

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE
CARRERA TÉCNICO EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

TRABAJO DE GRADUACIÓN



EVALUACIÓN DE TRES ESPECIES VEGETALES COMO
BARRERAS VIVAS PARA EL CONTROL DE EROSIÓN DE
SUELOS EN LA FINCA SAN FRANCISCO, MUNICIPIO DE
PURULHÁ, BAJA VERAPAZ

SIGRID CHARLOTTE FRAATZ LEAL

COBÁN, ALTA VERAPAZ, AGOSTO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE
CARRERA DE TÉCNICO EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE TRES ESPECIES VEGETALES COMO
BARRERAS VIVAS PARA EL CONTROL DE EROSIÓN DE
SUELOS EN LA FINCA SAN FRANCISCO, MUNICIPIO DE
PURULHÁ, BAJA VERAPAZ

POR

SIGRID CHARLOTTE FRAATZ LEAL
CARNÉ: 201341280

COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR AL TÍTULO DE
TÉCNICO EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

COBÁN, ALTA VERAPAZ, AGOSTO DE 2017

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR MAGNÍFICO

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

CONSEJO DIRECTIVO

PRESIDENTE: Lic. Zoot. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales

SECRETARIA: Lcda. T.S. Floricelda Chiquin Yoj

REPRESENTANTE DOCENTES: Ing. Geól. César Fernando Monterroso Rey

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES: Br. Fredy Enrique Gereda Milián

PEM. César Oswaldo Bol Cú

COORDINADOR ACADÉMICO

Ing. Ind. Francisco David Ruiz Herrera

COORDINADORA DE LA CARRERA

Ing. Agr. *MSc* Sandra Anabella Tello Coutiño

COMISIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

COORDINADOR: Ing. Agr. *MSc* Edgar Armando Ruiz Cruz

SECRETARIA: Ing. Agr. Lisbeth Johana Paredes Matta

VOCAL: Ing. Agr. *MSc* Sandra Anabella Tello Coutiño

REVISOR DE REDACCIÓN DE ESTILO

Ing. Civil *MSc* Julio Enrique Reynosa Mejía

REVISOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Ing. Agr. *MSc* Gustavo Adolfo García Macz

ASESOR

Ing. Agr. *MSc* Ángel Arce Canahuí



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

**CENTRO UNIVESITARIO DEL
NORTE – CUNOR –
CARRERA AGRONOMÍA**

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz
PBX 79 56 66 00 Ext. 208
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.
Guatemala, C. A.
E-mail: agrocunor@gmail.com

Cobán, A.V., 18 de enero de 2017.
Ref. 15-A-09/2017.


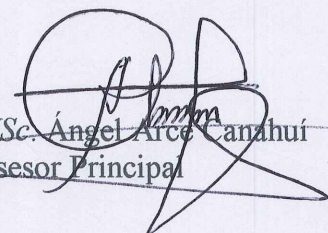
Señores:
Miembros de la Comisión de
Trabajos de Graduación de
Práctica Profesional Supervisada
Carrera Agronomía
CUNOR.

Estimados señores:

Me dirijo a ustedes para informarles que he revisado el trabajo de graduación titulado:
“Evaluación de tres especies vegetales como barreras vivas para el control de erosión de suelos en finca San Francisco, municipio de Purulhá, Baja Verapaz.”

Al respecto como asesor puedo indicar que a mi juicio, el informe reúne las calidades requeridas por la Carrera, por lo que recomiendo se le dé el trámite respectivo para ser aprobado como Informe Final de Práctica Profesional Supervisada, de la estudiante **Sigrid Charlotte Fraatz Leal**.

Atentamente,



Ing. Agr. MSc. Ángel Arce Canahú
Asesor Principal

c.c. archivo



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

**CENTRO UNIVESITARIO DEL
NORTE - CUNOR -
CARRERA AGRONOMÍA**

Código Postal 16001 - Cobán, Alta Verapaz
PBX 79 56 66 00 Ext. 208
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A. V.
Guatemala, C. A.
E-mail: agrocunor@gmail.com

Cobán, A.V., 01 de febrero de 2017
Ref. 15-A-98/2017

Señores:
Miembros de la Comisión de
Trabajos de Graduación de
Práctica Profesional Supervisada
Carrera Agronomía
CUNOR.

Estimados señores:

Por este medio remito el Informe Final de Investigación de Práctica Profesional Supervisada titulado: **“Evaluación de tres especies vegetales como barreras vivas para el control de erosión de suelos en finca San Francisco, municipio de Purulhá, Baja Verapaz.”**

Dicho trabajo es presentado por la estudiante **Sigrid Charlotte Fraatz Leal** y de acuerdo a mi opinión cumple satisfactoriamente con las normas de redacción y estilo; por lo que se solicita continuar con el trámite respectivo.

Atentamente,



Id y enseñad a todos
Ing. Agr. MSc. Gustavo Adolfo García Macz
Revisor de Informes Finales Trabajos de Graduación a Nivel Técnico
Carrera Agronomía
CUNOR- USAC

c.c. archivo



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

**CENTRO UNIVESITARIO DEL
NORTE - CUNOR -
CARRERA AGRONOMÍA**
Código Postal 16001 - Cobán, Alta Verapaz
PBX 79 56 66 00 Ext. 208
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A. V.
Guatemala, C. A.
E-mail: agrocunor@gmail.com

Cobán, A. V., 28 de agosto de 2017
Ref. 15-A-210/2017

Señores:
Miembros de la Comisión de
Trabajos de Graduación de
Práctica Profesional Supervisada
Carrera Agronomía
CUNOR.

Estimados señores:

Por este medio remito el Informe Final de Investigación de Práctica Profesional Supervisada titulado: **“Evaluación de tres especies vegetales como barreras vivas para el control de erosión de suelos en finca San Francisco, municipio de Purulhá, Baja Verapaz.”**

Dicho trabajo es presentado por la estudiante **Sigrid Charlotte Fraatz Leal** y de acuerdo a mi opinión cumple satisfactoriamente con las normas de redacción y estilo; por lo que se solicita continuar con el trámite respectivo.

Atentamente,



Id y enseñad a todos
Ing. Civil MSc. Julio Enrique Reynosa Mejía
Revisor de Redacción y Estilo

Informes Finales Trabajos de Graduación a Nivel Técnico
Carrera Agronomía -CUNOR-

c.c. archivo



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

**CENTRO UNIVESITARIO DEL
NORTE - CUNOR -
CARRERA AGRONOMÍA**

Código Postal 16001 - Cobán, Alta Verapaz
PBX 79 56 66 00 Ext. 208
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.
Guatemala, C. A.
E-mail: agrocunor@gmail.com

Cobán, A.V., 28 de agosto de 2017
Ref. 15-A-246/2017

Licenciado Zootecnista:
Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
Director del Centro Universitario del Norte,
CUNOR - USAC

Señor Director:
Saludos cordiales

Adjunto remito el Trabajo de Graduación del Informe de Práctica Profesional Supervisada titulado **“Evaluación de tres especies vegetales como barreras vivas para el control de erosión de suelos en finca San Francisco, municipio de Purulhá, Baja Verapaz.”**

Dicho trabajo es presentado por la estudiante **Sigrid Charlotte Fraatz Leal** y de acuerdo a la opinión de las diferentes comisiones responsables de su revisión y del suscrito, cumple con los requisitos para ser aceptado como tesis de pre-grado; por lo que solicito se le dé el trámite correspondiente a fin de que el estudiante Fraatz Leal, pueda someterse al examen para optar al título de Técnico en Producción Agrícola.

Atentamente,



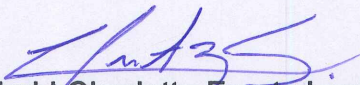
“Dad y enseñad a todos”

Ingr. Agr. Edgar Armando Ruiz Cruz
Coordinador Comisión de Trabajos de Graduación a Nivel Técnico
Carrera de Agronomía
CUNOR- USAC

c.c. archivo

HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

En cumplimiento a lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes el trabajo de graduación titulado: Evaluación de tres especies vegetales como barreras vivas para el control de erosión de suelos en la finca San Francisco, municipio de Purulhá Baja Verapaz; como requisito previo para optar al título profesional de Técnico en Producción Agrícola.


Sigrid Charlotte Fraatz Leal
Carné: 201341280

RESPONSABILIDAD

“La responsabilidad del contenido de los trabajos de graduación es: Del estudiante que opta al título, del asesor y del revisor; la Comisión de Redacción y Estilo de cada carrera, es la responsable de la estructura y la forma”.

Aprobado en punto SEGUNDO, inciso 2.4, subinciso 2.4.1 del Acta No. 17-2012 de Sesión extraordinaria de Consejo Directivo de fecha 18 de julio del año 2012.

Lista de Abreviaturas

°C	Grados centígrados
bmh-S (f)	Bosque muy húmedo subtropical
bp – S	Bosque pluvial subtropical
cm	centímetros
ha	hectárea
h	hora
“	Pulgadas
Km	kilómetro
L	Litro
M	metro
m ²	metro cuadrado
m ³	metro cúbico
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
ml	mililitro
mm	milímetro
MO	Materia orgánica
Msnm	metros sobre el nivel del mar
pH	Potencial de hidrogeno
<i>PVC</i>	<i>Plastic Vinyl Construction</i> (Construcción de vinilo plástico)
t	tonelada
<i>USA</i>	<i>United States of America</i> (Estados Unidos de América)
<i>USDA</i>	<i>United States Department of Agriculture</i> (Departamento de agricultura de los estados Unidos)
<i>USLE</i>	<i>Universal Soil Loss Equation</i> (Ecuación universal de pérdida de suelos)

ÍNDICE

RESUMEN	v
INTRODUCCIÓN	1
DEFINICIÓN DE PROBLEMA	3
JUSTIFICACIÓN	5
OBJETIVOS	7
Objetivo general	7
Objetivos específicos	7
ANTECEDENTES	9

CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO

1.1 Guatemala y la pérdida de suelo fértil	11
1.2 Erosión	11
1.3 Tipos de erosión hídrica	12
1.3.1 Erosión laminar	12
1.3.2 Erosión en surcos	12
1.3.3 Erosión en cárcavas	12
1.4 Ecuación universal de pérdida de suelos	12
1.5 Erodabilidad del suelo (Factor K)	14
1.6 Barreras vivas	16
1.7 Construcción de barreras vivas	16
1.8 Curvas a nivel	17
1.9 Agro-nivel para suelos con pendientes	17
1.10 Parcelas de escorrentía	18
1.11 Pasto Napier o Elefante (<i>Pennisetum purpureum</i>)	18
1.12 Té de Limón (<i>Cymbopogon citratus</i>)	18
1.13 Amarilis (<i>Dietes iridioides</i>)	19
HIPÓTESIS	21

CAPÍTULO 2 MARCO REFERENCIAL

2.1 Características generales del área	23
2.2 Características climáticas y zona de vida	23
2.3 Características topográficas	24
2.4 Suelos	24

CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA

3.1 DISEÑO DEL EXPERIMENTO	27
3.1.1 Selección de tratamientos	27
3.1.2 Diseño experimental	27
3.1.3 Modelo estadístico	27
3.1.4 Variables respuesta	28
3.2 INSTALACIÓN DE PARCELAS EXPERIMENTALES	28
3.2.1 Sistema de colector de agua y sedimentos	28
b. Recipiente colector	28
3.3 ESTABLECIMIENTO DE BARRERAS VIVAS	29
3.3.1 Preparación del terreno	30
3.3.2 Modo de siembra pasto Napier, Té de limón y Amarilis	31
3.4 MEDICIÓN DE LAS VARIABLES	31
3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS	33
3.5.1 Análisis de varianza	33
3.5.2 Prueba múltiple de medias	33

CAPÍTULO 4 PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Resultados	35
4.1.1 Precipitación pluvial	35
4.1.2 Escorrentía	37
a) Cantidad de escorrentía	37
b) Porcentaje de escorrentía	39
4.1.3 Pérdida de suelo	40
CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES	45
BIBLIOGRAFÍA	47
ANEXOS	49
Cronograma de actividades	51
Análisis de varianza	52
Ilustraciones de la metodología del experimento	53

ÍNDICE DE CUADROS

1 Ecuación universal de pérdida de suelos (USLE)	13
2 Clasificación de la pérdida de suelos por FAO-PNUMA-UNESCO	15
3 Precipitación pluvial durante el período de investigación	36
4 Escorrentía superficial (m^3/ha) para tratamientos y repeticiones en el área experimental	38
5 Prueba de Tukey para la cantidad de escorrentía superficial	38
6 Porcentaje de escorrentía para diferentes tratamientos en área de investigación	39
7 Prueba de Tukey, porcentaje de escorrentía	40

8 Cantidad de suelo erosionado en (t/ha) en área de estudio	41
9 Prueba de Tukey, pérdida de suelo erosionado	41
10 Análisis de varianza volumen de escorrentía m ³ /ha en el área de estudio	52
11 Análisis de varianza porcentaje de escorrentía	52
12 Pérdida de suelo erosionado análisis de varianza	52

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

1 Esquema de la parcela de escorrentía	29
2 Distribución de las barreras vivas en la parcela	30
3 Distribución de los tratamientos en el campo	32
4 Área antes de chapeo	53
5 Área después de chapeo	53
6 Delimitación de parcelas	53
7 Lepa para separación de parcelas	54
8 Siembra de especies vegetales como barrera	54
9 recipiente colector de parcelas de escorrentía	54

ÍNDICE DE GRÁFICAS

1 Pluviograma de lluvias mes de junio a octubre	37
2 Volumen de escorrentía en m ³ /ha	39
3 Porcentaje de escorrentía	40
4 Cantidad de pérdida de suelo erosionado t/ha	42

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la finca San Francisco, Purulhá, Baja Verapaz con el propósito de evaluar tres especies vegetales como barreras vivas para el control de erosión de suelos en la misma región, en los meses de junio a octubre del 2016.

La evaluación de barreras vivas se efectuó con las siguientes especies vegetales: Napier (*Pennisetum purpureum*), Té de limón (*Cymbopogon citratus*) y Amarilis (*Dietes iridioides*). Además de evaluar estas tres especies también se tuvo una parcela sin barrera viva durante la investigación usándola como testigo.

La investigación se realizó con un diseño de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Cada unidad experimental estuvo constituida por una parcela de 12 m de longitud y 2,5 m de ancho (30 m² de superficie). En cada una de las parcelas se midió el volumen de escorrentía, porcentaje de escorrentía y pérdida de suelo erosionado.

Los resultados obtenidos indican que las parcelas con barreras vivas de Té de limón (*Cymbopogon citratus*) obtuvieron un valor medio de 1 360 m³/ha de escorrentía, seguido de las parcelas con barreras de Napier (*Pennisetum purpureum*) con una media de 1 676 m³/ha. El tratamiento con mayor escorrentía fueron las parcelas con amarilis (*Dietes iridioides*) con una media de 1 908 m³/ha. La parcela testigo contó con una media de 2 349 m³/ha.

La mejor barrera viva utilizada fue el tratamiento de Té de limón ya que redujo la erosión con una media de 1,25 t/ha, seguidamente las parcelas con Napier con una de media de 2,40 t/ha y por último las parcelas con Amarilis con un valor medio de 4,52 t/ha. En las parcelas testigo se obtuvo un valor medio de 7,47 t/ha.

INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso irrecuperable y un factor importante en la producción de alimentos y otras plantas, por lo que se asume como un recurso básico para la subsistencia. La degradación de los suelos tiene respuestas inmediatas en la pérdida de la productividad, y por lo tanto, consecuencias económicas y sociales.

El efecto más visible en la degradación de los suelos es la erosión, que es la pérdida absoluta de la capa superficial y de nutrientes del suelo, lo que provoca una disminución en la capacidad de sostener una agricultura productiva.

De las causas abióticas de la erosión, la precipitación es considerada como uno de los principales agentes; lo cual provoca un efecto más notable en el transporte de partículas del suelo, la escorrentía superficial.

De lo anterior, toma importancia la implementación de prácticas de conservación de suelos, como lo son las barreras vivas, que son hileras de plantas de crecimiento denso sembradas perpendicularmente a la pendiente, que actúan como reductoras de la velocidad de escorrentía y además sirven como filtros que retienen los sedimentos del suelo.

En este estudio se pretendió evaluar y demostrar la eficiencia de tres especies vegetales utilizadas como barreras vivas para el control de erosión, a través de parcelas de escorrentía.

DEFINICIÓN DE PROBLEMA

En Purulhá, Baja Verapaz, la producción de granos básicos como el maíz se da a través de una agricultura de subsistencia, en donde los agricultores logran satisfacer las necesidades familiares con este grano al cultivar pequeñas parcelas, propias o arrendadas. Aunque también existen agricultores excedentarios, que producen cantidades suficientes para los requerimientos familiares y destinan al mercado los excedentes.

Según el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), el promedio nacional de pérdida de suelos por erosión hídrica alcanza 149 millones de toneladas anuales.¹

Como efecto de la erosión se tiene la pérdida de suelos, y por lo tanto, el arrastre de nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

La pérdida sustancial y constante de la capa fértil del suelo, provoca una disminución en la capacidad productiva, es decir, una reducción en las cosechas. Por lo que en cada ciclo de cultivo se incrementan los costos derivados de la mayor necesidad en el uso de fertilizantes para mantener los niveles de producción.

De lo anterior se desprende la importancia del entendimiento del fenómeno erosivo, para la formulación de medidas para su prevención y control.

¹ *Guatemala ha perdido 149 millones de toneladas de suelo - El Informador.*
<http://www.informador.com.mx/tecnologia/2011/266355/6/guatemala-ha-perdido-149-millones-de-toneladas-de-suelo-fertil-por-erosion.htm> (10 Septiembre 2016).

JUSTIFICACIÓN

Existe una gran diferencia entre la tasa de formación y pérdida del suelo, ya que en condiciones naturales o de uso agrícola el tiempo requerido para la formación de este llega a ser desde décadas, hasta siglos. Por lo que es de vital importancia tomar medidas urgentes para evitar la degradación por erosión, y así mantener indefinidamente la productividad de los cultivos sostenibles.

La falta de información cuantitativa sobre el tema de erosión en la finca San Francisco Pantín municipio de Purulhá departamento de Baja Verapaz es un problema evidente ya que en la región se tiene poco conocimiento sobre el tema. Es necesario aplicar prácticas o técnicas de conservación de suelos que contribuyan a mantener las características físicas y químicas del suelo y reducir el lavado o pérdida por acción de lluvias.

La implementación de barreras vivas es una práctica sencilla de bajo costo y de fácil aplicación por los agricultores, estas también son utilizadas con doble intención (evitar pérdida de suelo y producción de la misma). La importancia de la implementación de barreras vivas es disminuir la velocidad de escorrentía, para que no alcance límites erosivos y retener gran cantidad de suelo y nutrientes al aumentar la infiltración de agua, con lo cual ayudan a mantener mayor tiempo la humedad en el suelo.

OBJETIVOS

Objetivo general

Contribuir a la generación de información del uso de barreras vivas para el control de erosión hídrica de suelos en la finca San Francisco, Purulhá Baja Verapaz.

Objetivos específicos

- a) Evaluar el comportamiento del proceso erosivo en suelos de la región de finca San Francisco, Purulhá Baja Verapaz.
- b) Comparar la eficacia de distintas barreras vivas y determinar valores cuantitativos de erosión hídrica en parcelas experimentales.

ANTECEDENTES

Oscar Rodríguez (1997) en su trabajo, “Influencia de barreras vivas de Vetiver y otras prácticas de conservación en la cantidad y calidad de sedimentos producidos en lotes hortícolas en laderas”, relata que el cultivo de hortalizas en zonas montañosas causa serios impactos ambientales debido a los procesos de erosión hídrica asociados con este sistema de producción, disminuyen así la capacidad productiva de los suelos por lo que se realizaron parcelas de erosión bajo condiciones de lluvia simulada en pendientes entre 15 % y 20 % en donde se midió la producción total de sedimentos y su calidad con distintos tratamientos; Entre ellos evaluó barreras vivas. Rodríguez llega a la conclusión que las barreras vivas de Vetiver fueron altamente eficientes en reducir la producción total de sedimentos y su eficiencia aumentó al combinarse con surcos en contorno.²

Onelia del C. Andrade y Oscar Rodríguez (2002) comparan distintas barreras vivas en su “Evaluación de la eficiencia de barreras vivas como sistemas de conservación de suelos en ladera”. Como resultado la erosividad de la lluvia y erosionalidad del suelo fueron bajas, la barrera más eficaz en reducir pérdidas de suelo fue la de material vegetativo de Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) lo cual mantiene con un mayor contenido de humedad al suelo.³

² *Influencia de barreras vivas de vetiver y otras prácticas de conservación en la cantidad y calidad de sedimentos producidos en lotes hortícolas en laderas.*
<http://www.vetiver.org/ICV4pdfs/EB07.pdf> (16 de marzo de 2016).

³ *Evaluación de la eficiencia de barreras vivas como sistemas de conservación de suelos en ladera.*
[http://www.ucla.edu/ve/bioagro/Rev14\(3\)/1.%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20eficiencia.pdf](http://www.ucla.edu/ve/bioagro/Rev14(3)/1.%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20eficiencia.pdf) (16 marzo de 2016).

CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO

1.1 Guatemala y la pérdida de suelo fértil

Guatemala ha perdido 149 millones de toneladas métricas de suelo fértil debido a la erosión, según el MARN en su publicación en el año 2011.

La cartera ambientalista dijo en un comunicado que la degradación de un 12 % del suelo guatemalteco ha representado para el país centroamericano una pérdida de 16 000 millones de quetzales (2012 millones de dólares de *USA*).

En los meses de agosto a septiembre de 2010, el costo del desgaste de los suelos en Guatemala dejó pérdidas por 727 millones de quetzales (91,44 millones de dólares de *USA*).

Según el MARN, cada año se pierden en el país 74 000 ha de bosque por deforestación y 244 toneladas métricas de territorio fértil por la erosión.⁴

1.2 Erosión

Desgaste del suelo por el viento y el agua. Aunque suele ser un proceso natural, puede incrementarse con la deforestación, la desertización y otros procesos, puede además, degradar mucho toda la calidad del suelo.

⁴ *Guatemala y la pérdida de suelo fértil.*
http://www.chmguatemala.gob.gt/Members/esolorzano/noticias/news_item.2011-01-26.1951097363 (24 febrero 2016).

1.3 Tipos de erosión hídrica

1.3.1 Erosión laminar

Es una erosión superficial. Después de una lluvia es posible que se pierda una capa fina y uniforme de toda la superficie del suelo como si fuera una lámina.

Es la forma más peligrosa de erosión hídrica ya que está pérdida, al principio casi imperceptible sólo será visible cuando pasado un tiempo haya aumentado su intensidad.

1.3.2 Erosión en surcos

Es fácilmente perceptible debido a la formación de surcos irregulares, favorecen la remoción de la parte superficial del suelo. Este tipo de erosión puede ser controlada.

1.3.3 Erosión en cárcavas

Consiste en pérdidas de grandes masas de suelo y se forman surcos de gran profundidad.⁵

1.4 Ecuación universal de pérdida de suelos

USLE (Universal Soil Loss Equation) es un método que utiliza seis factores: erosividad de la lluvia (R), susceptibilidad de erosión del suelo (K), largo de la pendiente (L), magnitud de la pendiente (S), cubierta y manejo de cultivos y residuos (C), y prácticas de conservación (P), para evaluar la pérdida de suelos promedio (A) por el período de tiempo representado por R, generalmente un año: $A=R \times K \times L \times S \times C \times P$.⁶

⁵ Erosión. <http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/EROSION.pdf> (24 febrero 2016).

⁶ Predicción de la erosión de suelos. <http://www.fao.org/docrep/t2351s/t2351s03.htm> (24 febrero 2016).

Cuadro 1 Ecuación universal de pérdida de suelos (*USLE*)

A	Es la pérdida de suelos calculada por unidad de superficie, expresada en las unidades seleccionadas para K y el periodo seleccionado para R, generalmente (t) (ha) ⁻¹ año ⁻¹ .
R	El factor lluvia y escurrimiento, es el número de unidades de índice de erosión pluvial (EI), más un factor para escurrimiento por derretimiento de nieve o aplicación de agua. El para una tormenta es el producto de la energía total de la tormenta (E) y su máxima intensidad en 30 minutos (I).
K	El factor susceptibilidad de erosión del suelo, es la tasa de pérdida de suelos por unidad EI para un suelo específico, medido en una porción de terreno estandar (22,13 m de largo, 9 % pendiente, en barbecho y labranza continua).
L	El factor de largo de la pendiente, es la proporción de pérdida de suelos en el largo de la pendiente específica con respecto a un largo de pendiente estándar (22,13 m).
S	El factor de magnitud de la pendiente, es la proporción de pérdida de suelos de una superficie con una pendiente específica con respecto a aquella en la pendiente estándar de 9 %, con todos los otros factores idénticos.
C	El factor cubierta y manejo, es la proporción de pérdida suelo en una superficie con cubierta y manejo específico con respecto a una superficie idéntica en barbecho, con labranza continua.
P	El factor de prácticas de apoyo de conservación, es la proporción de pérdida de suelo con una práctica de apoyo como cultivo en contorno, barreras vivas, o cultivo en terrazas, con respecto a aquella labranza en el sentido de la pendiente.

Fuente: Predicción de la erosión de suelos, ecuación universal pérdida de suelos (*USLE*).

Wishmeier y Smith (1978) detallan cada uno de los factores y proporcionan métodos para evaluarlos. El *USLE* fue desarrollado para:

Predecir el movimiento promedio anual de suelos desde una pendiente específica, bajo condiciones de uso y manejo específicos, orientar la selección de prácticas de conservación para localidades específicas, estimar la reducción de pérdida de suelos que se puede lograr con cambios de manejo efectuados por el agricultor; y determinar el largo máximo de pendiente tolerable para un sistema de cultivo determinado.

Las ventajas del *USLE* incluyen facilidad de uso, simplicidad, y una base de datos amplia sobre la cual fue desarrollado. Sin embargo, tiene

varias limitaciones. Los métodos para estimar los seis factores no se encuentran disponibles en muchos lugares fuera de los Estados Unidos de Norteamérica. Su aplicación en praderas es limitada. Está basado sobre el supuesto de pendiente de terreno, suelos, cultivo y manejo uniformes. Es un procedimiento estadístico (empírico o agrupado) que no contempla los procesos físicos de separación, transporte y sedimentación en forma mecánica. Finalmente, no fue diseñado para estimar rendimientos de sedimentación en cuencas complejas.⁷

1.5 Erodabilidad del suelo (Factor K)

Es una propiedad que se entiende como la facilidad con la cual el suelo se desprende por el salpicamiento, durante una lluvia o por flujo superficial. Esta propiedad del suelo está relacionada con la textura, efecto integrado de la lluvia, escurrimiento e infiltración.

Los suelos generalmente llegan a ser menos erosivos con una reducción en la fracción de limo a pesar del correspondiente incremento de la fracción de arcilla o arena.

El factor K representa el efecto de las propiedades del suelo y de las características del perfil del suelo en la pérdida de suelo. Los valores de K son asignados por el nomograma de erodabilidad del suelo, que combina el efecto del tamaño de las partículas, % MO, código de la estructura del suelo y la clase de permeabilidad del perfil.

Suelos de textura fina con alto contenido de arcilla tienen bajos valores de K (0,05-0,15), porque ellos son resistentes al desprendimiento. Suelos de textura gruesa tales como suelos arenosos, tiene valores bajos de K (0,05-

⁷ *Predicción de la erosión de suelos.* <http://www.fao.org/docrep/t2351s/t2351s03.htm> (24 febrero 2016).

0,2), debido al bajo escurrimiento, aunque estos suelos son fácilmente desprendibles.

Suelos de textura mediana (franco limoso) tienen valores de K moderados (0,25-0,4), porque son moderadamente susceptibles al desprendimiento y producen moderados escurrimientos (Mannaerts, 1999). El factor de erodabilidad del suelo se calcula con la ecuación del nomograma de Wischmeier citado por Mannaerts (1999).

$$K = (1/7,594) * [(2,1 * 10^{-4} * (12 - MO) * M^{1.14} + 3,25(s-2) + (p-3))] / 100^8$$

Donde:

K = Factor de erodabilidad del suelo (t./ha.MJ*ha/mm*hr)

MO = Materia orgánica (%)

S = Código de la estructura del suelo

P = Código de permeabilidad

M = Producto de las fracciones del tamaño de las partículas primarias ó (% limo + % arena muy fina)*(100 - % arcilla).⁹

Cuadro 2 Clasificación de la pérdida de suelos por FAO-PNUMA-UNESCO

PÉRDIDA DE SUELOS (t/ha/año)	INTENSIDAD
<10	Ligera
10-15	Moderada
50-200	Alta
>200	Muy alta

Fuente: FAO-PNUMA-UNESCO

⁸ Ecuación universal de pérdida de suelos revisada - Miliarium.
<http://www.miliarium.com/prontuario/medioambiente/suelos/Rusle.htm> (26 febrero 2016).

⁹ Ecuación universal de pérdida de suelos revisada - Miliarium.
<http://www.miliarium.com/prontuario/medioambiente/suelos/Rusle.htm> (26 febrero 2016).

1.6 Barreras vivas

Las barreras vivas son hileras de plantas perennes (árboles o arbustos) establecidas en laderas, y/ó en curvas a nivel, que posibilitan reducir la velocidad de escurrimiento del agua de lluvia y retener los materiales transportados por ella. También protegen al suelo de la erosión eólica, pues son una barrera física que reduce la velocidad del viento. Además, son útiles para estabilizar cárcavas, al ubicarlas en los bordes y dentro de ellas, con el fin de proteger zanjas de infiltración y pircas de piedra. En el largo plazo, reducen la pendiente del terreno, porque crean pequeñas terrazas.

Para que las barreras sean eficaces en el control de la erosión, es de suma importancia seleccionar adecuadamente las especies vegetales a utilizar.

Al elegir una especie vegetal, es fundamental observar si existen barreras vivas en la zona y el tipo de plantas que las componen, puesto que se debe seleccionar las especies de mejor adaptación al clima y suelo del lugar.

Para formar la barrera, conviene plantar distintas especies, unas junto a las otras. En lo posible, se deben utilizar plantas de viveros o producidas por el propio agricultor. Éstas tienen que ser perennes, de fácil propagación, con abundante follaje y ramificaciones que se inicien lo más cerca posible del suelo, y poseer un sistema denso de raíces.

1.7 Construcción de barreras vivas

Para la construcción de una barrera viva, deben considerarse aspectos tales como, el uso que se va a dar al terreno, la intensidad de las precipitaciones, la pendiente del terreno, la distancia entre las barreras vivas y la forma de plantación.

Para calcular la distancia entre las barreras vivas, es necesario determinar la pendiente promedio del terreno. Cuanto más pronunciada sea la pendiente, menor debe ser la distancia entre las barreras.

La forma de plantación, se refiere a que para el establecimiento de las barreras vivas, es necesario plantar la especie seleccionada, sobre una curva a nivel.

1.8 Curvas a nivel

Una curva a nivel es el trazo de una línea perpendicular a la pendiente, en la cual todos los puntos están alineados al mismo nivel. Las acequias, terrazas y barreras vivas como barreras muertas se construyen sobre curvas a nivel, esto reduce notablemente la erosión y por lo tanto aumenta la retención del agua.¹⁰

1.9 Agro-nivel para suelos con pendientes

Es un instrumento muy antiguo utilizado por los agricultores para sembrar en curvas a nivel, en forma de terrazas se conservan mejor los suelos y se disminuye la velocidad de escorrentía de la lluvia, la pérdida y lavado de nutrientes, de materia orgánica mínima.¹¹

El nivel en A es un instrumento muy sencillo, que cualquier agricultor puede construir y utilizar para trazar curvas a nivel en terrenos, que tienen un alto % de pendiente. Se le conoce con ese nombre debido a que este instrumento tiene forma de una A mayúscula.

¹⁰ *Trazado curvas a nivel.* <https://www.curvas/anivel/nivel/tipoA-pdf> (4 de marzo 2016).

¹¹ *El agronivel - la agricultura orgánica II.* <http://organigan.blogcindario.com/2010/04/00025-el-agronivel.html> (18 marzo de 2016).

El nivel en A es instrumento muy utilizado por los agricultores en el campo que no cuentan con aparatos sofisticados como un nivel topográfico, clinómetro y una variedad de éstos.¹²

1.10 Parcelas de escorrentía

Estas parcelas son utilizadas para la recolección de sedimentos removidos del suelo, limitadas por paredes que aíslan completamente el agua de escorrentía, evitan así, el paso de ésta tanto afuera como hacia adentro de la parcela.

Según Mutchler (1994) destaca las parcelas de escorrentía como una de las metodologías más conocidas para la evaluación directa de la erosión de suelos.¹³

1.11 Pasto Napier ó Elefante (*Pennisetum purpureum*)

Es una especie de la familia *Poaceae* nativa de las planicies tropicales de África. Es una perenne alta, de 2 m a 4,5 m (raramente supera los 7,5 m), con hojas aserradas de 30 cm a 120 cm de longitud y 1 cm a 5 cm de ancho. Fue introducido en Australia como forraje para el ganado. El pasto Elefante también se utiliza como una planta de jardinería ornamental y estructural, ha sido utilizado ampliamente como una barrera contra el viento y todavía se recomienda como hierba forrajera tropical altamente productiva.¹⁴

1.12 Té de Limón (*Cymbopogon citratus*)

Es una gramínea de la familia *Poaceae*, originaria de la zona tropical de Asia (India y Sri Lanka) y del norte de África (Libia o Egipto).

¹² *Trazado curvas a nivel.* <https://www.curvas/anivel/nivel/tipoA-pdf> (4 de marzo 2016).

¹³ *Evaluación de la erosión hídrica superficial por parcelas experimentales en suelos desnudos de la región de Coquimbo.* http://eias.utralca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/tesis_de_grado/leonardo_vega.pdf (18 marzo de 2016).

¹⁴ *Pasto elefante - Césped.* <http://cesped.org.es/pasto-elefante> (12 Julio de 2016).

Es una planta rústica, aromática, con ligero olor a limón, su uso como barrera viva se debe a que posee un sistema radicular agresivo y no se comporta como planta invasora. Además de proteger el suelo, tiene amplio uso en la medicina popular, el Té limón de las infusiones de hojas es un buen relajante, antidepresivo. El rizoma fresco o el tallo descubierto, mascado o frotado, fortalecen las encías, evita caries y blanquea los dientes. Contiene aceite esencial (3 %) compuesto de 80 % de citral y otras sustancias como geraniol y deneral, que dan lugar a bebidas aromáticas y agradables, el Té de Limón también es utilizado como saborizante y condimento en la elaboración de bebidas y alimentos. Tiene uso insecticida, al llevar al fuego sus hojas, actúa como repelente de mosquitos.¹⁵

1.13 Amarilis (*Dietes iridioides*)

La conocida como planta dietes pertenece a la familia de las Iridaceae y al género Dietes, el cual está compuesto por 6 especies de plantas rizomatosas y perennes que tienen su origen en Sudáfrica. Las especies más conocidas son *Dietes iridioides*, *Dietes bicolor*, *Dietes robinsoniana* y *Dietes grandiflora*, y suelen utilizarse como ejemplares aislados aunque también se pueden cultivar en macetas, tanto en exteriores como en interiores.

Es una planta herbácea cuyas hojas son en forma de cinta, de color verde claro y que pueden alcanzar casi un metro de altura. Sus flores son muy atractivas y duran muy poco, pero por suerte salen continuamente. Son de color amarillo pero en una tonalidad muy pálida,

¹⁵ Barreras Vivas Antierosivas para la Agricultura de Ladera en la Huasteca Potosina.
<http://www.campopotosino.gob.mx/modulos/tecnologiasdesc.php?id=111> (18 marzo de 2016).

también tienen manchas oscuras muy particulares. Florece todo el año con menos intensidad, que al hacerlo en primavera y verano.¹⁶

¹⁶ *Cuidados de la planta dietes*. <http://jardinplantas.com/cuidados-planta-dietes/> (12 julio del 2016).

HIPÓTESIS

La implementación de barreras vivas disminuirá la pérdida de suelo, siendo el Té de limón (*Cymbopogon citratus*), la especie a utilizar más eficaz para reducir la erosión; ya que la planta crece en grandes macollas a partir de un sistema radicular vertical muy poderoso, esponjoso y denso que retiene el suelo y al mismo tiempo impide que sea separado por flujos de agua a alta velocidad.

CAPÍTULO 2

MARCO REFERENCIAL

2.1 Características generales del área

La investigación se llevó a cabo en la finca San Francisco, municipio de Purulhá, departamento de Baja Verapaz, situada en las coordenadas:

Latitud norte: 15°14'58,5"

Longitud oeste: 90°16'47,1"

Altitud: 1 610 msnm

2.2 Características climáticas y zona de vida

Dada la altura a que se encuentra sobre el nivel del mar, y a lo exuberante de su vegetación y la proximidad de las montañas que lo rodean, posee un clima frío húmedo, se goza de una temperatura agradable y saludable por excelencia. (La temperatura oscila entre los 16 °C y 22 °C).¹⁷

La zona de vida según Holdridge es Bosque muy húmedo subtropical, se encuentra representada en el mapa por el símbolo bmh-S (f). Localización y extensión constituye un segmento muy húmedo Subtropical, representándose con una (f) de más para la zona de mayor altura donde las temperaturas medias son iguales a las biotemperaturas.

¹⁷ *Monografía de Purulhá.*
http://municipalpurulha.gob.gt/index.php?option=com_content&view=article&id=100&Itemid=70
(16 marzo de 2016).

Este segmento abarca los alrededores de Cobán, seguida por una faja angosta de 2 km a 4 km de ancho para Baja Verapaz, pasa por la cumbre de Santa Elena. Luego se separa la faja para bordear la Sierra de Las Minas por un lado y por el otro sigue rumbo a la cumbre de El Chol en Baja Verapaz.

La precipitación promedio anual es de 2 284 mm. Las biotemperaturas van de 16 °C a 23 °C. La evapotranspiración potencial puede estimarse en promedio 0,50. Bosque Pluvial Subtropical; esta formación se encuentra representada en el mapa por el símbolo bp-S.¹⁸

2.3 Características topográficas

Las tierras que pertenecen al municipio en su mayoría son montañosas por el sur, denominadas kársticas, por mucha presencia de peñascos y siguanes la cual pertenece a las tierras calizas altas del norte, y en su mayoría las pendientes sobrepasan el 50 % de inclinación, por lo cual el 50 % del territorio es considerado de Vocación Forestal, el 20 % es propicio para cultivos hortícolas y el 30 % para cultivos agro-forestales.¹⁹

2.4 Suelos

De acuerdo a la clasificación de suelos *USDA* (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos Americanos) el tipo de suelo de la finca San Francisco pertenece a la clase Inceptisoles. Que se caracterizan por ser suelos con características poco definidas, poseen pH ácido, mal drenaje, acumulan arcillas amorfas, son suelos volcánicos recientes, presentan alto

¹⁸ *El sistema de holdridge Guayo Cordón - Slideshare.*
<http://es.slideshare.net/guayocordon/el-sistema-de-holdridge> (16 marzo de 2016).

¹⁹ *Monografía de Purulhá.*
http://munipurulha.gob.gt/index.php?option=com_content&view=article&id=100&Itemid=70
(16 marzo de 2016).

contenido de materia orgánica. Suelos de bajas temperaturas, pero de igual manera se desarrollan en climas húmedos (fríos y cálidos).²⁰

²⁰ *Clasificación de los suelos.* <http://platea.pntic.mec.es/~cmarti3/CTMA/SUELO/clasif1.htm> (16 marzo de 2016).

CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA

3.1 DISEÑO DEL EXPERIMENTO

3.1.1 Selección de tratamientos

Se utilizaron tres especies vegetales como barreras vivas para el control de erosión en parcelas experimentales, las plantas utilizadas fueron las siguientes; ya que son plantas de crecimiento denso que retiene el suelo y al mismo tiempo impiden que los flujos de agua de escorrentía adquieran velocidades erosivas.

- T1 Napier (*Pennisetum purpureum*)
- T2 Té de limón (*Cymbopogon citratus*)
- T3 Amarilis (*Dietes iridioides*)
- T4 Testigo (sin barrera viva)

3.1.2 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar, con tres tratamientos y un testigo, con 3 repeticiones para disminuir el margen de error la cual hace un total de 12 parcelas.

3.1.3 Modelo estadístico

Para el análisis estadístico de los resultados que se obtuvieron, se utilizó el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij}.$$

Lo cual significa que la variable respuesta Y_{ij} está en función de la media general, del efecto del i -ésimo tratamiento, del j -ésimo bloque y del error experimental asociado a la i - j -ésima unidad experimental.

3.1.4 Variables respuesta

- a) Cantidad de suelo erosionado total expresado en toneladas por hectárea, (t/ha).
- b) Cantidad de escurrimiento superficial en metros cúbicos por hectárea, (m^3 /ha).
- c) porcentaje de escorrentía, (%).

3.2 INSTALACIÓN DE PARCELAS EXPERIMENTALES

En la instalación de parcelas, se utilizaron tablas de 0,25 m de ancho para delimitar la unidad experimental, cada una de ellas con el fin de evitar penetración de escorrentía superficial de áreas vecinas. Estas se introdujeron al suelo con una profundidad de 0,15 m.

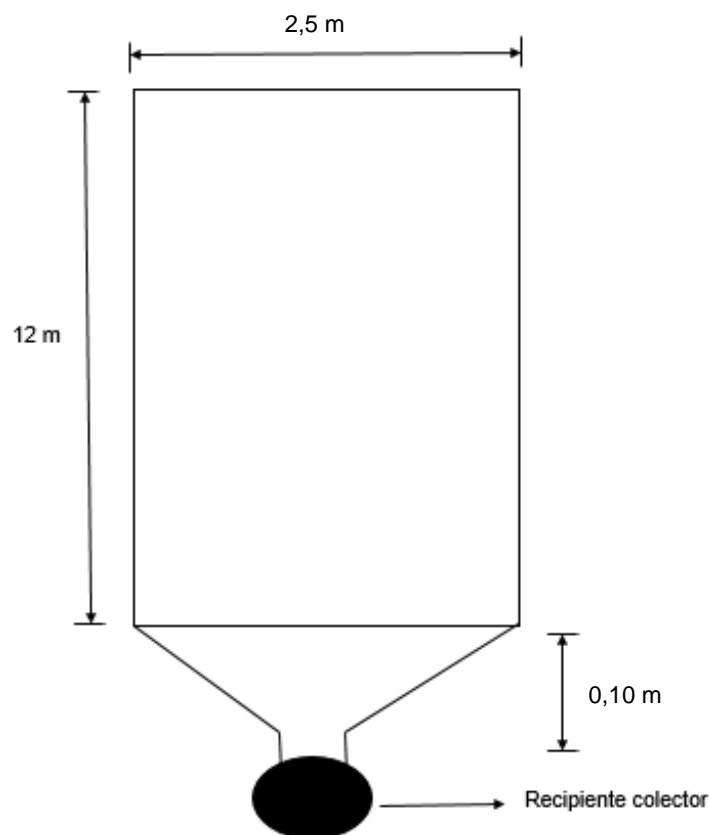
El tamaño de las parcelas experimentales fue de 2,5 m de ancho (transversal a la pendiente) y 12 m de longitud (a lo largo de la pendiente), haciendo un área de $30 m^2$ por parcela.

3.2.1 Sistema de colector de agua y sedimentos

b. Recipiente colector

Se utilizó en cada parcela un recipiente de plástico de 60 L a 70 L de capacidad, colocándolos por cada unidad experimental por medio de un tubo *PVC* de 0,75" de grosor, que se colocó a 0,10 m más bajo que el nivel del canal. Esto con el fin de almacenar el suelo erosionado durante las lluvias, en cada tratamiento.

Ilustración 1 Esquema de la parcela de escorrentía



Fuente: Investigación de campo 2016.

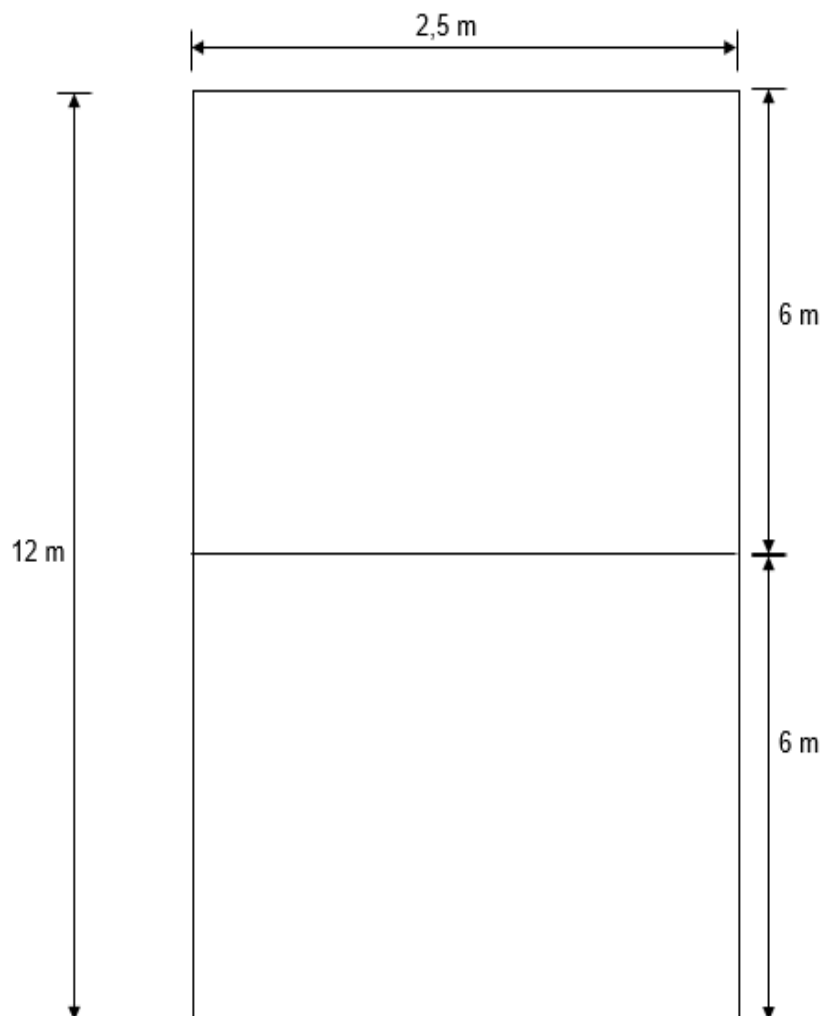
3.3 ESTABLECIMIENTO DE BARRERAS VIVAS

Se realizaron curvas a nivel en cada una de las parcelas experimentales, excepto en la parcela testigo; el trazo de las curvas se hizo con ayuda del nivel A o agronivel, desde la parte alta hacia abajo, con un distanciamiento de 6 m entre cada curva a nivel, que es el distanciamiento entre cada barrera viva. La última barrera se situó en el borde inferior.

Se obtuvo en cada parcela dos barreras vivas del material vegetativo a utilizar con un total de 12 m de largo según el tamaño establecido para cada parcela experimental.

Ilustración 2

Distribución de las barreras vivas en la parcela



Fuente: Investigación de campo 2016.

3.3.1 Preparación del terreno

Se chapeó el terreno con machete. Unos días antes de la siembra, también se hizo uso del herbicida Paraquat para la eliminación de malezas, con una dosis de 100 ml para una bomba con capacidad de 20 L.

3.3.2 Modo de siembra pasto Napier, Té de limón y Amarilis

Se arrancaron plantas del suelo con raíz, luego se dividieron en varias macollas a las cuales se les cortó la punta de las hojas y de la raíz, dejándole 20 cm de hoja y 15 cm de raíz. El Té de limón fue similar en su siembra al pasto Napier.²¹

La mejor manera y más fácil de propagar Amarilis es por división así que consistió en cortar el rizoma de la planta y que cada trozo llevara unas cuantas hojas, aproximadamente de 15 cm a 20 cm.

En cada una de las barreras vivas de las distintas especies vegetativas se abrieron surcos de 10 cm de ancho por 10 cm de profundidad aproximadamente, a lo largo de la curva de nivel trazada y se colocaron las plantas a una distancia de 10 cm a 15 cm a lo largo del surco, se procuró además que las raíces no se doblaran.

3.4 MEDICIÓN DE LAS VARIABLES

A través de monitoreo y proceso de recolección de datos de campo se le dio seguimiento al proceso de erosión en cada tratamiento establecido.

Medición de la altura (h) de la mezcla de escorrentía y sedimentos en cada recipiente. Se tomó como constante el área transversal de cada recipiente para calcular el volumen de escorrentía (VE) a través de la siguiente formula:

$$VE = \pi * R^2 * h$$

En donde:

VE= volumen de escorrentía

²¹ *Barreras Vivas Antierosivas para la Agricultura de Ladera en la Huasteca Potosina.*
<http://www.campopotosino.gob.mx/modulos/tecnologiasdesc.php?id=111> (18 marzo de 2016).

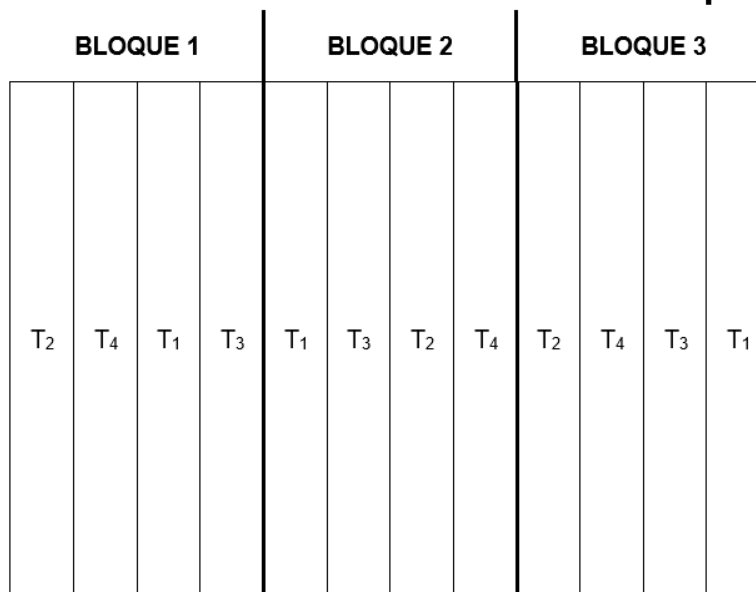
π = constante con valor de 3,1416

R= radio del recipiente

h= altura de la mezcla de escorrentía en el recipiente

Después de la toma de datos de la altura de escorrentía en cada recipiente, se procedió al muestreo de la mezcla de escorrentía y sedimentos. Esto consistió en agitar la mezcla en cada recipiente y coleccionar una muestra de volumen conocido. Luego se analizó en laboratorio, se midió el volumen de escorrentía con una probeta y dejándola sedimentar por 3 días, la muestra fue filtrada para separar el agua de escorrentía y los sedimentos; los sedimentos se trasladaron a un recipiente metálico y se secaron en un horno durante 24 h a 105 °C, para luego ser pesados y así obtener el peso seco de los sedimentos.

Ilustración 3 Distribución de los tratamientos en el campo



Fuente: Sigrid Charlotte Fraatz Leal 2016.

Cada Bloque se divide en parcelas de terreno, tanto como tratamientos y cada tratamiento se prueba en cada uno de los bloques. Los tratamientos en

este caso, las variedades vegetales utilizadas como barreras vivas se asignan al azar en cada una de las parcelas del bloque.

3.5 PROCESO ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

3.5.1 Análisis de varianza

Se realizó para determinar la significancia o no significancia estadística entre los tratamientos.

3.5.2 Prueba múltiple de medias

Al momento de declarar significancia estadística entre los tratamientos, se hizo una prueba múltiple de medias para clasificar a los tratamientos del mejor al peor o viceversa.

CAPÍTULO 4

PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Resultados

4.1.1 Precipitación pluvial

El cuadro 3 representa los valores de la precipitación pluvial semanal en el área de investigación (la finca San Francisco, Purulhá, Baja Verapaz) para el periodo de estudio (5 meses). Los datos fueron tomados del pluviómetro colocado en el área de investigación.

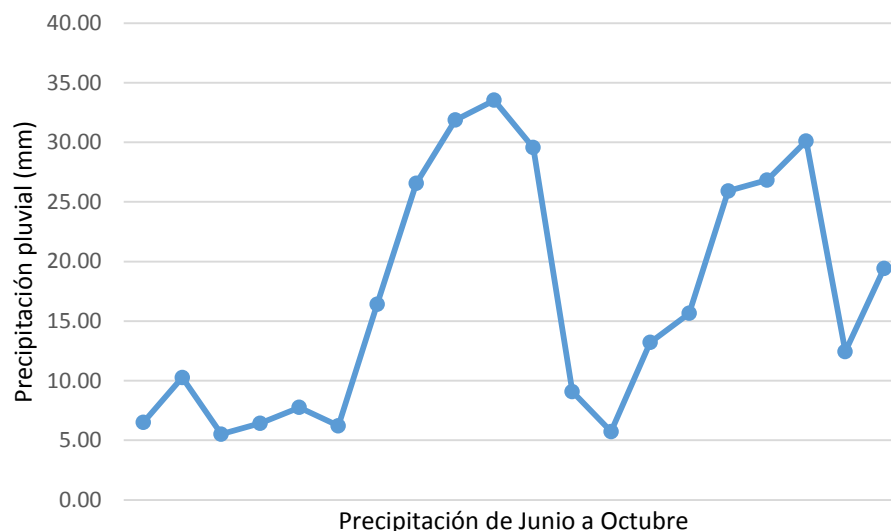
En el cuadro 3 y gráfica 1 se observan los valores de precipitación registradas en el estudio durante los meses de junio a octubre; donde en agosto y septiembre son altos. Al hacer una comparación con los valores se determinó que en el mes de agosto se obtuvo una precipitación mayor.

Cuadro 3
Precipitación pluvial durante el periodo de investigación

Fecha	Precipitación pluvial (mm)
9 de junio - 15 de junio	6,50
16 de junio - 22 de junio	10,27
23 de junio -30 de junio	5,52
1 de julio - 6 de julio	6,43
7 de julio - 11 de julio	7,75
12 de julio - 18 de julio	6,22
19 de julio - 23 de julio	16,42
24 de julio - 1 de agosto	26,55
2 de agosto - 4 de agosto	31,86
5 de agosto - 8 de agosto	33,53
9 de agosto - 12 de agosto	29,55
13 de agosto - 17 de agosto	9,08
17 de agosto - 19 de agosto	5,73
20 de agosto - 27 de agosto	13,20
28 de agosto - 4 de septiembre	15,65
5 de septiembre - 10 de septiembre	25,92
11 de septiembre - 21 de septiembre	26,83
22 de septiembre - 27 de septiembre	30,11
28 de septiembre - 1 de octubre	12,44
2 de octubre - 8 de octubre	19,42

Fuente: Investigación de campo 2016.

Gráfica 1
Pluviograma de lluvias mes de junio a octubre



Fuente: Investigación de campo 2016.

4.1.2 Escorrentía

a) Cantidad de escorrentía

En el cuadro 4 y gráfica 2 se indican los volúmenes de escorrentía superficial en m^3/ha que se obtuvieron durante la investigación. Se observa que de las tres especies vegetales evaluadas como barrera viva, las parcelas con barrera de Té de limón son el tratamiento en el que se obtuvo menor escorrentía. La planta crece en grandes macollas a partir de un sistema radicular vertical muy poderoso y denso que retiene el suelo dándole mayor protección al mismo, impide así que se separe por flujos de agua a alta velocidad.

Cuadro 4
Escorrentía superficial (m³/ha) para tratamientos y repeticiones
en el área experimental

TRATAMIENTOS	BLOQUES			
	I	II	III	MEDIA
NAPIER	1669,60	1687,27	1673,84	1676,91
TÉ DE LIMÓN	1319,71	1389,69	1370,60	1360,00
AMARILIS	1892,97	1909,94	1922,66	1908,52
TESTIGO	2322,74	2282,45	2442,20	2349,13

Fuente: Investigación de campo 2016.

Al momento de realizar un análisis de varianza (cuadro 10) a los datos obtenidos de escorrentía superficial, se encontró diferencia significativa, por lo que se realizó una comparación de medias por medio de una prueba de Tukey, dichos resultados se presentan en el cuadro 5.

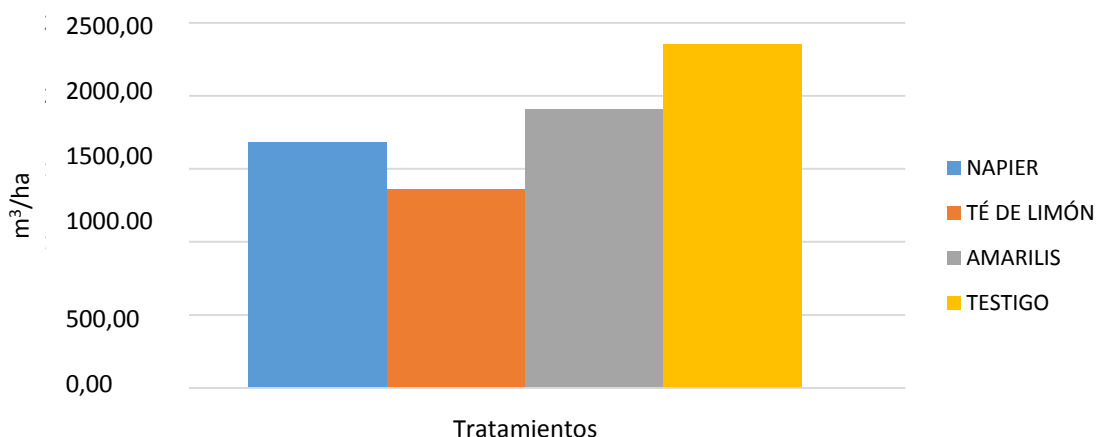
Cuadro 5
Prueba de Tukey para la cantidad de escorrentía superficial

tratamiento	Medias	N	E.E.	
2	1360	3	25,37	A
1	1676,9	3	25,37	B
3	1908,52	3	25,37	C
4	2349,13	3	25,37	D

Fuente: Investigación de campo 2016.

En el cuadro 5 se observa que todos los tratamientos produjeron escorrentía con valores que son estadísticamente diferentes. Esto indica que las barreras vivas de Té de limón, Amarilis y Napier proporcionaron diferentes volúmenes de escorrentía debido a la densidad de sus raíces, lo cual produjo diferencia en las cantidades de escorrentía superficial.

Gráfica 2
Volumen de escorrentía en m³/ha



Fuente: Investigación de campo 2016.

b) Porcentaje de escorrentía

El total de la precipitación registrada durante los meses de investigación (junio- octubre) fue de 338,97 mm.

Cuadro 6
Porcentaje de escorrentía para diferentes tratamientos en área de investigación

TRATAMIENTOS	BLOQUES			
	I	II	III	MEDIA
NAPIER	49,26	49,78	49,38	49,47
TÉ DE LIMÓN	38,93	41,00	40,43	40,12
AMARILIS	55,84	56,35	56,72	56,30
TESTIGO	68,52	67,33	72,05	69,30

Fuente: Investigación de campo 2016.

En el cuadro 6 y gráfica 3 se presentan los porcentajes de escorrentía en metros cúbicos por hectárea (m³/ha). Obtenidos durante la investigación. Se observa que de las tres especies vegetales evaluadas como barrera viva, el Té de limón es el tratamiento en el que se obtuvo el menor.

Al momento de realizar un análisis de varianza (cuadro 11) a los datos obtenidos de porcentaje de escorrentía; se encontró diferencia significativa entre

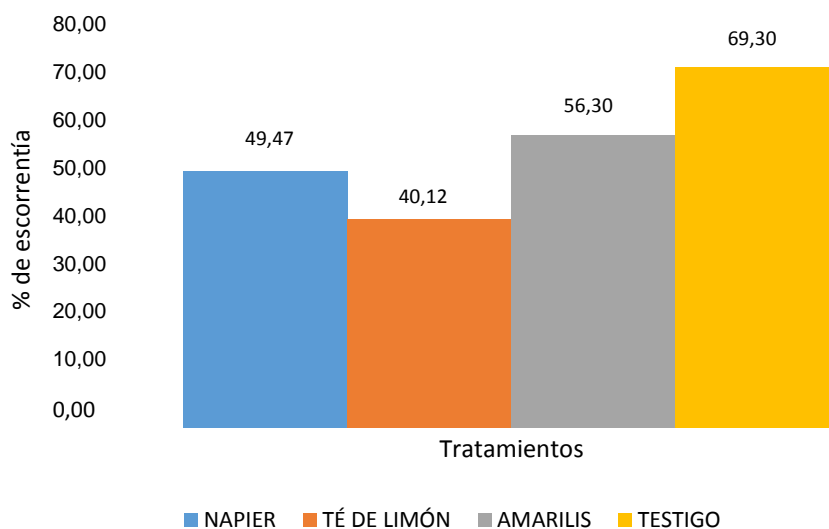
los tratamientos, por lo que se realizó una prueba de comparación de medias por medio de una prueba de Tukey. Dichos resultados se presentan en el cuadro 7.

Cuadro 7
Prueba de Tukey, porcentaje de escorrentía

Tratamiento	Medias	N	E.E.	
2	40,12	3	0,75	A
1	49,47	3	0,75	B
3	56,3	3	0,75	C
4	69,3	3	0,75	D

Fuente: Investigación en campo 2016.

Gráfica 3
Porcentaje de escorrentía



Fuente: Investigación de campo 2016.

4.1.3 Pérdida de suelo

En el cuadro 8 se muestran las cantidades de suelo erosionado (t/ha) por eventos de lluvia; los mismos eventos fueron agentes del arrastre de partículas en las parcelas del área de estudio.

Cuadro 8
Cantidad de suelo erosionado en (t/ha) en área de estudio

TRATAMIENTOS	BLOQUES			
	I	II	III	MEDIA
NAPIER	2,39	2,41	2,39	2,40
TÉ DE LIMÓN	1,21	1,28	1,26	1,25
AMARILIS	4,49	4,53	4,56	4,52
TESTIGO	7,39	7,26	7,77	7,47

Fuente: Investigación de campo 2016.

El tratamiento de Té de limón presentó el valor más bajo en pérdida de suelo, debido a que posee un sistema radicular vertical muy poderoso.

Al realizar el análisis de varianza (cuadro 12) de los datos obtenidos de pérdida de suelo, hubo significancia entre tratamientos, por lo que se procedió a realizar una prueba de medias, se utilizó para ello una prueba de Tukey, los resultados se muestran en el cuadro 9.

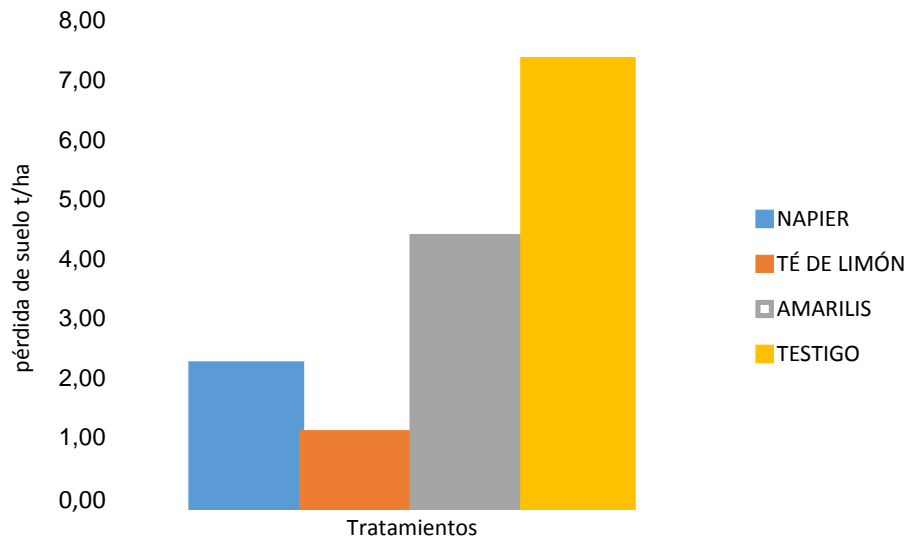
Cuadro 9
Prueba de Tukey, pérdida de suelo erosionado

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
TÉ DE LIMÓN	1,25	3	0	A
NAPIER	2,4	3	0	B
AMARILIS	4,53	3	0	C
TESTIGO	7,47	3	0	D

Fuente: Investigación de campo 2016.

En el cuadro 9 se observa que estadísticamente los tratamientos son diferentes (sí hubo significancia), de los cuatro tratamientos evaluados el testigo (sin barrera viva) es el que presenta mayor cantidad de suelo erosionado. Claramente esto se debe a que no hay barrera viva que disminuya la velocidad de escorrentía, seguidamente el tratamiento que presentó mayor pérdida de suelo fueron las barreras de Amarilis, donde el Té de limón fue el mejor tratamiento evaluado como barrera viva.

Gráfica 4
Cantidad de pérdida de suelo erosionado t/ha



Fuente: Investigación en campo 2016.

CONCLUSIONES

1. El tratamiento de Té de limón (*Cymbopogon citratus*) fue la mejor barrera viva pues redujo la erosión ya que protegió al suelo con un valor de pérdida de suelo de 1,25 t/ha. En el orden descendente el Napier (*Pennisetum purpureum*) con un valor de 2,40 t/ha. El valor más alto se obtuvo en Amarilis (*Dietes iridioides*) con un dato de 4,52 t/ha.
2. La escorrentía superficial en las parcelas con barreras de Amarilis (*Dietes iridioides*) tuvieron los valores más altos de agua escurrida con una media de 1 908,522 m³/ha. En su orden le sigue Napier (*Pennisetum purpureum*) con media de 1 676,91 m³/ha. Por último las parcelas con barreras vivas de Té de limón (*Cymbopogon citratus*) presentaron una media de 1 360 m³/ha.
3. Los valores de cantidad de suelo erosionado en t/ha en las parcelas de Té de limón (*Cymbopogon citratus*) fueron los más bajos con una media de 1,25 t/ha siendo la especie utilizada en la investigación más eficaz para reducir la pérdida de suelo erosionado debido a que la planta crece en grandes macollas a partir de un sistema radicular muy denso que retiene el suelo, impide que se separe por flujos de agua a alta velocidad.

RECOMENDACIONES

1. Llevar a cabo el estudio durante todo el año para conocer el comportamiento de la erosión hídrica con el total de la precipitación anual.
2. Replicar la investigación en los diferentes sistemas productivos de la finca para conocer el impacto de los mismos sobre la pérdida de suelos.
3. Implementar un plan de conservación de suelos en el área de la finca San Francisco al igual que en fincas cercanas para contribuir a la disminución de pérdida de suelo por erosión.

BIBLIOGRAFÍA

- Barreras Vivas Antierosivas para la Agricultura de Ladera en la Huasteca Potosina.* <http://www.campopotosino.gob.mx/modulos/tecnologiasdesc.php?id=111> (18 de marzo de 2016).
- Clasificación de los suelos.* <http://platea.pntic.mec.es/~cmarti3/CTMA/SUELO/clasif1.htm> (16 de marzo de 2016).
- Cuidados de la planta dietes - Jardín Plantas.* <http://jardinplantas.com/cuidados-planta-dietes/> (12 de julio de 2016).
- Ecuación universal de pérdida de suelos revisada - Miliarium.* <http://www.miliarium.com/prontuario/medioambiente/suelos/Rusle.htm> (26 de febrero de 2016).
- El agronivel - la agricultura orgánica II.* <http://organigan.blogcindario.com/2010/04/00025-el-agronivel.html> (18 de marzo de 2016).
- El sistema de Holdridge.* <http://es.slideshare.net/guayocordon/el-sistema-de-holdridge> (16 de marzo de 2016).
- Tipos de erosión hídrica.* <http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/EROSION.pdf> (24 de febrero 2016).
- Evaluación de la eficiencia de barreras vivas como sistemas de conservación de suelos en ladera.* [http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev14\(3\)/1.%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20eficiencia.pdf](http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev14(3)/1.%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20eficiencia.pdf) (16 de marzo de 2016).
- Evaluación de la erosión hídrica superficial por parcelas experimentales en suelos desnudos de la región de Coquimbo.* http://eias.utralca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/tesis_de_grado/leonardo_vega.pdf (18 de marzo de 2016).

Guatemala ha perdido 149 millones de toneladas de suelo. <http://www.informador.com.mx/tecnologia/2011/266355/6/guatemala-ha-perdido-149-millones-de-toneladas-de-suelo-fertil-por-erosion.htm> (10 de septiembre de 2016).

Guatemala y la pérdida de suelo fértil. http://www.chmguatemala.gob.gt/Members/esolorzano/noticias/news_item.2011-01-26.1951097363 (24 de febrero de 2016).

Influencia de barreras vivas de vetiver y otras prácticas de conservación en la cantidad y calidad de sedimentos producidos en lotes hortícolas en laderas. <http://www.vetiver.org/ICV4pdfs/EB07.pdf> (16 de marzo de 2016).

Monografía de Purulhá. http://municipurulha.gob.gt/index.php?option=com_content&view=article&id=100&Itemid=70 (16 de marzo de 2016).

Pasto elefante - Césped. <http://cesped.org.es/pasto-elefante> (12 de Julio de 2016).

Predicción de la erosión de suelos. <http://www.fao.org/docrep/t2351s/t2351s03.htm> (24 de febrero de 2016).

Trazado curvas a nivel. <https://www.curvas/anivel/nivel/tipoA-pdf> (4 de marzo de 2016).



V.º B.º

Adán García Véliz

Licenciado en Pedagogía e Investigación Educativa
BIBLIOTECARIO

ANEXOS

ANEXO 1

Cronograma de actividades

Actividades a Realizar	Junio				Julio				Agosto				Septiembre			
	Semana				Semana				Semana				Semana			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Chapeo y limpieza del área																
Delimitación de parcelas																
Realización curvas a nivel																
Establecimiento de barreras vivas																
Preparación para la siembra del cultivo como cubierta																
Toma de datos de precipitación pluvial y volumen de escorrentía																

ANEXO 2

Análisis de varianza

Cuadro 10
Análisis de varianza volumen de escorrentía m³/ha en el área de estudio.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
tratamiento	1559515,86	3	519839	269	0,0001
bloque	5454,56	2	2727	1	0,3142
Error	11581,21	6	1930		
Total	1576551,63	11			

Fuente: Investigación en campo 2016.

Cuadro 11
Análisis de varianza porcentaje de escorrentía.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
tratamiento	1357,14	3	452	268	0,0001
bloque	4,75	2	2	1	0,3156
Error	10,13	6	2		
Total	1372,01	11			

Fuente: Investigación en campo 2016.

Cuadro 12
Pérdida de suelo erosionado análisis de varianza.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
tratamiento	67,33	3	22	1293	0,0001
bloque	0,04	2	0	1	0,3643
Error	0,1	6	0		
Total	67,48	11			

Fuente: Investigación en campo 2016.

ANEXO 3

Ilustraciones de la metodología del experimento

Ilustración 4 Área antes de chapeo



Tomada por: Charlotte Fraatz 2016.

Ilustración 5 Área después de chapeo



Tomada por: Charlotte Fraatz 2016.

Ilustración 6 Delimitación de parcelas



Tomada por: Charlotte Fraatz 2016.

Ilustración 7
Siembra de especies vegetales como barrera



Tomada por: Charlotte Fraatz. 2016.

Ilustración 8
Lepa para separación de parcelas



Tomada por: Charlotte Fraatz. 2016.

Ilustración 9
Recipiente colector de parcelas de escorrentía

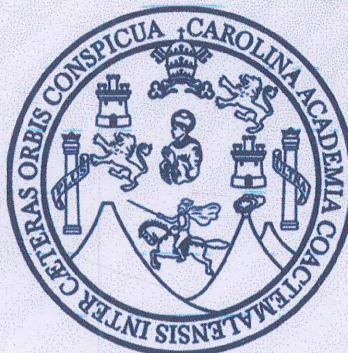


Tomada por: Charlotte Fraatz 2016.

No. 180-2017

**USAC
CUNOR**

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario del Norte



El Director del Centro Universitario del Norte de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer los dictámenes de la Comisión de Trabajos de Graduación de la carrera de:

TÉCNICO EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Al trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE TRES ESPECIES VEGETALES COMO BARRERAS VIVAS PARA EL CONTROL DE EROSIÓN DE SUELOS EN LA FINCA SAN FRANCISCO, MUNICIPIO DE PURULHÁ, BAJA VERAPAZ

Presentado por el (la) estudiante:

SIGRID CHARLOTTE FRAATZ LEAL

Autoriza el

IMPRIMASE

Cobán, Alta Verapaz 29 de Agosto de 2017.

Lic. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
DIRECTOR

