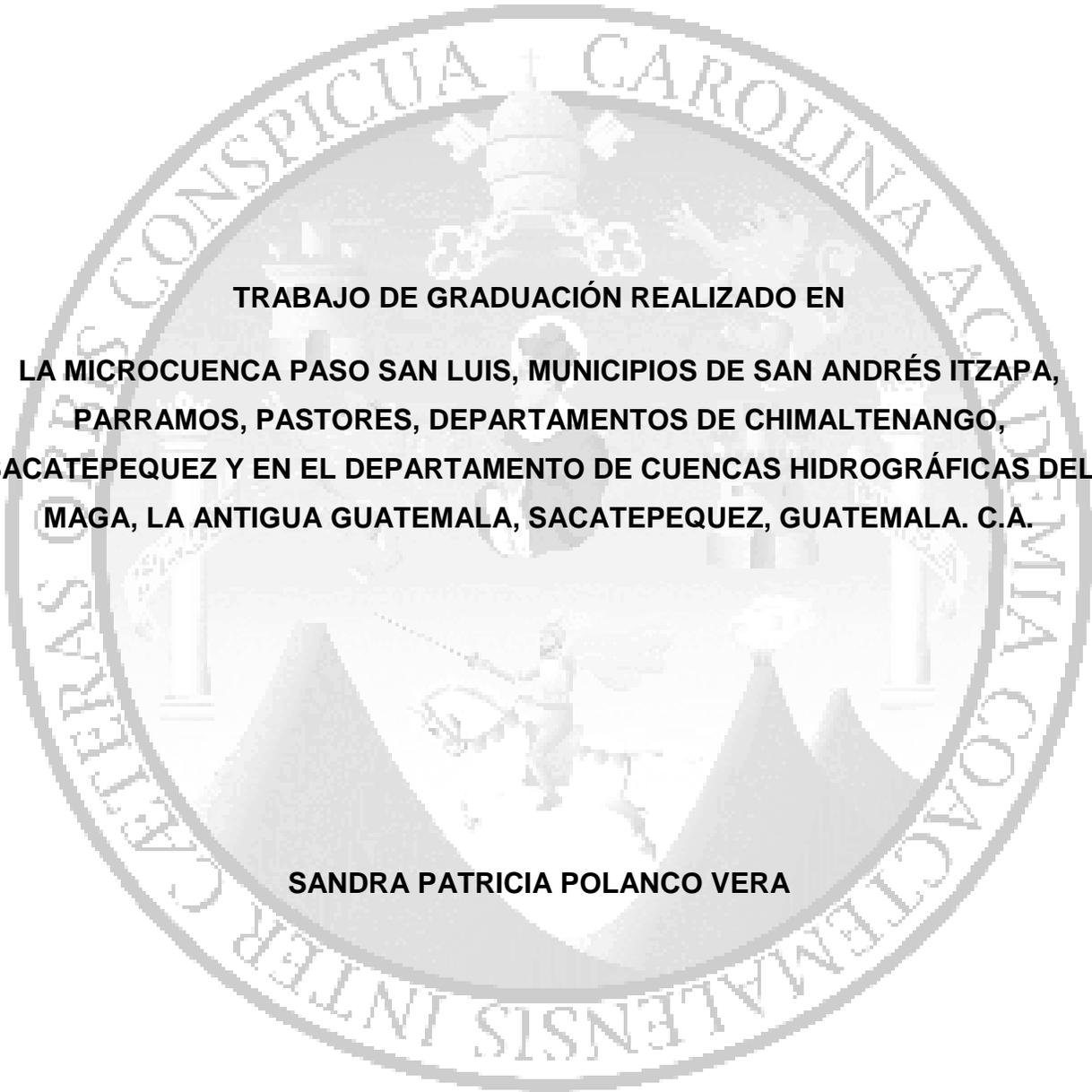


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA



**TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN
LA MICROCUENCA PASO SAN LUIS, MUNICIPIOS DE SAN ANDRÉS ITZAPA,
PARRAMOS, PASTORES, DEPARTAMENTOS DE CHIMALTENANGO,
SACATEPEQUEZ Y EN EL DEPARTAMENTO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS DEL
MAGA, LA ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPEQUEZ, GUATEMALA. C.A.**

SANDRA PATRICIA POLANCO VERA

GUATEMALA, MAYO 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

**TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN
LA MICROCUENCA PASO SAN LUIS, MUNICIPIOS DE SAN ANDRÉS ITZAPA,
PARRAMOS, PASTORES, DEPARTAMENTOS DE CHIMALTENANGO,
SACATEPEQUEZ Y EN EL DEPARTAMENTO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS DEL
MAGA, LA ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPEQUEZ, GUATEMALA. C.A.**

POR

SANDRA PATRICIA POLANCO VERA

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERA AGRONOMO

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, MAYO 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR

Lic. Carlos Estuardo Gálvez Barrios

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez
VOCAL PRIMERO	Dr. Ariel Abderraman Ortiz López
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Marino Barrientos García
VOCAL TERCERO	MSc. Oscar René Leiva Ruano
VOCAL CUARTO	Br. Ana Isabel Fion Ruiz
VOCAL QUINTO	Br. Luis Roberto Orellana López
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos Roberto Echeverría Escobedo

GUATEMALA, MAYO 2013

Guatemala, Mayo 2013

Honorable Junta Directiva

Honorable Tribunal Examinador

Facultad de Agronomía

Universidad de San Carlos de Guatemala.

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de Graduación realizado en el Departamento de Cuencas del MAGA, la Antigua Guatemala, Sacatepéquez, Guatemala, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Sandra Patricia Polanco Vera

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: Por haberme dado la vida, por acompañarme siempre y sobre todo por darme la fuerza para vencer todo obstáculo que se ha presentado en mi camino.

MIS PADRES: Adolfo Israel Polanco Baños por darme la vida y su apoyo económico, mi madre María Audelina Vera de Luca, como una pequeña muestra de agradecimiento por su amor, apoyo moral y económico. Gracias madre por estar siempre a mi lado, por acompañarme en todo momento.

MIS HERMANOS: Adolfo José Polanco Vera y Maritere Polanco Vera, sinceros agradecimientos por su apoyo incondicional, como muestra de que todo con la ayuda de Dios y mucho esfuerzo es posible.

MI ESPOSO: Hugo Carlos, gracias por tu amor, comprensión, apoyo y paciencia.

MI HIJA: Fernanda Maite. Mi inspiración y mi regalo de Dios. Que este triunfo mi niña sea un pequeño ejemplo de lo bello que es el Señor con nosotras.

MIS ABUELOS: Francisco Polanco (Q.E.P.D), Benita Baños (Q.E.P.D), José Vera, Teresa de Jesús de Luca (Q.E.P.D), Magda Vera. Gracias mamita Benita por cuidarme desde arriba, por todo su amor.

MIS AMIGOS: Marlyn del Cid, Edith Sapón, Alba Gálvez, Julio Peralta, Juan Pablo Chou Jou, José Miguel Girón, José Ricardo Rivas, Rigoberto Morales y todos mis compañeros y amigos de RNR.

MIS TIOS: En especial tía Carlota (Q.E.P.D), y tío Chico (Q.E.P.D), con mucho cariño y amor.

MI SUEGRA: Esperanza Sandoval por todo su apoyo y amor.

TESIS QUE DEDICO

A:

DIOS,

MI BELLO PAIS GUATEMALA,

MIS PADRES

MIS HERMANOS

MI FAMILIA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

ICAVIS

MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS

DEPARTAMENTO DE CUENCAS DEL MAGA

AGRADECIMIENTOS

SINCEROS AGRADECIMIENTOS A:

Dr. Marvin Salguero, y al Ing. Agr. Fredy Rolando Hernández Ola, por su apoyo incondicional en la asesoría y realización de este documento de graduación.

Al Ing. Agr, Aníbal Sacbajá y al personal del laboratorio de suelos de la facultad de agronomía por apoyarme sin ningún costo en el secado, del papel filtro utilizado para la medición de los sedimentos, resultados contenidos en el capítulo II de este documento de graduación.

Sinceros agradecimientos a Bayer. S.A y al Ingenio la Unión por su valiosa donación de toneles, indispensables para la realización de la investigación de este documento.

Agradezco el apoyo al programa conjunto de la FAO, ubicado en Salamá por su valiosa colaboración en materiales y pluviómetro proporcionados para la realización de la investigación.

AL PERSONAL DEL DEPARTAMENTO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS DEL MAGA

Por todo su apoyo y cariño hacia mi persona, en especial a la Inga. Agr. Regina Valiente, Carlos Gordillo, Manuelito, Ricardo, Don Rafa, Telmita, María Luisa y al Lic. Eliseo Gálvez.

A las familias de la aldea San Rafael, Parramos, Chimaltenango que me brindaron su cariño y apoyo.

Y a todas aquellas personas que hayan colaborado de una u otra forma en la realización de este documento de graduación.

INDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
CAPITULO I	1
1.1 PRESENTACIÓN.....	2
1.2 MARCO REFERENCIAL	3
1.2.1 Ubicación y localización geográfica	3
1.2.2 Límites y vías de acceso.....	3
1.2.3 Hidrografía.....	6
1.2.4 Zonas de Vida.....	7
1.2.5 Fisiografía y Geomorfología.....	9
1.2.6 Geología	10
1.3 OBJETIVOS	11
1.3.1 General.....	11
1.3.2 Específicos	11
1.4 METODOLOGÍA	12
1.4.1 Objetivo 1.....	12
1.4.2 Objetivo 2.....	12
1.4.3 Objetivo 3.....	12
1.5 RESULTADOS	13
1.5.1 Recurso Hídrico:	13
1.5.2 Recurso suelo.....	14
1.5.3 Recurso Flora	20
1.5.4 Recurso Fauna	22
1.5.5 Aspectos Socioeconómicos de la Población.....	24
1.5.6 Tenencia de la Tierra.....	26
1.5.7 Infraestructura física y servicios.....	28
1.6 ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA Y PROBLEMAS DETECTADOS	30
1.6.1 Deforestación.....	30
1.6.2 Degradación del Suelo y sobreutilización	31
1.6.3 Pérdida, contaminación y disponibilidad de fuentes de agua	31
1.6.4 Poca comercialización de productos agrícolas de las comunidades	31

CONTENIDO	PAGINA
1.6.5 Deficiente Aplicación de buenas practicas agrícolas.....	32
1.6.6 Pobreza.....	32
1.6.7 Salud.....	32
1.7 CONCLUSIONES.....	33
1.8 RECOMENDACIONES.....	35
1.9 ARBOLES DE PROBLEMAS.....	36
1.9.1 Árbol de Problema: Deforestación.....	37
1.9.2 Árbol de Problema: Degradación del Suelo.....	37
1.9.3 Árbol de Problema: Contaminación y Disponibilidad de Fuentes de Agua.....	38
1.9.4 Árbol de Problema: Pobreza.....	39
1.9.5 Árbol de Problema: Salud.....	39
1.10 ÁRBOLES DE SOLUCIONES:.....	40
1.10.1 Deforestación:.....	40
1.10.2 Degradación del Suelo:.....	40
1.10.3 Contaminación y Disponibilidad de Fuentes de Agua.....	41
1.10.4 Pobreza:.....	42
1.10.5 Salud:.....	42
1.11 BIBLIOGRAFÍA.....	43
1.12 APÉNDICES.....	44
CAPITULO II.....	47
2.1 PRESENTACIÓN.....	48
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	50
2.2.1 Proceso de degradación física del suelo.....	50
2.2.2 Causas de la degradación física del suelo.....	50
2.2.3 Erosión Hídrica.....	50
2.2.4 Factores de la erosión del suelo y la escorrentía.....	51
2.2.5 Etapas del proceso de Erosión Hídrica.....	53
2.2.6 Parcelas de escorrentía.....	53
2.2.7 Practicas de conservación de suelos.....	54
2.3 OBJETIVOS.....	57

CONTENIDO	PAGINA
2.3.1 Objetivo General.....	57
2.3.2 Objetivos Específicos.....	57
2.4 METODOLOGÍA.....	58
2.4.1 Ubicación del área experimental.....	58
2.4.2 Selección de los tratamientos.....	58
2.4.3 Diseño experimental.....	58
2.4.4 Modelo estadístico.....	59
2.4.5 Variables respuesta.....	59
2.4.6 Arreglo y montaje del experimento.....	59
2.4.7 Establecimiento y manejo de los Cultivos.....	61
2.4.8 Objetivo 1.....	61
2.4.9 Objetivo 2.....	62
2.4.10 Objetivo 3.....	62
2.4.11 Análisis de la Información.....	64
2.5 RESULTADOS.....	65
2.5.1 Escorrentía.....	65
2.5.2 Suelo erosionado en parcelas de escorrentía.....	68
2.5.3 Características de los sedimentos.....	71
2.5.4 Macronutrientes y Micronutrientes.....	73
2.5.5 Nutrientes removidos por la escorrentía.....	74
2.5.6 Erosión química.....	75
2.5.7 Precipitación diaria durante el experimento.....	77
2.5.8 Relación Precipitación-Escorrentía.....	78
2.5.9 Promedio de Escorrentía en cada mes del experimento.....	79
2.6 CONCLUSIONES.....	81
2.7 RECOMENDACIONES.....	82
2.8 BIBLIOGRAFÍA.....	83
2.9 APÉNDICES.....	85
2.9.1 Antecedentes del proyecto de conservación de suelos.....	86
2.9.2 Porcentajes de escorrentía con relación a la precipitación en cada evento de lluvia...	90

CONTENIDO	PAGINA
CAPITULO III	93
3.1 PRESENTACIÓN	94
3.2 APOYO EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE ALISO (ALNUS GORULLENSIS) EN EL VIVERO FORESTAL DE PARRAMOS, CHIMALTENANGO.	95
3.2.1 Objetivos:	95
3.2.2 Metodología.....	95
3.2.3 Resultados	99
3.2.4 Evaluación:.....	100
3.3 CAPACITACIONES DE CONSERVACIÓN DE SUELOS EN LA MICROCUENCA PASO SAN LUIS, SAN ANDRÉS ITZAPA, CHIMALTENANGO.	100
3.3.1 Presentación	100
3.3.2 Objetivos	101
3.3.3 Metodología.....	101
3.3.4 Resultados	103
3.3.5 Evaluación.....	105
3.4 ELABORACIÓN DE SEMILLERO DE ALISO (ALNUS GORULLENSIS) EN SAN ANDRÉS ITZAPA, CHIMALTENANGO	105
3.4.1 Presentación	105
3.4.2 Objetivos	106
3.4.3 Metodología.....	106
3.4.4 Resultados	107
3.4.5 Evaluación.....	110

INDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 1. Coordenadas UTM y Altura de comunidades en la microcuenca Paso San Luis. ...	3
Cuadro 2. Límites geográficos de las comunidades de la microcuenca Paso San Luis.	4
Cuadro 3. Centros poblados, categoría y distancia a cabeceras.	4
Cuadro 4. Tipo de vía de acceso a las comunidades de la microcuenca Paso San Luis.	5
Cuadro 5. Información sobre abastecimiento de agua en comunidades de la microcuenca Paso San Luis.	13
Cuadro 6. Uso actual de los suelos de la microcuenca Paso San Luis.	17
Cuadro 7. Categorías de capacidad de uso de los suelos en la microcuenca.	19
Cuadro 8. Especies de los bosques en la microcuenca.	21
Cuadro 9. Información del recurso energético en la microcuenca Paso San Luis.	22
Cuadro 10. Especies de fauna silvestre en la microcuenca Paso San Luis.	23
Cuadro 11. Especies de fauna doméstica de la microcuenca Paso San Luis.	23
Cuadro 12. Distribución de la población por categoría y sexo en la microcuenca Paso San Luis.	24
Cuadro 13. Aspectos de educación en las comunidades de la microcuenca Paso San Luis.	25
Cuadro 14. Idiomas predominantes en comunidades de la microcuenca Paso San Luis.	26
Cuadro 15. Organización en comunidades de la microcuenca Paso San Luis.	26
Cuadro 16. Información de productos agrícolas, cantidad y precios en las comunidades de la microcuenca Paso San Luis.	27
Cuadro 17. Información de viviendas de las comunidades de la microcuenca Paso San Luis.	29
Cuadro 18. Letrinización en las comunidades de la microcuenca Paso San Luis.	30
Cuadro 19. Descripción de los tratamientos.	58
Cuadro 20. Formulas utilizadas en el análisis de varianza.	64
Cuadro 21. Cantidad de escorrentía superficial (m ³ /ha) determinada en los tratamientos.	65
Cuadro 22. Análisis de Varianza para la escorrentía superficial (m ³ /ha)	67
Cuadro 23. Prueba de Medias de Tukey para la escorrentía superficial (m ³ /ha)	68
Cuadro 24. Cantidad de suelo erosionado en ton/ha/año	68
Cuadro 25. Análisis de varianza para suelo erosionado en el sitio experimental.	70
Cuadro 26. Prueba de medias de Tukey para la cantidad de suelo erosionado	70

CUADRO	PAGINA
Cuadro 27. Porcentaje de partículas primarias de suelo perdido por erosión.....	72
Cuadro 28. Análisis químico de los sedimentos en el sitio experimental.	72
Cuadro 29. Análisis de escorrentía	74
Cuadro 30. Erosión química en kg/ha, en la fase sólida.	75
Cuadro 31. Erosión química en kg/ha en la fase líquida.	75
Cuadro 32. Erosión química total.....	76
Cuadro 33. Precipitación diaria durante experimento	77
Cuadro 34. Promedio del Porcentajes de Escorrentía	78
Cuadro 35. Promedio de escorrentía en litros.....	79
Cuadro 36A. Porcentajes de escorrentía con relación a la precipitación en cada evento de lluvia.....	90

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1. Mapa de red vial y lugares poblados de la microcuenca Paso San Luis.....	5
Figura 2. Mapa base de la microcuenca Paso San Luis.	6
Figura 3. Mapa de red hídrica de la microcuenca Paso San Luis.	7
Figura 4. Mapa de zonas de vida de la microcuenca Paso San Luis.	8
Figura 5. Mapa fisiográfico de la microcuenca Paso San Luis.	9
Figura 6. Mapa de geología de la microcuenca Paso San Luis.....	10
Figura 7. Mapa de serie de suelos de la microcuenca Paso San Luis.	15
Figura 8. Mapa de taxonomía de la microcuenca Paso San Luis.....	16
Figura 9. Mapa de uso de la tierra de la microcuenca Paso San Luis.....	18
Figura 10. Mapa de capacidad de uso de la tierra de la microcuenca Paso San Luis.	20
Figura 11. Árbol General de Problemas encontrados en la microcuenca Paso San Luis	36
Figura 12. Corte transversal de una acequia de ladera.....	55
Figura 13. Canal desviando el agua de escorrentía.	55
Figura 14. Esquema de una canal de desviación.....	56
Figura 15. Esquema de una parcela de escorrentía.....	60
Figura 16. Promedio de escorrentía en metros cúbicos por hectárea.	67
Figura 17. Cantidad de suelo erosionado en el sitio experimental	71
Figura 18. Promedio de Escorrentía en cada mes del Experimento	79
Figura 19. Forma adecuada de fertilización	97
Figura 20. Fertilización foliar	97
Figura 21. Poda de raíz.....	98
Figura 22. Clasificación de plantas.....	98
Figura 23. Caja germinadora vivero Parramos.....	99
Figura 24. Camas con planta transplantada.....	99
Figura 25. Vivero de Aliso, Parramos, Chimaltenango	100
Figura 26. Nivel en "A"	102
Figura 27. Capacitación de uso de nivel en "A".....	103
Figura 28. Calibración de Nivel en "A"	104
Figura 29. Nivel en "A" siendo usado por agricultores	104

FIGURA	PÁGINA
Figura 30. Construcción de Acequia	105
Figura 31. Caja germinadora	106
Figura 32. Desinfección de sustrato.....	107
Figura 33. Cajas germinadoras terminadas	108
Figura 34. Protección con Sarán.....	108
Figura 35. Riego posterior a la siembra	109
Figura 36. Cajas germinadoras.....	109

RESUMEN GENERAL

La microcuenca hidrográfica Paso San Luis ocupa una superficie de 3,032.32 ha, se ubica en los municipios de Parramos, San Andrés Itzapa y Pastores, ubicada en los departamentos de Chimaltenango y Sacatepéquez. El punto de aforo de la microcuenca, se encuentra en la aldea San Luis las Carretas y se localiza en las coordenadas geográficas 14° 36' 19" de latitud norte y 90° 45' 55" de longitud oeste. La microcuenca ha sido priorizada por el DCH-MAGA, debido a que es una área de recarga hídrica y dentro de esta zona se encuentran 6 comunidades de interés para el departamento de cuencas del MAGA, siendo estas el Caserío Chitaburuy, aldea Pampay con su caserío Paraxaj, la aldea San Rafael, el caserío San Luis las Carretas y la aldea San Luis Pueblo Nuevo.

Entre los problemas detectados en la microcuenca Paso San Luis, esta la deforestación, debido al avance de la frontera agrícola, utilizando el suelo para siembra de granos básicos y hortalizas. Además, del uso de los arboles como combustible. La pérdida de la cobertura boscosa, con el relieve accidentado existente en la mayor parte de la microcuenca hace que la erosión hídrica sea otro problema existente. Se observa a su vez, que la ocupación del suelo no es la adecuada, ya que es utilizado en su mayor parte para el cultivo de granos básicos.

Según el diagnóstico general de la microcuenca, existen serios problemas de erosión hídrica por lo que el proyecto de conservación de suelos del Departamento de Cuencas del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (DC-MAGA), da incentivos económicos por el establecimiento de estructuras de conservación (acequias de infiltración con barreras vivas) en áreas estratégicas o propensas a la erosión hídrica, este programa tiene cobertura en la aldea San Rafael, San Andrés Itzapa, Chimaltenango, ubicada en la parte alta de la microcuenca Paso San Luis, a una altura de 2,414 msnm, donde con anterioridad se implementaron un aproximado de 25 ha con estructuras de conservación.

Con la finalidad de generar información básica acerca de la prevención de la erosión, que se logra por medio de la conservación de suelos se realizó el estudio titulado “Evaluación de prácticas de conservación de suelos para reducir la erosión hídrica en la parte alta de la microcuenca Paso San Luis, San Andrés Itzapa, Chimaltenango, Guatemala, C.A

Entre los resultados obtenidos se tiene que la cantidad de escorrentía superficial determinada para la cobertura de maíz-frijol con estructuras de conservación es de 324.665 m³/ha, sotobosque de 387.109 m³/ha, maíz-frijol sin conservación 443.551 m³/ha y por último el testigo (sin cobertura) con una cantidad de escorrentía media de 530.732 m³/ha, así mismo , la cantidad de suelo erosionado en la cobertura de maíz-frijol con estructuras de conservación es de 0.429 ton/ha/año, seguida por la cobertura de sotobosque con una media de 0.608 ton/ha/año, la cobertura de maíz-frijol sin conservación, presento una media de erosión de 1.40 ton/ha/año, por último el testigo posee una media de erosión de 3.856 ton/ha/año.

Para poder contribuir a minimizar el deterioro del recurso forestal se realizaron tres servicios. El primero de los servicios, se efectuó en el vivero forestal del municipio de Parramos, departamento de Chimaltenango donde se produjeron 25,000 plantas de Aliso, mismas que fueron reforestadas en el astillero municipal del área. El segundo servicio consistió en capacitaciones de conservación de suelos a las comunidades de la microcuenca Paso San Luis, iniciando con el uso de estructuras (Acequias de infiltración con barreras vivas), herramientas de la conservación de suelos, dándoles a conocer a los agricultores del área los beneficios de las mismas, su establecimiento y manejo. El último servicio consistió en la elaboración de semilleros de Aliso, con la finalidad de realizar un vivero de la misma especie, estas plántulas sirvieron para reforestar, parte del astillero de San Andrés Itzapa.

CAPITULO I
DIAGNÓSTICO DE LA MICROCUENCA MODELO PASO SAN LUIS, MUNICIPIOS DE
PARRAMOS, PASTORES Y SAN ANDRÉS ITZAPA, DEPARTAMENTOS DE
CHIMALTENANGO Y SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA. C.A.

1.1 Presentación

La microcuenca del río Paso San Luis, esta en jurisdicción de los municipios de Parramos, Pastores y San Andrés Itzapa, departamentos de Chimaltenango y Sacatepéquez. Hidrográficamente se localiza en la subcuenca del río Guacalate, que pertenece a la cuenca del río Achiguate, vertiente del Pacífico. El punto de aforo se localiza en las coordenadas 14° 36' 19" de latitud norte y 90° 45' 55" de longitud oeste y la extensión superficial de la microcuenca es de 3,032.32 ha. La falta de estudios sobre los recursos naturales renovables en muchas regiones de Guatemala, limita el accionar de las instituciones. Con el afán de contribuir al desarrollo del país, se estableció elaborar el diagnóstico de la microcuenca con la finalidad de generar la información básica de esta. La microcuenca ha sido priorizada por el Departamento de Cuencas del MAGA (DCH-MAGA), debido a que es una área de recarga hídrica, dentro de esta zona se encuentran 6 comunidades de interés, siendo estas el Caserío Chitaburuy, aldea Pampay con su caserío Paraxaj, la aldea San Rafael, el caserío San Luis las Carretas y la aldea San Luis Pueblo Nuevo.

En el presente documento se describen los aspectos más relevantes de estos centros poblados, donde tiene cobertura la institución, con el objetivo de identificar la problemática del área se inicia la elaboración del presente diagnóstico, determinando los principales problemas dentro de la microcuenca, siendo uno de estos la excesiva deforestación del área, debido a la tala de árboles para combustible, trayendo como consecuencia graves problemas de erosión, ya que el recurso suelo se encuentra desprovisto de material vegetativo que lo proteja de su deterioro. Así mismo se determinó que las fuentes de agua se han ido perdiendo y contaminando. Entre los problemas sociales detectados se determinó que los productos agrícolas que se comercializan en el área, no son pagados a precios justos, además de la poca aplicación de buenas prácticas agrícolas, la pobreza impera en el área así como algunos problemas de salud. Este diagnóstico es uno de los primeros resultados del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía y contribuye a la identificación de las condiciones biofísicas y socioeconómicas que prevalecen en la microcuenca del río Paso San Luis. Es de suma importancia para la priorización de la problemática sobre los recursos naturales renovables (agua, suelo, flora y fauna), ya que basados en la misma, se propusieron servicios y un proyecto de investigación que en parte trataran de contribuir a su solución, tratando de lograr la conservación de los mismos. El presente diagnóstico se realizó en el período comprendido de febrero a marzo de 2011 y proporciona información obtenida a nivel de reconocimiento que aporta datos preliminares del área, de utilidad para tener un marco de referencia de la microcuenca.

1.2 Marco Referencial

1.2.1 Ubicación y localización geográfica

La microcuenca hidrográfica Paso San Luis ocupa una superficie de 3,032.32 ha, se ubica en los municipios de Parramos, San Andrés Itzapa y Pastores, departamentos de Chimaltenango y Sacatepéquez. El punto de aforo de la microcuenca, se encuentra en la aldea San Luis las Carretas y se localiza en las coordenadas geográficas 14° 36' 19" de latitud norte y 90° 45' 55" de longitud oeste. A continuación se presenta en el cuadro 1. La ubicación geográfica de cada una de las comunidades en las que tiene cobertura la institución.

Cuadro 1. Coordenadas UTM y Altura de comunidades en la microcuenca Paso San Luis.

No.	Comunidad	Coordenadas GTM		Altura msnm
		X	Y	
1	Chitaburuy	465199.314	1612406.505	1928
2	Pampay	465825.324	1611220.382	2010
3	Paraxaj	465616.654	1611769.513	1855
4	San Rafael	461597.016	1610825	2414
5	San Luis las carretas	471387	1614999	1900
6	San Luis pueblo nuevo	469361.726	1615723.256	1674

Fuente: Boletas de campo.

1.2.2 Límites y vías de acceso

La microcuenca limita al norte, con el municipio de Parramos, y San Andrés Itzapa, Chimaltenango, al sur con Santa Catarina Barahona y San Antonio Aguas Calientes, al este con el municipio de Pastores y al oeste con la aldea Chimachoy, Chimaltenango. Los límites de las comunidades que se encuentran dentro de la microcuenca se detallan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Límites geográficos de las comunidades de la microcuenca Paso San Luis.

No.	Comunidad	Límites Geográficos			
		N	S	E	O
1	Chitaburuy	Chirijuyu	Volcán de acatenango	Pampay	Parrojas
2	Pampay	San Bernabé	San José Carderas	Santa Catarina Barahona	Parrojas y Chitaburuy
3	Paraxaj	Chitaburuy	Pampay	-----	Chirijuy
4	San Rafael	Panimakin	Calderas	Chimachoy	Parramos
5	San Luis las carretas	San Lorenzo el Tejar	Pastores	Colonia Papur	San Luis las carretas
6	San Luis pueblo nuevo	Nuevo San Luis	Cauce del río Paso San Luis	San Luis Pueblo Nuevo	Parramos

Fuente: Boletas de campo.

Una de las vías de acceso a la microcuenca, es la carretera RN-7, que comunica a Antigua Guatemala y Chimaltenango, pasando por el municipio de Parramos. Dentro de la microcuenca existe la carretera RN-6 que comunica a las distintas comunidades. En la microcuenca se localizan los siguientes poblados: Caserío Chitaburuy, aldea Pampay con su caserío Paraxaj, la aldea San Rafael, el caserío San Luis las Carretas y la aldea San Luis Pueblo Nuevo. La distancia de los poblados a Parramos, Chimaltenango y ciudad capital, se anota en el cuadro 3:

Cuadro 3. Centros poblados, categoría y distancia a cabeceras.

No.	Lugar Poblado	Categoría	Distancia cabecera municipal (Km)	Distancia Cabecera departamental (Km)	Distancia Capital (Km)
1	Chitaburuy	Caserío	3.5	7.5	65
2	Pampay	Aldea	4.5	8.5	67
3	Paraxaj	Caserío	4	8	66
4	San Rafael	Aldea	12	20	74
5	San Luis las Carretas	Caserío	6	6	62
6	San Luis	Aldea	3	7	60

Fuente: Boletas de campo.

Cuadro 4. Tipo de vía de acceso a las comunidades de la microcuenca Paso San Luis.

No.	Comunidad	Vía de acceso
1	Chitaburuy	Terracería y adoquinado
2	Pampay	Asfalto y terracería
3	Paraxaj	Terracería
4	San Rafael	Asfalto y terracería, transitable todo el año.
5	San Luis las carretas	Asfalto
6	San Luis pueblo nuevo	Asfalto

Fuente: Boletas de campo.

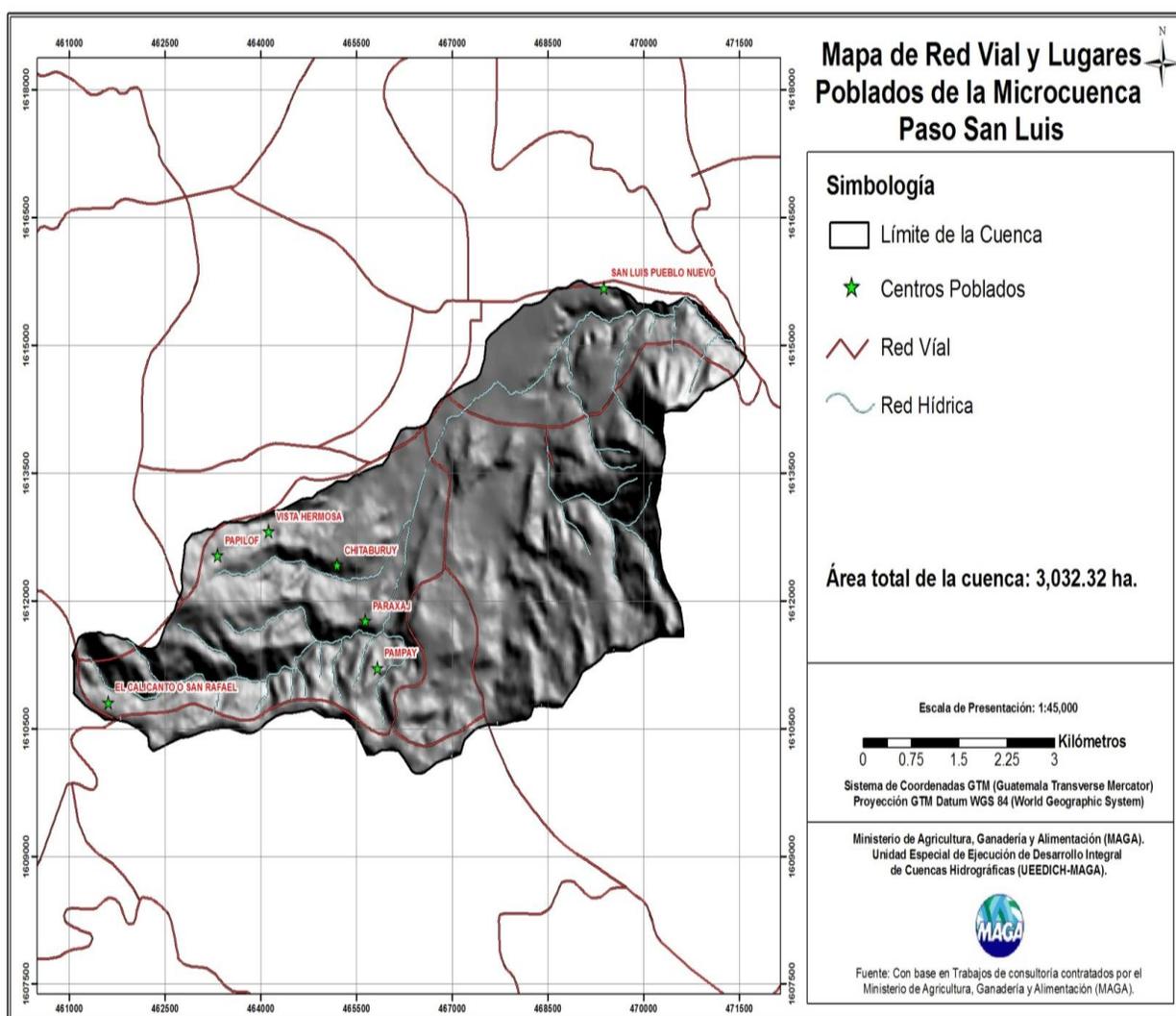


Figura 1. Mapa de red vial y lugares poblados de la microcuenca Paso San Luis.

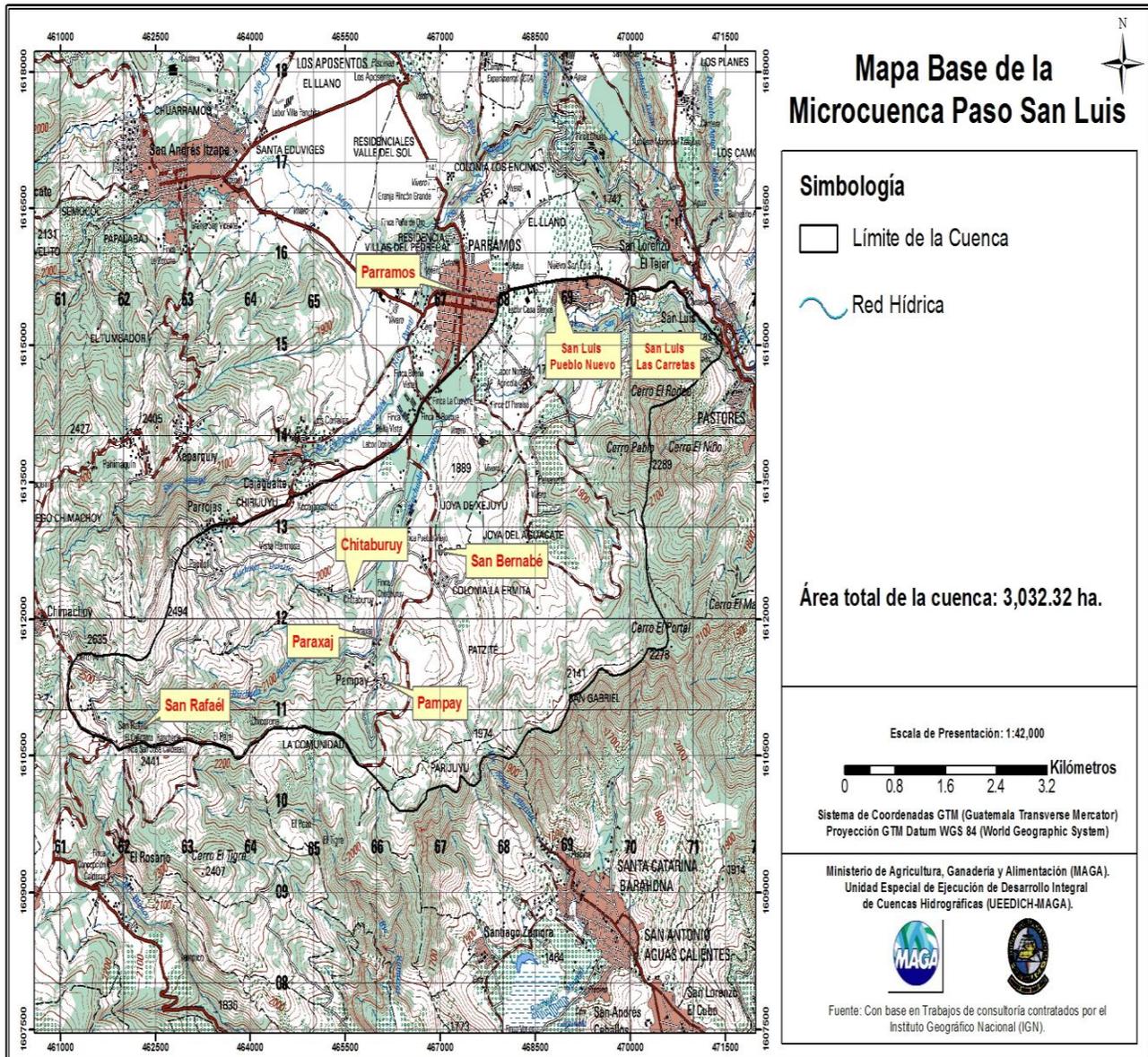


Figura 2. Mapa base de la microcuenca Paso San Luis.

1.2.3 Hidrografía

El río principal de la microcuenca se denomina Paso San Luis, forma parte de la subcuenca del río Guacalate, así mismo se encuentran dentro de la cuenca del río Achiguate (se localiza entre las cuencas de los ríos Motagua, Coyolate, María Linda) y pertenece a la vertiente del Pacífico.

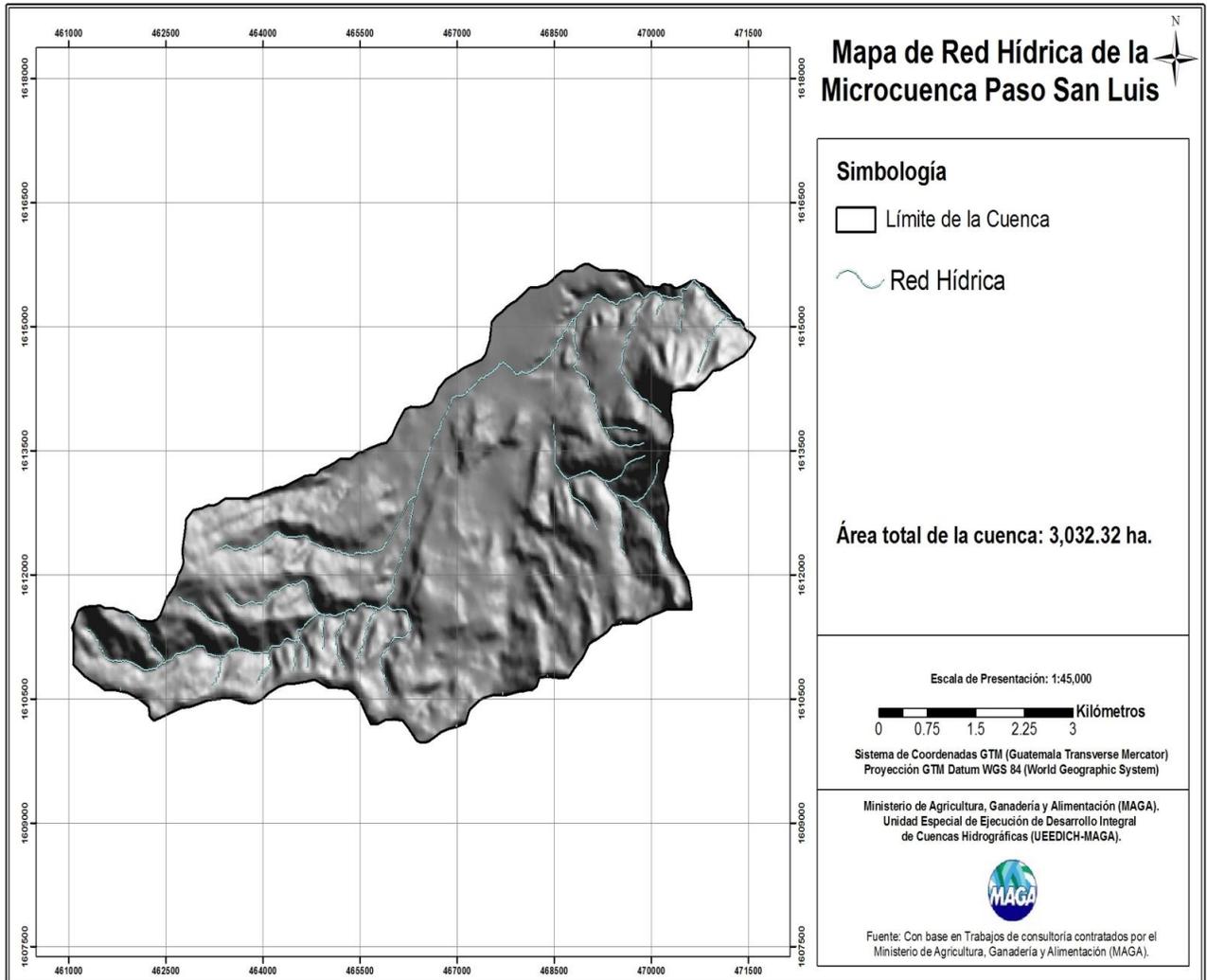


Figura 3. Mapa de red hídrica de la microcuenca Paso San Luis.

1.2.4 Zonas de Vida

De acuerdo a De la Cruz, (1) basado en el sistema de Holdridge, en la microcuenca se encuentran las siguientes zonas de vida:

- Bosque húmedo Montano Bajo Subtropical (bh-MB), que abarca principalmente la parte baja y media de la microcuenca. Se caracteriza por altitudes que van de 1,500 a 2,400 msnm. La topografía varía de ondulada a accidentada, pero presenta algunas pequeñas mesetas que constituyen las mejores áreas agrícolas de la región. El área en su mayor parte es de vocación forestal, la vegetación natural indicadora son rodales de *Quercus spp.* asociados generalmente con *Pinus pseudostrobus* y *Pinus montezumaea*. El uso apropiado para esta zona es agroforestal, pero los terrenos planos se pueden utilizar para cultivos, principalmente: maíz, frijol, hortalizas y frutales de zonas templadas.

- Bosque Muy Húmedo Montano Bajo (bmh-MB), se caracteriza por clima frío, topografía accidentada en las laderas de los volcanes, área de vocación estrictamente forestal, elevación de 1800 a 3000 msnm, la precipitación total anual es variable promediando 2,730 mm la biotemperatura varía de 12.5 °C a 18.6 °C. la vegetación dominante que puede considerarse como indicara es: *Cupressus lusitánica*, *chyrantodendron pentadactylon*, *Pinus hartwegii*, otras que se observan son: *Alnus jorullensis* y *Quercus spp.*

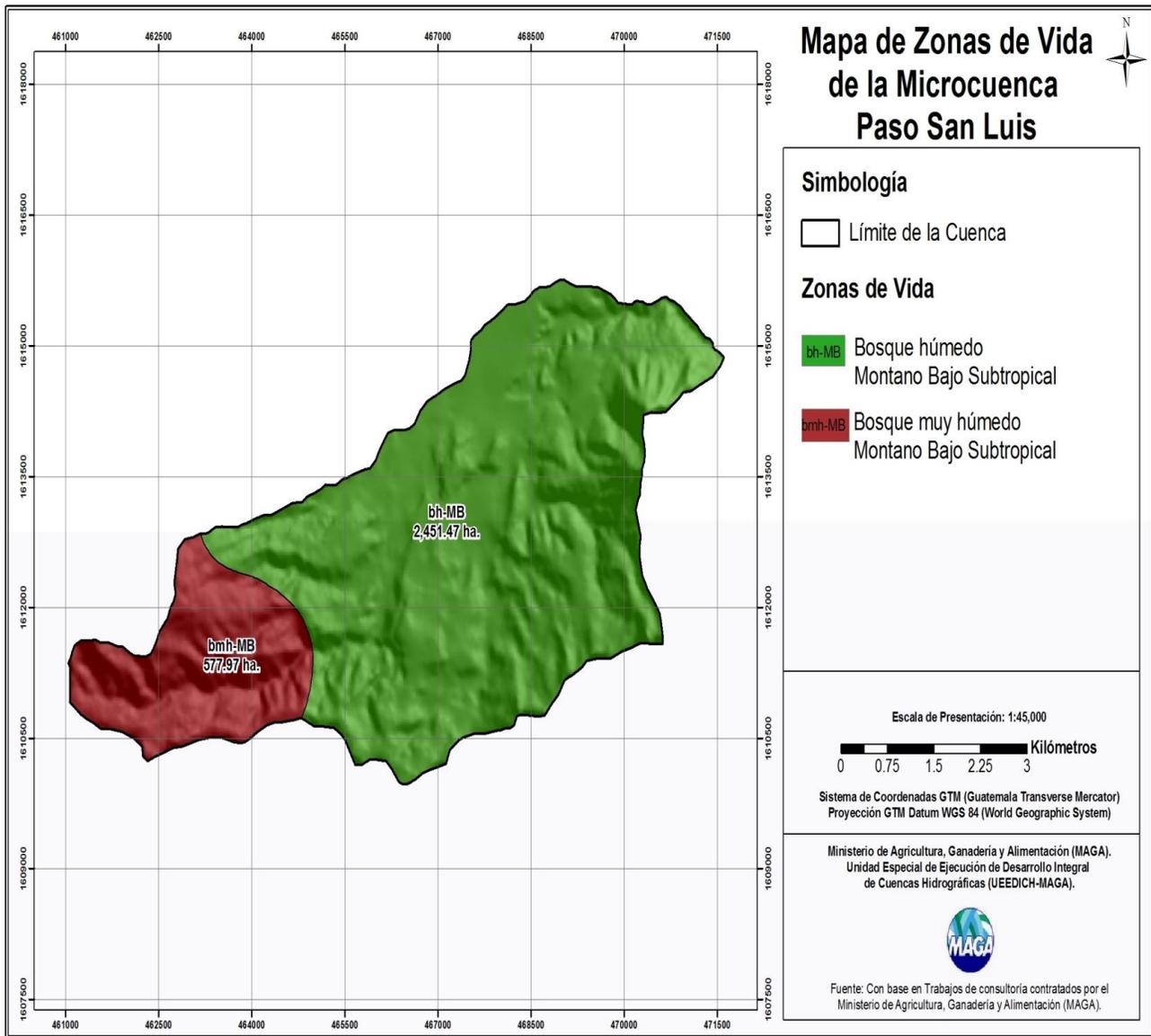


Figura 4. Mapa de zonas de vida de la microcuenca Paso San Luis.

1.2.5 Fisiografía y Geomorfología

El relieve característico de la microcuenca del río Paso San Luis, va desde ondulado hasta escarpado y la elevación promedio es de 2,050 msnm con un rango que va desde 1,600 hasta 2,500 msnm. Esta forma de relieve junto al material parental (roca volcánica) y el clima, son algunos de los factores que contribuyen al desarrollo del drenaje.

- Montañas volcánicas del centro del país:

La parte media y alta de la microcuenca del Río Paso San Luis se localiza dentro del gran paisaje Montañas volcánicas del centro del país y esta conformada por fallamientos y pie de monte, así como áreas de escarpe y alturas que van de 1600 a 2665 msnm.

- Valle tectónico de Chimaltenango:

Este valle se localiza en la parte norte de la microcuenca, específicamente en Parramos, Chimaltenango. Las altitudes de este gran paisaje van de 1700 a 1780 msnm, las pendientes son predominantemente <4%, con drenaje subparalelo.

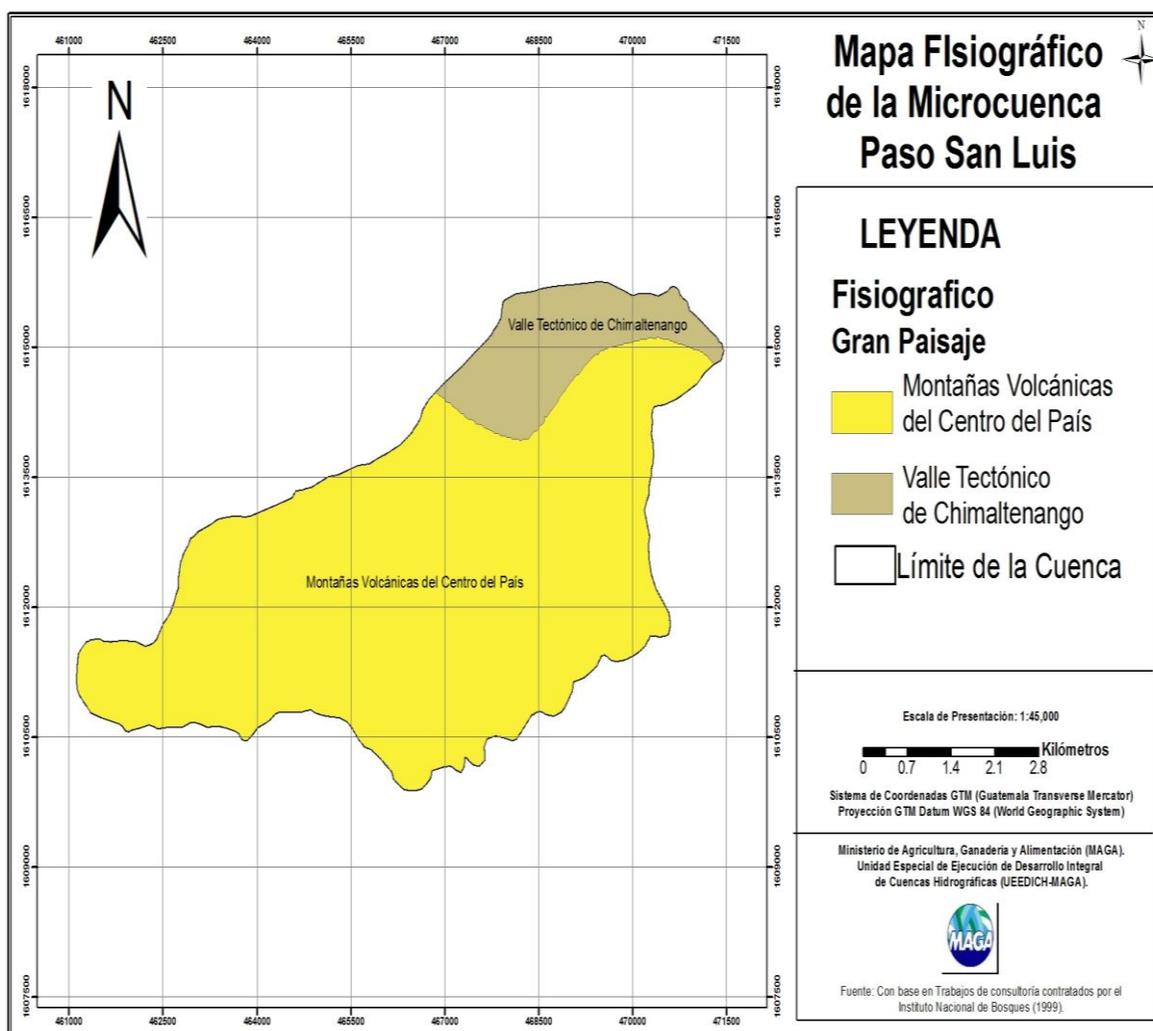


Figura 5. Mapa fisiográfico de la microcuenca Paso San Luis.

1.2.6 Geología

En la microcuenca Paso San Luis, se encuentran las siguientes unidades geológicas:

- Depósitos Piroclásticos del Cuaternario (Qp): Esta unidad se ubica en la parte baja de la microcuenca, está formada por materiales de rocas ígneas del cuaternario como coladas de lava, basaltos y andesitas, tobas, depósitos laháricos y edificios volcánicos del tipo estratovolcán.
- Aluviones Cuaternarios (Tv): La parte media y alta de la microcuenca Paso San Luis esta formada por este grupo geológico de aluviones de material erosionado, formado por cantos rodados, brachas, pómez, arenas, gravas y cenizas volcánicas.

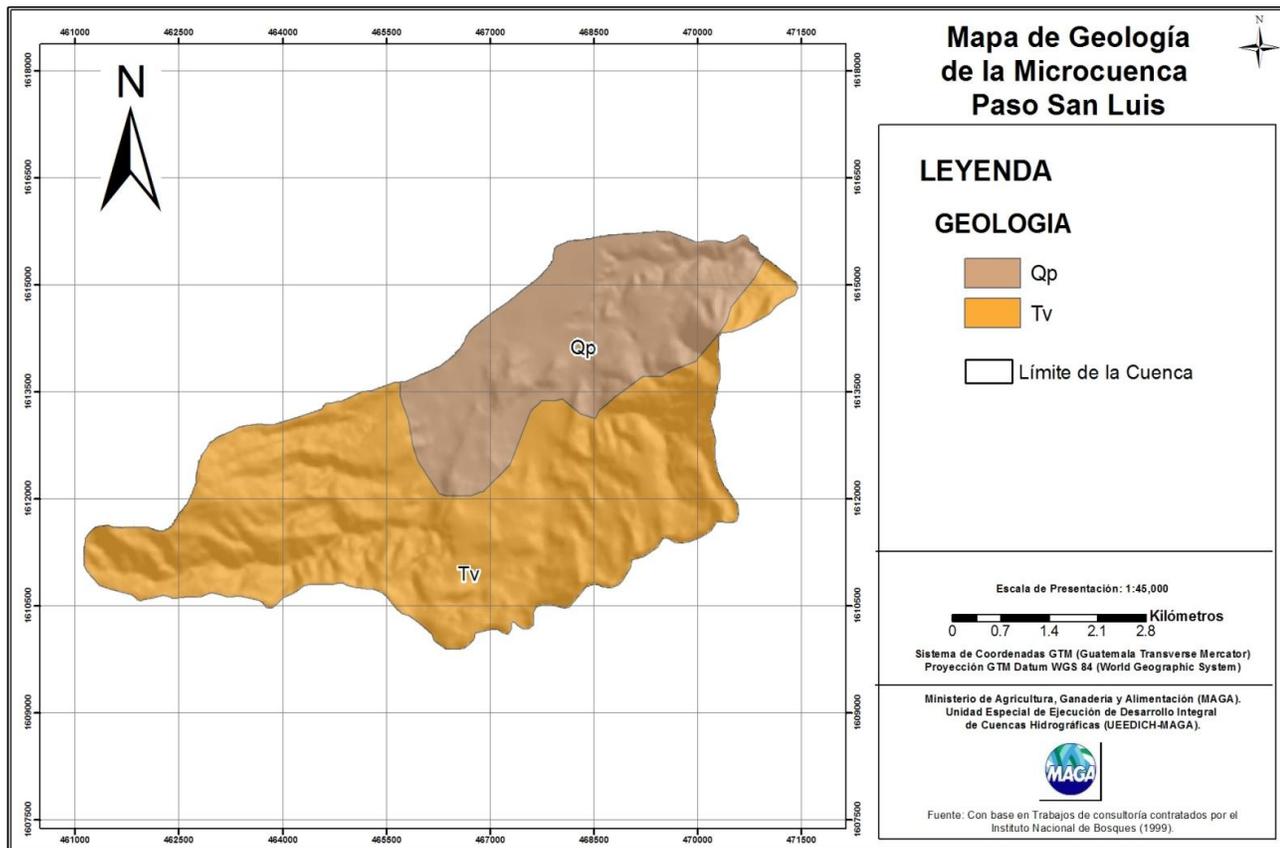


Figura 6. Mapa de geología de la microcuenca Paso San Luis.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

- Elaborar el diagnóstico de la microcuenca Paso San Luis, por medio de la participación de las comunidades, determinando y priorizando los principales problemas de los recursos naturales encontrados.

1.3.2 Específicos

- Describir la situación actual de los recursos agua, suelo, bosque, flora y fauna según información existente de la Microcuenca Paso San Luis, Parramos, Chimaltenango.
- Determinar información socioeconómica de 6 comunidades que forman parte de la Microcuenca modelo Paso San Luis, Parramos, Chimaltenango y en la que tiene cobertura el DC-MAGA.
- Identificar la problemática en recursos naturales, existente en la Microcuenca Paso San Luis, Parramos, Chimaltenango.

1.4 Metodología

1.4.1 Objetivo 1

Describir la situación actual de los recursos agua, suelo, bosque, flora y fauna según información existente de la Microcuenca Paso San Luis, Parramos, Chimaltenango.

- 1) Se inició con la recopilación de toda la información generada sobre los recursos naturales y situación socioeconómica del área efectuándose las actividades siguientes:
 - a) Elaboración del mapa topográfico o base de la microcuenca del río Paso San Luis.
 - b) Se consultaron los siguientes mapas temáticos: series de suelos a nivel de reconocimiento, zonas de vida, cuencas hidrográficas, geológico, fisiográfico, uso actual del suelo, cobertura forestal, capacidad de uso y taxonómico.
 - c) Se ordenó toda la información encontrada dentro y fuera del área, sistematizando los datos más importantes para el diagnóstico.

1.4.2 Objetivo 2

Determinar información socioeconómica de 6 comunidades que forman parte de la Microcuenca modelo Paso San Luis, Parramos, Chimaltenango y en la que tiene cobertura el DC-MAGA.

- a) Se realizaron visitas a las comunidades dentro de la microcuenca, los establecimientos educativos, puestos de salud, CATASTRO y se llenaron boletas de campo con los presidentes de COCODES.

1.4.3 Objetivo 3

Identificar la problemática en recursos naturales, existente en la Microcuenca Paso San Luis, Parramos, Chimaltenango.

- a) Se realizaron diferentes visitas de campo al área de estudio así como a las comunidades dentro de la Microcuenca Paso San Luis, para determinar por medio de observación y consulta con los habitantes los problemas existentes.
- b) Posteriormente se ordenó la información recopilada en las visitas de campo para generar el documento final.
- c) Se elaboraron los siguientes mapas: ubicación geográfica, ubicación hidrográfica, red vial, uso actual, capacidad de uso, zona de vida, taxonomía de suelos y geología, a través del auxilio de mapas nacionales a escala 1:250,000 y un Sistema de Información Geográfica.
- d) También se analizó e interpretó la información recopilada y generada, para detectar el estado actual de los recursos naturales, la problemática y potencialidad de los mismos. Por último se generaron árboles de problemas así como sus respectivas soluciones.

1.5 Resultados

1.5.1 Recurso Hídrico:

La población de las comunidades Chitaburuy, Paraxaj, San Luis Pueblo Nuevo, Pampay, San Rafael y San Luis las Carretas, se abastecen de agua de Pozos que luego por medio de una bomba es transfería a un tanque de almacenamiento, a los hogares de los habitantes llega el vital líquido por medio de tuberías. El río principal de la microcuenca Paso San Luis provoca crecidas en época lluviosa y reduce significativamente su caudal en época seca. En el cuadro 5 se describe información relevante del abastecimiento de agua entubada en las diferentes comunidades de la microcuenca Paso San Luis.

Cuadro 5. Información sobre abastecimiento de agua en comunidades de la microcuenca Paso San Luis.

No.	Comunidad	Cobertura agua entubada	Procedencia del agua	No. Nacimientos
1	Chitaburuy	100%	Nacimientos	3
2	Pampay	100%	Nacimientos	10
3	Paraxaj	100%	Rio Durazno y nacimientos.	3
4	San Rafael	86%	Pozos, nacimiento.	2
5	San Luis las carretas	100%	Nacimiento.	1
6	San Luis pueblo nuevo	100%	Nacimientos, pozos.	5

Fuente: Boletas de campo

Varios manantiales del área, se han secado y el caudal del río principal se reduce significativamente, provocando con ello escasez de agua en la zona. Por lo que se considera que en la microcuenca existe poca captación de agua en los mantos acuíferos.

La reducción del caudal del río y pérdida de nacimientos de agua se debe a la deforestación de los bosques de las partes altas, lo que provoca que el agua no se infiltre a zonas profundas sino que corra como escorrentía superficial en la época lluviosa.

1.5.2 Recurso suelo

1.5.2.A Serie de suelos

Según Simmons en la microcuenca del río Paso San Luis se encuentran las series de suelos Alotenango (Al) y Tecpán (Tc).

- La serie de suelos Alotenango (Al), ocupa la mayor parte, siendo el 93.05% (2821.61 ha) del área total de la microcuenca, el perfil del suelo se caracteriza por las siguientes capas: Suelo superficial a una profundidad de 25-40 cm., de origen volcánico de color oscuro, textura franca y consistencia suelta, suelo de café oscuro a café muy oscuro; el subsuelo se encuentra a una profundidad de 40-50 cm, franca arenosa, café grisáceo oscuro. La topografía va de inclinado a muy inclinado. También son suelos bien drenados, con una capacidad de abastecimiento de la humedad muy baja, no tiene ninguna capa que limite la penetración de las raíces de plantas, sin embargo tiene un alto peligro a la erosión por lo que se hace necesario combatirla, posee una fertilidad natural regular.
- La serie de suelos Tecpán (Tc) abarca una extensión de 210 ha (6.95%) y se identifica con un perfil de suelo con las siguientes capas: el suelo superficial es de textura franca limosa, de color café muy oscuro, el subsuelo tiene una profundidad de 100- 200 cm, franco arcillosa limosa de color café amarillenta; poseen buen drenaje, sin ninguna capa que limite el crecimiento de raíces, la capacidad de abastecimiento de la humedad es regular, posee baja susceptibilidad a la erosión, tienen una fertilidad natural regular por lo que hay que tomar medidas para conservarla. La topografía va desde suavemente inclinado hasta muy inclinado.

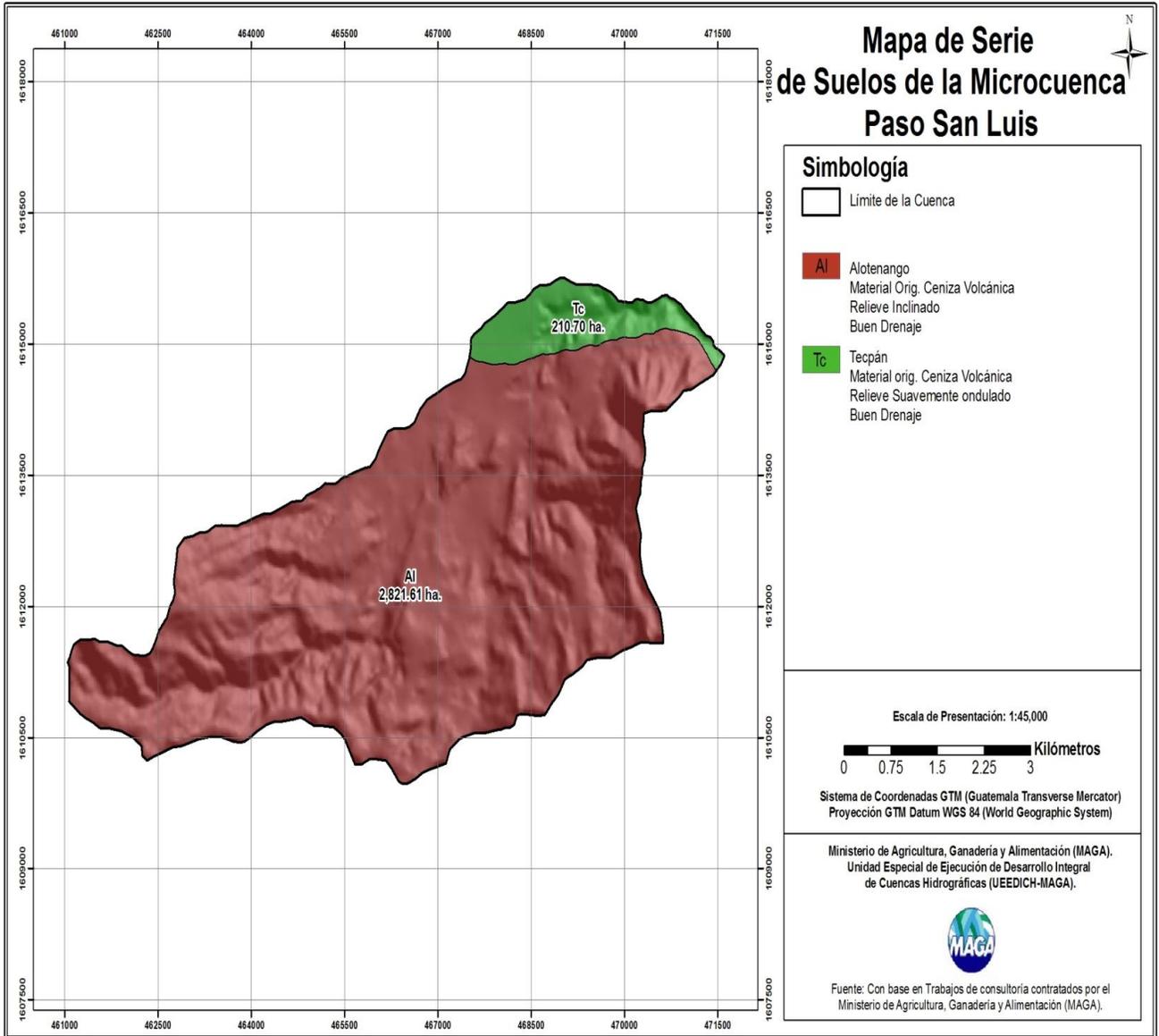


Figura 7. Mapa de serie de suelos de la microcuenca Paso San Luis.

1.5.2.B Taxonomía de suelos

En base a la clasificación taxonómica de los suelos, de acuerdo al MAGA (6), en la microcuenca se pueden encontrar dos órdenes.

- El orden Andisol, se caracteriza por ser suelos que se originan a partir de cenizas volcánicas, éstos sufren un rejuvenecimiento frecuente, y se ven enriquecidos nutricionalmente en forma constante. Propician el buen drenaje, pero a su vez presentan una buena retención de humedad. Fáciles de cultivar, sin embargo por encontrarse en áreas con pendientes elevadas, debe de dárseles un manejo adecuado, preferentemente que estén cubiertos por sistemas silvopastoriles y agroforestales.

- Y el orden Entisol que presenta poco desarrollo debido a condiciones de pendientes ligeramente inclinadas a fuertemente inclinadas que incide en la erosión de los suelos y por ello son los menos apropiados para actividades agrícolas, entre sus limitaciones están además de la poca profundidad efectiva, la pedregosidad interna y los afloramientos rocosos. Se recomiendan para la producción forestal o sistemas agroforestales.

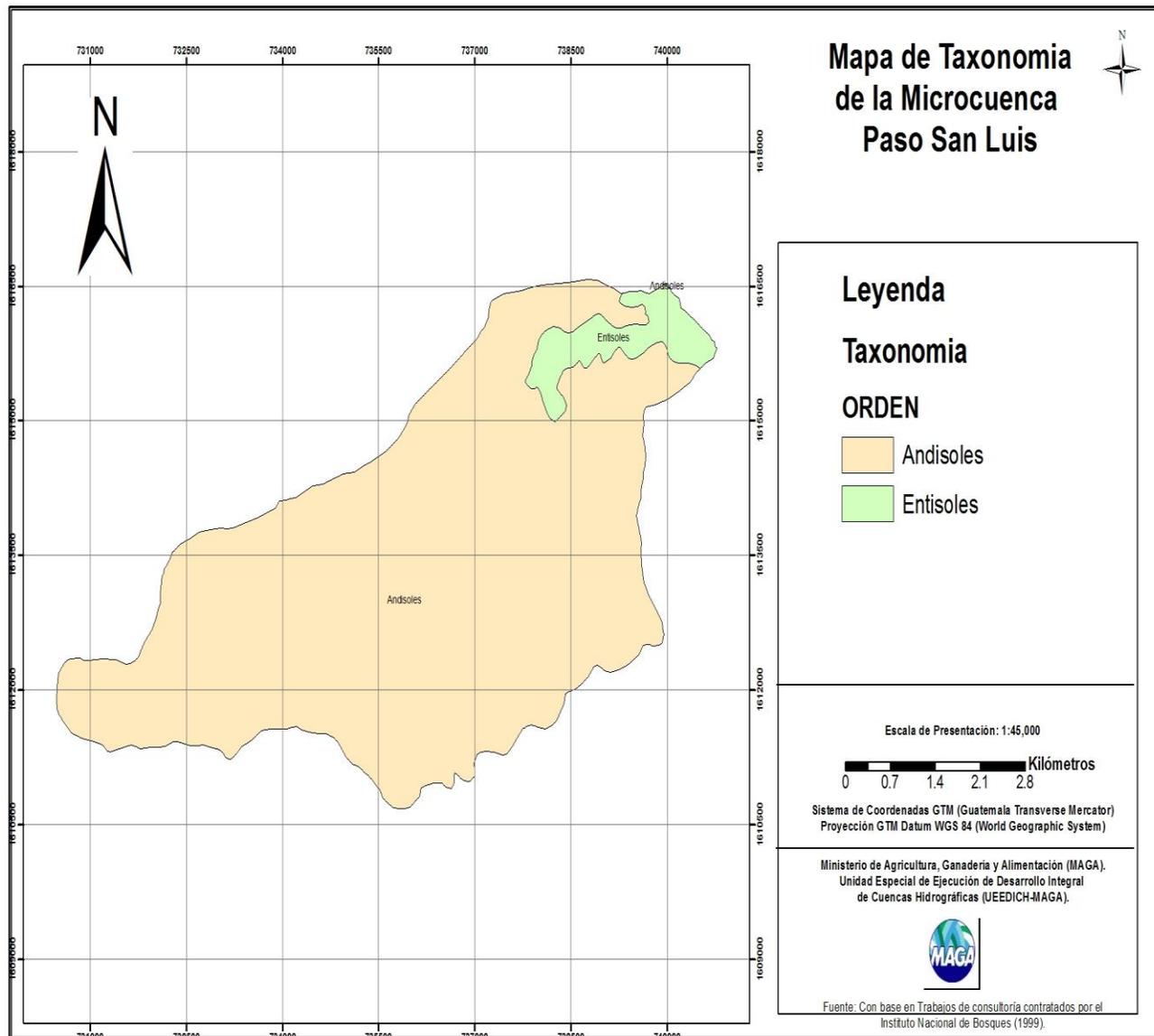


Figura 8. Mapa de taxonomía de la microcuenca Paso San Luis.

1.5.3.C Uso Actual

Se observan dentro de la microcuenca diferentes usos, donde los pastos naturales y/o hierbazal ocupan el mayor porcentaje (23.690 %), seguido de granos básicos (19.725 %), hortaliza ornamental (15.436 %), arbustos-matorrales (15.371 %) y bosque mixto (14.461 %).

La importancia de estos datos radica en que permite identificar el área con presencia de cobertura forestal, que puede ayudar a validar un manejo del mismo para proteger recursos como el agua, flora y fauna, buscando mejorar la economía de la población del área. Además de zonas desprovistas de vegetación, implementado en ellas estructuras de conservación de suelos, evitando la degradación del recurso.

Cuadro 6. Uso actual de los suelos de la microcuenca Paso San Luis.

No.	Uso	Área	%
1	Aguacate	1.2	0.038
2	Arbustos-matorrales	473	15.371
3	Bosque conífero	2	0.064
4	Bosque latifoliado	107	3.477
5	Bosque mixto	445	14.461
6	Café	111	3.607
7	Centros poblados	31	1.007
8	Frutales deciduos	30	0.974
9	Granos básicos	607	19.725
10	Hortaliza-ornamental	475	15.436
11	Hortaliza-ornamental con riego	28	0.909
12	Pastos naturales y/o hierbazal	729	23.690
13	Plantación conífera	18	0.584
14	Vivero	20	0.649
TOTAL		3077.2	100

Fuente: MAGA, 2001.

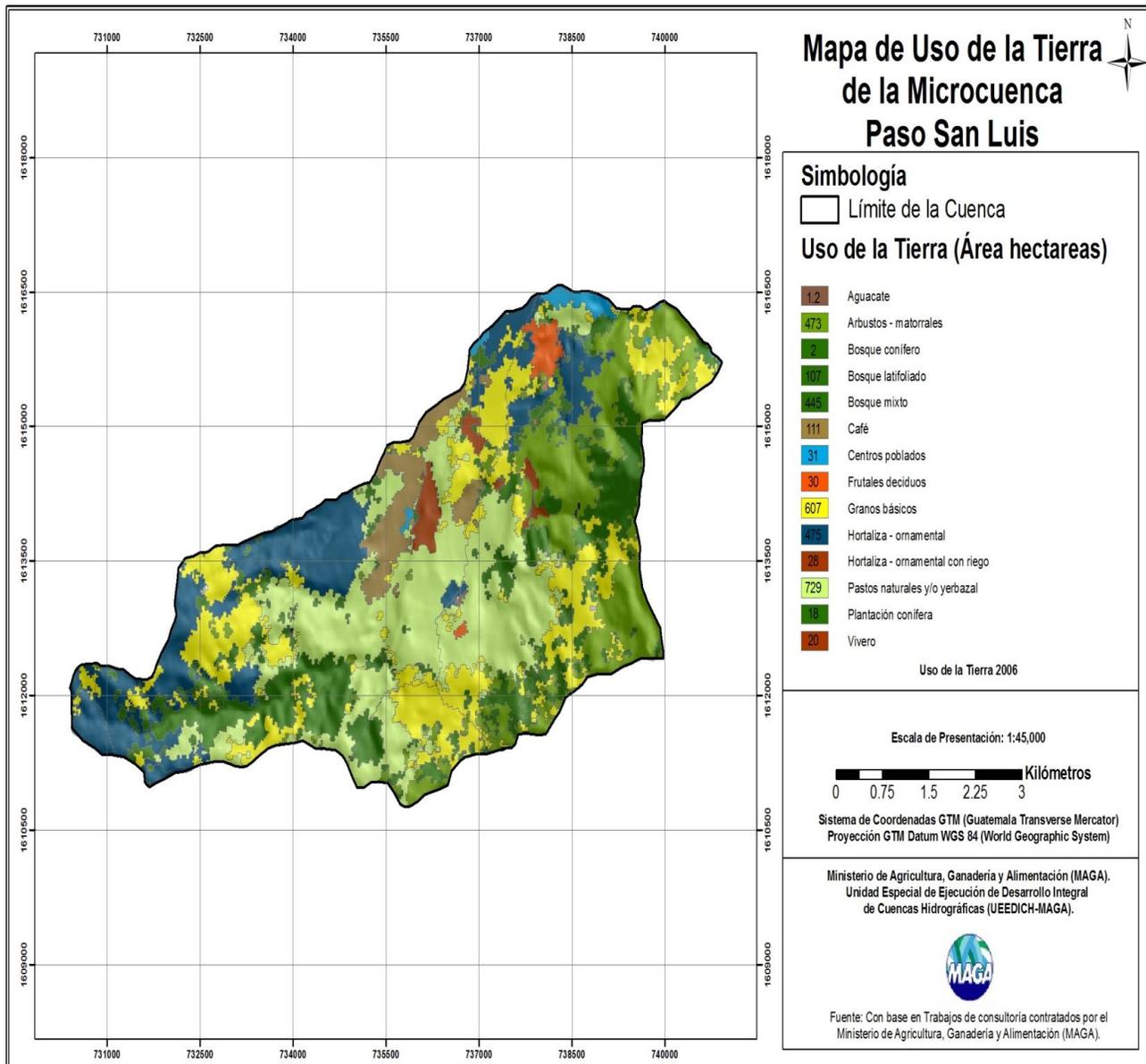


Figura 9. Mapa de uso de la tierra de la microcuenca Paso San Luis.

1.5.2.D Capacidad de uso

Según el sistema de clasificación USDA (5), se ubicaron cuatro categorías de capacidad de uso de la tierra en la microcuenca, éstas se distribuyen como se indica en el cuadro 7 y su posición en la microcuenca se muestra en la figura 10.

- Clase Agrologica III: Esta categoría ocupa el 41.57 % y son áreas con limitado laboreo permanente, serios riesgos de erosión, suelos con profundidad media, fertilidad baja y pendiente moderada.

- Clase Agrologica VI: Ocupa el 1.069% del área total y no son aptas para agricultura, ya que no permiten laboreo, pueden ser usada para pastoreo controlado o silvicultura, riesgos importantes de erosión, muy someros y con fuerte pendiente.
- Clase Agrologica VII: Esta categoría abarca el 4.94% del total de la microcuenca, son suelos que no permiten laboreo, solo para pastoreo o silvicultura muy controlada, con limitaciones permanentes importantes y severa erosión, muy someros y con fuerte pendiente.
- Clase Agrologica VIII: Abarca el 52.41% del área de la microcuenca Paso San Luis, son tierras no aptas para agricultura, solo para uso forestal.

Cuadro 7. Categorías de capacidad de uso de los suelos en la microcuenca.

No.	Categoría	Área	%
1	Clase III	1,259.52 ha	41.57
2	Clase VI	32.41 ha	1.069
3	Clase VII	149.73 ha	4.94
4	Clase VIII	1587.76	52.41

Fuente: MAGA, 2001.

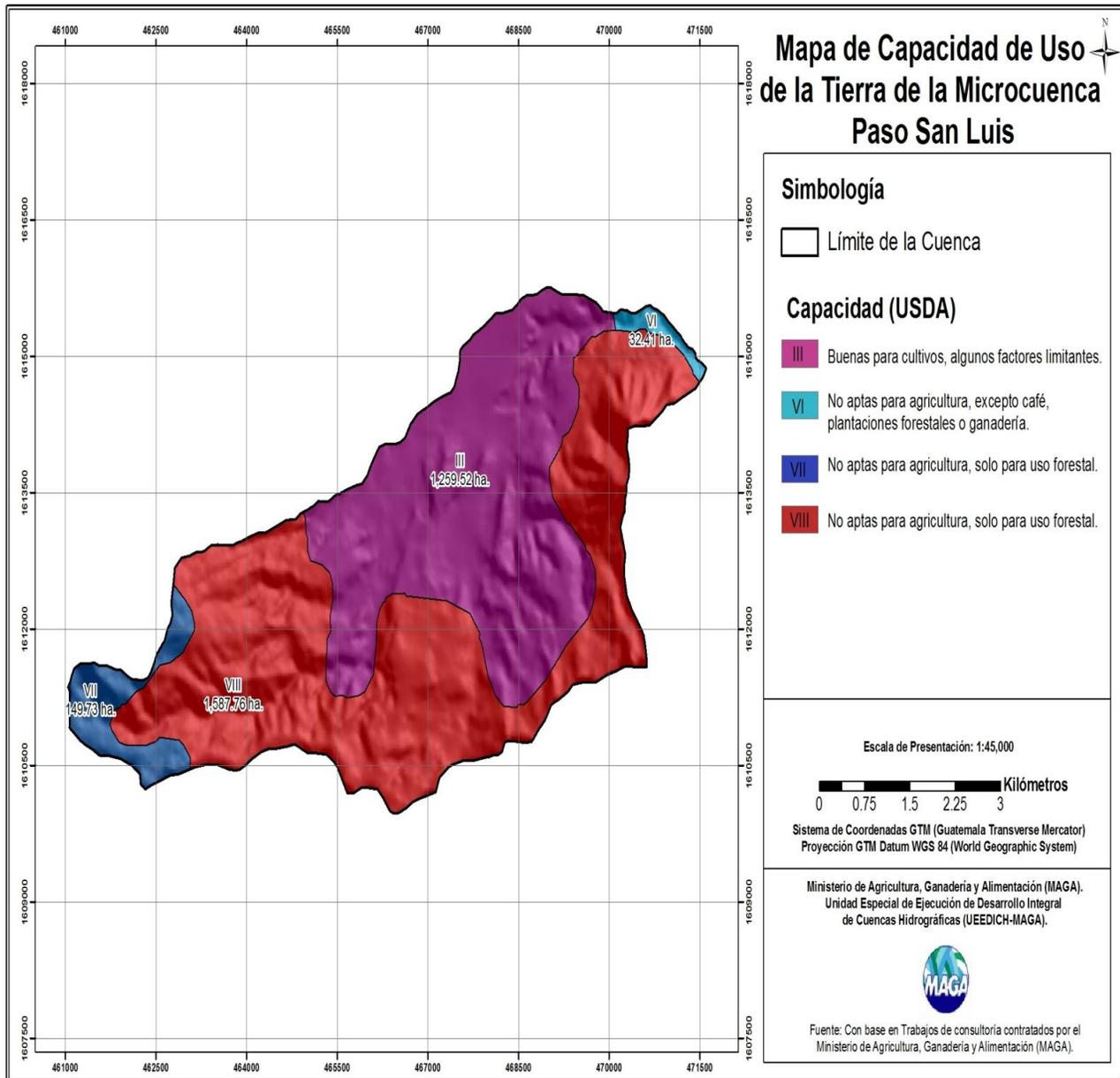


Figura 10. Mapa de capacidad de uso de la tierra de la microcuenca Paso San Luis.

1.5.3 Recurso Flora

En base a reconocimiento de campo y al MAGA (9), se estableció que las áreas boscosas según el tipo forestal se pueden clasificar en:

- Bosque de coníferas: estas áreas especialmente están dominadas por especies de *Pinus spp.*, *cupressus sp* o bien una dominancia de ambas. (2) Abarca el 0.06 % del área total de la microcuenca, con una extensión de 2 ha.
- Bosque de latifoliadas: Esta área boscosa está dominada por la presencia de *Quercus sp.*, *Persea americana* y *Bursera spp.* (2) Abarca un área de 107 ha lo que equivale a el 3.47% del área total de la microcuenca.

- Bosque mixto: Abarca una extensión de 445 ha lo que equivale al 14.46% del área total, las especies predominantes son una interacción de ambos bosques mencionados anteriormente.

En estos bosques, se distinguen los siguientes estratos, conformados por las principales especies enumeradas en el cuadro 8.

Cuadro 8. Especies de los bosques en la microcuenca.

Bosque	Especie	Nombre común	Área
Coníferas	Pinus spp.	Pinos	2 ha
	Cupressus spp.	Ciprés	
Latifoleado	Persea americana	Aguacate	107 ha
	Gravillea spp.	Gravilea	
	Bursera simaruba	Palo jiote	
	Quercus spp.	Encino, roble	
	Eucalyptus spp.	Eucalipto	
	Chiranthodendron pentadactylum	Mano de león	
	Alnus glutinosa	Aliso o ilamo	
Mixto	Coníferas y latifoliadas		445 ha
Arbustivo /Herbáceas	Acacia spp	Zarza	473 ha
	Acacia hindsi	Hishcanal	
	Yuca elephantipes	Izote	
	Aranthus spp	Bledo	
	Cenchrus pilosus	Mozote	
	Sida spp	Escobillo	
	Cyperus rotundus	Coyolillo	
	Lantana camara	Siete negrito	

Fuente: Gonzales H.R. 2006

El recurso flora ha sido muy afectado, ya que se han deforestado áreas con el objetivo de: incrementar la zona de producción agrícola, y satisfacer la necesidad energética de la población. También los incendios forestales han contribuido en el deterioro.

La flora más aprovechada local y externamente se encuentra en el estrato arbóreo, de ahí se obtiene: medicina, la mayor parte del recurso energético que se describe en el cuadro 9 y la madera para la construcción.

Cuadro 9. Información del recurso energético en la microcuenca Paso San Luis.

No.	Comunidad	Estufa que utilizan	Arboles/leña	Abastecimiento de leña	Tareas de leña al mes
1	Chitaburuy	E. Lorena	Aliso, pino, encino y gravilea.	Parcela y comprada	5
2	Pampay	90% E. lorena, 10% E. gas.	Aliso, ciprés, pino, encino.	Parcela, comprada y astillero.	3.5
3	Paraxaj	95% E. lorena, 5% E. gas.	Aliso, pino, taxiscobo y gravilea.	Bosque comunal y parcelas.	3
4	San Rafael	40% E. lorena, 60% fogón.	Aliso.	Parcelas.	1.5
5	San Luis las carretas	30% E. lorena, 70% E. gas.	Ciprés, pino y encino.	Comprada, poca utilización de leña.	2.5
6	San Luis pueblo nuevo	60% E. gas, 40% fogón.	Aliso, ciprés y pino.	Parcelas y comprada.	3

Fuente: Boletas de campo.

1.5.4 Recurso Fauna

1.5.4.A Fauna silvestre

En el cuadro 10, se anotan las especies silvestres que reportan los pobladores conocer del área.

Cuadro 10. Especies de fauna silvestre en la microcuenca Paso San Luis.

Clase	Especie	Nombre común
Mamíferos	<i>Canis latrans</i>	Coyote
	<i>Sylvilagus sp.</i>	Conejo de monte
	<i>Dasyus novemcinctus</i>	Armado o armadillo
	<i>Sciurus aureogaster</i>	Ardilla
	<i>Bos taurus</i>	Bovinos
	<i>Capra sp.</i>	Cabra
	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado
	<i>Didelphys marsupialis</i>	Tacuazín
	<i>Procyon lotor</i>	Mapache
Aves	<i>Quiscalus sp.</i>	Zanate
	<i>Melospiza melodia</i>	Cantor
	<i>Caragyps atratus</i>	Zopilote
Reptiles	<i>Boa constrictor</i>	Mazacuata
	<i>Hyla sp.</i>	Rana
	<i>Basiliscus vittatus</i>	Cutete
	<i>Bufo sp.</i>	Sapo
	<i>Drymarchon corais</i>	Zumbadora
	<i>Bothrops asper.</i>	Cantil

Fuente: Boletas de campo.

1.5.4.B Fauna doméstica

La fauna doméstica encontrada en la microcuenca, se enumera en el cuadro 11, y muchas especies son aprovechadas para el consumo familiar, por tanto la producción de los mismos se convierte en una actividad importante en la microcuenca.

Cuadro 11. Especies de fauna doméstica de la microcuenca Paso San Luis.

Clase	Especie	Nombre común
Mamíferos	<i>Canis familiaris</i>	Perro
	<i>Sus scropha</i>	Cerdo
	<i>Felis catus</i>	Gato
	<i>Equus caballus</i>	Caballo
	<i>Bos taurus</i>	Bovinos
	<i>Capra sp.</i>	Cabra
Aves	<i>Gallus gallus</i>	Gallo
	<i>Milagros sp.</i>	Chompipe
	<i>Anus sp.</i>	Pato

Fuente: Boletas de campo.

1.5.5 Aspectos Socioeconómicos de la Población

1.5.5.A Demografía

El total de la población de la microcuenca es de aproximadamente 3,316 personas, de los seis poblados de interés en el área, según el Instituto Nacional de Estadística –INE- (4), el de mayor población es la aldea San Luis Pueblo Nuevo. En el cuadro 12, se muestran los datos de población por sexo, en donde el mayor número de personas son Hombres, excepto en San Luis las Carretas.

Cuadro 12. Distribución de la población por categoría y sexo en la microcuenca Paso San Luis.

	Lugar Poblado	Categoría	Total Población	Sexo	
				H	M
1	Chitaburuy	Caserío	66	35	31
2	Pampay	Aldea	295	151	144
3	Paraxaj	Caserío	164	90	74
4	San Rafael	Aldea	210	115	95
5	San Luis las Carretas	Caserío	697	341	356
6	San Luis Pueblo Nuevo	Aldea	1884	967	917
TOTAL			3316	1699	1617

Fuente: IX Censo poblacional, VI de Habitación del 2002.

1.5.5.B Educación

Todas las comunidades cuentan con escuela y con maestros, se determino por medio de boletas de campo que el 92.3% de la población infantil, asisten a las diferentes escuelas, así mismo el 82.5% de la población sabe leer y escribir, siendo importante describir que el mayor numero de alfabetos se encuentra en el caserío Paraxaj, con el 95% de sus habitantes. En el cuadro 13 se describen los aspectos mas importantes en cuanto a educación.

Cuadro 13. Aspectos de educación en las comunidades de la microcuenca Paso San Luis.

No.	Comunidad	No. Escuelas en comunidad	Nivel de enseñanza	No. maestros	% de niños que asisten a escuela	% alfabetos	% analfabetas
1	Chitaburuy	1	Primaria	3	90	90	10
2	Pampay	1	Primaria	3	85	70	30
3	Paraxaj	1	Preprimaria, primaria	1	100	95	10
4	San Rafael	1	Primaria	3	99	70	30
5	San Luis las Carretas	1	Primaria	9	95	90	10
6	San Luis Pueblo Nuevo	2	Primaria, básico	18	85	80	20

Fuente: Boletas de campo.

1.5.5.C Idiomas

En la microcuenca del Rio Paso San Luis, se hablan los idiomas: Kaqchikel y castellano. El predominante es el castellano, exceptuando Chitaburuy que la mayor parte de la población domina los dos. Los aspectos más importantes se describen en el cuadro 14.

Cuadro 14. Idiomas predominantes en comunidades de la microcuenca Paso San Luis.

No.	Comunidad	Grupo Étnico	Idioma indígena que se habla
1	Chitaburuy	Indígena 100%	Kaqchikel 100%, 95% castellano.
2	Pampay	No indígenas 80%	Castellano 80%, 30% Kaqchikel.
3	Paraxaj	No indígenas 90%	Castellano 95%, 10% Kaqchikel.
4	San Rafael	No indígenas 90%	Castellano 100%
5	San Luis las Carretas	No indígena 100%	Castellano 100%
6	San Luis Pueblo Nuevo	No indígenas 80%	Castellano 80%, Kaqchikel 20%.

Fuente: Boletas de campo.

1.5.5.D Organización Social

En todos los poblados de la microcuenca, existe un alcalde auxiliar, quien es designado por la comunidad y tiene la aprobación de la corporación municipal, por tanto él ejerce la autoridad local. Además en todas las comunidades existe una iglesia católica, siendo esto un tipo de organización religiosa. El cuadro 15 muestra un resumen de la organización en las comunidades de la microcuenca.

Cuadro 15. Organización en comunidades de la microcuenca Paso San Luis.

No.	Comunidad	Organización
1	Chitaburuy	COCODE, Alcalde auxiliar.
2	Pampay	COCODE, Alcalde auxiliar.
3	Paraxaj	COCODE, Alcalde auxiliar, Asociación Nuevo amanecer.
4	San Rafael	Alcalde auxiliar, COCODE.
5	San Luis las Carretas	COCODE, organización religiosa.
6	San Luis Pueblo Nuevo	COCODE, junta escolar, organizaciones deportivas y religiosas.

1.5.6 Tenencia de la Tierra

El 80% de la población de la microcuenca posee tierra para cultivar, de 3 a 10 cuerdas, es utilizada para la siembra de granos básicos, hortalizas y frutales.

1.5.6.A Producción Agrícola

El cuadro 16 muestra información relevante de producción agrícola en la microcuenca. Los cultivos principales son maíz y frijol que se utilizan principalmente para consumo, excepto cuando hay buenas cosechas, destinan el excedente a la venta.

Cuadro 16. Información de productos agrícolas, cantidad y precios en las comunidades de la microcuenca Paso San Luis.

No.	Comunidad	Producto agrícola	Cantidad producida/Ha	Precio venta (Q)
1	Chitaburuy	Güicoy	180 bultos	15-20/bulto
		Miltomate	90 qq	150 qq
		Zanahoria	135 bultos	20-25/bulto
		Repollo	90 bultos	8/bulto
		Tomate	3 cajas/surco	100/caja
		Maíz	90 qq	Consumo
		Frijol	18 qq	300
2	Pampay	Maíz	45 qq	Consumo
		Frijol	27 qq	Consumo
		Zanahoria	90 bultos	30/bolsa
3	Paraxaj	Maíz	45-72 qq	Consumo
		Frijol	27 qq	Consumo
		Ejote	90 qq	100/qq
		Chipilín	360 manojos	100/producción.
		Macuy	360 manojos	100/producción.
4	San Rafael	Maíz	36 qq	Consumo
		Frijol	18 qq	Consumo
		Zanahoria	180 bultos	50
		Güicoy	225 bultos	50
		Arveja	225 costales	25/costal
		Remolacha	180 bultos	50
5	San Luis las Carretas	Maíz	36 qq	Consumo
		Frijol	18 qq	Consumo
6	San Luis Pueblo Nuevo	Maíz	27 qq	Consumo
		Frijol	18 qq	Consumo

Fuente: Boletas de campo.

1.5.7 Infraestructura física y servicios

1.5.7.A Vías de acceso y sistemas de transporte

Para ingresar a los centros poblados, existen carreteras de terracería que en época seca son transitables, pero en época lluviosa estos caminos se ponen en mal estado debido a que no reciben mantenimiento y se pueden transitar solo con carros de doble tracción. El sistema de transporte a los centros poblados de la microcuenca, lo cubren carros de palangana, ya que por lo malo e inclinado del camino los autobuses no pueden ingresar al área. Ver figura 2.

1.5.7.B Escuelas

En los 6 centros poblados bajo estudio y ubicados en la microcuenca, existe una escuela, unas con mejores condiciones que otras, pero es importante señalar el hecho, que los niños no tengan que viajar grandes distancias para recibir las primeras enseñanzas.

1.5.7.C Energía eléctrica y sistemas de comunicación

En todas las comunidades de la microcuenca del río Paso San Luis, se cuenta con el servicio de energía eléctrica. Además hay cobertura de las diferentes compañías de telefonía móvil.

1.5.7.D Viviendas

El tipo de vivienda que predomina en la microcuenca es de techo de lámina, paredes de block, piso de tierra y cerco de caña. En el cuadro 17 se describe la información más relevante en cuanto a las viviendas de las comunidades de la microcuenca.

Cuadro 17. Información de viviendas de las comunidades de la microcuenca Paso San Luis.

No.	Comunidad	Numero de viviendas	Materiales mas comunes	Ambientes en la Vivienda
1	Chitaburuy	19	Madera, adobe, block, techo de lámina.	2
2	Pampay	38	Block, lamina, cerco de caña, techo de lamina, piso de tierra y en poca cantidad de torta de cemento	2-5
3	Paraxaj	22	Block, techo de lamina, piso de tierra	3-4
4	San Rafael	50	Block, caña de milpa, lámina, madera, techo de lámina, piso de torta en menor cantidad.	3
5	San Luis las carretas	350	Block, ladrillo, techo de lámina y terraza.	3-5
6	San Luis pueblo nuevo	600	Block, techo de lámina.	3-4

Fuente: Boletas de campo.

1.5.7.E Agua Entubada

Según información recabada por medio de boletas de campo, se determino que todas las comunidades cuentan con este servicio, abasteciéndose de varios manantiales dentro de las comunidades, exceptuando San Rafael, donde solamente existe un manantial. Debiendo tener mucho cuidado de conservar este preciado recurso, protegiéndolo de la deforestación, evitar su contaminación y perdida.

1.5.7.F Letrinas

La mayoría de comunidades de la microcuenca poseen letrinas al 100, exceptuando San Rafael donde solamente el 60% las ostentan y San Luis las carretas donde hay baño lavable al 100%.

Cuadro 18. Letrinización en las comunidades de la microcuenca Paso San Luis.

No.	Comunidad	Letrinización
1	Chitaburuy	100%
2	Pampay	100%
3	Paraxaj	100%
4	San Rafael	60%
5	San Luis las carretas	100% Baño lavable
6	San Luis pueblo nuevo	85% Baño lavable

Fuente: Boletas de campo.

1.5.7.G Salud

Las enfermedades más frecuentes que reportan los habitantes de las comunidades de la microcuenca Paso San Luis padecer son las siguientes:

- Infecciones respiratorias
- Tos
- Neumonía
- Bronconeumonía
- Enfermedades gastrointestinales
- Fiebres
- Amebiasis

1.6 Análisis de la Problemática y problemas detectados

Para determinar la problemática se realizaron recorridos por las diferentes comunidades que se encuentran dentro de la microcuenca y que tiene cobertura el Departamento de Cuencas del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación DC-MAGA, con el objetivo de detectar los principales problemas que aquejan a la población.

1.6.1 Deforestación

El avance de la frontera agrícola, se esta observando a gran escala en la microcuenca Paso San Luis, los habitantes de las comunidades deforestan el área con el objetivo de utilizar el suelo para cultivos agrícolas y los arboles para leña, ya que la mayor parte de la microcuenca posee un relieve accidentado, la erosión de los suelos se acrecienta cada vez más. Es de suma importancia tratar de recuperar estas áreas cuya vocación es forestal, ya sea por medio de reforestaciones, sistemas agroforestales, así también la protección del suelo por medio de estructuras de conservación como terrazas, curvas a nivel, barreras vivas, acequias de infiltración, etc.

1.6.2 Degradación del Suelo y sobreutilización

La pérdida de cobertura vegetal, deja desprovisto el recurso suelo de cualquier protección contra los diferentes tipos de erosión, la mayor parte de la microcuenca Paso San Luis, posee un relieve accidentado, haciendo el suelo más propenso a su degradación, (pérdida de la capa orgánica, lavado del suelo por motivo de lluvias, etc.) la vocación de la mayor parte del área de estudio es forestal, con un total de 1,737.49 ha no aptas para agricultura, sin embargo los habitantes de la microcuenca lo utilizan para cultivos agrícolas, destinando una parte para venta y la otra para consumo, es de importancia proteger este preciado recurso con estructuras de conservación de suelos que minimice el efecto negativo que la erosión hídrica causa en la zona, capacitaciones de abonos orgánicos tratando así de mejorar los rendimientos de los cultivos y devolver la fertilidad al suelo, así también la implementación de estudios sobre erosión, en la parte alta de la microcuenca, deben de ser iniciados, ya que es ahí donde este problema se a detectado a gran escala.

1.6.3 Pérdida, contaminación y disponibilidad de fuentes de agua

La excesiva deforestación de los bosques riparinos y área aledañas a los nacimientos en la microcuenca a traído como consecuencia la pérdida de las fuentes de agua, que abastecen del vital liquido a algunas comunidades del área, algunos brazos del rio Paso San Luis, se encuentran contaminados con basura y desechos de los hogares, un ejemplo de este problema es en la aldea Paraxaj, donde el rio se ha observado altamente contaminado, es necesario realizar reforestaciones de áreas aledañas a los cauces de los ríos y manantiales, con especies autóctonas de la zona, tales como Pinos (*Pinus spp.*), Aliso (*Alnus glutinosa*), Ciprés (*Cupressus lucitanica*), etc.

1.6.4 Poca comercialización de productos agrícolas de las comunidades

El 19.76% del total del área de la microcuenca es utilizado para la producción de granos básicos, la mayor parte de maíz (*Zea mais*) y frijol (*phaseolus spp*) que se produce, es utilizado para consumo, las hortalizas son ofrecidas en venta, teniendo el problema que no se encuentra un mercado fijo que compre el producto a un precio justo, algunas comunidades ostentan proyectos de tomate bajo cobertura (Caserío Paraxaj), sin embargo tienen el mismo problema de venta del producto. En ninguna de las comunidades del área existe un mercado haciendo más difícil la comercialización y transporte de los productos agrícolas.

1.6.5 Deficiente Aplicación de buenas practicas agrícolas

La siembra de los cultivos agrícolas en la microcuenca se hace de manera artesanal, en parcelas propias o arrendadas, se observó que en algunos lugares se produce en laderas, con surcos que van en dirección de la pendiente, haciendo más grave el problema de erosión y degradación del suelo, las semillas para la próxima cosecha no es escogida según las mejores características fenotípicas de la planta, los cultivos agrícolas no son fertilizados de manera adecuada o carecen de esta práctica tan importante para el crecimiento de la planta. Para minimizar estos problemas encontrados es necesario realizar capacitaciones y parcelas demostrativas sobre buenas prácticas agrícolas en la microcuenca Paso San Luis.

- Problemas encontrados, que no se relacionan con los recursos naturales.

1.6.6 Pobreza

La mayor parte de la población en la microcuenca se dedica a la agricultura, en lugares inadecuados y con poco rendimiento de los mismos, trayendo como consecuencia que lo poco que se produce es utilizado para consumo, lo que se destina a la venta encuentra restricciones de comercialización y precios bajos, en cuanto a infraestructura en la parte media y baja de la microcuenca las viviendas ya se encuentran ubicadas en áreas adecuadas con materiales tales como techo de lamina y paredes de block, sin embargo en la parte alta los habitantes no tienen acceso a recursos que satisfacen sus necesidades físicas y básicas. Las viviendas de algunas comunidades son en su mayor parte de techo de lámina y pared de madera o caña, y se ubican en áreas vulnerables a deslaves.

1.6.7 Salud

Según los puestos de salud, de las comunidades de la microcuenca Paso San Luis, las enfermedades más comunes que afectan a la población son problemas gastrointestinales debido a la poca higiene en la preparación de los alimentos, así como la ingesta de agua contaminada. Las afecciones respiratorias también son muy comunes en la parte alta de la microcuenca, ya que el clima y las bajas temperaturas propician la proliferación de tales enfermedades.

1.7 Conclusiones

1. El recurso agua en la microcuenca es abundante, ya que en cada una de las comunidades existen nacimientos de donde se abastecen de agua para sus hogares, ejemplo de eso es que la aldea Pampay posee 10 nacimientos, seguida por San Luis Pueblo Nuevo con 5. Sin embargo debido a la deforestación y erosión del suelo en el área, algunos nacimientos han desaparecido o han sido contaminados, haciéndose imposible que esa agua sea potable, un ejemplo de esto en la comunidad Paraxaj, donde existe una corriente efímera muy contaminada con basura, así mismo todas las aguas negras desembocan en el río Paso San Luis. Lo que respecta al recurso suelo, estos poseen una profundidad que va de 40 a 100 cm, moderadamente fértiles y con una topografía que va de inclinado a muy inclinado, existen dos ordenes de suelos, siendo los Andisoles los que predominan, el principal uso es Pastos naturales con 23.69% del área, seguida por los granos básicos con 19.7% y hortalizas con 15.43%, se observa que la capacidad de uso del suelo, en un 52.41% es no apta para agricultura, contradiciéndose el uso que ostenta el área actualmente con la capacidad de los suelos de la microcuenca.
2. Los bosques existentes en el área son de coníferas (*Pinus* sp. Y *Cupressus* sp.), latifoliado, mixto y arbustos. Entre la fauna existente se encuentran mamíferos como el coyote (*Canis latrans*), conejo (*Sylvilagus* sp) y bovinos (*Bos taurus*). Entre las aves predominantes están los Zanates (*Quiscalus* sp), Cantor (*Melospiza melodia*) y los zopilotes (*Caragyps atratus*). Entre los reptiles existentes en la microcuenca están las mazacuatas (*Boa constrictor*), Ranas (*Hyla* sp), cutetes (*Basiliscus bittatus*) zumbadoras (*Drymarchon corais*) y cantiles (*Bothrops asper*). Así mismo existe fauna domestica como perros, cerdos, gatos, caballos, bovinos, aves tales como gallinas, gallos, chompipas y patos.
3. Los habitantes de la microcuenca Paso San Luis, según el IX Censo poblacional, VI de habitación del 2,002, se estiman en 3,316 habitantes, donde la aldea San Luis Pueblo Nuevo posee el mayor número de habitantes con 1,884, seguida por el caserío San Luis las carretas con 697 personas, posterior a estos se encuentra la aldea Pampay con 295, y la aldea San Rafael con 210 habitantes, el caserío Paraxaj con 164 y por último el caserío Chitaburuy con 66 personas. Las 6 comunidades en estudio poseen escuelas y maestros, se determinó que el 92.3% de la población infantil asiste a los diferentes centros educativos, Paraxaj es la comunidad donde el 100% son niños alfabetos, así mismo en Pampay y San Rafael existe el mayor porcentaje de analfabetas con un 30% cada una. El lenguaje predominante en la microcuenca es el Kaqchikel, seguido por el castellano, así mismo todas las comunidades están organizadas con un COCODE y alcalde auxiliar.

4. Se detectaron problemas tales como la poca comercialización de productos agrícolas y una deficiente aplicación de buenas prácticas agrícolas, la mayor parte de la población se dedica a la agricultura lo que hace que la pobreza impere en la región. Existen también problemas de salud tales como infecciones respiratorias, neumonías, enfermedades gastrointestinales, fiebres y amebiasis.
5. El 80% de la población posee tierra para cultivar de 3 a 10 cuerdas, siendo utilizadas para la siembra de granos básicos, hortalizas, frutales y plantas ornamentales. Los servicios públicos como la energía eléctrica se encuentran presente en todas las comunidades de la microcuenca, de la misma manera el agua entubada.
6. Entre los problemas detectados en la microcuenca Paso San Luis, esta la deforestación, debido al avance de la frontera agrícola para siembra de granos básicos y hortalizas, además de la utilización de los árboles como combustible, es de suma importancia tratar de recuperar estas áreas cuya vocación es forestal. La pérdida de la cobertura boscosa, con el relieve accidentado existente en la mayor parte de la microcuenca hace que la erosión hídrica sea otro problema dentro de la microcuenca, se observa a su vez que la vocación del suelo no es la adecuada, ya que es utilizado en su mayor parte para el cultivos de granos básicos.
7. Las fuentes de agua han ido desapareciendo y siendo contaminadas trayendo como consecuencia la perdida de este vital liquido.

1.8 Recomendaciones

1. Recuperar las áreas deforestadas y cuya vocación sea forestal, por medio de reforestaciones con especies autóctonas, Pino, Aliso o Ciprés, los sistemas agroforestales son otra forma de recuperación de áreas degradadas trayendo beneficio al ambiente y a la comunidad por medio de una entrada frecuente.
2. Implementar estructuras de conservación (terrazas, acequias de infiltración, barreras vivas y muertas, curvas a nivel. Etc.) de suelos en las áreas con elevadas pendientes y cuyo uso actual es agrícola, con el objetivo de reducir la erosión hídrica que impera en el área.
3. Efectuar reforestaciones en las orillas de las corrientes efímeras de la microcuenca con el objetivo de recuperar los bosques riparinos tan deforestados en el área.
4. Desarrollar programas de capacitaciones sobre buenas prácticas agrícolas, manejo de rastrojo y aplicación de abonos verdes.

1.9 ARBOLES DE PROBLEMAS

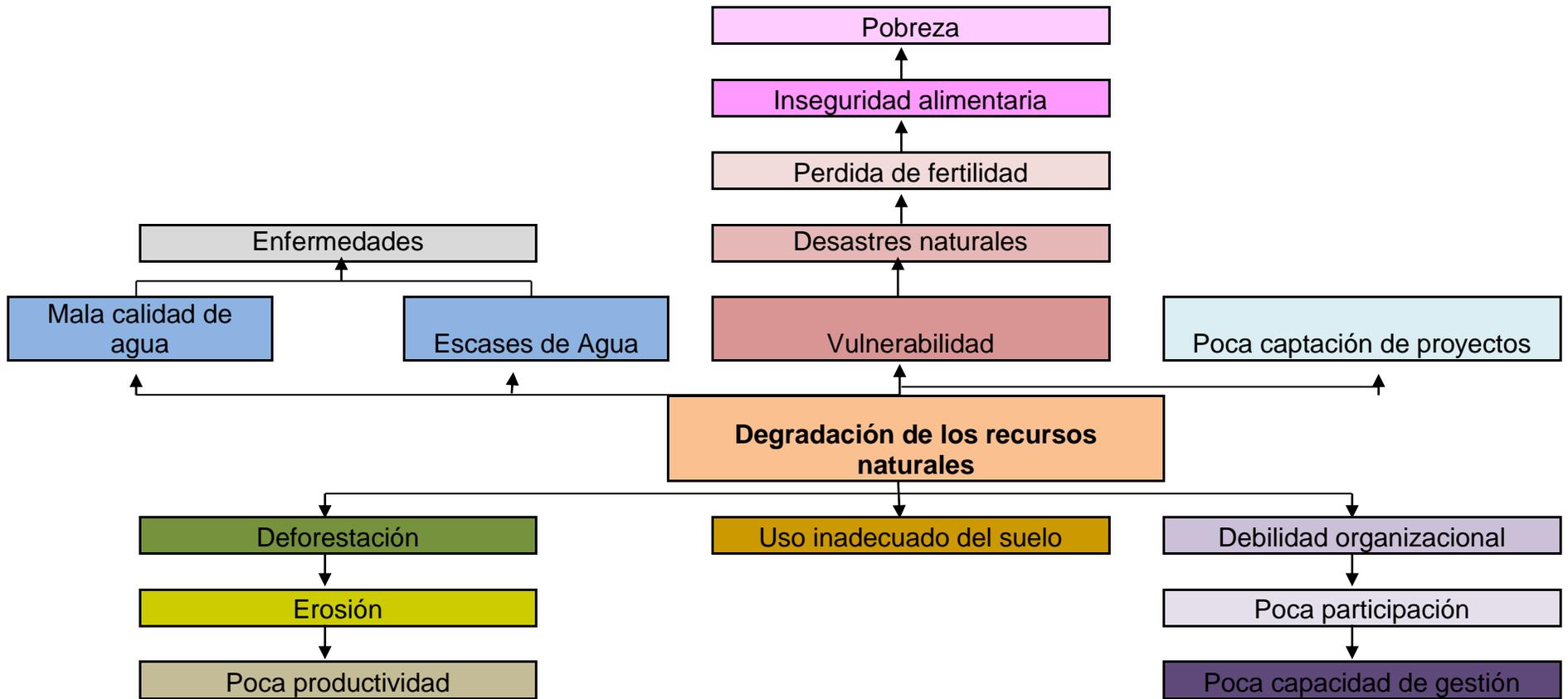
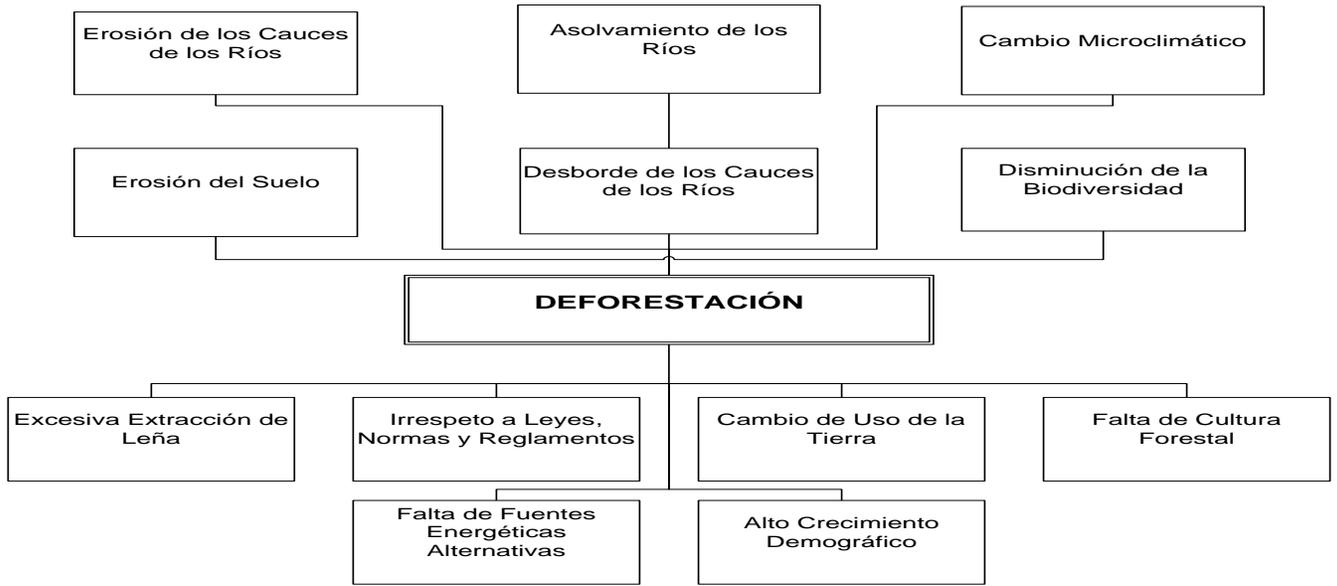
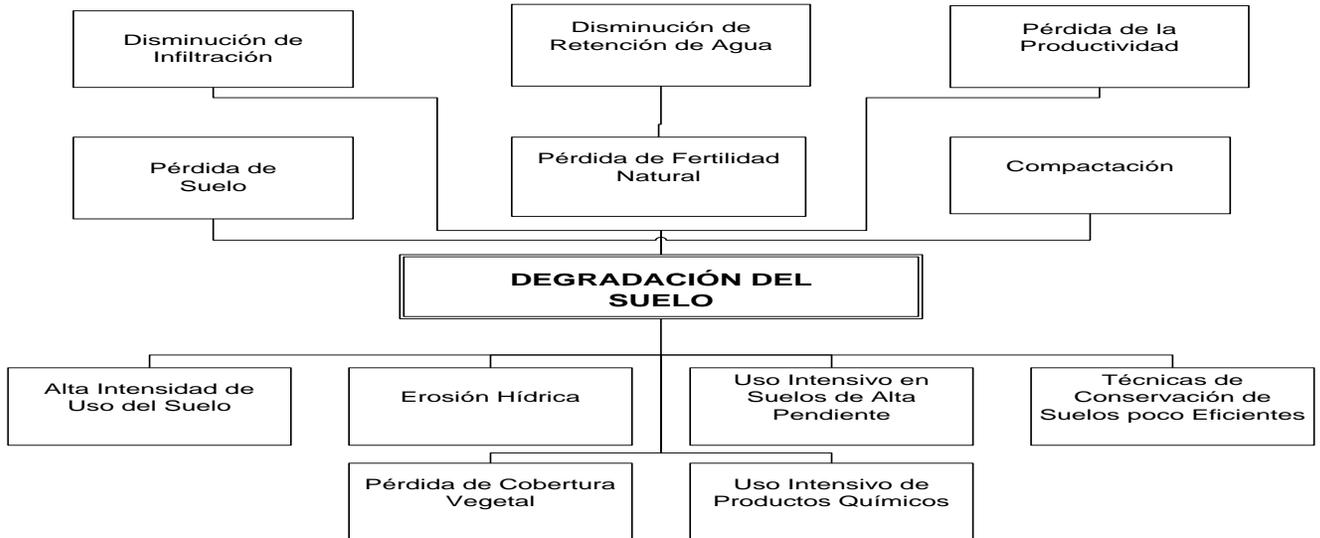


Figura 11. Árbol General de Problemas encontrados en la microcuenca Paso San Luis

1.9.1 Árbol de Problema: Deforestación



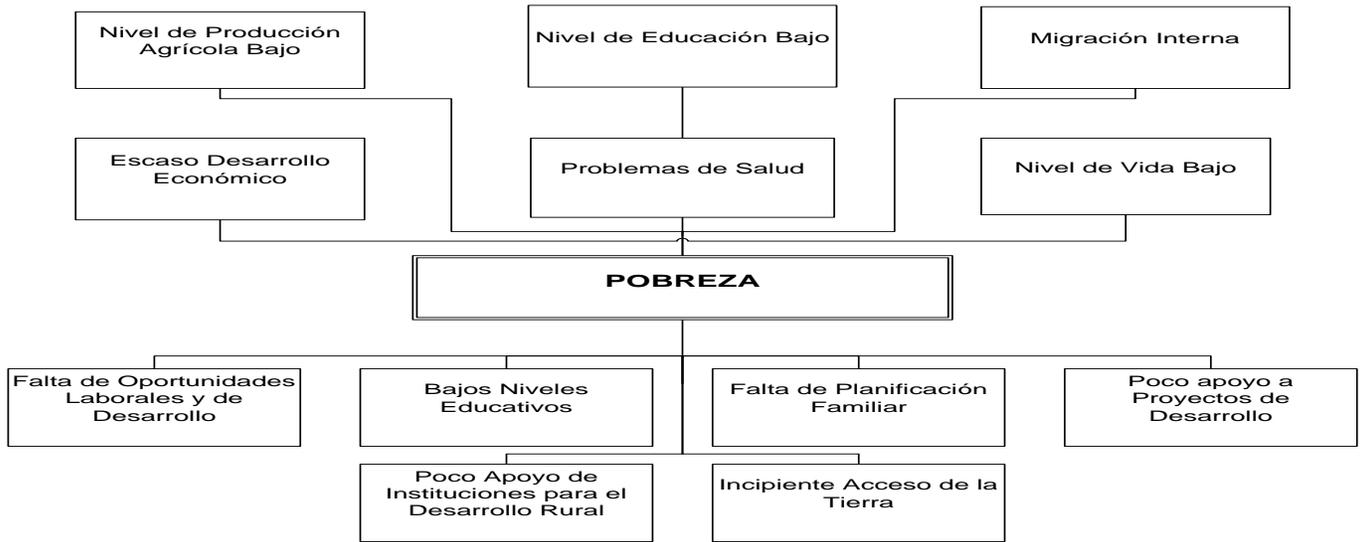
1.9.2 Árbol de Problema: Degradación del Suelo.



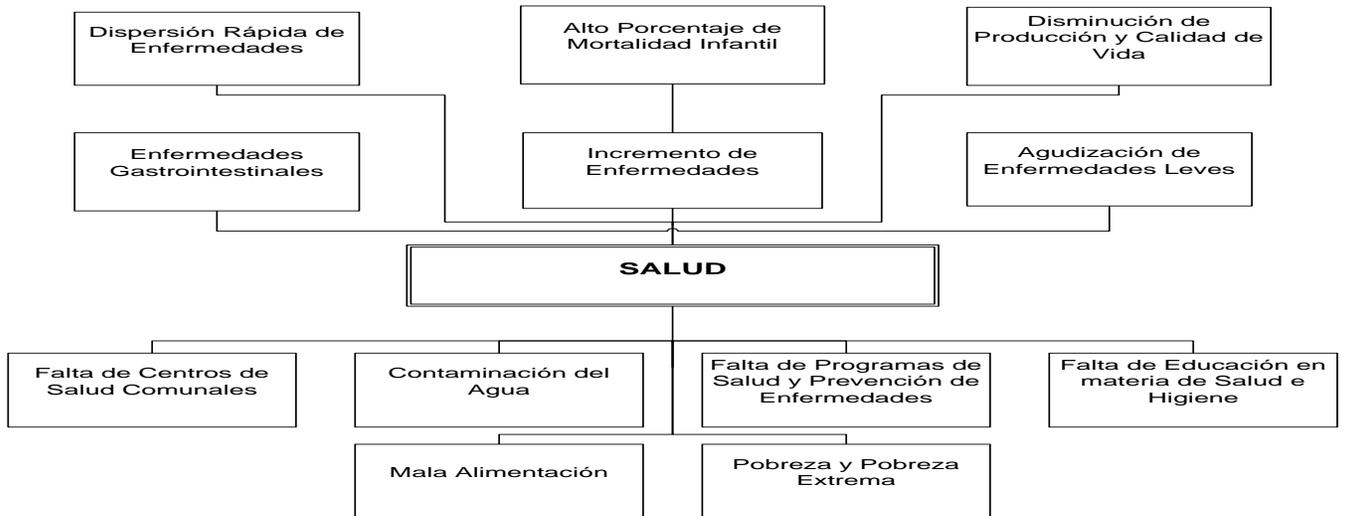
1.9.3 Árbol de Problema: Contaminación y Disponibilidad de Fuentes de Agua.



1.9.4 Árbol de Problema: Pobreza



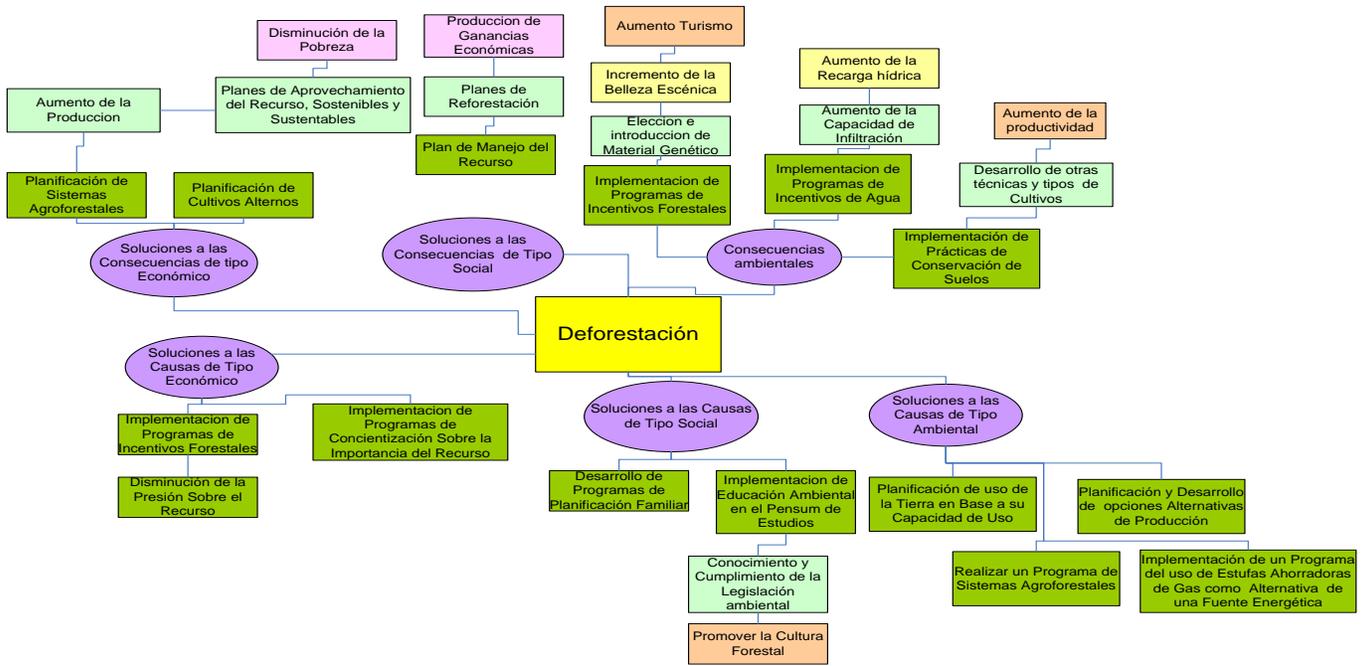
1.9.5 Árbol de Problema: Salud.



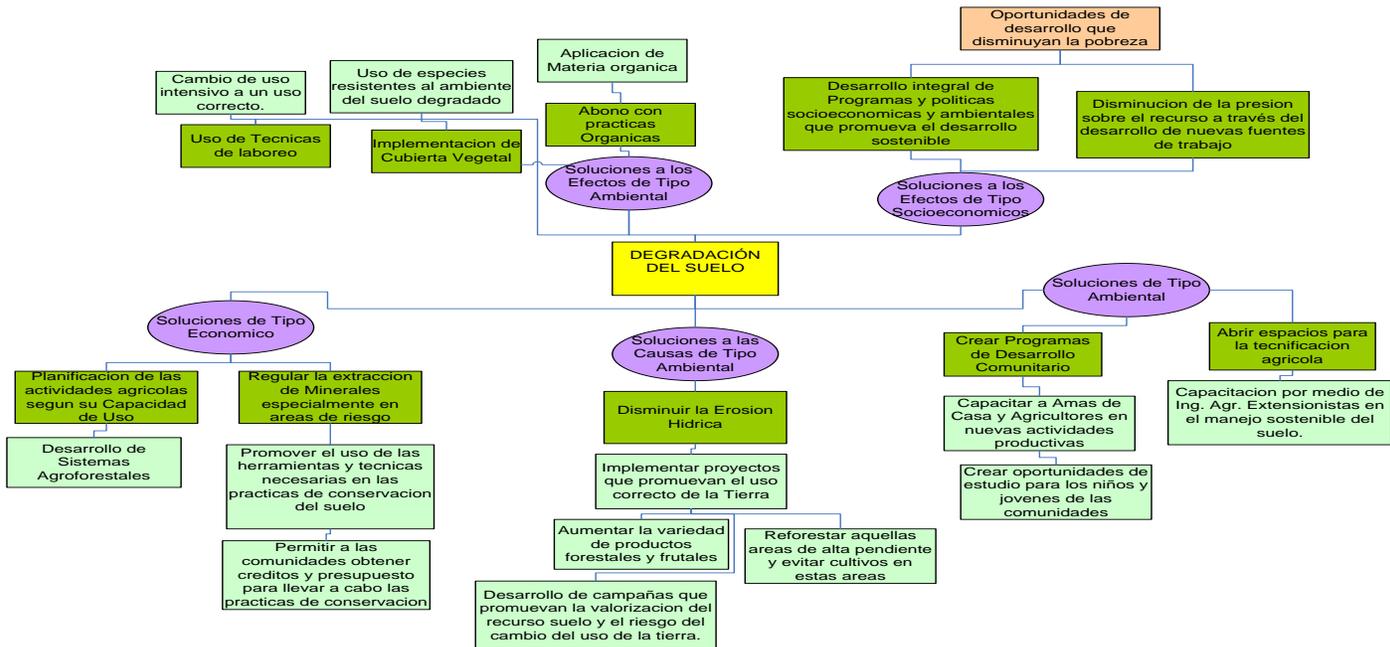
Fuente: Elaboración propia.

1.10 Árboles de Soluciones:

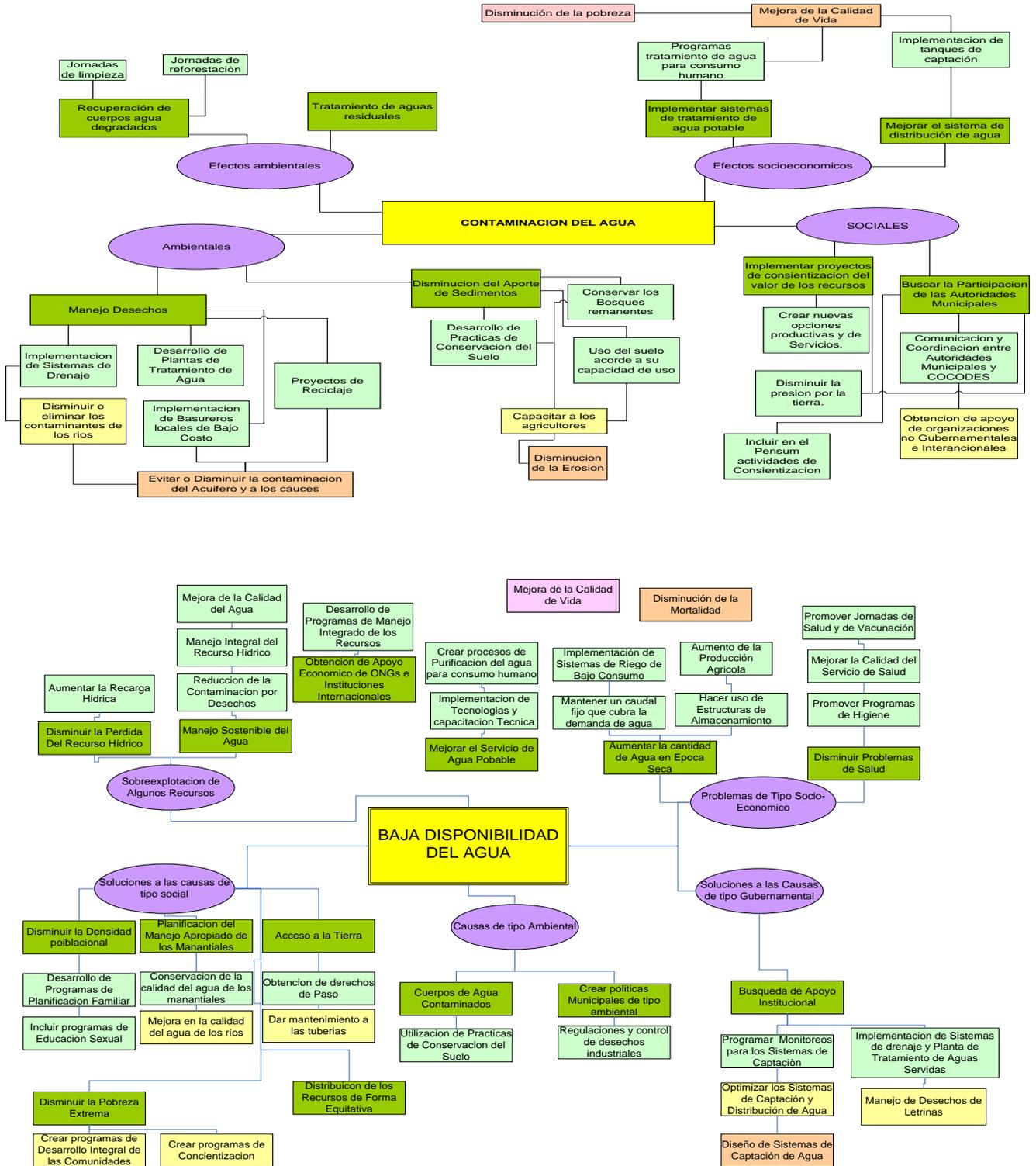
1.10.1 Deforestación:



1.10.2 Degradación del Suelo:

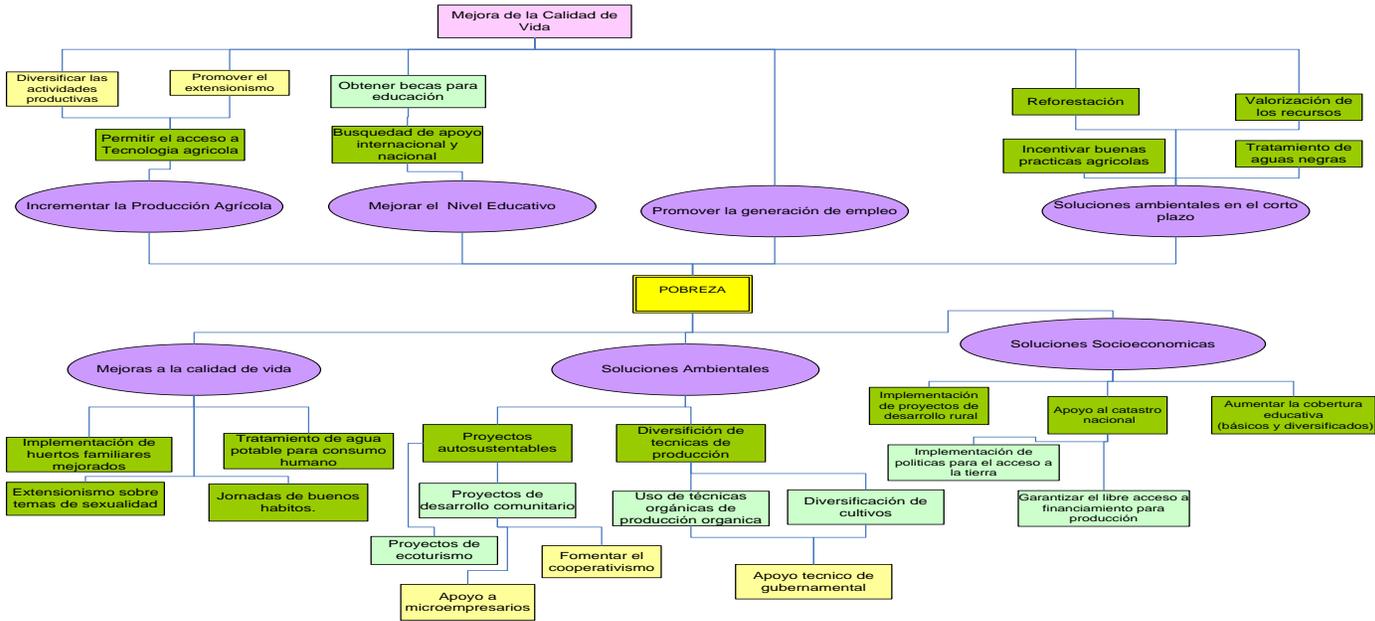


1.10.3 Contaminación y Disponibilidad de Fuentes de Agua.

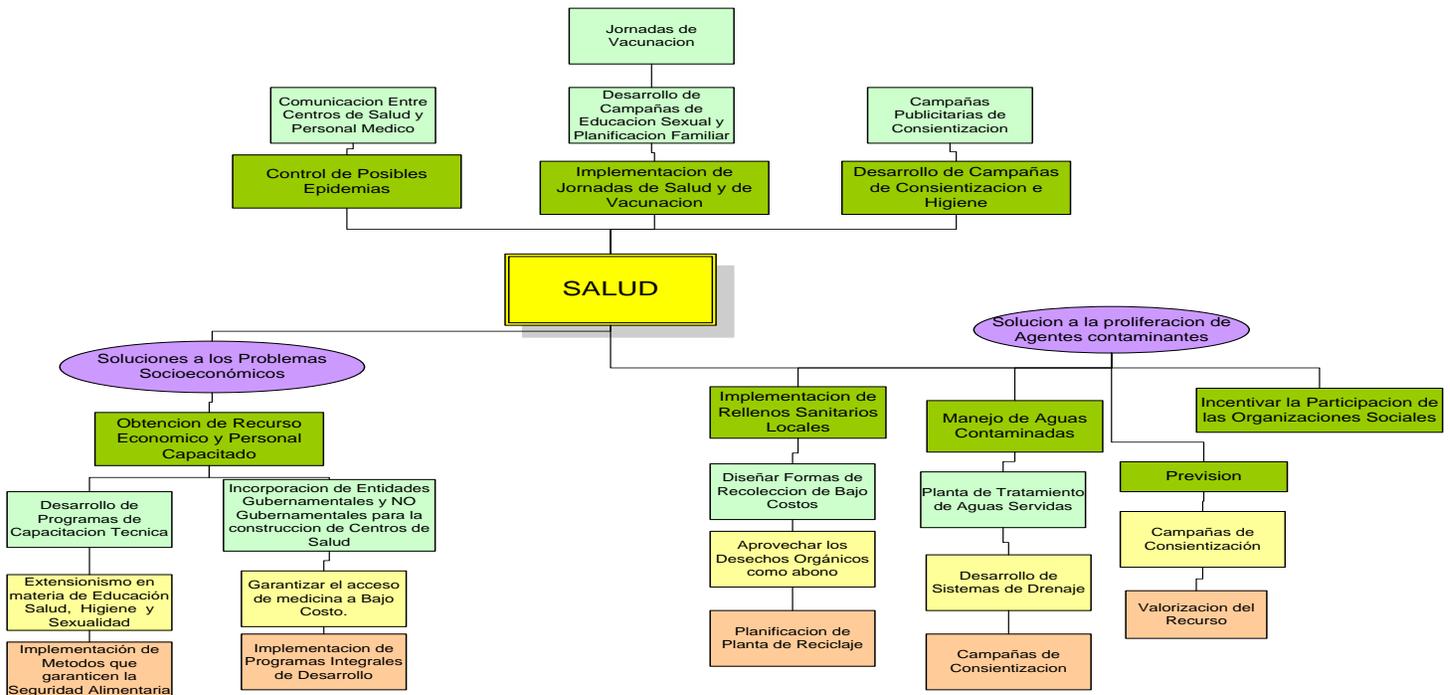


Fuente: Elaboración propia.

1.10.4 Pobreza:



1.10.5 Salud:



1.11 Bibliografía

1. Cruz S, JR De la. 1981. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento, según el sistema Holdridge. Guatemala, INAFOR. p. 24.
2. Gonzáles, HR. 2006. El municipio de Parramos. Tesis MSc. Guatemala, USAC, Facultad de Humanidades. 70 p.
3. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2000. Mapa de capacidad de uso de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:250,000. Color.
4. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2002. Cuadros de población del censo nacional XI de población y VI de habitación de la República de Guatemala. Guatemala. s.p.
5. ING (Instituto Geográfico de Guatemala, GT).1983. Mapa de zonas de vida, a nivel de reconocimiento. Guatemala. Esc. 1:600.000. 4 p. BN.
6. _____. 2001. Mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:250,000. Color.
7. Klingebiel, AA; Montgomery, PH.1961. Land capability classification. US, USDA. 80 p. (Agricultural Handbook 210).
8. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 1999. Primera aproximación del mapa de clasificación taxonómica de lo suelos de Guatemala: memoria técnica (en línea). Guatemala. Consultado 18 feb 2011. Disponible en <http://www.maga.gob.gt/sig>.
9. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.

1.12 Apéndices



Fotografía 1. Área deforestada en la parte media de la microcuenca Paso San Luis



Fotografía 2. Ladera deforestada en la parte alta de la microcuenca Paso San Luis.



Fotografía 3. Ladera deforestada en la parte alta de la microcuenca Paso San Luis.



Fotografía 4. Área preparada para cultivos agrícolas.



Fotografía 5. Erosión hídrica en la microcuenca Paso San Luis.



Fotografía 6. Ladera deforestada en la parte media de la microcuenca Paso San Luis.

CAPITULO II
EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS PARA REDUCIR
LA EROSIÓN HÍDRICA EN LA PARTE ALTA DE LA MICROCUENCA PASO SAN LUIS,
SAN ANDRÉS ITZAPA, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.

2.1 Presentación

Guatemala, tiene en su territorio una diversidad de recursos naturales, sin embargo, el mal manejo de tales recursos, por la mayoría de la población, ha provocado que se deterioren en forma acelerada. Uno de estos recursos es el suelo, base para la producción agrícola, por lo que es de mucha importancia en un país que basa su economía en la agricultura. Se sabe que más del 50 por ciento de la superficie del país presenta un relieve accidentado, una alta concentración de la población y una utilización de la tierra con fines agrícolas, por lo que se expone al suelo al problema de la erosión hídrica y por consiguiente a la pérdida de la productividad.

El proyecto de conservación de suelos del Departamento de Cuencas del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (DC-MAGA), da incentivos económicos por el establecimiento de estructuras de conservación (acequias de infiltración con barreras vivas) en áreas estratégicas o propensas a la erosión hídrica, este programa tiene cobertura en la aldea San Rafael, San Andrés Itzapa, Chimaltenango, ubicada en la parte alta de la microcuenca Paso San Luis, a una altura de 2,414 msnm, donde con anterioridad se han implementado tales estructuras, con la finalidad de generar información básica acerca de la prevención de la erosión, que se logra por medio de la conservación de suelos se realizó este estudio de la erosión hídrica.

Tal estudio se llevó a cabo en la época lluviosa del año 2011, por medio de parcelas de escorrentía en diferentes coberturas (Cultivo: Asocio maíz-frijol/con acequias y barreras vivas, Asocio maíz, frijol/sin conservación, sotobosque y testigo).

La presente investigación evalúa y compara la protección que ofrecen las estructuras de conservación, las cuales son acequias de infiltración, con barreras vivas de pasto, así también la siembra en contorno de los cultivos, dando un resumen de la cantidad de escorrentía en metros cúbicos por hectárea, así mismo la cantidad de suelo erosionado en toneladas por hectárea, en cada una de las coberturas. Durante esta investigación se dio un evento climático drástico, teniendo como nombre Tormenta 12E, en el mes de Octubre, con una precipitación mayor a los 631 ml. Durante este mes y según los datos registrados del pluviómetro la precipitación fue mayor en cuanto a cantidad.

La cantidad de escorrentía superficial determinada para la cobertura de maíz-frijol con estructuras de conservación es de 324.665 m³/ha, sotobosque de 387.109 m³/ha, maíz-frijol sin conservación 443.551 m³/ha y por último el testigo (sin cobertura) con una cantidad de escorrentía media de 530.732 m³/ha, así mismo la cantidad de suelo erosionado en la cobertura de maíz-frijol con estructuras de conservación es de 0.429 ton/ha/año, seguida por la cobertura de sotobosque con una media de 0.608 ton/ha/año, la cobertura de maíz-frijol sin conservación, presento una media de erosión de 1.40 ton/ha/año, por último el testigo posee una media de erosión de 3.856 ton/ha/año.

Al comparar la cantidad de escorrentía, las estructuras de conservación limitan el paso de 118.886 m³/ha con una cobertura del suelo de asocio maíz-frijol, en comparación con un área cubierta de sotobosque, las acequias de infiltración reducen el paso de 62.444 m³/ha. La protección que ofrecen las estructuras con una zona descubierta, sin ninguna cobertura es de 143.623 m³/ha, en cuanto a la erosión, la protección que ofrecen las acequias de infiltración con barreras vivas de pasto y una cobertura de asocio maíz-frijol es de 0.971 ton/ha/año, cuando un área se encuentra cubierta de sotobosque las acequias de infiltración ofrecen una protección de 0.179 ton/ha/año, al ser comparado con un suelo completamente descubierta, las estructuras de conservación de suelos protegen contra la erosión de 3.427 ton/ha/año de erosión.

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Proceso de degradación física del suelo

La degradación de los suelos agrícolas ocurre en tres etapas (Mielniezuk y Schneider, 1984):

- a) **Etapa 1** Las características originales del suelo son destruidas gradualmente; la degradación es poco perceptible debido a la poca intensidad de los procesos y al mantenimiento de la productividad por el uso de correctivos y fertilizantes.
- b) **Etapa 2** Ocurren pérdidas acentuadas de la materia orgánica del suelo, con fuerte daño de la estructura (colapso estructural). Hay, además de encostramiento superficial, compactación subsuperficial, que impide la infiltración del agua y la penetración de raíces. De esta forma, la erosión se acentúa y los cultivos responden menos eficientemente a la aplicación de correctivos y fertilizantes.
- c) **Etapa 3** El suelo está intensamente dañado, con gran colapso del estado poroso. La erosión es acelerada y hay dificultad de operación de la maquinaria agrícola. La productividad cae a niveles mínimos.

El tiempo para llegar a esa tercera etapa de degradación depende de la intensidad de uso de prácticas inadecuadas de labranza y manejo, de la pendiente de las tierras, de la textura del suelo y de la resistencia del suelo a la erosión hídrica. (FAO, 2000).

2.2.2 Causas de la degradación física del suelo

Las principales causas de la degradación de las características físicas del suelo son (Cabeda, 1984)

- a) Cobertura inadecuada de la superficie del suelo, que expone los agregados de la superficie del suelo a la acción de lluvias; como consecuencia ocurre el colapso estructural de estos agregados, formándose costras con espesor medio de un milímetro que reducen drásticamente la infiltración de agua.
- b) Pérdida de la materia orgánica del suelo, el manejo inadecuado lleva a una reducción del contenido de materia orgánica del suelo, teniendo como consecuencia alteraciones en su densidad, en la capacidad de retención de agua y en la estabilidad de los agregados, que contribuyen a la pérdida de su calidad y de la estabilidad de su estructura. (FAO, 2000).

2.2.3 Erosión Hídrica

Es el proceso que consiste en el desprendimiento del suelo o fragmentación de roca y su arrastre, por acción del agua. (Dewis y Frietas, 1984).

A. Formas de erosión por el agua

La erosión causada por el agua puede manifestarse en distintas maneras y dentro de ellas se tiene:

- a) Chapoteo o batido: consiste en la dispersión de pequeñas partículas por la acción de las gotas de agua que causan desprendimiento y movimiento debido a las fuerzas y cantidad de lluvia que golpean al suelo.
- b) Erosión laminar: es aquella que produce la eliminación o transporte de capas de suelo en forma uniforme.
- c) Flujo canalizado: esta consiste en la formación de canales que con el transcurso del tiempo y la acción del agua se convierten en cárcavas por concentración de agua en lugares bajos. (Dewis y Frietas, 1984).

2.2.4 Factores de la erosión del suelo y la escorrentía

Cuatro son los factores principales que determinan la magnitud de las pérdidas de suelo por la erosión, ellos son: clima, topografía, vegetación y suelo. (López, 1988).

A. Clima

Son cuatro los aspectos principales relacionados con el clima, que afectan el desarrollo de la erosión hídrica; ellos son: lluvia, temperatura, energía solar y el viento. (López, 1988). El elemento climático de mayor incidencia en la manifestación y desarrollo de la erosión hídrica está constituido por las lluvias. El volumen, la intensidad y la distribución de las lluvias son determinantes de la acción erosiva de este elemento climático sobre el suelo, de la velocidad de escorrentía y de las pérdidas de suelo que se generan.

Es así, que una lluvia, aun cuando sea prolongada, puede no causar mayores daños por erosión si su intensidad es baja, lo mismo puede decirse de una lluvia intensa de extremadamente corta duración; que podría no causar mayores pérdidas de suelo, ya que no genera suficiente agua para producir escorrentía. (López, 1988). Contrariamente cuando la intensidad y duración del evento pluvial son altos entonces ambos, escorrentía y erosión, se manifiestan como serios problemas lo cual es especialmente cierto en zonas sin cubierta vegetal, o sea, desprovistas de protección. (López, 1988).

B. Topografía

El grado, la longitud y la uniformidad de material de la pendiente son las características topográficas de mayor influencia en el desarrollo de los procesos erosivos. El tamaño y la cantidad de materia que el agua puede arrastrar o llevar en suspensión depende de la velocidad con que esta fluye, la cual a su vez es una resultante de: a) el grado y b) la longitud de la pendiente del terreno. (López, 1988).

a) **Grado de pendiente:** el grado de la pendiente del terreno es usualmente más importante que su longitud con respecto a la severidad de la erosión. (López, 1988).

b) **Longitud de la pendiente:** El efecto de la longitud de la pendiente varía considerablemente con el tipo de suelo. En suelos de buena permeabilidad, pendientes de mayor longitud producen menor escorrentía que pendientes cortas, pues hay mayor oportunidad para que el agua se infiltre, dependiendo de la humedad del suelo. (López, 1988).

C. Cobertura vegetal

La cubierta vegetal es la mejor defensa natural de un terreno contra la erosión. Toda planta, desde la más mínima hierba hasta el árbol más corpulento, defiende el suelo de la acción perjudicial de las lluvias en forma y proporción diferente. (López, 1988). Un suelo cubierto por una vegetación permanente, pasto o bosque, no muestra prácticamente señales de erosión, puede haber escorrentía si la pendiente es fuerte, pero las pérdidas de suelo son nulas. Experimentos realizados en el área por Santos (1996) demostraron que el pasto protege al suelo en mayor porcentaje que el maíz, el cual protege 55 por ciento más que si el suelo no tuviera ninguna cubierta vegetal; con pérdidas de 4.3 ton/ha/año para el pasto y de 23.8 ton/ha/año para el maíz.

D. Suelo

Las condiciones físicas y químicas de los terrenos, al impartirles mayor o menor resistencia a la acción de las aguas, tipifican y singularizan el comportamiento de cada suelo expuesto a condiciones similares de pendiente, lluvia y cubierta vegetal. (López, 1988).

Los efectos de las propiedades del suelo sobre la erosión hídrica se manifiesta de dos formas: A. aquellas propiedades que determinan la habilidad del suelo para permitir la penetración de la lluvia, la cual depende de a) la condición de la superficie del suelo, representada por su porosidad. b) el contenido de humedad del suelo al momento de ocurrir la lluvia y c) la permeabilidad del perfil del suelo. B. por las propiedades que imparten al suelo su resistencia a la dispersión, entre las cuales se encuentran la estructura, textura, mineralogía de las arcillas, el contenido de materia orgánica y los agentes cementantes. (López, 1988).

Pérez (1994) en experimento realizado en la microcuenca de río Itzapa, Chimaltenango, encontró una relación de pérdida de suelo de 14:1 entre una parcela sin cobertura y otra con cobertura de pasto.

2.2.5 Etapas del proceso de Erosión Hídrica

Motta (1999) indica que toda la superficie terrestre exceptuando los desiertos y las regiones polares cubiertas por los hielos, el suelo esta sujeto a la erosión por efecto del agua cuando no tiene cubierta vegetal que la proteja durante las lluvias, las cuales cuando son muy intensas y caen sobre terrenos en declive dedicados a cultivos limpios o sobre lugares desnudos de las praderas de las montañas, gran cantidad de tierra valiosa puede perderse en poco tiempo por causa de la erosión.

La erosión hídrica es el complejo proceso de separación y transporte de las partículas del suelo pendiente abajo, por la acción del impacto de las gotas de lluvia y la escorrentía. El proceso de erosión hídrica se realiza en tres etapas consecutivas, las cuales son: desprendimiento, arrastre y deposición. (Motta, 1999).

2.2.6 Parcelas de escorrentía

Son áreas donde se determina la cantidad de suelo erosionado y el escurrimiento superficial, utilizando diferentes tipos de cobertura. (Sánchez, 1998.)

Según el manual de conservación de suelos del Colegio de Postgrados de Chapingo citado por Cifuentes (1999), indica que los lotes de escurrimiento o parcelas experimentales constituyen la metodología más confiable para determinar las pérdidas de suelo por efecto de la erosión hídrica. En el curso de varias décadas de investigación especializada en el campo de la erosión del suelo y de problemas de conservación en los Estados Unidos, se observo que no hay sustituto satisfactorio para las parcelas de escorrentía, ya que proporcionan datos básicos que pueden obtenerse solamente por la medición real de cantidades de suelo y agua perdidos por la escorrentía y la erosión. (Cifuentes, 1999).

El equipo que se necesita para establecer las parcelas de escorrentía incluye:

- a) Límites alrededor de la parcela para definir el área
- b) Equipo de recolección para captar y concentrar la escorrentía de la parcela
- c) Equipo de transporte para llevar la escorrentía a una unidad de muestreo.
- d) Unidad de muestreo para tomar partes alícuotas de escorrentía y pérdida de suelo que sean manejables y,
- e) Tanques de almacenamiento para guardar las porciones alícuotas de escorrentía y de pérdida de suelo para su análisis. (Cifuentes, 1999).

Las parcelas experimentales están constituidas básicamente de dos partes, que son: el área experimental y los dispositivos receptores del agua y del suelo que provienen del área experimental por efecto del escurrimiento de lluvia. (Sánchez, 1998)

- a) El área experimental: Es una parcela, cuyas dimensiones están en función del objetivo de la investigación, sin embargo, la regla fundamental, es no darle a esta área experimental una superficie demasiado grande, a fin de recoger un volumen de agua y tierra fácilmente medible. (Sánchez, 1998)
- b) El sistema receptor
- Canal colector: situado en la parte inferior del área experimental, constituye el límite inferior de esta. Su función es coleccionar el agua y la tierra arrastrada durante el proceso de escurrimiento y erosión. (Sánchez, 1998)
 - Tanques receptores: depósitos donde se acumulan el agua escurrida y los sólidos arrastrados. (Sánchez, 1998)

2.2.7 Prácticas de conservación de suelos

Las principales prácticas se dividen en prácticas culturales o agronómicas y prácticas mecánicas.

A. Prácticas mecánicas

Son aquellas actividades que se efectúan con implementos agrícolas, equipo especial o mano de obra y consisten en realizar movimientos de tierra con la finalidad de disminuir los escurrimientos superficiales y reducir la erosión en terrenos con pendiente. La selección de las prácticas mecánicas está en función de la clase y uso del suelo, el valor de los terrenos por proteger y la disponibilidad de recursos económicos para implementarlas. (CATIE, 1993)

B. Acequias de ladera

Son canales pequeños, que se construyen a través de pendiente a intervalos que varían con la clase de cultivo y con la inclinación del terreno. Se emplean en zonas con lluvias intensas y en áreas de suelos pesados poco permeables donde hay exceso de escorrentía y en suelos susceptibles a la erosión con pendientes hasta de 40% y longitudes largas. Las acequias deben protegerse con barreras vivas en el borde superior con el objetivo de amortiguar la velocidad del agua y filtrar los sedimentos. Estas acequias recolectan el agua para conducirlos a un sistema de drenaje mayor (canal vegetado, canal de desviación o dren superficial). (CATIE, 1993)

- a) **Objetivo de la práctica** Estabilización del suelo, almacenamiento temporal de escorrentía superficial y luego su evacuación.
- b) **Normas para la ejecución** La finalidad sola de control de inundaciones no justifica su construcción, por lo tanto, el control erosivo de estas acequias es eficiente si entre ellas se aplican, prácticas agronómicas. Las acequias no modifican la pendiente pero si la longitud de diseño en otras prácticas. (CATIE, 1993)

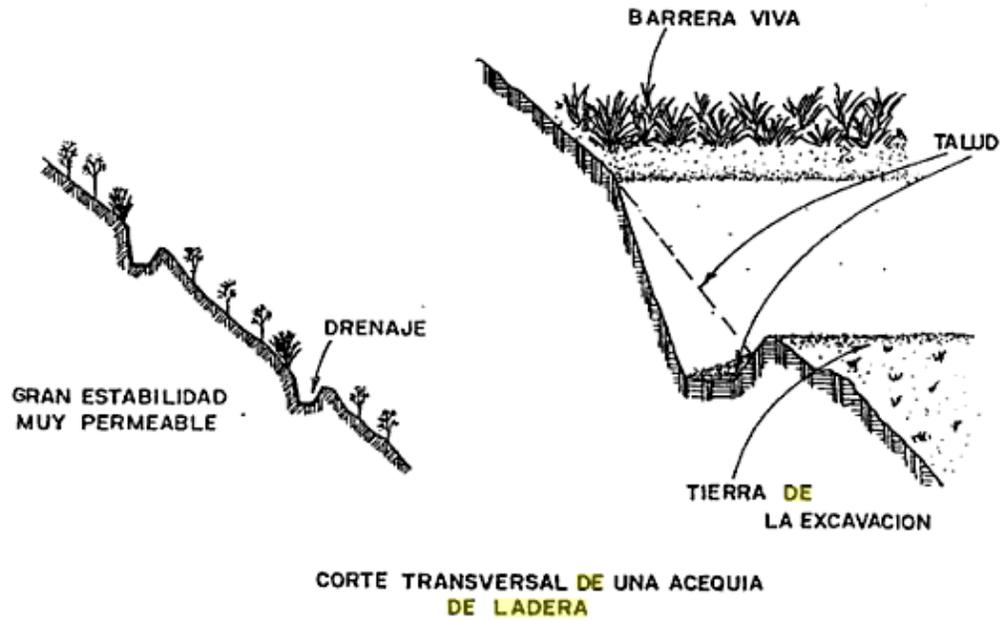


Figura 12. Corte transversal de una acequia de ladera.



Figura 13. Canal desviando el agua de escorrentía.

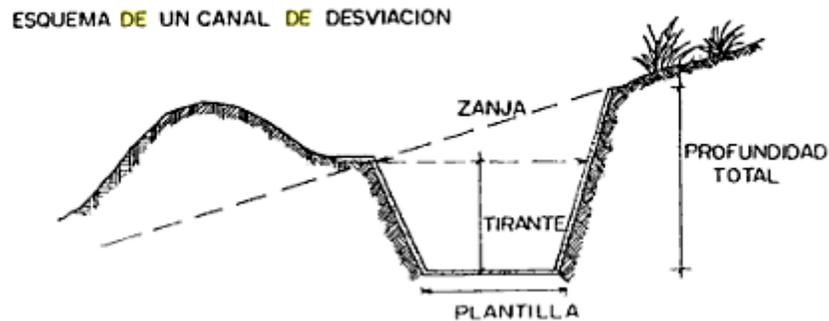


Figura 14. Esquema de una canal de desviación.

C. Barreras vivas

Las barreras vivas son una práctica agronómica de conservación de suelos, cuyo objetivo es reducir la velocidad del agua de escurrimiento o escorrentía, evitando de esta manera el arrastre de las partículas del suelo a partes bajas del terreno. Las barreras vivas son hileras de plantas, preferiblemente de crecimiento denso, sembradas perpendicularmente a la pendiente (a contorno), a lo largo de una curva a nivel, y sirve de guía permanente para la siembra en contorno. La función principal del establecimiento de las barreras vivas es el de controlar en cierto grado los niveles de erosión de los suelos. Estas actúan como reductoras de la velocidad del agua de escorrentía pendiente abajo y además sirven como filtros vivos, que retienen los sedimentos de suelo y residuos vegetales que transporta el agua que escurre sobre el terreno. Las barreras vivas impiden que los flujos de agua de escorrentía adquieran velocidades erosivas, al cortar el largo de la pendiente en pequeñas longitudes. Permiten a las partículas finas de suelo sedimentarse, a la vez favorecen la infiltración del agua a través del perfil. Por lo tanto alargan el tiempo de concentración y logran que el sobrante del agua de escorrentía llegue al pie de la ladera sin haber sido concentrada en sitios específicos. (CATIE, 1993)

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivo General

- Evaluar el efecto de tres distintos tipos de coberturas (Cultivos: Asocio maíz-frijol, sotobosque y sin cobertura) sobre la erosión hídrica y escorrentía en la parte alta de la microcuenca Paso San Luis, San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

2.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar y comparar la cantidad de suelo erosionado y de escurrimiento superficial, bajo tres tipos diferentes de cobertura vegetal (Cultivos: Asocio maíz-frijol/con estructuras de conservación, sotobosque y sin cobertura) en la época lluviosa del año 2011.
- Determinar las características físicas de los sedimentos arrastrados por la acción de la precipitación pluvial durante la época lluviosa del año 2011.
- Determinar los nutrientes erosionados por la precipitación, en los suelos bajo los distintos tipos de cobertura vegetal (Cultivos: Asocio maíz-frijol, sotobosque y sin cobertura) en la época lluviosa del año 2011.

2.4 Metodología

2.4.1 Ubicación del área experimental

La investigación se realizó en la parte alta de la microcuenca Paso San Luis en la aldea San Rafael, San Andrés Itzapa, Chimaltenango en las coordenadas UTM X=461597.016 Y=1610825 a una altura de 2,414 metros sobre el nivel del mar (msnm) y a una distancia de 12 kilómetros de la cabecera municipal.

Se seleccionó esta área por ser la microcuenca modelo del Departamento de Cuencas del MAGA y por poseer estructuras de conservación en excelentes condiciones y establecidas en el año 2010.

2.4.2 Selección de los tratamientos

Los tratamientos evaluados en la presente investigación son tres tipos distintos de coberturas siendo:

Cuadro 19. Descripción de los tratamientos.

Tratamiento	Descripción	Repeticiones
A	<ul style="list-style-type: none"> Cobertura de asocio maíz/frijol con estructuras de conservación (Acequias de infiltración + barreras vivas). 	5
B	<ul style="list-style-type: none"> Cobertura: asocio maíz/frijol sin estructuras de conservación de suelos. 	5
C	<ul style="list-style-type: none"> Sotobosque 	5
D	<ul style="list-style-type: none"> Testigo 	5

2.4.3 Diseño experimental

- Se utilizó el diseño de bloques al azar, teniendo 20 unidades experimentales. Cuatro tratamientos siendo estos Cobertura de asocio maíz/frijol con estructuras de conservación (Acequias de infiltración + barreras vivas), Cobertura: asocio maíz/frijol sin estructuras de conservación de suelos, bosque y testigo (sin ninguna cobertura), cada tratamiento con 5 repeticiones cada uno.

2.4.4 Modelo estadístico

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

Donde:

Y_{ij} : Variable respuesta de la ij-ésima parcela de escorrentía.

μ : Efecto de la media general.

τ_i : Efecto del i-ésima cobertura vegetal.

β_j : efecto del j-ésimo bloque.

E_{ij} : Efecto del error experimental asociado a la ij-esima parcela de escorrentía.

i : 1,2,3..... T

j : 1,2,3..... r

2.4.5 Variables respuesta

- Cantidad de escurrimiento superficial en metros cúbicos por hectárea por año ($m^3/ha/año$)
- Cantidad de suelo erosionado en toneladas métricas por hectárea (ton/ha).
- Textura de los sedimentos
- Nutrientes lavados por el agua

2.4.6 Arreglo y montaje del experimento

2.4.6.A Delimitación de las parcelas

Para evitar la penetración de escorrentía superficial de áreas aledañas, se circuló cada lote utilizando tablas de madera de segunda (lepa) de 25 cm de ancho, las cuales se introdujeron hasta una profundidad de 15 cm, fijándolas al terreno con estacas de madera. Las parcelas de escorrentía tienen 15 metros de largo por 5 m de ancho, con un área de 75 metros cuadrados.

2.4.6.B Sistema colector de agua

El sistema colector de agua y sedimentos consiste en

- Canales colectores:** Son canales de forma trapezoidal de 10 cm de profundidad y 20 cm de ancho, recubiertos con nylon para evitar que el agua se infiltre en el terreno.

b) Recipientes colectores: Se utilizaron toneles (plásticos y de metal) donados para la investigación por la BAYER e ingenio la Unión, de 200 litros de capacidad, teniendo dos por cada parcela y conectados en su parte superior por un tubo de PVC, estos fueron colocados por debajo del nivel del canal de evacuación, fue necesario enterrar estos recipientes, evitando así el robo de los mismos. Para conducir el agua de los canales hacia los recipientes colectores de escorrentía, se utilizó tubo de bajada pluvial (PVC).

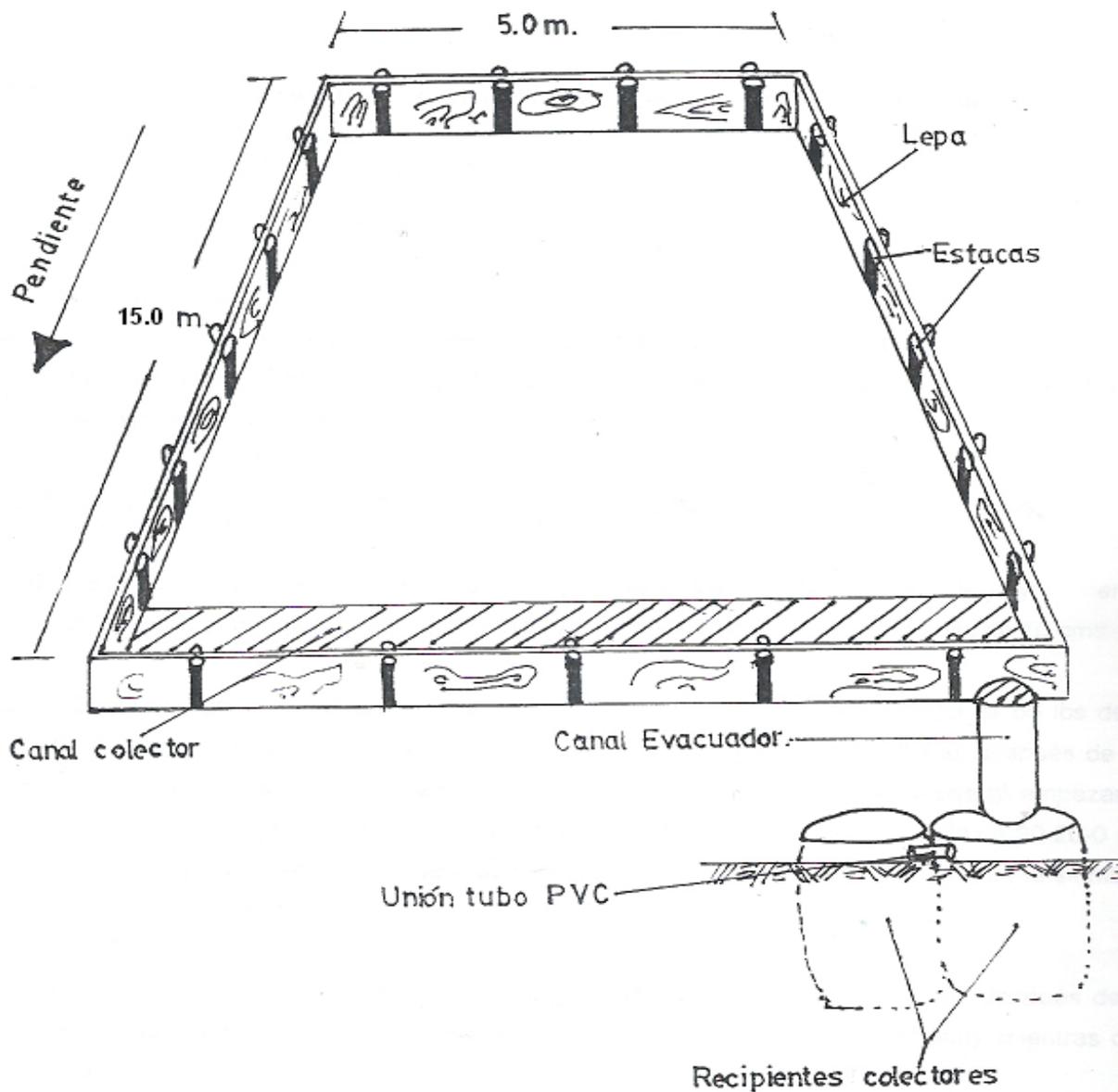


Figura 15. Esquema de una parcela de escorrentía.

2.4.7 Establecimiento y manejo de los Cultivos

2.4.7.A Asocio Maíz-Frijol

Todo el manejo del asocio se dio por parte de los propietarios de las áreas donde se implementaron las parcelas de escorrentía, al momento de ser estas establecidas en el mes de Junio, ya se había realizado la siembra, debido al clima frío de la aldea; solamente se obtiene una cosecha, la cual fue en el mes de Noviembre, las limpias fueron realizadas por los agricultores propietarios de los terrenos, no se observó ninguna fertilización, ni cualquier otro manejo.

2.4.7.B Sotobosque

Esta área posee árboles dispersos de Aliso (*Alnus glutinosa*) y una cantidad considerable de sotobosque y herbáceas como Zarza (*Acacia* spp), mozote (*Cenchrus pilosus*), escobillo (*Sida* spp) y siete negritos (*Lantana cámara*), fueron establecidas las parcelas de escorrentía en esta zona ya que no existe un área de bosque con especies autóctonas en las cercanías del casco de la aldea.

2.4.7.C Testigo

Debido a que ningún agricultor proporciono un área sin cobertura o terreno limpio fue necesario la utilización de un terreno en barbecho, el cual fue desprovisto de vegetación, sin embargo no se hizo ningún trabajo de arado.

2.4.8 Objetivo 1

- Determinar y comparar la cantidad de suelo erosionado y de escurrimiento superficial bajo tres tipos diferentes de cobertura vegetal (Cultivos: Asocio maíz-frijol/con estructuras de conservación, bosque y sin cobertura) en la época lluviosa del año 2011.

2.4.8.A Escurrimiento superficial

La medición de la escorrentía se realizó después de cada evento de lluvia, siempre y cuando llegara agua a los recipientes colectores. La medición de los toneles plásticos se hizo con una regla graduada en litros, además estos toneles se encuentran rotulados, según su capacidad (50, 75, 100, 125, 150 y 200 lts), ya que eran utilizados para el almacenaje de soluciones de la BAYER, esto permitió obtener la cantidad de agua escurrida y posteriormente por medio de equivalencias, se obtuvo la cantidad en metros cúbicos por hectárea.

2.4.8.B Cantidad de suelo erosionado

El material y agua arrastrados por la escorrentía se cuantificaron de la siguiente manera.

- a) Después de revolver la escorrentía en los toneles posterior a un evento de lluvia, se tomó una muestra de 200 ml en cada uno de los toneles.
- b) Los 200 ml fueron pasados por papel filtro de un mismo tamaño y tarado para conocer su peso en gramos, con ayuda de embudos, el papel filtro tubo como objetivo dejar pasar solamente el agua, quedando cualquier partícula en el.
- c) El papel filtro fue introducido en un sobre de un mismo tamaño y tarado para conocer su peso en gramos, 20 sobres con su respectivo papel filtro y sedimentos fueron introducidos a un horno por 24 horas a 104 °C (por cada evento de lluvia).
- d) Pasadas 24 horas se taro nuevamente los sobres, conociendo así el peso en base seca, con la diferencia del sobre y papel filtro se conoció el peso en gramos de los sólidos que fueron erosionados.
- e) Conociendo el peso del suelo erosionado en la muestra (200 ml) fue necesario hacer la conversión para toda la escorrentía en cada evento de lluvia, por medio de equivalencia se paso los gramos a toneladas métricas por hectárea.

2.4.9 Objetivo 2

- Determinar las características físicas de los sedimentos arrastrados por la acción de la precipitación pluvial durante la época lluviosa del año 2011.

2.4.9.A Análisis Físico y químico de Suelos

Al final del experimento se llevó una muestra de sedimentos encontrados en los toneles por cada tratamiento, (4 muestras), al laboratorio de análisis de suelo, agua y planta “Salvador Castillo Orellana” de la FAUSAC, donde se le realizó un análisis físico para la determinación de la clase textural y un análisis químico, sabiendo así, los nutrientes presentes en el suelo del área.

2.4.10 Objetivo 3

- Determinar los nutrientes erosionados por la precipitación en los tres tipos de cobertura vegetal (Cultivos: Asocio maíz-frijol, bosque y sin cobertura) en la época lluviosa del año 2011.

2.4.10.A Nutrientes erosionados del suelo por la escorrentía

Al final del experimento se llevó una muestra de agua de 200 ml al laboratorio de análisis de suelo, agua y planta “Salvador Castillo Orellana” de la FAUSAC, con el objetivo de conocer que nutrientes y en que cantidad se están perdiendo del suelo por motivo de lluvia. El agua para este análisis provino de la filtración de la escorrentía superficial, por lo que se hizo una incorporación en cada evento de lluvia, para ser analizada en el mes de Enero de 2012.

2.4.10.B Erosión Química

A. Fase Solida

- a) Ya que los nutrientes fosforo (P), potasio (K), cobre (Cu), zinc (Zn), hierro (Fe), y manganeso (Mn) poseen la dimensional de Ppm (partes por millón), lo que equivalente a mg/kg, para la conversión del total de la erosión química en la fase solida, se multiplica las partes por millón por la cantidad de erosión en la cobertura en las dimensionales de Kg/ha, al realizar tal procedimiento el resultado posee las dimensionales de mg/ha, es necesario entonces una ultima conversión a kilogramos por hectárea del nutriente.
- b) Los nutrientes calcio (Ca) y magnesio (Mg) poseen las dimensionales de miliequivalentes por 100 gm (Meq/100gm), es necesario como primer paso pasar esta dimensional a Ppm (partes por millón), utilizando la siguiente formula:

$$\text{Ppm} = (\text{Meq}/100\text{gm}) * ((\text{Peso atómico}/\text{Valencia}) * 10)$$

- c) Teniendo el calcio y magnesio en partes por millón, se realiza la multiplicación del total de erosión en la fase solida en Kg/ha, dando como producto mg/ha. Por ultimo se realiza la conversión a kilogramos por hectárea del nutriente.

B. Fase Liquida

- 1) Los nutrientes presentes en el agua de esorrentía son calcio (Ca), magnesio (Mg), Sodio (Na) y Potasio (K), expresados en Meq/litro (Miliequivalentes por litro), es necesario para esta dimensional a Ppm (Partes por millón) utilizando la siguiente formula.

$$\text{Ppm} = (\text{Meq}/\text{litro}) * ((\text{Peso atómico}/\text{Valencia}) * 10)$$

- 2) Teniendo el nutriente expresado en la dimensional de partes por millón, lo que es equivalente a miligramos por litro (mg/lts), se multiplica por el total de esorrentía expresado en litros por hectárea (lts/ha), dando como resultado miligramos por hectárea del nutriente. Una ultima conversión es necesario para poder obtener kilogramos por hectárea del nutriente (kg/ha).

C. Erosión química total

Para la obtención de este dato, se suman los valores en la fase solida y liquida, teniendo así el total de erosión química por nutriente en cada cobertura, con las dimensionales de kilogramos por hectárea (kg/ha).

2.4.11 Análisis de la Información

2.4.11.A Análisis de Varianza

Los datos de cantidad de suelo erosionado y de escorrentía superficial fueron sometidos a un análisis de varianza, con el modelo de Bloques al Azar, comparándolos estadísticamente entre tratamientos, ya que el resultado encontró diferencias significativas se hizo necesario realizar una prueba de comparación de medias, usando la prueba de Tukey.

Las formulas utilizadas en el análisis de varianza se describen a continuación:

Cuadro 20. Formulas utilizadas en el análisis de varianza.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F
Bloque	r-1	$\sum Y_{i..}^2/b - T_c$	SCtrat/gltrat	
Tratamiento	t-1	$\sum Y_j^2/t - T_c$	SCbloq/glbloq	CMtrat/CMee
Error experimental	(t-1)(b-1)	SCtot-SCtrat-SCbloq	SCee/glee	
Total	tb-1	$\sum \sum Y_{ij}^2 - T_c$		

2.5 Resultados

La presente investigación se llevó a cabo en la época lluviosa del año 2011, durante los meses de Junio a Noviembre, se destaca que durante este estudio en el mes de Octubre se hizo presente la tormenta 12E. El área experimental se ubica en la aldea San Rafael, a una altura de 2,114 metros sobre el nivel del mar y una pendiente mayor al 25%. Las estructuras elegidas (acequias de infiltración y barreras vivas) son las que mejor se adaptan a las condiciones del área (según el programa de conservación de suelos del Departamento de Cuencas del MAGA), ya que cualquier otra estructura de conservación como por ejemplo: Terrazas, no resultan económicamente viables para los cultivos que se producen en la Aldea, las barreras muertas de rocas fueron descartadas por el programa ya que no se encuentran afloramientos rocosos. Los resultados de tal investigación se presentan a continuación.

2.5.1 Escorrentía

Del total de precipitación que hubo en los meses del experimento (Junio-Noviembre) 1,598 ml, se estableció un volumen total de agua precipitada de 8,430.3 m³/ha. En el cuadro 21 se presentan los volúmenes por tratamiento y repetición de escorrentía superficial expresados en metros cúbicos por hectárea (m³/ha) que se obtuvieron en el sitio experimental.

Cuadro 21. Cantidad de escorrentía superficial (m³/ha) determinada en los tratamientos.

COBERTURA/TRATAMIENTO	REPETICIONES					MEDIA
	I	II	III	IV	V	
Maíz-frijol con estructuras de conservación	350.24	361.61	302.93	288.26	320.26	324.66
Sotobosque	384.57	387.35	389.37	384.97	389.27	387.10
Maíz-frijol sin conservación	448.21	453.44	447.82	449.65	418.61	443.55
Sin cobertura (Testigo)	560.19	575.86	510.32	497.51	509.76	530.73

En el cuadro 21 se observa que la cobertura con menor escurrimiento superficial es la de asocio maíz-frijol con estructuras de conservación (324.6 m³/ha), siendo estas acequias de infiltración, con barreras vivas de pasto. En cada una de las parcelas con esta cobertura se encontraban 3 acequias de 40 centímetros de profundidad por 30 de ancho, con su respectiva barrera de pasto sembrada al tres bolillo y en un estado de crecimiento propia de un pasto adulto.

Seguida por las parcelas que se encuentran en un área con una cobertura de árboles dispersos de Aliso o llamo (*Alnus glutinosa*) y sotobosque con $387.1 \text{ m}^3/\text{ha}$, estas parcelas de escorrentía se establecieron en esta zona ya que fue muy difícil encontrar una área cercana a la aldea con un bosque ya establecido. Por último la cobertura con mayor escorrentía superficial fue la de asocio maíz frijol, sin estructuras de conservación con una cantidad de $443.551 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Cifuentes (1999) evalúa la cobertura de asocio maíz-frijol sembrado en curvas a nivel, en la parte media de la cuenca del río Itzapa, obteniendo valores de escorrentía de $448.27 \text{ m}^3/\text{ha}$ dato muy parecido al tratamiento de la presente investigación ($443.551 \text{ m}^3/\text{ha}$) con la misma cobertura carente de estructuras de conservación, por lo que se puede decir que sembrar un cultivo limpio como lo es el maíz con frijol de enredo, brindan muy poca protección al suelo contra la escorrentía.

López (1996) obtiene una precipitación total de 845.7 milímetros para los meses del experimento, en comparación con la presente investigación durante los meses de Junio a Noviembre se obtuvo una precipitación de $1,598 \text{ ml}$, por lo que del año 1996 al año 2011, se observa un aumento en cuanto a la precipitación pluvial, López (1996) evalúa también el asocio de maíz-frijol obteniendo una escorrentía de $193.76 \text{ m}^3/\text{ha}$ en parcelas de 50 m^2 , dato por debajo del obtenido para la presente investigación ($443.551 \text{ m}^3/\text{ha}$), resultado del cambio climático que se está dando en el planeta, lluvias mas abundantes y mayores cantidades de escorrentía se están presentando, son algunos de los resultados del mal manejo de los recursos naturales.

Motta (1999) determinó una precipitación de $1,027.51 \text{ ml}$, en la aldea Chicasanga, para los meses de junio a noviembre, aumentando así año con año la cantidad de precipitación, generándose modificaciones en las condiciones climáticas, debido a los cambios ambientales de la actualidad. Las estructuras de conservación dan una protección contra la escorrentía de $118.9 \text{ m}^3/\text{ha}$, si se comparan los volúmenes de las dos coberturas que son asocio Maíz-frijol. En cuanto a un área sin ninguna cobertura la protección de las estructuras es de $206.06 \text{ m}^3/\text{ha}$ de escorrentía.

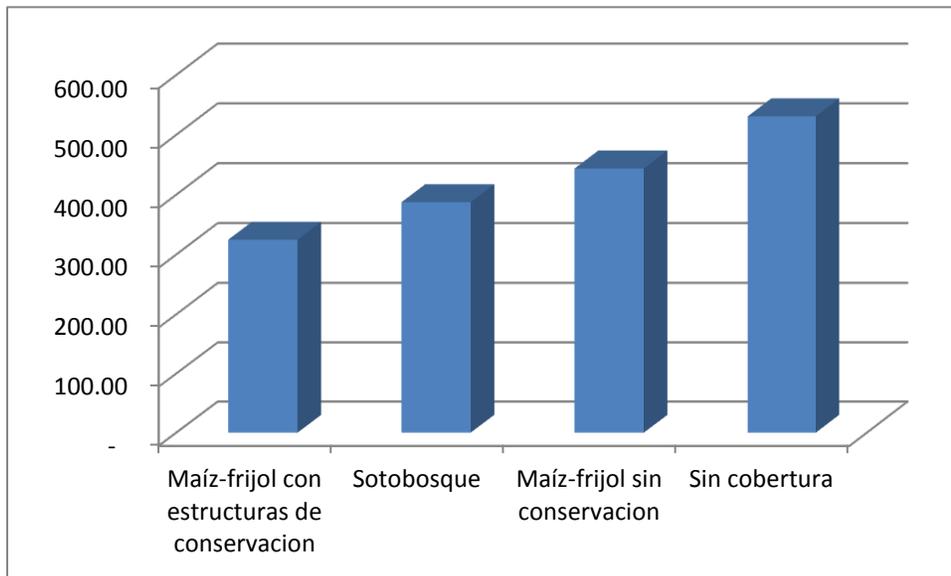


Figura 16. Promedio de escorrentía en metros cúbicos por hectárea.

En la figura 16, se observa que la menor escorrentía se da en la cobertura de Maíz con estructuras de conservación (acequias de infiltración con barreras vivas) seguida por Sotobosque y Maíz-frijol sin estructuras de conservación. Así mismo la mayor escorrentía se da en las parcelas sin ninguna cobertura.

En el cuadro 22 se presentan los valores del análisis de varianza (ANDEVA) que se le realizó a los datos obtenidos en el sitio experimental.

Cuadro 22. Análisis de Varianza para la escorrentía superficial (m3/ha)

Análisis de varianza					
Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Sumatoria de Cuadrados	Cuadrados Medios	F calculada	F tabulada
Bloque	4	4916.17	1229.04		
Coberturas	3	114887.32	38295.77	99.84 *	3.49
Error	12	4602.66	383.55		
Total	19	124406.15			

CV= 4.65 %

En el cuadro 22 se observa que existe diferencia significativa entre coberturas, por lo cual se realizó la prueba de medias de Tukey, cuyos resultados se presentan en el cuadro 23.

Cuadro 23. Prueba de Medias de Tukey para la escorrentía superficial (m³/ha)

Cobertura	Medias	TUKEY			
Maíz-frijol con estructuras de conservación	324.67	a			
Sotobosque	387.11		b		
Maíz-frijol sin conservación	443.55			c	
Sin cobertura	530.73				d

En el cuadro 23 se observa que la cobertura que mas reduce la escorrentía superficial es la de asocio Maíz-frijol, con estructuras de conservación, siendo estas acequias de infiltración con barreras vivas de pasto, además de esto, el maíz se encuentra sembrado según curvas a nivel, construidas con nivel en "A", lo que indica que existe una excelente protección contra la escorrentía, comparado con la cobertura de sotobosque, el volumen de escorrentía de maíz-frijol con estructuras de conservación es menor.

2.5.2 Suelo erosionado en parcelas de escorrentía

En el cuadro 24 se observa la cantidad de suelo erosionado en toneladas por hectárea en el sitio experimental, para cada uno de los tratamientos evaluados.

Cuadro 24. Cantidad de suelo erosionado en ton/ha/año

COBERTURA/TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	Total	Media
Maíz con estructuras de conservación	0.462	0.472	0.545	0.364	0.302	2.146	0.429
Sotobosque	0.665	0.550	0.642	0.583	0.603	3.042	0.608
Maíz sin conservación	1.443	1.389	1.404	1.345	1.442	7.023	1.405
Sin cobertura	5.538	4.044	3.601	3.078	3.018	19.280	3.856

El cuadro 24 muestra la cantidad de suelo erosionado en toneladas por hectárea por año, teniendo la menor cantidad la cobertura de maíz-frijol con estructuras de conservación (acequias de infiltración con barreras vivas) con una media de 0.429 ton/ha/año, las acequias con su respectiva barrera viva de pasto, plantada al tres bolillo, fueron establecidas en el año 2010, al momento de ser establecidas las parcelas esta barrera viva ya se encontraba en un estado de crecimiento adulto, la cobertura de maíz-frijol ya establecida para el mes de junio y sembrada en curvas a nivel tuvo la duración de todo el experimento ya que por el clima frío del área, solamente se obtiene una cosecha de Maíz y frijol, así mismo el dueño del área donde se establecieron estas parcelas obtuvo una cosecha de zanahoria, sin embargo este cultivo no estuvo presente en todo el transcurso del experimento ya que fue vendida como zanahoria tierna. La cobertura de Sotobosque posee una erosión total de 0.608 ton/ha/año, en estas parcelas se encontraban árboles dispersos de llamo, establecidas en la parte alta de una ladera, las 5 repeticiones fueron implementadas en esa área ya que no se encontró ningún bosque en las cercanías del casco de la aldea.

La cobertura de maíz-frijol sin estructuras de conservación obtuvo un total de erosión de 1.40 ton/ha/año, seguida por el testigo con una media de 3.85 ton/ha/año. Las parcelas de escorrentía del testigo, fueron establecidas en un área en barbecho ya que ningún agricultor quiso prestar su terreno para tenerlo aproximadamente 6 meses sin cultivo, fue necesario entonces limpiar el área de vegetación, hasta dejarlo sin ninguna planta, sin embargo no se realizó ninguna actividad de arado, por lo que se supone que por esta razón se obtuvieron datos bajos de erosión en un área sin cobertura.

Cifuentes (1999) obtiene para la cobertura de asocio maíz-frijol una media de 1.33 ton/ha/año, para el año 2011 se observa una erosión de 1.40 ton/ha/año para la misma cobertura, un aumento de suelo erosionado se presenta, debe tomarse en cuenta que durante la investigación ocurrió la tormenta 12E trayendo abundancia de precipitación para el mes de Octubre.

López (1996) obtiene una media de 1.30 ton/ha/año para el asocio de maíz-frijol, dato muy parecido a Cifuentes (1999).

En el cuadro 25 se presentan los resultados del análisis de varianza (ANDEVA) realizados a los valores de suelo erosionado en el sitio experimental.

Cuadro 25. Análisis de varianza para suelo erosionado en el sitio experimental.

Análisis de la varianza					
Cobertura	Grados de Libertad	Sumatoria de Cuadrados	Cuadrados Medios	F calculada	F tabulada
Bloque	4	1.26	0.32		
Cobertura	3	37.39	12.46	1.25	0.3423
Error	12	3.03	0.25		
Total	19	41.68			

Por existir diferencias significativas entre las coberturas se realizó la prueba de medias de Tukey, la cual se presenta en el cuadro 26.

Cuadro 26. Prueba de medias de Tukey para la cantidad de suelo erosionado

Cobertura	Medias	Tukey			
Maíz con estructuras de conservación	0.43	a			
Sotobosque	0.61		ab		
Maíz sin estructuras de conservación	1.4			b	
Sin cobertura	3.86				c

El cuadro 26 muestra que la cobertura que más reduce la erosión es la de asocio maíz-frijol con estructuras de conservación con una media de 0.43 ton/ha/año, seguida y con poca diferencia significativa de la cobertura de sotobosque con una media de 0.61 ton/ha/año, una marcada diferencia existe en la cobertura de maíz-frijol sin conservación con las anteriores, por lo que se puede asegurar que las acequias de infiltración, con barrera viva y siembra según curvas a nivel, dan una protección adecuada al terreno contra los procesos erosivos de la lluvia.

Las estructuras de conservación dan una protección de 0.97 ton/ha/año con una misma cobertura (maíz-frijol), en comparación con un suelo descubierto, la protección contra los procesos erosivos es de 3.43 ton/ha/año para este experimento.

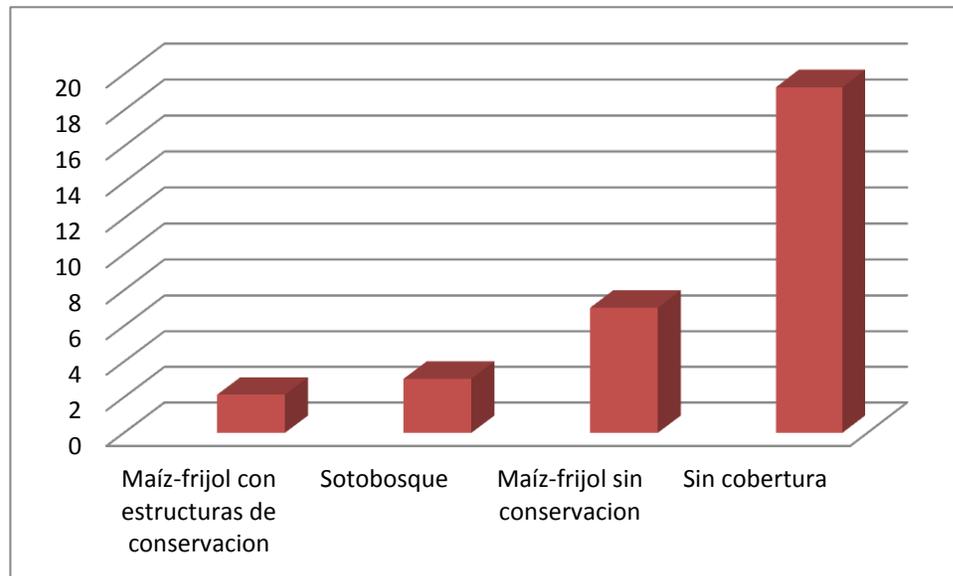


Figura 17. Cantidad de suelo erosionado en el sitio experimental

La figura 17 muestra que la cobertura de Maíz-frijol con estructuras de conservación es la que posee la menor cantidad de suelo erosionado en toneladas por hectárea por año, seguida por la cobertura de sotobosque, la cobertura de Maíz-frijol sin estructuras posee una mayor cantidad de suelo erosionado en comparación con las anteriores coberturas.

1.5.2.A **Correlación entre las variables estudiadas, Escorrentía superficial-suelo erosionado**

La cantidad de escorrentía superficial y suelo erosionado guardan una estrecha relación, ya que el valor de correlación obtenido fue de 0.90, es decir que mientras mayor sea la escorrentía generada en un área, mayor será la cantidad de suelo erosionado.

2.5.3 **Características de los sedimentos**

A. Análisis Físico

En el cuadro 27 se observan los resultados del análisis granulométrico de los sedimentos arrastrados por motivo de lluvia.

Cuadro 27. Porcentaje de partículas primarias de suelo perdido por erosión

IDENTIFICACION	%			CLASE TEXTURAL
	Arcilla	Limo	Arena	
Maíz con estructuras de conservación	9.16	11.84	79.00	Arena Franca
Sotobosque	13.36	22.34	64.30	Franco Arenoso
Maíz sin estructuras de conservación	9.16	11.84	79.00	Arena Franca
Sin cobertura	9.16	24.44	66.40	Franco Arenoso

En el cuadro 27 se observa que las partículas del tamaño de las arenas, representa el mayor porcentaje de las partículas que se perdieron por arrastre, debido a la erosión. Este resultado se explica, ya que la clase textural del suelo superficial del área donde se estableció el experimento corresponde a un Franco-Arenoso, propia del área ya que se encuentra adyacente al volcán de Acatenango, además se observa que los porcentajes de las coberturas de Maíz-frijol con estructuras de conservación y sin estructuras de conservación son iguales, las condiciones en cuanto a las características físicas del suelo, entre estas dos coberturas son semejantes.

B. Análisis Químico

Cuadro 28. Análisis químico de los sedimentos en el sitio experimental.

Identificación	pH	ppm		Meq/100gr		Ppm				% MO
		P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	
RANGO MEDIO		12-16	120-150	6-8	1.5-2.5	2-4	4-6	10-15	10-15	
Maíz con estructuras de conservación	5.5	11.39	88	7.18	1.18	1.50	8.50	25.00	9.50	6.78
Sotobosque	5.5	7.32	400	8.42	2.06	2.50	3.00	27.50	22.00	5.93
Maíz sin estructuras de conservación	5.9	19.53	90	8.11	1.03	1.50	7.00	33.00	10.00	6.12
Sin cobertura	5.6	11.58	363	8.11	1.95	3.00	3.50	29.00	19.00	4.50

El análisis químico de los sedimentos cuyos resultados se pueden observar en el cuadro 28, muestran que el pH del suelo es moderadamente ácido o ligeramente ácido, ya que es menor del valor neutro del porcentaje de ácidos ($\text{pH}=7$), esto trae como consecuencia que algunos nutrientes en el suelo pueden escasear o no estar disponibles, tal es el caso del Fósforo, cuyos niveles en la cobertura de Maíz-frijol con estructuras de conservación, sotobosque y sin cobertura estén bajos según el rango medio, también el magnesio puede llegar a escasear según el pH, siendo bajo en las coberturas de maíz-frijol con y sin estructuras de conservación. Por el contrario se puede observar que hay una abundancia de Hierro en todas las coberturas, en cuanto a Zinc los rangos medios se observan altos en las coberturas de Maíz-frijol con y sin estructuras de conservación.

2.5.4 Macronutrientes y Micronutrientes

En el cuadro 28 se observan los resultados del análisis químico que se realizó al suelo, indicando que el fósforo se encuentra relativamente bajo según los rangos medios proporcionados por el laboratorio de análisis de suelo, agua y planta “Salvador Castillo Orellana” de la Facultad de Agronomía, en las coberturas de Maíz-frijol con estructuras de conservación, sin cobertura y sotobosque, así mismo en la cobertura de maíz-frijol sin conservación se observan niveles altos de este nutriente, que interviene en numerosos procesos bioquímicos a nivel celular. En cuanto al Potasio las coberturas de maíz-frijol con y sin estructuras de conservación presentan niveles bajos, comparadas con el testigo y sotobosque, los cuales exceden los rangos medios.

El calcio presenta niveles relativamente altos en las parcelas con una cobertura de sotobosque, maíz-frijol sin conservación y el testigo, la cobertura de maíz-frijol con estructuras de conservación se encuentra en rangos medios aceptables de este macronutriente. En cuanto al magnesio en las coberturas de maíz-frijol con y sin estructuras de conservación se encuentra por debajo del rango medio, las coberturas de sotobosque y testigo, se observan en valores aceptables.

A pesar de que la planta requiere en muy pequeñas cantidades los micronutrientes, la ausencia de cualquiera de estos puede limitar el crecimiento de la planta, es por tal razón que se necesita saber la cantidad de cada uno para poder así decir con certeza si es necesario o no una fertilización y que es lo que hay que aportar, ya que no hay mejor abono que lo que el suelo necesita. Se puede decir que la disponibilidad de los micronutrientes según el pH, se observa en su máxima disponibilidad, sin embargo eso no quiere decir que exista en el suelo en cantidades adecuadas, en el caso del Cobre los niveles se encuentran bajos en la cobertura de maíz-frijol sin estructuras de conservación por lo que podrían presentar las plantas marchitamiento de las hojas jóvenes, enrollamientos de las mismas y una inclinación de peciolo y tallos. Las hojas pueden torcerse, se hacen quebradizas y caen, en cuanto a la cobertura de sotobosque y el testigo el suelo en estas zonas posee un nivel adecuado de este micronutriente.

En cuanto al zinc los niveles se observan altos en la cobertura de maíz-frijol con y sin estructuras de conservación por lo que podría presentarse una toxicidad de este micronutriente, las coberturas de sotobosque y el testigo los niveles se observan por debajo de los normales por lo que una deficiencia se podría presentar, los síntomas de la carencia se inician siempre en las hojas más jóvenes, que presentan zonas jaspeadas cloróticas que terminan necrosándose y afectando a todo el parénquima foliar y a los nervios. El tamaño de las hojas es pequeño, permaneciendo sin desplegarse. En las hojas adultas no se suelen apreciar estos síntomas. Ya que el hierro es de suma importancia en la formación de clorofila y en el transporte de oxígeno se necesita saber el contenido de este micronutriente en el suelo, observándose niveles altos en todas las coberturas, por último el manganeso, los niveles se observan por debajo del rango medio en la cobertura de maíz-frijol con estructuras de conservación, en la cobertura de sotobosque y sin cobertura los niveles se observan altos, niveles aceptables se presentan en la cobertura de maíz-frijol sin conservación.

2.5.5 Nutrientes removidos por la escorrentía

En el cuadro 29 se observan los resultados del análisis de agua que se realizó a la escorrentía al final del experimento.

Cuadro 29. Análisis de escorrentía

Cobertura	pH	$\mu\text{S/cm}$ C.E.	Meq/litro				Ppm				RAS	CLASE
			Ca	Mg	Na	K	Cu	Zn	Fe	Mn		
Maíz-frijol con estructuras de conservación	4.3	32.20	0.17	0.08	0.10	0.03	0	0	0	0	0.29	C1S1
Sin cobertura	4.4	29.10	0.17	0.05	0.03	0.05	0	0	0	0	0.09	C1S1
Sotobosque	4.8	34.80	0.15	0.12	0.03	0.08	0	0	0	0	0.08	C1S1
Maíz-frijol sin estructuras de conservación	4.0	24.10	0.10	0.08	0.04	0.02	0	0	0	0	0.13	C1S1

Se observa en el cuadro 29 que la conductividad eléctrica en comparación con una muestra de agua desmineralizada, denota que existen cantidades de sales, lo cual hace que conduzca la corriente eléctrica.

Los nutrientes como el calcio, magnesio, sodio y potasio están presentes en el agua de escorrentía lo que indica que son estos los que están siendo lavados por la lluvia. El cobre, zinc, hierro y manganeso no se encontraron en las muestras de agua.

2.5.6 Erosión química

A. Fase Sólida

En el cuadro 30 se observan los resultados de la erosión química en la fase sólida.

Cuadro 30. Erosión química en kg/ha, en la fase sólida.

Cobertura	Kg/ha							
	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
Maíz con estructuras de conservación	0.00489	0.03776	0.61742	0.06153	0.00064	0.00365	0.01073	0.00408
Sotobosque	0.00445	0.24338	1.02670	0.15232	0.00152	0.00183	0.01673	0.01339
Maíz sin estructuras de conservación	0.02743	0.12641	2.28277	0.17581	0.00211	0.00983	0.04635	0.01405
Sin cobertura	0.04465	1.39969	6.26679	0.91375	0.01157	0.01350	0.11182	0.07326

B. Fase Líquida

En el cuadro 31 se observan los resultados de la erosión química en la fase líquida.

Cuadro 31. Erosión química en kg/ha en la fase líquida.

Cobertura	Kg/ha				Kg/ha			
	Ca	Mg	Na	K	Cu	Zn	Fe	Mn
Maíz-frijol con estructuras de conservación	11.061	3.156	7.461	3.808	0	0	0	0
Sin cobertura	18.081	3.225	3.659	10.375	0	0	0	0
Sotobosque	11.637	5.645	2.669	12.108	0	0	0	0
Maíz-frijol sin estructuras de conservación	8.889	4.312	4.077	3.468	0	0	0	0

C. Erosión química total

En el cuadro 32 se observan los resultados de la erosión química total, por cada nutriente, en las diferentes coberturas.

Cuadro 32. Erosión química total

Cobertura	Kg/ha								
	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Zn	Fe	Mn
TOTAL									
Maíz con estructuras de conservación	0.00489	3.8459	11.6781	3.2179	7.461	0.000644	0.003647	0.01073	0.00408
Sotobosque	0.00445	12.3515	12.6632	5.7975	2.669	0.001521	0.001825	0.01673	0.01339
Maíz sin estructuras de conservación	0.02743	3.5948	11.1715	4.4880	4.077	0.002107	0.009832	0.04635	0.01405
Sin cobertura	0.04465	11.7750	24.3478	4.1386	3.659	0.011568	0.013496	0.11182	0.07326

El cuadro 32 muestra los resultados totales de la erosión química que se da en las diferentes coberturas evaluadas, en el caso del fósforo (P) la mayor cantidad de kg/ha se está perdiendo en las parcelas que carecen de cobertura, seguida por la cobertura de maíz-frijol sin estructuras de conservación. El potasio (K) presenta su máxima pérdida del suelo en el área de sotobosque, seguida por el área sin ninguna cobertura. El calcio (Ca) presenta su máxima pérdida en el área carente de cobertura seguida por la zona de sotobosque, en cuanto al magnesio la máxima pérdida se la en el área de sotobosque, seguida por la cobertura de maíz-frijol sin estructuras de conservación. Las áreas donde se establecieron las parcelas de escorrentía con una cobertura de Sotobosque y el testigo (sin cobertura) se encuentran lejos de las parcelas de escorrentía, cuya cobertura es maíz-frijol con y sin conservación, por lo que las características químicas del suelo pueden cambiar, debido a que no se pudo realizar un análisis químico al suelo de las distintas áreas, no se tienen datos del contenido real de los nutrientes presentes. Dependiendo también del grado de meteorización que exista y del material parental. Sin embargo la erosión química se está dando en las diferentes coberturas, tanto macro como micronutrientes, necesarios para las plantas.

Al realizar la comparación de la protección que ofrecen las estructuras de conservación (acequias y barreras vivas) contra un área sin ninguna estructura y cobertura en el caso del fósforo estas protegen una pérdida del nutriente de 0.03976 kg/ha, para el potasio se da una protección de 7.9291 kg/ha, en el caso del calcio 12.6697 kg/ha, para magnesio 0.9207 kg/ha.

Los micronutrientes poseen cantidades menores de pérdida, sin embargo si se compara la protección de las estructuras de conservación con un área sin cobertura y carente de conservación, la protección por nutriente es la siguiente:

- a) Cobre (Cu): 0.010924 Kg/ha
- b) Zinc (Zn): 0.0009849 Kg/ha
- c) Hierro (Fe): 0.10109 Kg/ha
- d) Manganeso (Mn):0.06918 Kg/ha

2.5.7 Precipitación diaria durante el experimento

El cuadro 33 muestra la precipitación diaria, tomada con un pluviómetro de 140 milímetros, plástico, marca Seninnger; donado por el programa conjunto-FAO ubicado en Salamá, Baja Verapaz

Cuadro 33. Precipitación diaria durante experimento

Día/Mes	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE
1		90	25	0	38
2		6	1	0	1
3		3	0	6	0
4		4	0	1	38
5		20	0	20	2
6		8	0	22	8
7		0	1	0	3
8		0	0	0	10
9		10	0	25	6
10		18	0	6	16
11		36	7	0	140
12		35	0	20	140
13		15	14	4	49
14		7	43	0	40
15		19	1	15	52
16		24	0	7	31
17		29	1	0	34
18		3	0	21	60
19		0	0	10	2
20		0	5	2	0
21	9	0	5	25	2
22	0	0	3	4	1
23	21.5	0	29	13	0
24	4	0	21	0	3
25	25	0	0	5	0
26	20	0	15	2	0
27	16	18	0	8	0
28	14	10	15	2	0
29	13	10	5	2	0
30	3	0	1.5	0	0
31	0	9	10		0
Total	125.5	374	202.5	220	676

2.5.8 Relación Precipitación-Escorrentía

Para poder realizar este análisis se formula el supuesto de que por cada milímetro precipitado escurre un litro por metro cuadrado de escorrentía, sabiendo que el área de las parcelas es de 75 metros cuadrados y teniendo la precipitación para cada día del experimento, se determina la cantidad de escorrentía teórica. Esto no toma en cuenta la textura del suelo, estructura y cobertura, sin embargo para fines de este análisis se realizó de esta forma. El experimento inició el 21 de Junio, tomando un total de 69 eventos de precipitación (Información detallada en Apendices), con el objetivo de sintetizar los datos se presenta un cuadro resumen con los promedios del porcentaje de escorrentía, para cada mes y en cada cobertura.

Cuadro 34. Promedio del Porcentajes de Escorrentía

Cobertura/Mes	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Conservación	2.15	2.37	2.06	1.95	2.32
Sin conservación	3.03	3.10	3.12	3.03	3.27
Sotobosque	2.40	2.60	2.24	2.33	2.56
Testigo	3.47	3.71	3.55	3.95	3.77

El cuadro 34 muestra los resultados de la relación precipitación-escorrentía en porcentajes para cada mes del experimento, para este análisis se hizo un promedio de las repeticiones para cada cobertura, con el objetivo de resumir la información. Puede observarse que en las parcelas con estructuras de conservación los porcentajes más altos se dan en el mes de Julio, donde se presentó la mayor cantidad de eventos de precipitación y el mes de Octubre donde dio inicio la tormenta 12E. Las parcelas de escorrentía sin estructuras de conservación siguen una tendencia arriba del 3% de escorrentía, teniendo un valor mayor en el mes de Octubre. Para las áreas de sotobosque el porcentaje de escorrentía está superior al 2%. Este análisis toma en cuenta la precipitación por día, sin embargo según el agua precipitada puede concluirse que los porcentajes de escorrentía siguen un patrón relativamente estable según la precipitación para cada cobertura.

2.5.9 Promedio de Escorrentía en cada mes del experimento

El cuadro 35 muestra los promedios de las repeticiones para la escorrentía en cada mes del experimento, este análisis no toma en cuenta la precipitación, solamente el agua escurrida en los recipientes colectores. Los resultados se presentan en litros ya que si se realiza la conversión a metros cúbicos, el valor quedaría en cantidades decimales.

Cuadro 35. Promedio de escorrentía en litros

Cobertura	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Conservación	23.72	37.42	26.32	20.54	83.53
Sin conservación	29.34	46.11	41.92	31.68	107.85
Bosque	25.32	38.43	28.37	24.46	88.64
Testigo	32.83	54.38	46.82	40.61	117.03

Con el objetivo de visualizar mejor los resultados se presenta la figura 18:

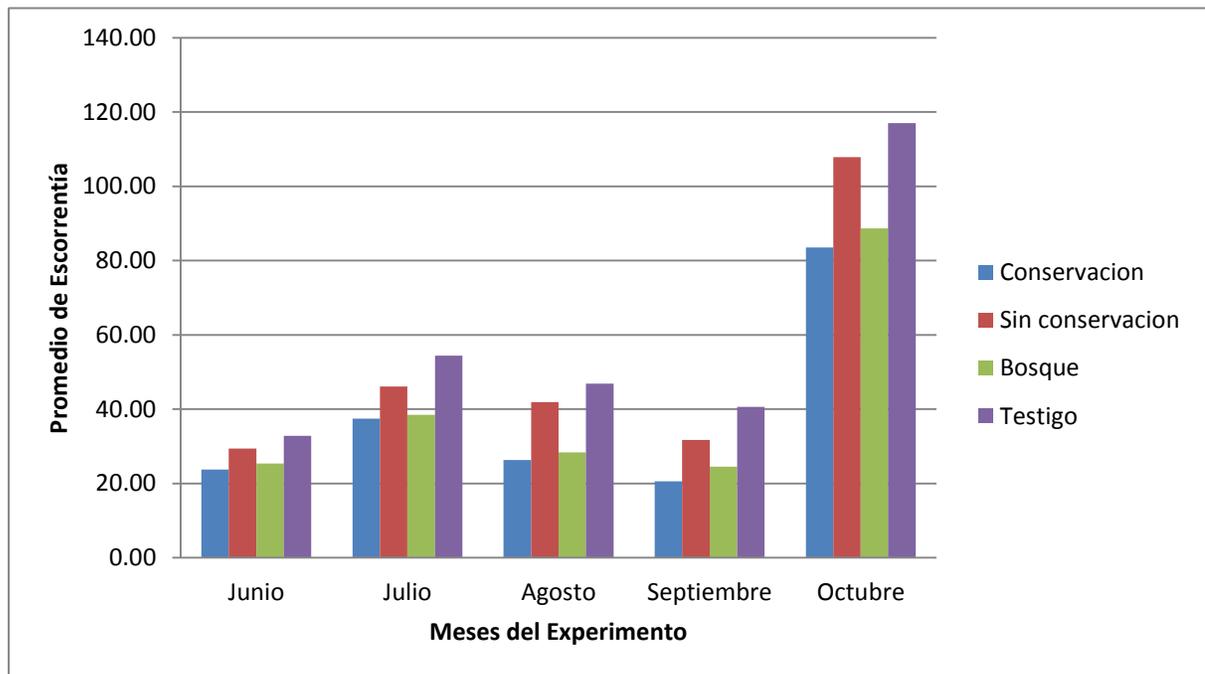


Figura 18. Promedio de Escorrentía en cada mes del Experimento

La figura 18 muestra la tendencia del agua escurrida en el experimento, puede observarse que aunque solamente se tomaron 11 eventos de precipitación en el mes de Octubre la cantidad de agua escurrida es mayor en comparación con los otros meses, el mes de Junio no cuenta con el total de eventos ya que el experimento dio inicio el 21 de Junio, por tal razón presenta el menor promedio, para el mes de julio la época lluviosa 2011 ya se encontraba establecida, por lo que los promedios de escorrentía suben en este período. En el mes de agosto y septiembre se dan espacios sin lluvia, sin embargo en septiembre eventos de precipitación arriba a los 90 milímetros se presentaron. La tormenta 12E inicia en el mes de octubre con precipitaciones que llegan hasta los 140 milímetros y escorrentías mayores a los 400 litros, el evento dura aproximadamente en la comunidad 15 días de lluvias interrumpidas sin embargo la cantidad de escorrentía es superior en comparación con los otros meses.

2.6 Conclusiones

1. La cantidad de escorrentía superficial para la cobertura de maíz-frijol con estructuras de conservación es de 324.665 m³/ha, sotobosque de 387.109 m³/ha, maíz-frijol sin conservación 443.551 m³/ha y por ultimo el testigo (sin cobertura) con una cantidad de escorrentía media de 530.732 m³/ha. Las estructuras de conservación limitan el paso de 118.886 m³/ha con una cobertura del suelo de asocio maíz-frijol, en comparación con un área cubierta de sotobosque, las acequias de infiltración limitan el paso de 62.444 m³/ha. La protección que ofrecen las estructuras con una zona sin ninguna cobertura es de 143.623 m³/ha, por lo que se llega a la conclusión que las estructuras de conservación limitan el paso de agua en una cantidad considerable, según el análisis de correlación las variables estudiadas (escorrentía-erosión) están estrechamente relacionadas, por lo que a menor escorrentía, menor erosión.
2. La cantidad de suelo erosionado en la cobertura de maíz-frijol con estructuras de conservación es de 0.429 ton/ha/año, seguida por la cobertura de sotobosque con una media de 0.608 ton/ha/año, la cobertura de maíz-frijol sin conservación, presento una media de erosión de 1.40 ton/ha/año, por ultimo el testigo posee una media de erosión de 3.856 ton/ha/año. La protección que ofrecen las acequias de infiltración con barreras vivas de pasto con una cobertura de asocio maíz-frijol es de 0.971 ton/ha/año, cuando un área se encuentra cubierta de sotobosque las estructuras de conservación ofrecen una protección de 0.179 ton/ha/año, al ser comparado con un suelo completamente descubierto, las acequias de infiltración protegen con 3.427 ton/ha/año de erosión.
3. La textura de los sedimentos arrastrados por la precipitación pluvial son para la cobertura de maíz-frijol con estructuras de conservación de Arena franca, la cobertura de sotobosque presenta una textura Franco Arenoso, en lo que respecta a la textura del área con una cobertura de maíz-frijol sin conservación esta es Arena Franca, por ultimo el área sin cobertura posee una textura franco arenosa.
4. Los nutrientes lavados por la precipitación pluvial son principalmente del grupo de los macronutrientes, siendo estos calcio, magnesio, sodio y potasio. Ningún micronutriente se encontró en las muestras de agua de escorrentía analizados, el pH del agua es en todas las coberturas moderadamente ácido, concordando con el porcentaje de acides del suelo, el agua de escorrentía presento bajos contenidos de salinidad y sodicidad.

2.7 Recomendaciones

1. Las estructuras de conservación, acequias, barreras vivas y siembra en contornos dan excelente protección al suelo contra los procesos erosivos, por lo que se recomienda su implementación en toda la microcuenca Paso San Luis, reduciendo así los graves problemas de erosión presentes en el área.
2. Utilizar el suelo de acuerdo a su aptitud, implementado incentivos para la conservación de bosques y fuentes de agua, ya que no existen en el área de estudio bosques comunales, el agua que se utiliza para consumo en las viviendas es necesario movilizarse para algunos habitantes una considerable distancia y debido a la pendiente del área, se hace una tarea muy difícil de realizar.
3. La continuidad del experimento, todos los materiales se encuentran en el área, no teniendo que realizar ninguna inversión para el establecimiento de las parcelas, únicamente para su mantenimiento, además realizar evaluaciones con parcelas de escorrentía con otras coberturas, complementando así esta investigación.

2.8 Bibliografía

1. Apolo Berru, WA. 1980. Evaluación de la escorrentía superficial y la erosión en un pastizal con arboles aislados en la Suiza, Turrialba, Costa Rica. Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 69 p.
2. CATIE, CR. 1993. Conservación de Suelos y aguas prácticas mecánicas Y estructurales. Turrialba, Costa Rica. 80 p.
3. Cifuentes Barrientos, JG. 1999. Evaluación del efecto de tres coberturas vegetales sobre la erosión hídrica y escorrentía en la cuenca media del río Itzapa, San Andrés Itzapa, Chimaltenango fase III. Tesis Ing. Agro. Guatemala, USAC. 55 p.
4. Cruz S, JR De la 1981. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 24 p.
5. Dewis J. 1984. Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y agua. Roma, Italia. FAO. 252 p. (Boletín de suelos no. 10)
6. FAO, IT 1949. Conservación de suelos: un estudio internacional. Roma, Italia, FAO. 216 p. (Estudios agrícolas de la FAO, no. 4).
7. FAO, IT. 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Roma, Italia, FAO. 220 p. (Boletín de tierras y aguas de la FAO, v. 8)
8. Flores, HL. 2008. Evaluación del impacto hidrológico como contribución al programa de investigación y generación de información hidroclimática forestal para la región II-1 del Instituto Nacional de Bosques (INAB), Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 124 p.
9. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2000. Mapa de capacidad de uso de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:250,000. Color.
10. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2002. Cuadros de población del censo nacional XI de población y VI de habitación de la República de Guatemala. Guatemala. s.p.

11. ING (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1983. Mapa de zonas de vida, a nivel de reconocimiento. Guatemala. Esc. 1:600.000.
12. López Búcaro, CF. 1998. Efecto de la cobertura de cultivos sobre la erosión hídrica del suelo, en la parte medio del río Itzapa, Chimaltenango, Guatemala. (fase I). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 58 p.
13. López, F. 1988. Defensa y recuperación de los suelos agrícolas. Mérida, Venezuela. CIDIAT. 73 p.
14. Motta Franco, EL. 1999. Estudio de la erosión hídrica del suelo, microcuenca del río Itzapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 98 p.
15. Pérez Liquidano, HE. 1994. Evaluación de la cobertura vegetal y la pendiente sobre la erosión hídrica en la parte alta de la cuenca del río Itzapa, Chimaltenango, fase II. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 55 p.
16. Sánchez, GA. 1998. Evaluación de la cobertura vegetal y manejo de tres cultivos, sobre la erosión hídrica en la parte media de la cuenca del río Itzapa, San Andrés Itzapa (fase II), Chimaltenango, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 55 p.
17. Santos, A. 1996. Evaluación del efecto de la cobertura vegetal y la pendiente, en la erosión hídrica de la microcuenca del río Itzapa, fase III. EPSA Investigación Inferencial. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 57 p
18. Simmons, C; Táramo, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado. Guatemala, José Pineda Ibarra. 1000 p.

2.9 Apéndices



Fotografía 7. Parcela maíz-frijol sin estructuras de conservación



Fotografía 8. Recipientes colectores en y canal evacuador en parcelas de escorrentía

2.9.1 Antecedentes del proyecto de conservación de suelos

Marco de referencia del proyecto

Reseña del proyecto estudios y proyectos en cuencas hidrográficas estratégicas

Como parte del Programa de Emergencia por Desastres Naturales, el Proyecto maneja fondos del préstamo No. 1147/OC/GU, inició acciones en Diciembre de 1,999 hasta la fecha. Este proyecto tiene como objetivo formular planes de manejo, planes de inversiones y proyectos, en cinco cuencas-subcuencas del país (Naranjo, Sis Iacán, Xayá – Pixcayá, Pensativo – Alto Guacalate y San José del Grande de Zacapa). Los planes de manejo se componen de tres ejes: producción, protección-conservación y prevención-mitigación de daños causados por desastres naturales.

Criterio de selección de la cuenca en estudio

Los criterios generales para seleccionar las cuencas estratégicas fueron identificados sobre la base de la problemática en general del sistema hidrográfico, de la orientación de las políticas de Gestión Ambiental del MAGA y en consulta técnica con un equipo de especialistas del Plan de Acción Forestal para Guatemala (PAF-G) y MAGA (1,999). Además se tomó en cuenta la fragilidad ecológica de las cuencas, fundamentalmente en la relación de éstas con la producción de agua y básicamente en el deterioro de los otros recursos naturales asociados al recurso hídrico. Los criterios establecidos fueron los siguientes: recarga, oferta y demanda hídrica, susceptibilidad a la erosión, inundaciones periódicas, densidad poblacional y potencial de recuperación del valor de servicios ambientales. Posteriormente en cada cuenca priorizada, el equipo de la Unidad de Planificación e Información Estratégica (UPIE) formulador del Programa realizó trabajo de campo para el chequeo de variables incluidas en el análisis y que finalizó en la selección definitiva.

Concepto sugerido de manejo de cuencas: antecedentes y propósitos

Los proyectos de manejo de cuencas en un principio (BID, 1,996), fueron concebidos con el enfoque de darle protección a inversiones previas en infraestructura hidráulica (presas y embalses); posteriormente el concepto cambió hacia la conservación de recursos por los beneficios obtenidos directamente. En la actualidad, el énfasis es el mejoramiento de la calidad de los recursos hídricos, incremento de su valor para usos consuntivos y recreacionales así como medio de soporte de la riqueza biológica en humedales, su orientación al servicio de poblaciones urbanas, el mejoramiento de la calidad ambiental. De tal forma que el manejo integrado de cuencas se conceptualiza como un proceso de formulación, implementación y evaluación de conjuntos estructurados de acciones y medidas dirigidas al control de los procesos de degradación ambiental y al aprovechamiento de los recursos naturales con fines productivos.

Marco institucional del Proyecto

El proyecto se enmarca dentro de lo establecido en la Constitución Política de la República de Guatemala en los artículos 1 – 3, 39, 67 – 68, 118 – 119 y 126 – 128 como elemento jurídico de mayor importancia; los Acuerdos de Paz en el Acuerdo sobre Aspectos Socioeconómicos y Situación Agraria en los incisos I, II y III; los Decretos No. 68-86 (Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente), 4-89 (Ley de Áreas Protegidas), 101-96 (Ley Forestal) y 58-88 (Código Municipal); así como la política agropecuaria que tiene como objetivo general: “Contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural en general, con base en sistemas productivos compatibles con la conservación y uso sostenible de los recursos naturales renovables y la participación equitativa de todos los actores que contribuyen al desarrollo del sector agropecuario”.

Descripción del problema observado y propuesta de solución

El problema central de manejo responde a la “inadecuada conversión del uso de la tierra y débil organización”, producto de la ausencia de planificación en el uso y manejo de los recursos naturales renovables definida por las inadecuadas políticas del Estado vinculadas a la protección de los mismos, ausencia de oportunidades para el desarrollo y organización que se manifiesta en el deterioro de la calidad de vida de la población. Las actividades agrícolas que se desarrollan en tierras no aptas para la explotación de cultivos, la deforestación constante y el crecimiento desordenado de las poblaciones; han provocado una degradación de los recursos naturales, que a provocado al final un problema de arrastre de sedimentos y limitado los usos del agua superficial por un manejo inadecuado y la contaminación del acuífero por la infiltración del agua superficial contaminada a partir de los basureros y de formas inadecuadas de disposición de aguas negras, que ha provocado problemas por arrastre de sedimentos y una alta contaminación química y bacteriológica. Dentro del ámbito de la solución se plantea mejorar la actual oferta de agua en cantidad y calidad, al disminuir los índices de contaminación por sedimentos. La propuesta incluye el desarrollo de actividades forestales de producción y protección mediante la aplicación de incentivos; manejo agroforestal y diversificación de la agricultura, dándole un valor agregado a la producción, que permita la generación de empleo y mejores ingresos económicos a la población local, creando mejores condiciones de desarrollo social y económico.

Caracterización de amenazas y vulnerabilidad

Las amenazas identificadas se agruparon según su fenómeno causal: amenazas asociadas hidroclimáticas, amenazas geológicas y amenazas antropogénicas. Las primeras se presentan principalmente en la época de lluvias (mayo-noviembre), encontrándose dentro de estas: **erosión**, correntadas de lodo, arena y material orgánico diverso, asolvamiento, desbordamientos de ríos (esta es algo frecuente en las partes bajas como el caso del desbordamiento del río Pensativo que afecta una de las entradas de Antigua Guatemala), derrumbes, deslizamientos y hundimientos. Asociadas al clima se

encuentran los fríos intensos, heladas y culebrinas. Las amenazas geológicas, están definidas principalmente por las características geológicas de las subcuencas en estudio, siendo las principales: la actividad sísmica y la actividad volcánica, aunque los efectos de esta última dependen mucho de la dirección de los vientos. Las amenazas antropogénicas se dan como resultado de la actividad humana y acciones vinculadas al desarrollo (vías de comunicación, obras de infraestructura, lotificaciones y actividades económicas); estas están definidas en el área por: mal manejo de aguas servidas y desechos sólidos, mal manejo de incipientes rellenos sanitarios y aumento de focos de basureros, proyectos mal planificados, incendios forestales, aumento de la violencia y criminalidad, aparición y aumento de pandillerismo, conflictos entre comunidades, concentraciones humanas y por almacenamiento, manejo y transporte de sustancias peligrosas. La vulnerabilidad del área se determinó a partir de la exposición de la misma a resistir los efectos de un desastre, determinándose que se encuentra altamente expuesta a sufrir desastres y sin opciones de mitigar o resistir el embate de los efectos negativos de los mismos, lo cual le da al área un calificativo que va de mayor a mediana vulnerabilidad ante los efectos de los desastres

Diagnostico

Problema principal

La problemática detectada en el Plan de manejo realizado responde a la “*inadecuada conversión del uso de la tierra y la débil organización*”, esta situación se debe entre otras razones a la carencia de planificación en el uso y manejo de los recursos naturales renovables definida por las inadecuadas políticas de Estado, falta organización y oportunidades para el desarrollo local; que se manifiesta en el deterioro de la calidad de vida de la población.

Causas

Prácticas inadecuadas de cultivos

El origen de esta situación obedece a que los agricultores tienen limitaciones en cuanto al acceso de procesos de capacitación e incentivos que permitan entre otras, efectuar prácticas adecuadas de cultivo y contribuir a la disminución del sobre uso de la tierra, acceso a mercados, oportunidad de empleo y mejores ingresos. Para cubrir necesidades básicas de alimentación se mantienen sistemas tradicionales de cultivo con granos básicos de baja productividad, cultivados en laderas con lo que se afecta la fertilidad del suelo, incrementando su desgaste y con esto asolvando los ríos, perjudicando así a los pobladores aguas abajo.

Efectos

Degradación de los recursos naturales

Esto se da por la falta de estrategias de manejo de los recursos agua, suelo y bosque, siendo los factores determinantes: la pérdida de suelo por arrastre de sedimentos, uso excesivo de agroquímicos; contaminación del recurso agua superficial y el manto acuífero local. La falta de manejo sostenible de los bosques ha provocado la pérdida de la biodiversidad, deterioro de la belleza escénica y la oportunidad de empleo en otras actividades productivas fuera del ámbito agrícola. De seguir los procesos de degradación de los recursos naturales se compromete a futuro su disponibilidad.

Soluciones

Con el objetivo de mitigar la inadecuada conversión del uso de la tierra y la débil organización, se crea el Programa de conservación de suelos en cuencas estratégicas, el cual capacita a agricultores en estructuras de conservación de suelos, las cuales dependerán de las condiciones del área. El programa consiste en incentivar con una cantidad de Q500 por cuerda de 33 metros por 33 metros a agricultores por la construcción de estructuras de conservación, estas serán establecidas posteriores a la capacitación y su medición se hará al momento de estar establecidas.

2.9.2 Porcentajes de escorrentía con relación a la precipitación en cada evento de lluvia

Cuadro 36A. Porcentajes de escorrentía con relación a la precipitación en cada evento de lluvia

Cobertura/Mes	Conservación	Sin conservación	Sotobosque	Testigo
JUNIO	2.44	4.98	1.83	3.80
	2.69	2.98	2.68	3.05
	1.29	2.77	1.51	4.67
	2.20	2.98	2.23	2.11
	2.83	3.19	3.05	4.53
	2.55	2.95	2.63	3.77
	2.72	3.20	3.10	4.10
	2.36	3.10	2.52	3.18
	0.27	1.16	2.04	2.04
JULIO	2.93	2.96	2.46	3.00
	2.00	2.18	2.09	2.58
	1.73	3.47	2.40	4.09
	2.70	3.87	2.73	4.07
	2.64	3.43	2.90	4.23
	3.94	4.47	4.25	4.82
	2.03	2.51	2.48	3.07
	2.56	2.92	2.69	2.99
	2.76	3.59	2.94	4.37
	3.85	5.11	3.95	7.54
	2.42	3.70	3.25	3.91
	0.99	1.37	1.22	1.37
	2.64	3.23	2.95	3.28
	2.09	2.34	2.28	2.66
	3.06	4.13	3.25	5.30
	1.07	1.69	1.33	3.38
	1.96	2.04	1.96	2.58
	1.90	3.45	2.37	3.51
	2.08	2.80	2.43	3.52
2.07	2.76	2.07	3.88	

AGOSTO	2.38	3.95	2.44	4.65
	1.75	3.28	1.83	3.58
	2.06	2.72	2.27	4.02
	2.57	4.70	2.63	5.01
	1.97	2.13	1.97	2.19
	1.92	2.03	2.03	2.24
	1.07	2.67	1.16	3.38
	2.79	4.61	2.98	4.88
	2.36	2.97	2.73	3.56
	2.24	3.38	2.42	3.59
	2.08	3.52	2.35	3.52
	1.65	2.03	1.76	2.40
	1.92	2.64	2.56	3.12
	SEPTIEMBRE	2.22	2.58	2.36
1.95		3.04	2.16	3.44
1.76		1.88	1.79	3.39
2.44		3.78	3.61	5.23
2.67		4.22	3.87	4.62
1.09		1.67	1.13	1.87
2.87		4.53	3.27	5.60
2.36		3.64	2.65	4.12
1.83		3.05	1.79	3.28
2.12		3.49	2.44	4.47
1.57		1.76	1.57	2.80
3.71		6.29	4.27	7.51
0.53		1.80	1.20	5.07
0.94		1.76	1.74	2.26
1.39		2.51	1.60	3.15
1.77	2.50	1.83	3.40	
OCTUBRE	2.57	4.48	2.70	5.23
	2.10	3.75	2.23	4.48
	1.10	2.13	1.97	3.37
	1.41	2.08	1.52	2.88
	2.18	2.44	2.31	2.60
	1.84	2.78	1.96	3.35
	3.81	3.81	3.81	3.81
	2.02	3.32	2.35	3.58
	2.92	3.89	3.12	4.03
	3.17	3.63	3.37	4.32
	2.41	3.68	2.81	3.82

CAPITULO III
SERVICIOS REALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS
-DCH- LA ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ.

3.1 Presentación

Los viveros forestales toman un auge trascendental dentro de la producción de bosques, ya que es en la fase de vivero donde la planta pasa su primera etapa de vida y desarrollo, es allí donde se le debe de dar el mayor cuidado posible, para que crezcan vigorosas y sanas, estas servirán posteriormente para repoblar aquellas zonas que ya han sido aprovechadas o están degradadas, lo cual implica que deben de tener las mejores características, como buen desarrollo radicular y alto contenido foliar para que logren sobrevivir en campo definitivo

Dentro de los factores a tomar en cuenta al momento de establecer un vivero se debe definir cual es la finalidad del mismo, ya que a partir de dicho propósito se entabla si el vivero debe ser altamente tecnificado como el caso de los viveros permanentes o por el contrario, se debe manejar una producción semi-intensiva o extensiva, siendo estos casos típicos de los viveros comunales o temporales.

Este servicio consistió en dar apoyo técnico a los trabajadores encargados del llenado de bolsas, transplante y endurecimiento de las plantas para su establecimiento en campo definitivo, así también se trabajo con 50 mujeres, proporcionadas por la municipalidad de Parramos, Chimaltenango para agilizar las actividades.

Durante los meses de febrero, marzo y abril, se estuvieron realizando tales actividades con el objetivo de tener la planta lista para el inicio de las lluvias, época adecuada para su establecimiento en campo definitivo, lográndose un aproximado de 25,000 arboles, como producto de los trabajos realizados.

3.2 Apoyo en la Producción de plántulas de Aliso (*Alnus gorullensis*) en el vivero forestal de Parramos, Chimaltenango.

3.2.1 Objetivos:

3.2.1.A Objetivo General:

Dar apoyo técnico en las actividades de producción de plántulas de Aliso (*Alnus gorullensis*) en bolsa de polietileno bajo condiciones de vivero en Parramos, Chimaltenango.

3.2.1.B Objetivos Específicos:

Producir plántulas de Aliso (*Alnus gorullensis*) a nivel de vivero, debidamente endurecidas y de 30 cm de altura.

Obtener experiencia en cuanto a las actividades de producción de Aliso (*Alnus gorullensis*) y actividades culturales tradicionales.

Minimizar el ataque de plagas y enfermedades en la producción de plántulas de Aliso en el vivero de Parramos, Chimaltenango.

3.2.2 Metodología

3.2.2.A Obtención de materiales y equipo

Se utilizó sustrato proveniente de bosques naturales de Aliso, esto con el objetivo de que la planta obtenga microorganismos micorrízicos, así como también tierra negra y arena.

3.2.2.B Llenado de bolsas

Se utilizó una mezcla con una relación 3:1:1, tierra negra, arena y materia orgánica, respectivamente, introduciendo a la bolsa de polietileno una cantidad considerable y luego golpeándola contra el suelo, con la finalidad de que el sustrato llene todos los espacios vacíos, es necesario que no queden bolsas de aire dentro, para evitar que la planta recién transplantada muera al no encontrar su raíz, alimento.

3.2.2.C Desinfección de Bolsas:

Se desinfectaron las bolsas, con un producto químico, de nombre comercial Banrot, con la dosis siguiente: 1 medida Bayer por bomba de 16 litros. Esto se realizó con el objetivo de reducir la incidencia de hongos.

3.2.2.D Riego:

Fue necesario regar antes y después del transplante las bolsas a utilizar, para que las plántulas encuentren un medio húmedo y se reduzca al máximo el estrés propio de esta actividad (transplante de semillero a bolsa) posterior el riego se aplicó, una vez al día durante toda la semana, para que mantengan un buen contenido de humedad.

3.2.2.E Transplante:

Las plántulas de aliso se transplantaron cuando tenían cuatro hojas verdaderas, el proceso consistió en las siguientes actividades:

- Se sacaron las plántulas en una esquina del semillero, desmoronando poco a poco y con sumo cuidado la tierra en cada una de ellas, sacando únicamente las que se usaron en la siguiente media hora.
- Se colocaron las plantas en agua con un poco de tierra y se taparon con un trapo o periódico mojado, para la protección de los rayos directos del sol.
- Se hizo un agujero con un pedazo de madera cilíndrica, midiendo el largo de la mayoría de raíces, para sacar una profundidad promedio, de los agujeros, estos quedaron al centro, rectos y de buen ancho.
- Se seleccionaron bien las plantas: No se transplantaron las raíces sin hojas, no se transplantaron plantas con raíces muy cortas, no se transplantaron plantas débiles o demasiado pequeñas, no se transplantaron plantas con raíces muy torcidas.
- Al momento de ser introducidas las plantas a los agujeros, no se tocaron las raíces con las manos, fueron mojadas con un poco de la mezcla de agua y tierra descrita anteriormente para que estas pesen y entren rectas a los agujeros en las bolsas.
- Se metieron las plántulas rectas, con toda la raíz cubierta, después se apretó con la mano alrededor del tallo, dándoles un tironcito hacia arriba, para evitar que la raíz quedara torcida, si fue introducida de manera incorrecta.
- Al final del transplante se hizo necesario regar las plantas, tratando de que quedaran húmedas pero no saturadas de agua.

3.2.2.F Sombra:

Posterior al transplante se protegieron a las plantas con sombra, hecha con los materiales que se tenían en el área, (ramas de ciprés).

3.2.2.G Fertilización:

Fue necesario realizarla un mes después del transplante, con fertilizante 15-15-15. La dosis fue de una tapita de gaseosa, dependiendo del tamaño de la planta.

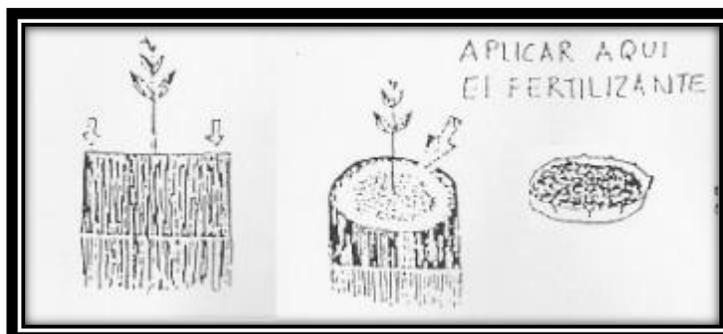


Figura 19. Forma adecuada de fertilización

Se realizó una fertilización foliar quince días después del transplante, utilizando Byfolan la dosis fue de 2 medidas Bayer por bomba de 16 litros mezclados con 3 medidas de adherente. Esta se repitió dos veces mas, distanciados por un mes. No se regó la base del tallo de la planta, sino que las hojas, estas quedaron bien empapadas con el producto. Antes de aplicar el fertilizante se hizo un riego adecuado para humedecer el terreno y facilitar la penetración de los elementos.

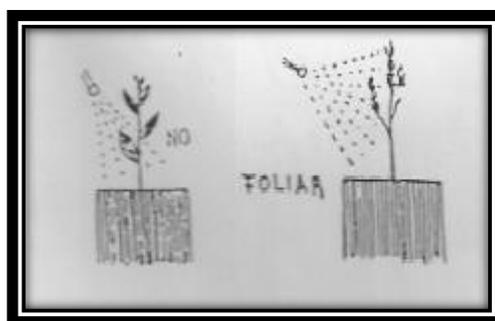


Figura 20. Fertilización foliar

3.2.2.H Resiembra:

Una semana después del transplante, se realizó una resiembra en las bolsas donde no soportaron las plántulas el cambio de lugar o estaban demasiado dañadas.

3.2.2.I Control de plagas y enfermedades:

Se realizó con Volatón, una semana después del transplante, la segunda vez al mes, la dosis fue una medida Bayer por bomba y tres medidas de adherente.

3.2.2.J Preparación para campo definitivo:

Un mes antes de ser llevadas al campo definitivo fue necesario someterlas a estrés hídrico, reduciendo el riego cada vez más. Por ejemplo las plantas se regaban diariamente en la semana, la siguiente se regaban un día si y otro no. La semana siguiente fueron regadas cada dos días y así sucesivamente. La siguiente actividad consistió en mover las plantas para podar las raíces, aprovechando para clasificar por tamaño y estado, así cuando se empezó a sacar planta, se llevaron primero las que se encontraban en mejores condiciones.

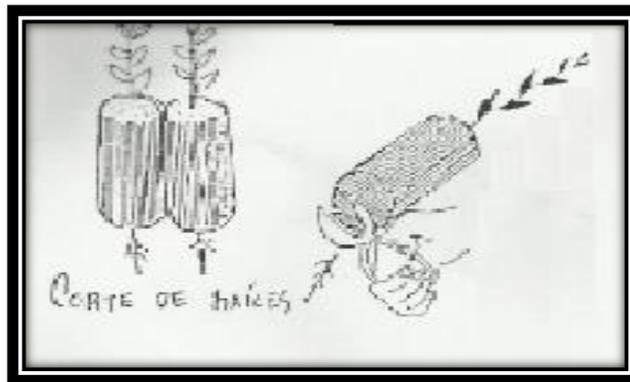


Figura 21. Poda de raíz

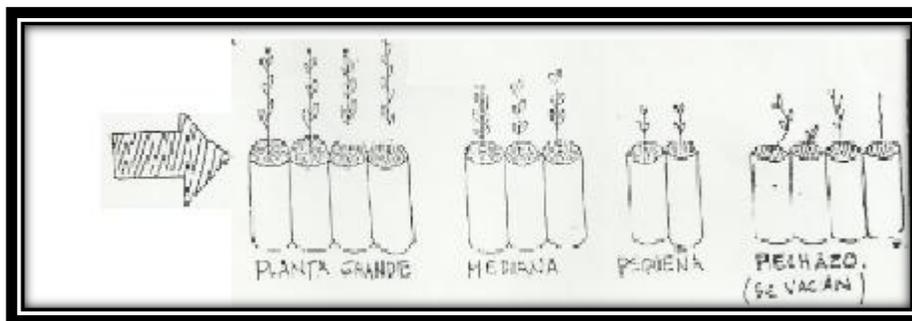


Figura 22. Clasificación de plantas

3.2.3 Resultados

- Se logró dar apoyo técnico en las actividades de vivero en Parramos, Chimaltenango encontrándose las plantas en semillero como muestra en la figura 23.



Figura 23. Caja germinadora vivero Parramos



Figura 24. Camas con planta transplantada

Las actividades siguientes fueron realizadas como se describe en la metodología. Lográndose un aproximado de 25,000 plantas de Aliso;



Figura 25. Vivero de Aliso, Parramos, Chimaltenango

3.2.4 Evaluación:

Las plantas de Aliso se desarrollaron adecuadamente durante los meses posteriores al establecimiento del vivero en Parramos, Chimaltenango, con el apoyo del Alcalde de la comunidad estas plantas fueron establecidas en campo definitivo, logrando cumplir la meta de repoblación forestal en un 100%. Se establecieron las 25,000 plantas de aliso en el astillero municipal de Parramos, a un distanciamiento de 3 metros entre planta y 3 metros entre surco, obteniendo una densidad por hectárea de 1,111 plantas.

3.3 Capacitaciones de Conservación de Suelos en la Microcuenca Paso San Luis, San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

3.3.1 Presentación

El suelo es un recurso natural que el hombre, de acuerdo al manejo que le proporcione, puede conservarlo de forma sostenible, o año con año, contribuir a su deterioro hasta el punto que no sea posible desarrollar agricultura en él. En la aldea Chimachoy, San Andres Itzapa, Chimaltenango, 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.

Es necesario por tal motivo, iniciar el uso de estructuras (Acequias de infiltración con barreras vivas), herramientas de la conservación de suelos, dándoles a conocer a los agricultores del área los beneficios de las mismas, su establecimiento y manejo, esto se realizó por medio de capacitaciones de conservación de suelos en comunidades de la microcuenca Paso San Luis.

3.3.2 Objetivos

3.3.2.A Objetivo general

- Apoyo al Departamento de Cuencas Hidrográficas MAGA, en capacitaciones a agricultores sobre la implementación de estructuras de conservación de suelos (acequias de infiltración con barrera viva), en la microcuenca Paso San Luis, San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

3.3.2.B Objetivos específicos

- Desarrollar capacitaciones sobre la elaboración y uso de nivel en A para siembras en curvas a nivel.
- Desarrollar capacitaciones sobre el trazado y elaboración de acequias de infiltración y barrera viva con curvas a nivel.

3.3.3 Metodología

3.3.3.A Preparación del material

Se preparó el material a utilizar, siendo la base teórica de conservación de suelos, manejo de cuencas hidrográficas y protección de recursos naturales.

3.3.3.B Convocatoria de los agricultores

Con el apoyo de los Alcaldes auxiliares, se realizaron las convocatorias a los comunitarios, para las capacitaciones.

3.3.3.C Primera reunión con agricultores

a. Se realizó la presentación a los comunitarios asistentes sobre la importancia de la conservación de suelos.

b. Se seleccionó el terreno donde se realizó la demostración.

3.3.3.D Segunda reunión con agricultores.

a. Elaboración de nivel en A:

Dimensiones de construcción: el aparato se construyó a partir de 3 varas. Con una forma de A. Las medidas de 2 metros de alto. La abertura entre patas es también de dos metros.

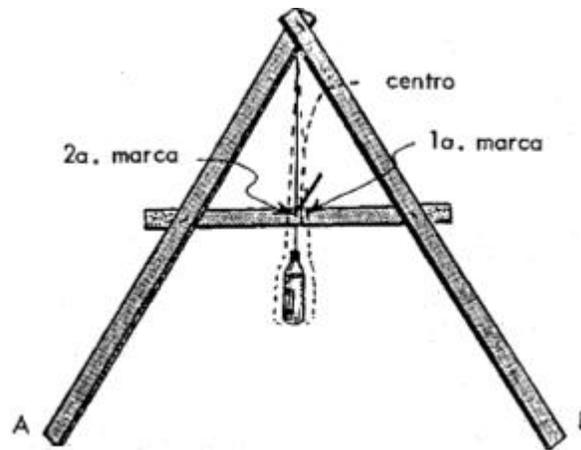


Figura 26. Nivel en "A"

3.3.3.E Calibración:

1. Se ubicó al centro del terreno y se marcó la ubicación de las 2 patas en el suelo, con estacas.
2. Se le colocó una pita con una pesa sobre la parte alta del aparato "A" para que sirviera de plomada.
3. Se marcó esta primera plomada sobre la regla que va atravesando el aparato "A" y luego se intercambió la posición de las patas del mismo aparato, tenemos 2 marcas de plomada en nuestro aparato.
4. El centro de estas marcas es el nivel.

3.3.3.F Trazado de la curva:

Se ubicó el nivel en la parte inicial del terreno al medio de la curva donde se coloca una estaca inicial, posterior a esto se siguen introduciendo estacas en el suelo donde la plomada indique el centro de los dos puntos, ya determinados por medio de la calibración, las patas del aparato en "A" quedan a la misma altura en este momento, se prosigue con el trazo hasta completar la curva. La distancia entre curva y curva fue de 10 metros.

3.3.3.G Realización de la acequia de infiltración

Sobre la curva se realizó la acequia siendo estos canales de 40 cm de profundidad 40 cm de ancho y 40 cm de profundidad con taludes 1:1, se excavaron con azadón.

Se explicó que se debe proteger con una barrera viva de material vegetativo para amarre del suelo.

3.3.4 Resultados

3.3.4.A Primera reunión:

Se realizó la presentación a los agricultores, además de la presentación se llevó a cabo una fase de preguntas y respuestas.

3.3.4.B Segunda reunión

Se realizó la demostración de la construcción del nivel en A, se trazó y se realizó la acequia de infiltración.

3.3.4.C Realización de las acequias de infiltración.

Se realizaron estructuras de conservación en los terrenos de 18 agricultores con la realización de acequias de infiltración con barrera viva.



Figura 27. Capacitación de uso de nivel en "A"



Figura 28. Calibración de Nivel en "A"



Figura 29. Nivel en "A" siendo usado por agricultores



Figura 30. Construcción de Acequia

3.3.5 Evaluación

Los agricultores asistentes en las capacitaciones de conservación de suelos establecieron sus estructuras de conservación en un 80%, siendo estas acequias de infiltración con su respectiva barrera viva de cualquier planta que amarre al suelo, se determinó que estas son las estructuras mas adecuadas para la microcuenca ya que no existen afloramientos rocosos para el establecimiento de barreras muertas de piedra, además en la mayor parte del área las pendientes son arriba del 25% por lo que la construcción de terrazas, resultaría una labor de dificultad y poco rentable para el agricultor.

3.4 Elaboración de semillero de Aliso (*Alnus gorullensis*) en San Andrés Itzapa, Chimaltenango

3.4.1 Presentación

Los incendios forestales, el sobrepastoreo, las talas abusivas e indiscriminadas, han originado la desaparición de buena parte de la masa forestal. Conscientes de este problema, el Departamento de Cuencas realiza diversas actividades para el mejoramiento del ambiente, dirigidas a la realización de reforestaciones participativas para la recuperación de los bosques de las cuencas. Estas actividades de repoblación forestal inician con la implementación de viveros en áreas prioritarias, siendo esta San Andrés Itzapa, parte de la cuenca Alto Guacalate. Los viveros forestales constituyen el primer paso en cualquier programa de reforestación. Se definen como sitios destinados a la producción de plantas forestales, en donde se les proporciona todos los cuidados requeridos para ser trasladadas al terreno definitivo de plantación.

Para iniciar con estas actividades se hizo necesario la construcción de semilleros de Aliso, ya que es una especie autóctona y con excelente crecimiento en el área, con el apoyo de la municipalidad de San Andrés Itzapa y del técnico forestal, se realizó la construcción del mismo en cajas de madera, con arena blanca, obteniéndose una buena tasa de germinación.

3.4.2 Objetivos

3.4.2.A Objetivo General

Elaborar un semillero de Aliso (*Alnus gorullensis*) en el vivero forestal de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

3.4.2.B Objetivo Especifico

- Realizar la desinfección del sustrato (arena Blanca) en las germinadoras, en el vivero de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.
- Efectuar la siembra en las cajas germinadoras en el vivero de San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

3.4.3 Metodología

3.4.3.A Semilleros o Cajas Germinativas

Ya que el vivero de San Andrés Itzapa no tenía un área destinada para los semilleros, se hizo necesaria su construcción. Estos consisten de cajas de madera, ubicados en el suelo, debido a la deficiencia de material, no fue posible el levante de los mismos.

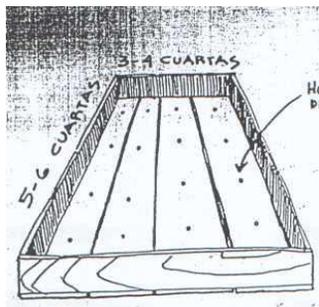


Figura 31. Caja germinadora

3.4.3.B Desinfección de las germinadoras

Para evitar el establecimiento de plagas y enfermedades, el suelo de los semilleros se desinfectó con un fungicida días antes de la siembra.

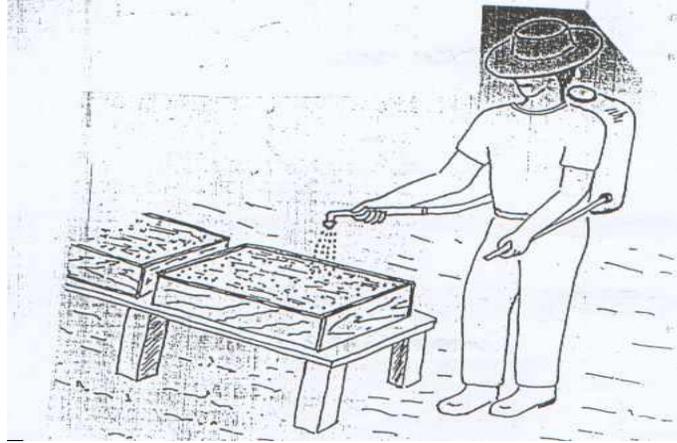


Figura 32. Desinfección de sustrato

3.4.3.C Siembra

Se sembró más o menos al doble del tamaño de la semilla. La siembra se realizó por el siguiente método:

- En Hileras o Surcos: Se abrieron pequeños surcos a lo ancho del germinador y en ellos se depositaron las semillas.

3.4.3.D Cuidados posteriores a la siembra

- Se protegió el germinador con una cubierta de Sarán para evitar la evaporación y el golpe directo del agua de riego.
- Una vez así se regó con una bomba de mochila teniendo cuidado de no levantar el suelo y quedando este bien húmedo.
- El riego posterior a la siembra se realizó diariamente.

3.4.4 Resultados

- Se logró realizar la desinfección del sustrato de arena blanca cernida, días antes de la siembra, con el producto químico Banrot, con la finalidad de que la semilla encuentre un medio inerte y pueda desarrollarse adecuadamente.
- La siembra en las cajas germinadoras se hizo en hileras, teniendo cuidado que estas no fueran muy profundas, ya que el tamaño de las semillas de llamo, es reducida.



Figura 33. Cajas germinadoras terminadas



Figura 34. Protección con Sarán.



Figura 35. Riego posterior a la siembra



Figura 36. Cajas germinadoras

3.4.5 Evaluación

El 80% de las semillas utilizadas en la elaboración del semillero emergieron posterior a la preparación de las cajas germinadoras y su respectiva siembra, estas plántulas fueron trasplantadas a bolsas de polietileno para luego de dos meses de cuidados constantes, ser establecidas en campo definitivo.

Las plantas de *Alnus* fueron establecidas en el astillero municipal de San Andrés Itzapa y en áreas aledaña



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



REF. Sem. 45/2012

LA TESIS TITULADA: "EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS PARA REDUCIR LA EROSIÓN HÍDRICA EN LA PARTE ALTA DE LA MICROCUENCA PASO SAN LUIS, SAN ANDRÉS ITZAPA, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A."

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: SANDRA PATRICIA POLANCO VERA

CARNE: 200518448

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Isaac Herrera
Dr. Marvin Salguero Barahona
Ing. Agr. Fredy Rolando Hernández Ola

Los Asesores y la Dirección del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales de la Facultad de Agronomía, hace constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y el Reglamento de este Instituto. En tal sentido pase a la Dirección del Área Integrada para lo procedente.

Dr. Marvin Salguero Barahona
A S E S O R

Ing. Agr. Fredy Rolando Hernández Ola
SUPERVISOR -ASESOR



MSc. Manuel de Jesús Martínez O'Valle
DIRECTOR DEL IIA

AHD/nm
c.c. Archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
AREA INTEGRADA



Guatemala, 30 de julio de 2012

Ref. SAIEPSA: Trabajo de Graduación 172-12

TRABAJO DE GRADUACIÓN:

LA MICROCUENCA PASO SAN LUIS, MUNICIPIOS DE SAN ANDRÉS ITZAPA, PARRAMOS, PASTORES, DEPARTAMENTOS DE CHIMALTENANGO, SACATEPÉQUEZ Y EN EL DEPARTAMENTO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS DEL MAGA LA ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPEQUEZ, GUATEMALA, C.A.

ESTUDIANTE:

SANDRA PATRICIA POLANCO VERA

No.CARNÉ

200518448

Dentro del Trabajo de Graduación se presenta el Capítulo II que se refiere a la Investigación Titulada:

“EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS PARA REDUCIR LA EROSIÓN HÍDRICA EN LA PARTE ALTA DE LA MICROCUENCA PASO SAN LUIS, SAN ANDRÉS ITZAPA, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, CA.”

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES:

Ing.Agr. Isaac Herrera
Dr. Marvin Salguero Barahona
Ing. Agr. Fredy Rolando Hernández Ola

Los Asesores de Investigación, Docente Asesor de EPSA y la Coordinación del Área Integrada, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y Reglamento de la Facultad de Agronomía. En tal sentido, pase a Decanatura.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Agr. Fredy Rolando Hernández Ola
Docente – Asesor de EPS

Vo.Bo. Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes
Coordinador Área Integrada

c.c. Control Académico, Estudiante, Archivo,
PPR/azu.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA



No. 63.2012

Trabajo de Graduación: "LA MICROCUENCA PASO SAN LUIS, MUNICIPIOS DE SAN ANDRÉS ITZAPA, PARRAMOS, PASTORES, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO, SACATEPÉQUEZ Y EN EL DEPARTAMENTO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS DEL MAGA, LA ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A."

Estudiante: Sandra Patricia Polanco Vera

Carné: 200518448

"IMPRIMASE"

A handwritten signature in black ink, appearing to read "L. Figueroa".

Dr. Lauriáno Figueroa Quiñonez
DECANO

