta rendimiento de maíz en kilogramos por hectárea**

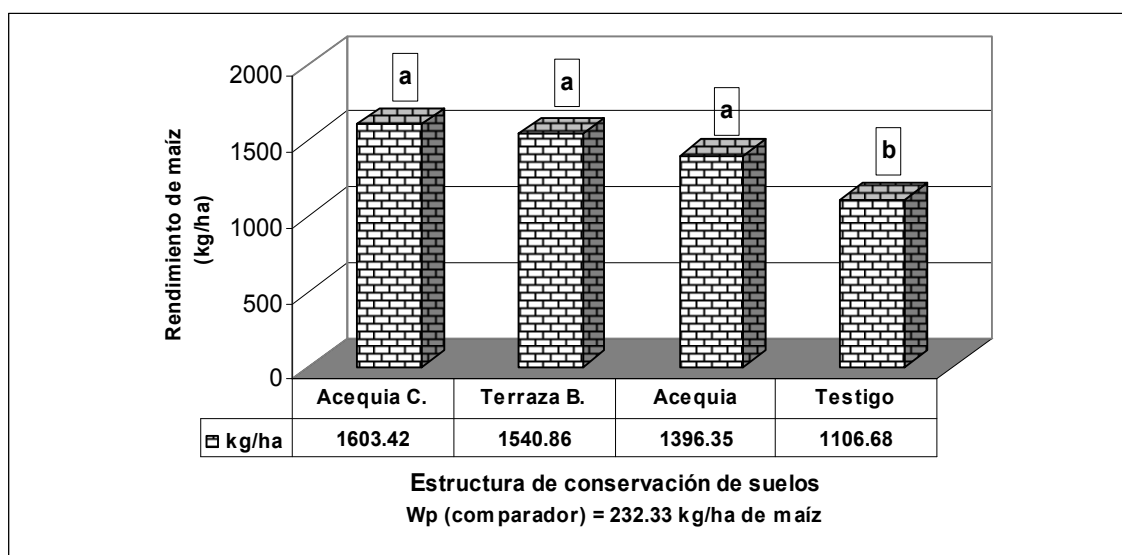
<b>FUENTE DE VARIACIÓN</b>	<b>GRADOS DE LIBERTAD</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>CUADRADO MEDIO</b>	<b>F</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Bloques</b>	3	133795.00	44598.3333	1.05	0.3894
<b>Estructura de conservación (A)</b>	3	1760498.80	586832.9333	13.79	<b>0.0001</b>
<b>Error de parcela grande (A)</b>	9	922338.90	102482.1		
<b>Variedad de maíz (B)</b>	2	3763414.10	1881707.0500	44.22	<b>0.0001</b>
<b>Error de parcela pequeña (B)</b>	24	1021356.60	42556.5250		
<b>Estructura x Variedad</b>	6	500666.70	83444.4500	1.96	0.1116
<b>Total</b>	47	8102070.10			
<b>Coefficiente de variación = 14.61 %</b>					
<b>Rendimiento Medio 1,411.80 kilogramos por hectárea</b>					

El resumen del análisis de varianza indica que existen diferencias significativas para las estructuras de conservación de suelos ( $F = 13.79$ ;  $Pr > F = 0.0001$ ) y para las variedades de maíz ( $F=44.22$ ;  $Pr > F = 0.0001$ ), no así para la interacción entre las estructuras de conservación de suelos

y las variedades de maíz ( $F = 1.96$ ;  $Pr > F = 0.1116$ ), por lo que se hizo la prueba de medias de Tukey para cada factor por separado.

#### 7.4.1 RENDIMIENTO DE MAÍZ SEGÚN LA ESTRUCTURA DE CONSERVACIÓN DE SUELOS

En la Figura 11, se presenta el resumen de la prueba de Tukey para el rendimiento de maíz en kilogramos por hectárea según la estructura de conservación de suelos.



**Figura 11. Resumen de Tukey para el rendimiento de maíz en kg/ha según la estructura de conservación de suelo**

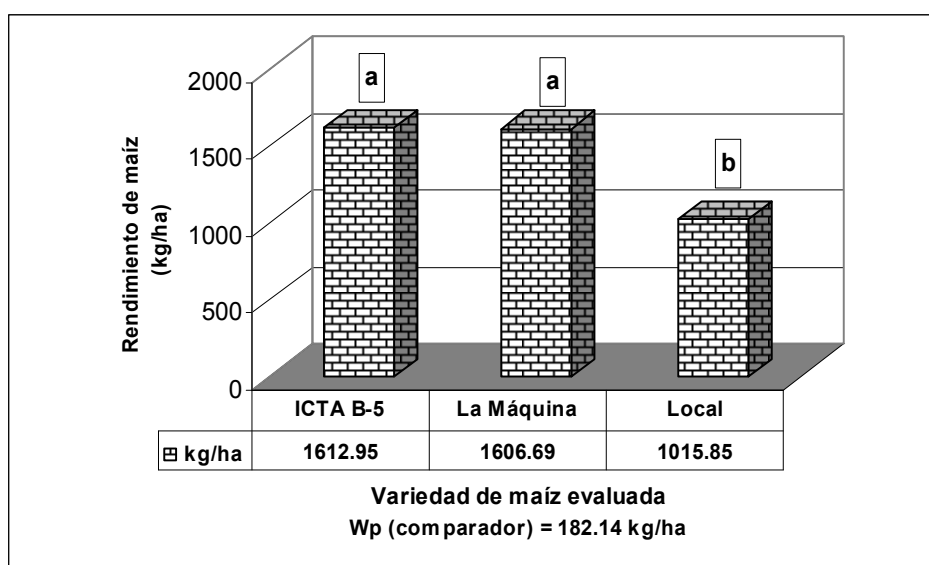
El rendimiento de maíz fue estadísticamente igual en las tres estructuras de conservación de suelos y estadísticamente superior al rendimiento en la parcela testigo (sin práctica de conservación de suelo), donde solamente se obtuvo 1,106.68 kg/ha.

Importante es indicar que debido a la movilización de tierra por la construcción de las estructuras de conservación de suelos, según sea el caso, aunque la densidad de siembra sea para todos los casos de 0.80 m entre surco y 0.40 m entre plantas, el número de plantas por hectárea con terrazas de banco es el más bajo de 20,000 plantas por hectárea, luego le sigue la acequia de ladera con camellón o sin camellón con 26,000 plantas por hectárea y finalmente el testigo que puede

disponer un máximo de 29,750 plantas por hectárea. Luego para conocer las condiciones reales que ofrece la estructura de conservación de suelo sobre las plantas de maíz, es necesario teorizar y dividir el rendimiento obtenido en un número fijo de 1,000 plantas, y entonces se tiene que las mejores condiciones para la producción de maíz serán en la terraza de banco con 77.04 kg de maíz/1000 plantas, seguido por la acequia de ladera con camellón, la acequia de ladera y el testigo con 61.67, 53.71 y 37.20 kilogramos de maíz por cada mil plantas.

#### 7.4.2 RENDIMIENTO DE MAÍZ SEGÚN LA VARIEDAD DE MAÍZ

En la Figura 12, se presenta el resumen de la prueba de Tukey para el rendimiento de maíz, según la variedad empleada.



**Figura 12. Resumen de Tukey para el rendimiento de maíz en kg/ha según la variedad de maíz empleada.**

Según el ensayo realizado, emplear la variedad local que los agricultores utilizan seleccionando las mejores mazorcas del ciclo anterior, no es aconsejable, puesto que ofrece el menor rendimiento de 1,015.85 kg/ha y es estadísticamente inferior a las dos variedades del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA). Luego resulta que las dos variedades del ICTA, ofrecen un rendimiento estadísticamente igual, por lo que su de cualquiera es apropiado; sin embargo, considerando que actualmente la época lluviosa es irregular y a veces se concentra la precipitación en unos pocos días, quedando el suelo desprovisto de humedad por algún tiempo, se recomienda el

empleo de la variedad ICTA B-5, pues es tolerante a períodos prolongados de sequía como los que pueden presentarse en la oriental de Guatemala.

## 7.5 ANÁLISIS ECONÓMICO

Los costos de producción estimados para la producción manual de maíz ascienden a la cantidad total de Q. 2,717.92 por hectárea como se desglosa en el anexo 4. El costo total de producción depreciado a veinte años, para cada estructura de conservación de suelos, se presenta en el Cuadro 7.

**Cuadro 7. Costo total de producción depreciado según la estructura de conservación de suelos**

	<b>Terraza de Banco</b>	<b>Acequia + camellón</b>	<b>Acequia</b>	<b>Testigo</b>
<b>Costo Producción</b>	Q 2,717.92	Q 2,717.92	Q 2,717.92	Q 2,717.92
<b>Costo Estructura</b>	Q 17,130.00	Q 2,790.00	Q 2,610.00	Q -
<b>Costo depreciado (20 años)</b>	Q 856.50	Q 139.50	Q 130.50	Q -
<b>Mantenimiento anual</b>	Q 685.20	Q 111.60	Q 104.40	Q -
<b>Costo total depreciado</b>	<b>Q 4,259.62</b>	<b>Q 2,969.02</b>	<b>Q 2,952.82</b>	<b>Q 2,717.92</b>

La construcción de terrazas de banco, es la de más alto costo, seguido por las acequias de ladera con camellón y las acequias de ladera simples. Al sembrar maíz en un terreno sin conservación de suelos, el costo total corresponde exclusivamente al costo de producción.

En el Cuadro 8 se presenta el análisis de rentabilidad de cada uno de los cuatro tratamientos evaluados.

**Cuadro 8. Rentabilidad de las estructuras de conservación de suelos al cultivar maíz en forma manual, en la aldea Nochán, Olopa, Chiquimula**

	<b>Terraza de Banco</b>	<b>Acequia + camellón</b>	<b>Acequia</b>	<b>Testigo</b>
<b>Rendimiento kg/ha</b>	1540.86	1603.42	1396.35	1106.68
<b>Ingresos brutos</b>	Q 3,390.23	Q 3,527.88	Q 3,072.28	Q 2,434.94
<b>Costo depreciado</b>	Q 4,259.62	Q 2,969.02	Q 2,952.82	Q 2,717.92
<b>Ingreso netos</b>	Q (869.39)	Q 558.86	Q 119.46	Q (282.98)
<b>Rentabilidad</b>	<b>-20.41</b>	<b>18.82</b>	<b>4.05</b>	<b>-10.41</b>
<b>Lámina erosionada</b>	2.76	5.12	6.80	12.80
<b>Porcentaje de reducción</b>	78.44	60.00	46.88	100.00

Conservar el suelo, bajo las condiciones de mercado de la aldea Nochán, Olopa, Chiquimula y dedicarlo a la producción manual de maíz, resulta rentable únicamente si se construyen acequias de ladera con camellón pues se obtienen Q. 18.82 de ganancia por cada Q. 100 invertidos; luego con acequias de ladera simple se obtiene la más baja rentabilidad del 4.05 %. Es importante resaltar que bajo las condiciones de producción sin prácticas de conservación de suelos, los agricultores de esta comunidad no obtienen ganancias (pierden Q. 10.41 por cada Q. 100.00 invertidos); sin embargo, continúan cultivando maíz por que es un alimento básico en su dieta y porque no consideran dentro de los costos la mano de obra familiar.

Por otro lado, la estructura de conservación de suelos de terrazas de banco, que es la mejor en términos de conservación, pues reduce la erosión en un 78.84 %, es aconsejable su implementación, por el valor incalculable que representa conservar cada milímetro de suelo; sin embargo, también se recomienda que se dedique a la producción de otros cultivos más rentables, pues para la producción de maíz con tecnología manual no es económicamente viable.



## 8. CONCLUSIONES

- 8.1 En la aldea Nochán, Olopa, Chiquimula, bajo el régimen de precipitación presentado durante el período de evaluación, las terrazas de banco conservaron el 78.44 % del suelo que se pierde por erosión hídrica, las acequias de ladera con camellón y las acequias de ladera simple conservaron el 60.00 y 46.88 % del suelo que se perdería por erosión hídrica si el suelo no fuese conservado.
- 8.2 Al conservar el suelo con acequias de ladera con camellón, se obtiene el mayor rendimiento de maíz de 1,603.42 kg/ha y la máxima rentabilidad de 18.82 por ciento.

## 9. RECOMENDACIONES

- 9.1 Para la producción de maíz en la aldea Nochán, Olopa, Chiquimula, se recomienda emplear la variedad ICTA B-5, cultivado en sistema de suelo conservado con acequias de ladera con camellón.
- 9.2 Para lograr el mayor grado de conservación del suelo, es recomendable implementar el sistema de terrazas de banco, para lo cual es necesario buscar alternativas de producción de cultivos que compensen el costo de su implementación.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

1. Derpsch, R. 2004. Entender el proceso de la erosión y de la infiltración de agua en el suelo (en línea). US. Consultado 10 mar 2004. Disponible en <http://www.rolf-derpsch.com/erosion-es.html>
2. Derpsch, R; Roth, CH; Sdiras, N. 1991. Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Rossdorf, Deutschland, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) / GmbH / Eschborn / TZ-Verlagsgesellschaft mbH. 272 p. (Sonderpublikation der GTZ, no. 245).
3. Donahue, R; Miller, R; Shickluna, J. 1987. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. 4 ed. México, Prentice-Hall. p. 321-348.
4. Cruz, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala, basada en el sistema de Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
5. Harrold, LL. 1972. Soil erosion by water as affected by reduced tillage systems: proceedings no-tillage systems symp. US, Ohio State University. p. 21-29.
6. Hudson, NW. 1971. Conservación de suelos. London, Batsford. 320 p.
7. ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, GT). 1988. Recomendaciones técnicas agropecuarias para los departamentos de Jutiapa y Jalapa. Guatemala. p. 1-4.
8. \_\_\_\_\_. 1988. Recomendaciones técnicas agropecuarias para los departamentos de Zacapa, Chiquimula e Izabal. Guatemala. p. 41-44.
9. Kirkby, MJ; Morgan, RPC. 1984. Erosión de suelos. México, Limusa. 157 p.
10. López, H. 1990. Segunda evaluación de tres prácticas de conservación de suelos en la cuenca del río Pensativo, Sacatepéquez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 56 p.
11. Meyer LL; Mannering, JV. 1967. Tillage and land modification for water erosion control. Amer. Soc. Agric. Eng. Tillage for Greater Crop Production Conference. Proc. Dec. 11-12, 58-62.
12. Morales Mérida, JO. 1980. Manual de conservación de suelos. Guatemala, Dirección General de Servicios Agrícolas. p. 36-44.
13. Ortiz Villanueva, B. 1982. Estudio experimental sobre la conservación del suelo, la erosión y el escurrimiento. México, Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Suelos. 47 p.
14. Páez, ML; Rodríguez, O. 1989. Potencial erosivo de la precipitación en tierras agrícolas de Venezuela y su influencia en la conservación del suelo. Venezuela, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Departamento de Agronomía. 48 p.
15. Páez, ML; Fernández N; Rodríguez Parisca OS. 1992. Conservación de suelos y aguas. Venezuela, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Departamento de Agronomía. p. 1-25.

16. Resource conservation glosay; soil conservation society of America. 1976. Ankeny, Iowa, US, Soil Conservation of America. 25 p.
17. Revolorio, A. 1989. Primera evaluación de tres prácticas de conservación de suelos en la cuenca del río Pensativo, Sacatepéquez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 80 p.
18. Reyes Castañeda, P. 1981. Diseño de experimentos aplicados. México, Servicios Editoriales Profesionales. 462 p.
19. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación y reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1,000 p.
20. SOMECSU (Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, MX). 1997. Manual de captación de agua de lluvia: análisis de la relación lluvia-escurrimiento. México, FAO / SOMECSU. p. 26-32.

## 11. ANEXO

**Anexo 1. Resúmenes de los análisis de varianza para la variable de respuesta lámina de suelo erosionado en milímetros en terrenos con pendiente del 30 %, en la aldea Nochán, Olopa, Chiquimula, a los 30, 60, 90 y 120 días de evaluación.**

<b>Resumen del ANDEVA a los 30 días de evaluación</b>					
<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>F Calculada</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Bloque	3	0.01415	0.00472	0.74	0.5527
Estructura de conservación	3	6.39805	2.13268	336.15	0.0001
Error	9	0.05710	0.00634		
Total	15	6.46930			
Coeficiente de variación = 6.13 %					
<b>Resumen del ANDEVA a los 60 días de evaluación</b>					
<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>F Calculada</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Bloque	3	0.53615	0.17872	1.57	0.2629
Estructura de conservación	3	153.41015	51.13672	449.84	0.0001
Error	9	1.02310	0.11368		
Total	15	154.96940			
Coeficiente de variación = 7.47 %					
<b>Resumen del ANDEVA a los 90 días de evaluación</b>					
<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>F Calculada</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Bloque	3	0.70170	0.23390	5.27	0.0226
Estructura de conservación	3	178.27875	59.42625	1338.93	0.0001
Error	9	0.39945	0.04438		
Total	15	179.37990			
Coeficiente de variación = 3.84 %					
<b>Resumen del ANDEVA a los 120 días de evaluación</b>					
<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>F Calculada</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Bloque	3	0.29267	0.09756	0.31	0.8202
Estructura de conservación	3	220.73347	73.57782	231.19	0.0001
Error	9	2.86436	0.31826		
Total	15	223.89050			
Coeficiente de variación = 8.21 %					

## Anexo 2. Precipitación en mm a los 30, 60, 90 y 120 días de evaluación de las estructuras de conservación de suelos, en Nochán, Olopa, Chiquimula

Precipitación a los 30 días de evaluación  
8 de junio al 7 de julio

DIA	T °C	PPT
1	25	3.00
2	22	1.50
3	23	0.00
4	24	0.00
5	25	0.00
6	22	3.50
7	21	2.80
8	22	3.00
9	21	2.10
10	22	1.60
11	22	1.80
12	23	3.00
13	21	7.00
14	22	2.00
15	23	1.50
16	23	0.00
17	22	0.00
18	24	2.00
19	23	0.00
20	22	9.00
21	23	0.00
22	22	7.00
23	21	0.00
24	24	0.00
25	24	1.10
26	23	2.80
27	22	4.30
28	22	0.00
29	21	0.00
30	23	1.90
<b>Mínimo</b>	21	1.1
<b>Máximo</b>	25	9
<b>Total</b>		60.9
<b>Promedio</b>	22.57	3.21
<b>Días lluvia</b>		19

Precipitación a los 60 días de evaluación  
8 de julio al 6 de agosto

DIA	T °C	PPT
1	22	0.00
2	22	0.00
3	21	0.00
4	22	2.70
5	22	0.00
6	21	0.00
7	23	0.00
8	22	0.00
9	21	0.00
10	23	0.00
11	24	0.00
12	23	0.00
13	22	3.10
14	23	1.30
15	22	4.00
16	22	1.20
17	23	0.00
18	21	0.00
19	22	0.00
20	22	0.00
21	23	7.00
22	21	2.10
23	23	0.00
24	22	0.00
25	22	0.00
26	23	3.30
27	22	6.00
28	22	4.80
29	21	0.00
30	24	0.00
<b>Mínimo</b>	21	1.2
<b>Máximo</b>	24	7
<b>Total</b>		35.5
<b>Promedio</b>	22.20	3.55
<b>Días lluvia</b>		10

Precipitación a los 90 días de evaluación  
7 de agosto al 5 de septiembre

DIA	T °C	PPT
1	22	2.20
2	23	0.00
3	21	0.00
4	22	0.00
5	22	0.00
6	23	3.20
7	21	1.50
8	22	5.00
9	23	1.80
10	24	0.00
11	22	2.30
12	23	0.00
13	24	0.00
14	22	5.20
15	21	3.20
16	22	1.20
17	23	2.40
18	24	4.90
19	21	1.30
20	22	2.40
21	22	3.20
22	23	2.10
23	21	0.00
24	22	2.00
25	21	0.00
26	22	0.00
27	21	1.50
28	22	0.00
29	23	0.00
30	23	0.00
<b>Mínimo</b>	21	1.2
<b>Máximo</b>	24	5.2
<b>Total</b>		45.4
<b>Promedio</b>	22.23	2.67
<b>Días lluvia</b>		17

Precipitación a los 120 días de evaluación  
6 de septiembre al 5 de octubre

DIA	T °C	PPT
1	22	0.00
2	21	0.00
3	23	2.60
4	22	0.00
5	22	0.00
6	22	0.00
7	21	0.00
8	22	1.50
9	23	0.00
10	22	0.00
11	21	3.00
12	21	3.40
13	2	2.10
14	23	0.00
15	23	3.25
16	22	2.10
17	21	3.70
18	21	0.00
19	22	0.00
20	21	5.00
21	21	0.00
22	22	5.00
23	22	3.25
24	23	4.20
25	21	3.50
26	22	1.20
27	21	3.00
28	22	3.00
29	22	1.50
30	21	1.70
<b>Mínimo</b>	2	1.2
<b>Máximo</b>	23	5
<b>Total</b>		53
<b>Promedio</b>	21.13	2.94
<b>Días lluvia</b>		18

### Anexo 3. Datos de campo del rendimiento de maíz en kilogramos por hectárea

Tratamiento	Factor A	Factor B	REP 1	REP 2	REP 3	REP 4	TOTAL	MEDIA
1	Terraza de banco	Local	1265.44	1003.62	847.15	756.00	3872.22	968.05
2	Terraza de banco	ICTA B-5	1832.72	1701.81	2094.54	1265.44	6894.50	1723.63
3	Terraza de banco	La Máquina	1745.45	2094.54	2138.17	1745.45	7723.61	1930.90
4	Acequia con camellones	Local	1178.18	1352.72	1309.09	1309.09	5149.08	1287.27
5	Acequia con camellones	ICTA B-5	1658.17	1658.17	1963.63	2138.17	7418.15	1854.54
6	Acequia con camellones	La Máquina	1614.54	1745.45	1441.80	1872.00	6673.80	1668.45
7	Acequia de ladera	Local	1265.44	829.08	1134.53	1265.44	4494.50	1123.62
8	Acequia de ladera	ICTA B-5	1527.26	1832.72	1265.44	1701.81	6327.23	1581.81
9	Acequia de ladera	La Máquina	1745.45	1352.72	1178.18	1658.17	5934.53	1483.63
10	Testigo	Local	713.45	551.81	585.36	887.27	2737.89	684.47
11	Testigo	ICTA B-5	1586.17	714.17	1237.09	1629.81	5167.24	1291.81
12	Testigo	La Máquina	1455.29	1324.35	1280.72	1314.72	5375.09	1343.77

	Local	ICTA B-5	La Máquina	Media
<b>Terraza de banco</b>	968.05	1723.63	1930.90	<b>1540.86</b>
<b>Acequia con camellones</b>	1287.27	1854.54	1668.45	<b>1603.42</b>
<b>Acequia</b>	1123.62	1581.81	1483.63	<b>1396.35</b>
<b>Testigo</b>	684.47	1291.81	1343.77	<b>1106.68</b>
<b>Media</b>	<b>1015.86</b>	<b>1612.94</b>	<b>1606.69</b>	<b>1411.83</b>

### Anexo 4. Costos de producción para una hectárea de maíz (cultivo manual), en Nochán, Olopa, Chiquimula.

CONCEPTO	Unidad de Medida	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
<b>I. COSTO DIRECTO</b>				<b>Q 2,686.26</b>
<b>1. RENTA DE LA TIERRA</b>				<b>Q 320.00</b>
<b>2. MANO DE OBRA</b>				<b>Q 1,748.10</b>
a) Preparación de tierra	Jornal	29.14	Q 30.00	Q 874.20
b) Siembra	Jornal	2.91	Q 30.00	Q 87.30
c) Limpias	Jornal	4.37	Q 30.00	Q 131.10
d) Fertilización	Jornal	2.91	Q 30.00	Q 87.30
e) Control de plagas	Jornal	4.37	Q 30.00	Q 131.10
f) Cosecha	Jornal	14.57	Q 30.00	Q 437.10
<b>3. DEPRECIACIÓN MAQUINARIA Y EQUIPO 1/</b>				<b>Q 19.46</b>
a) Asperjadora manual	Hora bomba	14	Q 1.39	Q 19.46
<b>4. INSUMOS</b>				<b>Q 598.70</b>
a) Semilla	Libra	42	Q 3.00	Q 126.00
b) Fertilizantes				
- Nitrogenados	quintal	1.43	Q 90.00	Q 128.70
- Completos	quintal	2.14	Q 100.00	Q 214.00
c) Insecticidas				
- Contacto	kg	13	Q 10.00	Q 130.00
<b>II. COSTO INDIRECTO</b>				<b>Q 31.66</b>
1. Administración (1 % sobre costo directo)				<b>Q 26.86</b>
2. Impuesto municipal (Q. 0.15 por quintal)				<b>Q 4.80</b>
<b>III. COSTO TOTAL</b>				<b>Q 2,717.92</b>
<b>IV. COSTO POR quintal</b>	Quintal	1	<b>Q 79.94</b>	