

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**ESTIMACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DEL SUELO POR EROSIÓN HÍDRICA PARA EL
MUNICIPIO DE PATZÚN, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO, DIAGNÓSTICO Y
SERVICIOS EN ALDEAS SAN JOSÉ XEPATÁN, XETZITZÍ, SAN JOSÉ XEPATÁN Y EL
SITIO, PATZÚN, GUATEMALA, C.A.**

ANDREA ESTEFANÍA CADENAS HERNÁNDEZ

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2022

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

**ESTIMACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DEL SUELO POR EROSIÓN HÍDRICA PARA EL
MUNICIPIO DE PATZÚN, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO, DIAGNÓSTICO Y
SERVICIOS EN ALDEAS SAN JOSÉ XEPATÁN, XETZITZÍ, SAN JOSÉ XEPATÁN Y EL
SITIO, PATZÚN, GUATEMALA, C.A.**

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

POR

ANDREA ESTEFANÍA CADENAS HERNÁNDEZ

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERA AGRÓNOMA**

EN

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADA**

GUATEMALA, OCTUBRE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Maestro Walter Ramiro Mazariegos Biolís

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL I	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
VOCAL II	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez
VOCAL III	Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL IV	Br. Carmen Aracely García Pirique
VOCAL V	P. Agr. Mynor Fernando Almengor Orenos
SECRETARIO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López

GUATEMALA, **OCTUBRE** 2022

Guatemala, octubre de 2021

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 titulado: **“ESTIMACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DEL SUELO POR EROSIÓN HÍDRICA PARA EL MUNICIPIO DE PATZÚN, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN ALDEAS SAN JOSÉ XEPATÁN, XETZITZÍ, SAN JOSÉ XEPATÁN Y EL SITIO, PATZÚN, GUATEMALA, C.A.”** como requisito previo a optar al título de Ingeniera Agrónoma en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciada.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in black ink, featuring a large, stylized 'A' and 'C' that loop together, with the name 'Andrea' written in smaller script below.

ANDREA ESTEFANÍA CADENAS HERNÁNDEZ

ACTO QUE DEDICO

A

DIOS

Por ser mi guía en los proyectos de vida a través del tiempo

MI HIJO

Enrique López por ser el mayor motor de impulso en mi vida y espero que este acto sea una fuente de inspiración en tu vida, te amo hijo.

MIS PADRES

Maynor Cadenas, Yanira Hernández, Quienes estuvieron presentes en el proceso de formación apoyándome, animándome y su amor.

HERMANOS

Diana Cadenas y Adan Cadenas, por su apoyo incondicional en este proceso de formación académica, esperando servir de inspiración en sus vidas.

Amigos

Quienes han sido parte importante durante mi proceso académico por su apoyo en diversas formas, amiga de mi vida Sandra Schaad, Jonatan Velásquez, Allan Solórzano, Fernando Casia, Ana Montejo, Andrea Abrego, Miguel Cifuentes.

Fam. López Rodríguez

Gracias por su apoyo en este proceso especialmente Ronald López.

AGRADECIMIENTOS

A:

DIOS: Por las bendiciones derramadas en mi vida.

GUATEMALA Mi amada patria, país que me vio nacer.

**UNIVERSIDAD DE
SAN CARLOS DE
GUATEMALA** Alma mater máxima casa de estudios que me concedió formarme académicamente.

**SEPTUAGENARIA
FACULTAD DE
AGRONOMÍA** Por ser mí casa de estudios y proveerme de los conocimientos adquiridos en mi formación académica.

MI SUPERVISOR Dr. David Monterroso por su apoyo durante el Ejercicio Profesional Supervisado.

MI ASESOR Ing. Agr. Renato León por su disposición, apoyo y asesoría invaluable en el presente documento.

ASOCIACIÓN SOTZ'IL Por haberme permitido realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado en el contexto guatemalteco y contribuir con mi formación académica, profesional y laboral, por permitirme poner en práctica mis conocimientos para la realización de este documento.

ÍNDICE GENERAL

TÍTULO	PÁGINA
CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO DE ASOCIACIÓN SOTZ'IL EN LA ALDEA DE SAN JOSÉ XEPATÁN, PATZÚN, CHIMALTENANGO.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	2
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.2.1 General	3
1.2.2 Específicos	3
1.3 MARCO REFERENCIAL	4
1.4 METODOLOGÍA	5
1.4.1 Observación.....	5
1.4.2 Sondeo	5
1.4.3 Entrevista.....	6
1.5 RESULTADOS	6
1.5.1 Caracterización de los productores de la comunidad de Xepatán dentro del proyecto de Sotz'il	6
1.5.2 Principales problemas encontrados.....	7
1.5.3 Priorización de las problemáticas	8
1.6 CONCLUSIONES	10
1.7 RECOMENDACIONES.....	11
1.8 BIBLIOGRAFÍA.....	12
CAPÍTULO II: ESTIMACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DEL SUELO POR EROSIÓN HÍDRICA PARA EL MUNICIPIO DE PATZÚN, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.	13
2.1 INTRODUCCIÓN	15
2.2 MARCO TEÓRICO	17
2.2.1 Marco conceptual	17

PÁGINA

2.2.2	Marco referencial	31
2.3	OBJETIVOS.....	42
2.3.1	Objetivo general.....	42
2.3.2	Objetivos específicos	42
2.4	HIPÓTESIS.....	43
2.5	METODOLOGÍA	43
2.5.1	Descripción del estado actual del suelo.....	43
2.5.2	Estimación de los factores de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE).45	
2.5.3	Propuestas de prácticas de manejo para reducir la degradación de suelo por erosión hídrica.....	55
2.6	RESULTADOS	55
2.6.1	Descripción del estado actual del suelo en el municipio	55
2.6.1	Estimación de los factores de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo USLE ...	62
2.6.3	Propuesta de prácticas para reducir la degradación de suelo por erosión hídrica...	73
2.7	CONCLUSIONES	78
2.8	RECOMENDACIONES.....	79
2.9	BIBLIOGRAFÍA.....	80
2.10	ANEXOS.....	83
	CAPÍTULO III: SERVICIOS EN LA ALDEA DE XETZITZÍ Y SAN JOSÉ XEPATÁN, PATZÚN, CHIMALTENANGO.....	84
3.1	Introducción	85
3.2	Objetivo general.....	86
3.3	Objetivos específicos	86
3.4	Servicio 1: Capacitación de prácticas de conservación de suelo con el grupo organizado de la aldea de Xetzitzí, Patzún, Chimaltenango.	87
3.4.1	Presentación.....	87
3.4.2	Objetivos.....	87

3.4.3 Metodología.....	88
3.4.4 Resultados.....	91
3.4.5 Evaluación del servicio	94
3.5 Servicio 2: Encuesta socioeconómica en aldea de San José Xepatán, Patzún, Chimaltenango.	95
3.5.1 Presentación.....	95
3.5.2 Objetivos.....	95
3.5.3 Metodología.....	96
3.5.4 Resultados.....	98
3.5.5 Evaluación del servicio	105
3.6 Servicio 3: Capacitación de Buenas Prácticas Agrícolas en aldea El Sitio, Patzún, Chimaltenango.	107
3.6.1 Presentación.....	107
3.6.2 Objetivos.....	107
3.6.3 Metodología.....	107
3.6.4 Materiales y equipo.....	110
3.6.5 Resultados.....	110
3.6.6 Evaluación del servicio	111
3.6.7 Apéndice.....	112
3.7 BIBLIOGRAFÍA.....	113

ÍNDICE DE FIGURAS

TÍTULO	PÁGINA
Figura 1. Mapa de aldea San José Xepatán, Patzún.	4
Figura 2. Tipos de degradación del suelo.	19
Figura 3. Mapa del municipio de Patzún.	31
Figura 4. Mapa de Patzún, vías de acceso del municipio.	32
Figura 5. Población total por sexo.	33
Figura 6. Población total por área.	34
Figura 7. Clima diagrama de la estación climatológica de Santa Cruz Balanyá.	36
Figura 8. Mapa de series de suelo del municipio de Patzún.	38
Figura 9. Fisiografía del municipio de Patzún.	40
Figura 10. Geología del municipio de Patzún.	41
Figura 11. Ubicación de los puntos de muestreo del municipio de Patzún.	44
Figura 12. Flujograma para determinar la erosión potencial.	53
Figura 13. Flujograma para determinar la erosión real.	54
Figura 14. Mapa de uso de la tierra.	57
Figura 15. Pérdida de bosque por avance de la frontera agrícola.	58
Figura 16. Avance de la frontera agrícola en aldea Xepatán, Patzún, Chimaltenango.	59
Figura 17. Erosión laminar en aldea Xetzitzí, Patzún, Chimaltenango.	60
Figura 18. Erosión en surcos en aldea Chuaquenum, Patzún, Chimaltenango.	60
Figura 19. Erosión en surcos en aldea Chuaquenum, Patzún, Chimaltenango.	61
Figura 20. Erosión en cárcava en la aldea Chuchucua, Patzún, Chimaltenango.	62
Figura 21. Mapa de erosividad.	63
Figura 22. Mapa de erodabilidad del suelo.	64
Figura 23. Mapa de longitud y pendiente.	66
Figura 24. Mapa de cobertura vegetal.	67
Figura 25. Mapa de erosión potencial.	68
Figura 26. Categorías de erosión potencial en porcentaje.	69
Figura 27. Mapa de erosión real.	71
Figura 28. Erosión real en porcentajes.	71
Figura 29. Mapa de propuesta de terrazas y curvas a nivel incluyendo bosques.	74

Figura 30. Mapa de propuesta de terrazas y cultivos a nivel.	76
Figura 31. Metodología de implementación de estructuras de conservación de suelo.	89
Figura 32. Capacitación de prácticas de conservación de suelo.	91
Figura 33. Realización de nivel en A.	92
Figura 34. Implementación de parcela demostrativa.	93
Figura 35. Metodología para llevar a cabo una encuesta.	96
Figura 36. Población de la aldea por género y sector.	98
Figura 37. Gastos mensuales familiares.	99
Figura 38. Gastos de servicios mensuales.	100
Figura 39. Cultivos producidos en la aldea San José Xepatán.	101
Figura 40. Potenciales proyectos para mujeres.	102
Figura 41. Porcentaje de personas que reciclan.	103
Figura 42. Porcentaje de personas que realizan abono.	103
Figura 43. Tratamiento de aguas negras en porcentaje.	104
Figura 44. Calidad de agua en porcentaje.	105
Figura 45. Manual para la manipulación de productos fitosanitarios.	112
Figura 46. Manual para la limpieza de centro de acopio y canastas.	112

ÍNDICE DE TABLAS

TÍTULO	PÁGINA
Cuadro 1. Matriz de priorización de problemas.	9
Cuadro 2. Métodos usuales para determinar pérdida de suelo.	30
Cuadro 3. Ríos que recorren el municipio de Patzún.	35
Cuadro 4. Rango de categoría del índice de Fournier.	46
Cuadro 5. Clases de erodabilidad.	47
Cuadro 6. Clasificación topográfica.	50
Cuadro 7. Valores del factor C según la cobertura.	51
Cuadro 8. Valores del factor de protección de erosión.	52
Cuadro 9. Tabla de coordenadas de los puntos de muestreo de suelo.	56
Cuadro 10. Distribución del uso de la tierra en porcentaje y kilómetros cuadrados.	57
Cuadro 11. Comparación entre erosión real y propuestas de conservación de suelo.	77
Cuadro 12 A. Valores de erosividad por estación climatológica.	83
Cuadro 13. Distanciamiento entre obras de conservación de suelos.	90
Cuadro 14. Parcelas implementadas con estructuras de conservación de suelo.	93

ESTIMACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DEL SUELO POR EROSIÓN HÍDRICA PARA EL MUNICIPIO DE PATZÚN, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN ALDEAS SAN JOSÉ XEPATÁN, XETZITZÍ, SAN JOSÉ XEPATÁN Y EL SITIO, PATZÚN, GUATEMALA, C.A.

RESUMEN

En el presente documento, se da a conocer el trabajo realizado en la Asociación Sotz'il Chimaltenango, durante el Ejercicio Supervisado Profesional –EPS-, donde se da inicio con el diagnóstico en la aldea San José Xepatán, Patzún. El diagnóstico se enfocó en la recopilación de información sobre la caracterización de los agricultores y las problemáticas que aquejan a la comunidad. Ya conociendo esta información se realizó una matriz de priorización de problemas donde se escogió el problema según la capacidad de asistencia para su resolución, el cuál fue asistencia técnica y capacitaciones para la conservación de suelo.

Con el fin de tener información que respalde las pérdidas del recurso suelo por efecto de la lluvia en el municipio se estableció la investigación: Estimación de la degradación del suelo por erosión hídrica para el municipio de Patzún, Chimaltenango. Se estableció el área de trabajo que fue todo el municipio de Patzún trabajando a través de un programa de Sistemas de Información Geográfico. Se recopiló la información requerida para estimar la pérdida de suelo los cuales fueron, el Modelo de elevación Digital –DEM- de la república de Guatemala, la información climatológica de estaciones cercanas al municipio las cuales fueron estaciones del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología –INSIVUMEH- y una del Instituto Privado de Investigación sobre el Cambio Climático –ICC- estos con información de 10 años, asimismo una fase de campo en los puntos de muestreo de suelo y reconocimiento de las áreas.

En el mismo se realizó una descripción del estado actual de la tierra, en donde se observó el avance de la frontera agrícola y los tipos de erosión hídrica presentes en el municipio, en esta se evidenció la erosión laminar, en cárcava y erosión en surcos.

La estimación de pérdida de suelo en el municipio se estimó a través de la Ecuación Universal de Pérdida de suelo USLE, donde la erosión real en el municipio representa un 80 % correspondiente a 147 km² del área total con pérdida menor a las 10 t/ha/año en el límite permisible, el 15 % del área total con pérdidas entre 10 t/ha/año a 50 t/ha/año y el 3 % del área total supera una pérdida de 50 t/ha/año.

Además de la investigación, como parte de los servicios ofrecidos, se impartió capacitaciones sobre el tema de prácticas de conservación de suelos aun grupo organizado en la aldea Xetzitzí, Patzún. En esta comunidad se estableció una parcela demostrativa y se supervisó las réplicas de los integrantes.

En la aldea El Sitio, se capacitó sobre temas de Buenas Prácticas Agrícolas, en el tema de calibración de mochilas aspersoras a un grupo de productores organizados, se les asistió en temas técnicos, asimismo se elaboró dos manuales; manual para la manipulación y aplicación de productos fitosanitarios y manual para la limpieza de centro de acopio y canastas.

En la aldea San José Xepatán, se realizó una encuesta para recopilar datos económicos productivos y sociales, se generó la información pertinente para tener en cuenta las dificultades de las familias y así incorporarles en un próximo proyecto por parte de la asociación Sotz'il.

**CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO DE ASOCIACIÓN SOTZ'IL EN LA ALDEA DE SAN JOSÉ
XEPATÁN, PATZÚN, CHIMALTENANGO.**

1.1. INTRODUCCIÓN

La asociación Sotz'il creada en el año 2004, es una asociación de carácter indígena donde los ejes de trabajo son derechos de pueblos indígenas, desarrollo comunitario, participación plena y efectiva e investigación y planificación.

El principal objetivo de la asociación es impulsar el desarrollo de los pueblos indígenas, promoviendo el respeto, reconocimiento y promoción de uso, manejo y conservación de los recursos naturales, en el marco de los derechos colectivos, cultura, valores de la identidad y pensamiento cosmogónico.

Por tanto, parte de la dinámica que comparte la asociación y las comunidades son los conocimientos tradicionales y su mejoramiento para obtener resultados efectivos, en este caso puntual en la agricultura y los recursos naturales como el agua, suelo y planta.

Los proyectos que tiene la Asociación es promover el desarrollo de las comunidades a nivel nacional, como ejemplo en San José Xepatán ubicado en Patzún, Chimaltenango. Donde se ha integrado los conocimientos tradicionales con los técnicos para una buena utilización de los recursos y mejorar la calidad de vida de más de 40 familias que se encuentran ubicadas en la comunidad mencionada.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 General

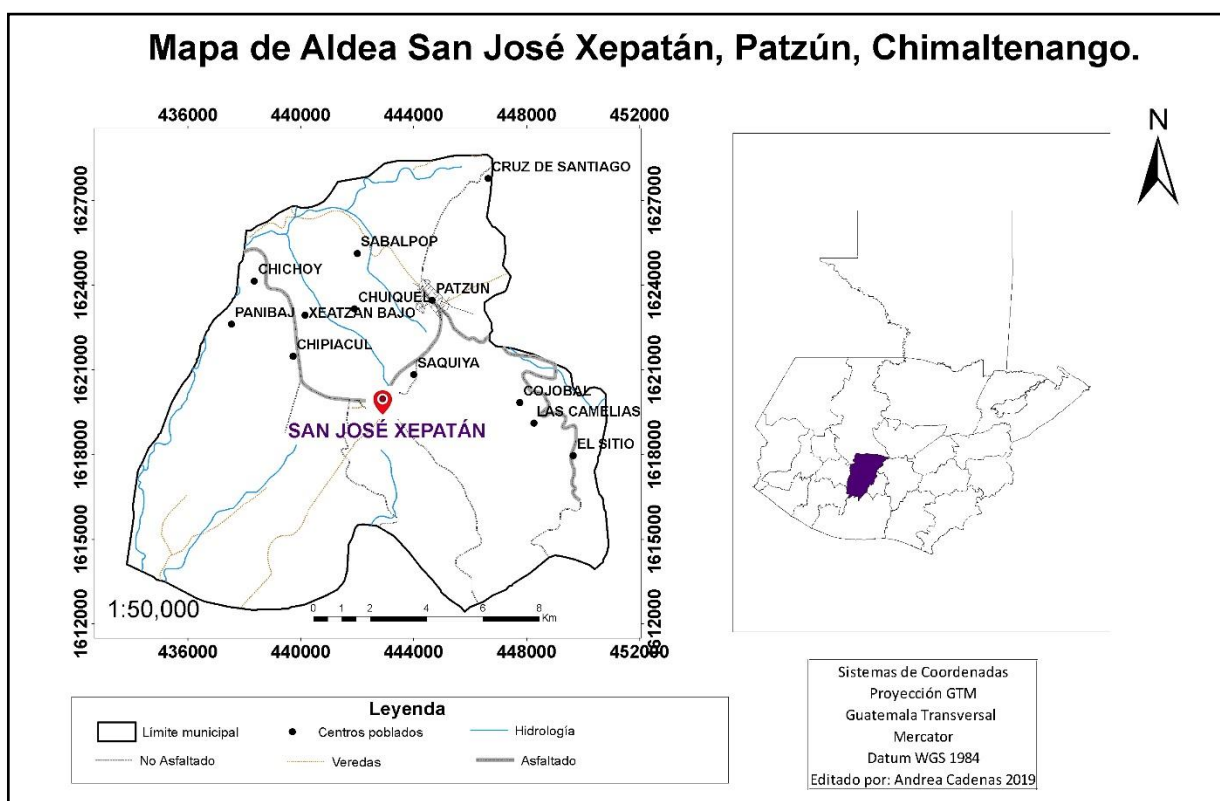
Realizar un diagnóstico en la aldea de San José Xepatán, Patzún, Chimaltenango.

1.2.2 Específicos

1. Caracterización de los agricultores en la aldea de San José Xepatán.
2. Identificar las problemáticas que afectan a la aldea de San José Xepatán.
3. Priorizar las problemáticas de acuerdo a los recursos de la aldea de San José Xepatán.

1.3 MARCO REFERENCIAL

La aldea de San José Xepatán se encuentra ubicado en el municipio de Patzún, Chimaltenango. Las coordenadas norte $14^{\circ}38'47.83''$ y oeste: $91^{\circ}02'02.82''$. Se encuentra a una altura de 2,210 m.snm. (MAGA, 2010)



Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 1. Mapa de aldea San José Xepatán, Patzún.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Observación

- Estudiar y registrar las actividades de los integrantes de la comunidad.
- Indagar en la jerarquía de la comunidad.
- Registrar como se realizan las actividades.
- Registrar las tareas de los integrantes.
- Registrar cuando realizan las actividades.
- Registrar quienes realizan dichas actividades.

1.4.2 Sondeo

- Recopilar información cualitativa de la comunidad como:
- Que idioma se habla.
- Tipo de viviendas.
- Religión
- Roles de las personas dentro de la comunidad, masculinas y femeninas.
- Tipo de agricultura.

1.4.3 Entrevista

Entrevistar informalmente a las personas dentro de la comunidad través de una conversación casual con preguntas concretas, sin anotaciones frente a la persona para recrear una conversación casual y no predisponer a malas interpretaciones a la comunidad.

1.5 RESULTADOS

1.5.1 Caracterización de los productores de la comunidad de Xepatán dentro del proyecto de Sotz'il

Dentro del proyecto se cuentan con 35 productores, estos productores se dedican a la siembra de los cultivos de arveja china, arveja dulce y brócoli en su mayoría, también se siembra zanahoria y remolacha con menor frecuencia. En el siguiente ciclo que comprende de septiembre a enero, se enfocará en arveja china.

- A. Preparación, laboreo y desinfección del suelo:** realizan una limpia de las parcelas con la ayuda de azadón y machete, no practican desinfección del suelo.
- B. Siembra y trazado:** la siembra la realizan perpendicular a la pendiente para evitar la pérdida de suelo, también realizan una variante de barrera viva a un distanciamiento de 50 metros aproximadamente. El trazado es lineal y el distanciamiento de siembra depende del cultivo a sembrar en el ciclo.
- C. Fertilización:** la fertilización utilizada es abonos orgánicos y abonos químicos. En el caso de abonos orgánicos trabajan con productos de la casa comercial Fertiorganico, una cantidad de cuatro quintales de fertilizante sólido por cuerda (la cuerda en la región es de 33m por 33m) y el químico trabajan con los productos de las casas comerciales de Disagro y Yara. En Disagro trabajan con la MAP + S+ Zn (12-40+5+1)

en cantidad de un quintal por cuerda y con Yara con la formulación 10-50, en una cantidad de un quintal por cuerda.

- D.** La aplicación de fertilizante orgánico se realiza 15 días antes de la siembra. La aplicación del fertilizante químico se realiza en tres aplicaciones dentro de la siembra, la primera a los 15 días después de la siembra, la segunda 30 días después de la siembra y la tercera a los 45 días después de la siembra. En una cantidad de aproximadamente 1 oz por planta.
- E. Plagas y enfermedades:** dentro de las principales plagas y enfermedades que afectan al cultivo son: en plagas Trips (*Thysanoptera: Tripidae*) para este utilizan el producto Spinoace 1/8 de litro por cuerda y para el hongo que mancha la vaina de arveja (*Ascochyta pisi*), se utiliza el producto Exalt 1/8 de litro por cuerda.
- F. Tutorado:** para tutorar la plantación de arveja se utiliza varas de bambú. La cantidad de trescientas por cuerda, con una longitud aproximada de 1.20 metros.
- G. Producción:** el rendimiento obtenido por cuerda es de 15 a 20 quintales. El precio de la arveja china es fluctuante ya que se tiene temporadas donde la venta al mercado es de Q. 0.45 a Q. 8.00. Depende de la oferta y demanda.

1.5.2 Principales problemas encontrados.

- A. Capacidad económica:** esta es una de las principales limitantes de los agricultores, ya que, con infraestructura moderna, planes de fertilización, prevención de plagas y enfermedades tienen un elevado costo, el cual no pueden sufragar y debido a esto, el rendimiento de los cultivos es menor.

- B. Mercado:** la producción obtenida por parte de los agricultores en la mayoría de los casos no cuentan con un comprador. Por lo que están sujetos a que el producto sea vendido a un precio menor a su costo.
- C. Conservación de suelos:** las parcelas para la agricultura se encuentran en áreas montañosas donde la pendiente favorece la erosión del suelo y con esto la pérdida del mismo, teniendo como consecuencia a mediano plazo que el rendimiento de los cultivos disminuyan.
- D. Disponibilidad de agua:** los agricultores no cuentan con agua para riego en la zona.
- E. Asistencia técnica:** la municipalidad de Patzún tiene limitaciones para el apoyo con asistencia técnica a las comunidades del municipio, por lo que no se les brinda un acompañamiento en ciclo del cultivo.

1.5.3 Priorización de las problemáticas

Las principales problemáticas en la aldea de San José Xepatán se describen el cuadro 1, los criterios utilizados en la matriz fueron la magnitud, gravedad, capacidad de solución de problema y el beneficio que se obtendría al solucionar dicha problemática.

Cuadro 1. Matriz de priorización de problemas.

	Magnitud	Gravedad	Capacidad	Beneficio
Criterios	Porcentaje afectado	Intensidad de daño	Posibilidad de solucionar el problema	Utilidad
Recursos económico	90%	Grave	Baja	Alto
Mercado	50%	Mediantemente grave	Media	Alto
Conservación de suelos	90%	Mediantemente grave	Alta	Alto
Agua para riego	90%	Grave	Baja	Alto
Asistencia técnica	70%	Mediantemente grave	Media	Alto

Fuente: elaboración propia (2019).

La obtención de la matriz de priorización arroja que las problemáticas viables para solucionar en la aldea son las capacitaciones de conservación de suelos y la asistencia técnica. En la zona priorizada la asistencia técnica proporcionada por el estado es escasa debido a que el personal es limitado y el área de trabajo supera las capacidades instaladas en el municipio y específicamente la aldea.

1.6 CONCLUSIONES

1. Se identificaron los problemas principales para los agricultores dentro del programa de la Asociación de Sotz'il los cuales son, recursos económicos, mercado para la producción, conservación de suelos, disponibilidad de agua para riego y asistencia técnica.
2. La priorización de problemas está enfocado a la capacidad de solución de estos, de una baja capacidad de solución a una alta; recursos económicos, agua para riego, mercado para la producción, conservación de suelos y asistencia técnica.
3. La caracterización de la agricultura de la aldea se realizó en el historial de cultivos, preparación de suelo, fertilización, plagas y enfermedades de importancia, siembra y trazado, producción.

1.7 RECOMENDACIONES

1. Con las problemáticas identificadas en la aldea, la asociación dentro de sus programas próximos pueden incluir las problemáticas que afectan a la población y así ser un ente que proporcione soluciones.
2. La priorización de problemas arroja la capacidad de solución de las problemáticas, donde estas indican la capacidad que tienen cada una de las problemáticas para crear estrategias para su solución, donde este puede ser el inicio para la solución. Crear el plan de trabajo para dejar estrategias plasmadas y así posteriormente la aldea como tal gestionar la ayuda necesaria para la solución de las problemáticas.
3. Llevar registros de los cultivos sembrados en la aldea para cada productor y así formar un historial a nivel local, agilizando la información para nuevas asistencias.

1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Gobierno de Cantabria. 2011. Manual para la elaboración de encuestas. CIMA.
(pp.80-88). España
2. Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación. 2010. Suelos del departamento de Chimaltenango en: Estudio semidetallado de suelos de Guatemala.
(pp.300-350). Guatemala.



**CAPÍTULO II: ESTIMACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DEL SUELO POR EROSIÓN
HÍDRICA PARA EL MUNICIPIO DE PATZÚN, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO,
GUATEMALA, C.A.**

2.1 INTRODUCCIÓN

El incremento de la población en el municipio del año 2002 a 2018 fue de 15,914 habitantes, según el INE para el año 2002 se contaba con 42,326 habitantes y para el año 2018 se contaba con 58,240 habitantes. El incremento en la población y el manejo inadecuado de los recursos naturales, han dejado sobre salir problemáticas como lo son la reducción de los recursos naturales. Estos recursos son indispensables para nuestra sobrevivencia.

La misma sobrepoblación ha dejado secuelas grandes en el recurso suelo, el municipio cuenta solamente con 13 km² de tierras cultivables y actualmente se utilizan 54 km² para la producción de cultivos anuales esto ha generado un cambio de uso de la tierra. La urbanización en áreas productivas, el aumento de la frontera agrícola, el cambio de uso de la tierra, talas inmoderadas de bosques, entre otras ha dado paso al aumento de la degradación del suelo.

La degradación del suelo es una disminución en el funcionamiento óptimo de los suelos en los ecosistemas, que tiene como consecuencia la reducción de la productividad y por ende los servicios prestados por el mismo, este está ligado con la erosión de suelo que es el resultado de la acción de las fuerzas de fricción de gases o fluidos en movimiento. Existen dos tipos de erosión la natural o geológica y la antrópica (causada por el hombre).

La erosión del suelo tiene como agentes naturales las gotas de lluvia, el viento y la temperatura. Un tipo de erosión natural es la erosión hídrica, los factores que causan esta erosión son: las gotas de lluvia, la pendiente, intensidad o cantidad de lluvia, ausencia de vegetación en el terreno, textura del suelo y uso de la tierra.

Los métodos utilizados para la estimación de la erosión hídrica pueden ser cualitativos o cuantitativos. En los métodos cualitativos se mencionan los utilizados por Sistemas de Información Geográfica (SIG) y en los cuantitativos se encuentran los métodos directos e indirectos. Los métodos indirectos, están divididos en métodos estadísticos, paramétricos y físicos.

Los métodos paramétricos son formulaciones empíricas que interpretan los mecanismos erosivos por sus causas y efectos. El método usado con mayor frecuencia es la Ecuación de Pérdida Universal de Suelo sus siglas en inglés USLE, este método ayuda para orientar en el manejo y las medidas de conservación de suelo más adecuadas para localidades específicas.

El modelo se representa como una ecuación de seis factores, donde la erosividad debida a la lluvia (R) y erodabilidad del suelo (K) aportan el orden de magnitud y las unidades respectivas, mientras que los cuatro restantes; longitud de la pendiente (L), grado de la pendiente (S), manejo de cultivos (C) y prácticas de conservación (P), son factores adimensionales que permiten adaptar las estimaciones a condiciones distintas del terreno.

En el área del altiplano central donde se encuentra ubicado el lugar de estudio, se reportó para el año 2013 una pérdida de suelo entre 0.66 t/ha/año a 82 t/ha/año y a nivel de país una pérdida de 1,161.89 t/ha/año.

Para poder llevar a cabo la modelación de erosión hídrica, la herramienta principal que se utilizó es un Sistema de Información Geográfica (SIG) utilizando el método Universal de Pérdida de Suelo (USLE), lo que se define como un conjunto de herramientas diseñadas para obtener, almacenar, recuperar y desplegar datos espaciales de una localidad específica.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Marco conceptual

A. Conceptos de la degradación de tierra

La degradación de tierras es la reducción o pérdida de productividad biológica o económica y la complejidad de las tierras agrícolas, bosques, pastizales, de los sistemas de utilización de la tierra y las actividades humanas. La degradación de la tierra es una disminución en el funcionamiento óptimo de los suelos en los ecosistemas bajo varios procesos, incluyendo las funciones del suelo, la conjugación en la biósfera de biogeoquímicos naturales de muchos elementos son transformados, esto lleva a una alteración de la adaptabilidad humana debido al cierre de cadenas tróficas biogeoquímicas. Ante el cambio de sistemas naturales/seminaturales a sistemas manejados por el hombre el balance entre las funciones de los componentes de estos sistemas, puede modificarse de manera extensiva. Estos desbalances a gran escala resultan en degradación de la tierra (Kimpe W, 1998).

Según la FAO, *“la degradación del suelo se define como un cambio en la salud del suelo resultando en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios”* (2010).

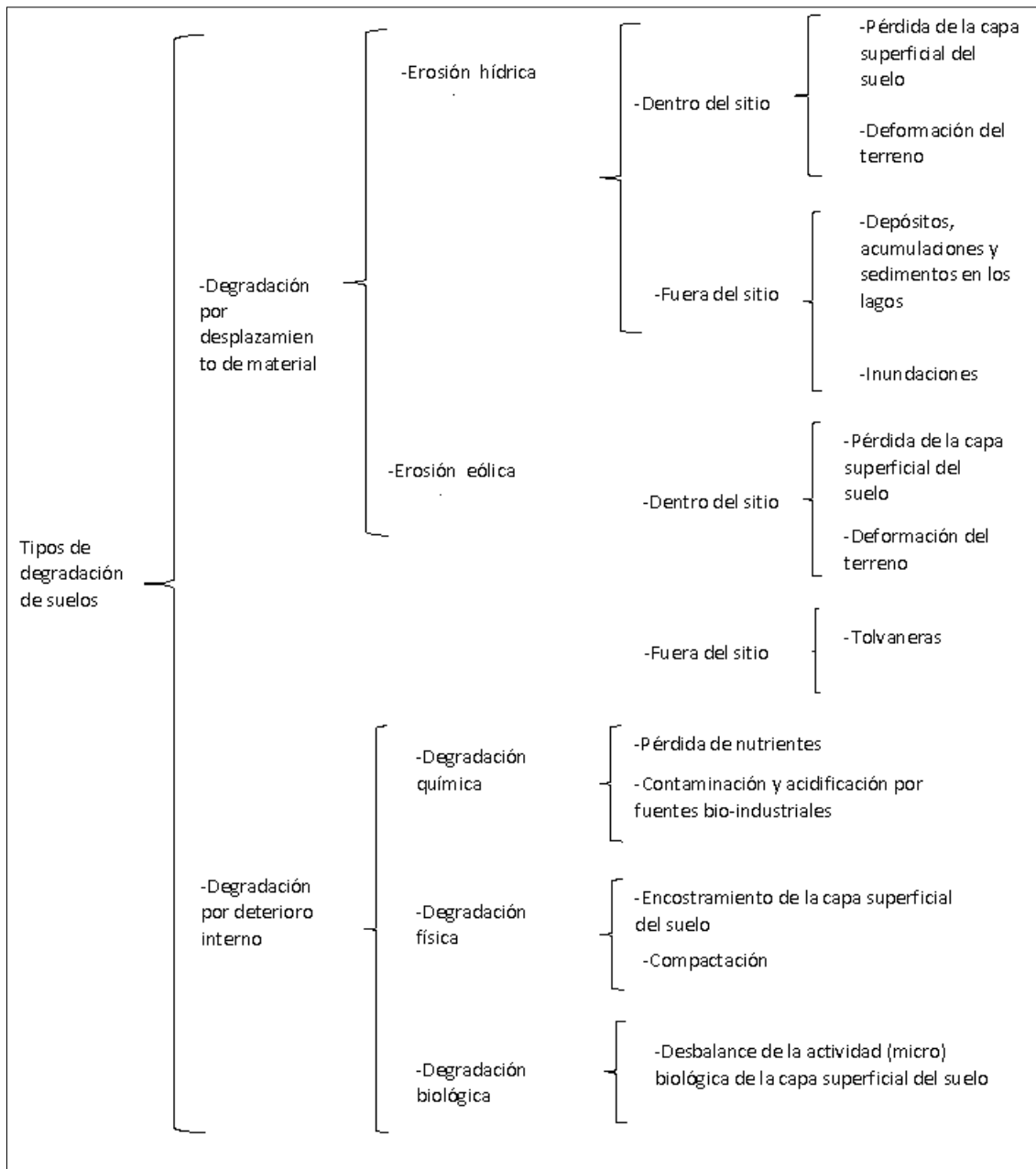
La degradación de suelo definida por Lal, es la pérdida de su productividad y utilidad actual o potencial, que implica el desmejoramiento del suelo en su capacidad inherente para producir bienes, servicios y para realizar sus funciones de regulación ambiental. Particularmente dos de las funciones del suelo están ligadas al bienestar de la humanidad como son la productividad agrícola y la capacidad de regulación ambiental, estas dependen de la calidad del suelo y de sus propiedades. La degradación involucra cambios adversos en las propiedades del suelo que reducen su habilidad para llevar a cabo sus funciones (1998).

La degradación del suelo puede definirse como una pérdida o una reducción de la energía en el mismo. Como todas las funciones del recurso y los usos de este se basan en la energía, también se puede decir que la degradación del suelo equivale a una reducción de la pérdida de las funciones de este recurso o de los usos del suelo. Esto significa que la degradación del suelo solo puede definirse sobre la base de formas específicas de energía, funciones o usos del mismo. A la luz de este enfoque, es posible distinguir la degradación natural del suelo (sin interferencia humana) y la degradación del suelo causada por actividades antropogénicas, especialmente por la competencia entre los diversos tipos de usos de la tierra (Lal, 1997).

La degradación de suelos se asocia con la reducción de fertilidad, con esto la baja productividad de un suelo en específico. En ocasiones la reducción de fertilidad natural de los suelos puede ser suplida por fertilizantes. La fertilidad de un suelo en un sentido amplio abarca su fertilidad física, química y biológica, no es tan fácil restablecer y corregir (Almorox, 2008).

B. Tipos de degradación del suelo

En la figura 2, se presentan los diferentes tipos de degradación de suelo descritos por el Instituto Nacional de Ecología de México, engloba en dos grandes ramas la degradación: por desplazamiento de material donde incluye la erosión hídrica y la degradación por deterioro interno.



Fuente: Instituto Nacional de Ecología (2007).

Figura 2. Tipos de degradación del suelo.

C. Erosión del suelo

La erosión es un aspecto normal dentro de un paisaje, este proceso es la remoción del material superficial por acción del viento o del agua. La erosión de suelo es el resultado de la acción de las fuerzas de fricción de gases o fluidos en movimiento (Kirkby, 1994).

La FAO (1994) define este proceso como la desagregación, transporte y deposición de materiales del suelo por agentes erosivos; estos agentes erosivos son dinámicos en el espacio y tiempo determinados.

D. Tipos de erosión

Existen diferentes tipos de erosión, dependiendo de la clasificación de cada autor, para efectos de esta investigación, se aplicará la clasificación de Nuñez, J (2021) quien los describe de la siguiente manera:

a. Erosión geológica o natural

Por los mecanismos geomorfológicos que operan en la superficie de la Tierra, la erosión geológica se define como el desgaste de rocas y sedimentos provenientes de la fractura de materiales rocosos, situados en la parte superficial terrestre. Causada por los siguientes factores.

- La energía proveniente de la radiación solar, que equivale en promedio a 349 vatios/m².
- Las tensiones gravitacionales y la inercial rotacional del planeta Tierra.
- El calor interno, a través de gradientes geotérmicos o gradientes de calor, ligados a la geología interna del planeta.

- Factores coadyuvantes como el viento, la lluvia, y los procesos fluviales y marítimos. Los factores mencionados anteriormente ayudan a fracturar los materiales rocosos, y producen detritos, que son los residuos de tamaño variable, en un ámbito que no excede los 10 mm. (pp. 19-23)

EL desgaste de las rocas o sedimentos causado por la erosión natural son distribuidos por los proceso hidrogeológicos, en este proceso sufren cambios físico-químicos, tales como el tamaño de partículas, ganancia o pérdida de elementos orgánicos dentro de su estructura hasta clasificarse en partículas de limo, arcilla o arena. La erosión natural crea a lo largo del tiempo una lenta modificación de los paisajes.

b. La erosión antrópica

La erosión antrópica es causada por el hombre, quien al modificar el uso de la tierra crea un desequilibrio establecido por la naturaleza, entre la formación del suelo y una erosión geológica o natural.

El proceso de erosión antrópica se acelera cuando se realizan trabajos agrícolas en áreas de laderas, bajo condiciones de suelos desprovistos de vegetación y con diseños no adecuados para la protección de suelos.

Para Nuñez, J (2001) algunos ejemplos de esta clase de erosión son: los desbordamientos de las quebradas y ríos, la pérdida de suelos por escurrimiento y la formación de eriales por sobrepastoreo.

E. Agentes de la erosión

La erosión es un proceso de suavización o nivelación, en el que el suelo y las partículas de rocas son transportados, rodados y arrastrados por la fuerza de la gravedad. Los principales agentes que intervienen en el proceso según Hudson, N (1982) son:

- El viento, no puede por sí mismo desgastar las rocas; la abrasión, incluso de rocas duras, tiene lugar mediante los granos de arena o suelo arrastrado en suspensión.
- El agua, este agente es uno de las más significativas, esta es producida por las gotas de lluvia que caen sobre el suelo, las olas que erosionan a la orilla del mar y los ríos que arrastran las partículas lejos, dondequiera que haya agua fluyendo erosiona sus contornos.
- Cambio de temperatura, cuando se estudia la erosión geológica, el paso del tiempo es muy perceptible, inclusive los cambios muy pequeños o lentos son significativos al paso de un periodo grande de tiempo. Un ejemplo es la ruptura y descamado de las rocas por la variación de temperatura. Alas oscilaciones rápidas entre día y noche afectan solamente a la superficie de las rocas, mientras que los cambios debido a las variaciones más lentas entre el verano y el invierno penetran más profundamente.
- Los agentes biológicos, el proceso erosivo también está influenciado por los organismos vivos en forma directa o indirecta.

F. Erosión hídrica

La erosión hídrica es un proceso distintivo de las regiones tropicales donde, la precipitación pluvial es agresiva, debido a las características de intensidad, duración y frecuencia. El efecto del agente causal, el agua de lluvia, se magnifica cuando se conjugan otras variables, como la pendiente abrupta o escarpada, la ausencia de cobertura vegetal, y la condición textural de los suelos.

Para Núñez, J. (2001) los factores que influyen en la erosión hídrica son:

- El agua de lluvia y sus características hidrodinámicas asociadas; como el tamaño de la gota de lluvia y la velocidad de la misma cuando impacta con las partículas del suelo, en especial cuando no se cuenta con cobertura vegetal sobre el suelo.
- La intensidad o cantidad de lluvia en milímetros que cae por unidad de tiempo, el tiempo que dura el evento pluvial desde que inicia hasta que culmina el mismo, la frecuencia o regularidad en que el evento sucede en un área determinada, o a veces las veces que se repite un evento pluvial con características similares.
- La pendiente de los terrenos medida en porcentaje. Estas medidas permiten calificarlos en terrenos planos, ligeramente ondulados, moderadamente ondulados, ondulados, etc. En la medida en que se incrementa el ángulo de la pendiente, así como su longitud y su conformación fisiográfica, se incrementan la susceptibilidad o erodabilidad de las partículas finas del suelo de ser arrastradas por el agua de lluvia, en forma laminar.
- La ausencia de vegetación en los terrenos. Este factor favorece el impacto directo de las gotas de lluvia en los suelos, acelerando los procesos erosivos por impacto de agua de lluvia y por escorrentía laminar.
- La condición textural del suelo y su desarrollo estructural: los suelos en los que predomina gran cantidad de partículas finas como limos y arcillas, calificados sobre su

base porcentual como franco arcillo limoso, franco arcilloso y franco limosos, son más susceptibles a la erosión hídrica por el impacto de las gotas de lluvia con el suelo, los suelos arenosos o franco arenosos. A su vez, el desarrollo estructural del suelo ayuda a evitar los procesos erosivos. Si un suelo tiene un buen desarrollo estructural, tiene espacios porosos y grietas que favorecen la penetración del agua de lluvia o del agua de riego por aspersión, en forma vertical descendente (infiltración), y se evita parcialmente el arrastre de las partículas del suelo por erosión laminar hídrica. Pero la compactación de suelos y el deterioro estructural asociado contribuyen a que se presente los procesos erosivos.

- El uso de la tierra: algunos cultivos hortícolas favorecen los procesos erosivos. Por ejemplo, las parcelas donde se siembra cebolla requieren que se elimine la cobertura vegetal, para un mejor control fitosanitario de los cultivos. Este sistema de uso de la tierra deja la parte superior del suelo desprovista de la protección que le brinda la cobertura vegetal haciéndola susceptible a la erosión hídrica.

G. Formas de erosión hídrica

La erosión hídrica puede presentarse en diferentes formas, el riesgo aumenta en periodos de lluvias intensas cuando el suelo se encuentra desprovisto de cobertura vegetal y pendientes, el flujo de agua sobre la superficie del suelo aumenta. El efecto de la esorrentía arrastra las partículas de suelo y originando erosiones que se pueden clasificar.

Para Tayupanta J. (1993) se puede clasificar de la siguiente manera:

- Erosión de impacto: consiste en la dispersión de los agregados del suelo debido al impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie del terreno; la cantidad de suelo erosionado depende de la clase de suelo y de la pendiente.

- Erosión laminar: es la remoción más o menos uniforme del suelo, en capas delgadas, provocada por la saturación del suelo y deslizamiento superficial por la pendiente. Este tipo de erosión se da frecuentemente en suelos arenosos y en menor escala en los arcillosos. Se presentan como manchas aisladas con coloraciones diferentes al suelo original y con una capa arable reducida.
- Erosión en canales: esta forma de erosión ocurre en la mayoría de suelos y con frecuencia es subestimada por los agricultores debido a que puede ser borrada fácilmente al realizar actividades agrícolas. Se presenta cuando la escorrentía se presenta en pequeñas irregularidades naturales o inducidas en la superficie del terreno hasta que adquiere volumen y velocidad suficientes para deslizarse por la pendiente, formando en su recorrido cortes en forma de canalillos y canales que pueden observarse a simple vista.
- Erosión en cárcavas y zanjas: las cárcavas son canales profundos de paredes empinadas, se observan con mayor frecuencia en suelos profundos y frágiles, producidas por un desprendimiento del suelo y a causa del flujo del agua e inestabilidad de la pendiente. Cuando hay una gran concentración de la escorrentía, en determinadas zonas del terreno, las cárcavas van ampliándose, en ancho y profundidad año tras año, dividiendo los campos y obstaculizando las labores agrícolas.

Cuando la cárcava toma cierta profundidad va tomando forma de cascada produciéndose turbulencia en la base de la misma; la parte superior queda sobresaliendo y por el peso se desprende bloques de suelo, avanzando así la cárcava hacia la parte superior. Este proceso se conoce como cárcavas remotantes o caída remotante.

- Movimiento de masa de suelo: constituye una forma de erosión poco frecuente que sigue las líneas de las fallas geológicas naturales y se inicia normalmente durante las tormentas muy fuertes, las que provocan grandes cantidades de agua infiltrada, que, sumadas a las presiones del espacio acuoso, producen deslizamientos y movimientos

de masas de suelo de diversas magnitudes, como derrumbes, aluviones o aludes. (pp 3-13)

H. Métodos para la estimación de la pérdida de suelo

a. Métodos cualitativos

Los métodos cualitativos de estimación de la erosión hídrica no recurren a valores numéricos, del fenómeno natural, si no, adjetivaciones ordinales de los diferentes caracteres que se toman en consideración. Entre los métodos cualitativos se destacan la cartografía de unidades homogéneas en función de los parámetros principales que controlan el proceso erosivo (erosividad, suelo, vegetación, topografía), y la atribución de valores de cuantificación más o menos subjetivos. Los estados de la erosión real pueden ser determinadas mediante la observación con sensores remotos y contraste de campo.

Esta técnica puede ser utilizada para la cartografía de áreas con erosión entre regueros, cárcavas, abarrancamientos, movimiento de masas, de forma que después de la valoración de los estados de erosión se puede confeccionar un mapa cualitativo de erosión hídrica. Las imágenes digitales para estimar los factores de C y P de USLE, así como la teledetección con imágenes de satélite ayudan a la investigación de los parámetros geofísicos, los Sistemas de Información Geográfica SIG, es una herramienta eficaz para la estimación de erosión cualitativa, según afirma Almorox J. (2010)

Algunas funciones de los Sistemas de Información Geográfica, dados por Flores (2016) son:

- Entrada de información. Los procedimientos que se emplean para su ingreso, dependen de las fuentes de información disponibles. Existen dos tipos de fuentes de datos: por un

lado, la observación directa de la realidad, y por el otro, el uso de fuentes secundarias como mapas analógicos y fotografías aéreas. La escala de los mapas que se manejen influirá en la precisión que se requiera o de la disponibilidad de los recursos.

- Gestión de datos. Gestión y manipulación para almacenar y recuperar la información de la base de datos. Implica como organiza la información espacial y temática en la base de datos.
- Transformación y análisis de datos. En esta etapa, se produce el análisis y manipulación de los datos existentes con el fin de generar una nueva información a través de la transformación o procesamiento de datos adquiridos con posterioridad.
- La salida de datos es la operación que permite presentar el resultado del procesamiento de los datos en una forma simplificada para los informantes. Uno de los productos que se pueden obtener es a través de la visualización con mapas de una porción específica de área, con diversas variables como; uso de la tierra, hidrografía, cobertura vegetal, etc. Los datos que se utilizan con SIG son ráster y vectorial, el primero trata de una retícula regular en la que cada celda tiene un valor asignado. Los datos vectoriales se definen con puntos, líneas y polígonos para regiones con un mismo valor. (pp. 54-75)

b. Métodos cuantitativos

Estos métodos tienen como finalidad arrojar cifras estimadas de la erosión hídrica, establecer grados de la misma, estos modelos pueden emplearse para el desarrollo de modelos cualitativos.

i. Evaluación directa

Estos permiten determinar una cantidad aproximada del suelo erosionado, a través de mediciones directas sobre los terrenos, de parámetros asociados al suelo, de los sedimentos producidos y estimaciones a partir de ensayos. Los métodos directos más utilizados se presentan a continuación.

- **Perfiles micros topográficos:** se basa en medir la variación del micro relieve ocasionada por la pérdida de la capa superficial. Esta evaluación es automatizada a través de un perfilómetro de varillas, el cual monitorea el terreno en lapsos de tiempo, la cuantificación es directa, el volumen de suelo erosionado. Este tipo de metodología se recomienda en zonas abarrancadas y zonas con pendiente pronunciada con árboles.
- **Estaciones de aforo y colectores:** estas estaciones son usadas para medir directamente el flujo de agua y sedimentos (observación directa). La erosión es el arrastre de partículas donde estas pueden ser detenidas o captadas en un momentáneamente, por estructuras de medidas conocidas para cuantificar el suelo perdido. Estos miden procesos erosivos, emisión de sedimentos, arrastres y depósito de materiales.
- **Parcelas de escurrimiento:** esta son parcelas que se asila un área específica y se colocan instrumentos de captación al final de la parcela en dirección de la pendiente, estos colectores sirven para medir de forma directa el volumen de sedimento. Los resultados se utilizan para medir las variaciones de las tasas de erosión de un área a otra con pendientes diferentes, duración, intensidad y condiciones puntuales de un lugar a otro.

ii. Evaluación indirecta

Este tipo de evaluaciones permiten recrear un escenario, con estimaciones a través de modelos para representar la realidad, los cuales son mejor cuanto más se acerquen a la realidad a través de la obtención de información de los procesos concretos, así como leyes físicas y su generalización. Existen tres tipos: modelos estadísticos, modelos paramétricos y modelos físicos. En el cuadro 1 se presentan los modelos más utilizados.

- **Modelos paramétricos**

Este tipo de modelos consisten en hacer formulaciones empíricas que tratan de interpretar los mecanismos erosivos por sus causas y efectos. Cabe mencionar que estos modelos

cuentan con algunas limitaciones. Los parámetros de los modelos se extraen de extrapolaciones o por comparación entre el modelo y la realidad. Un inconveniente de estos modelos es que son estacionarios no toman en cuenta las variaciones de los procesos hidrogeológicos del lugar a estudiar. Las primeras propuestas de modelos paramétricos se realizaron en Estados Unidos.

- **Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, (EUPS o USLE por sus siglas en inglés).**

Es conocida comúnmente por la ecuación de USLE, Kirby M. (1994), indica que:

Se dedujo a partir de los datos obtenidos tras la investigación de la erosión en más de 10,000 parcelas a lo largo de 49 localidades de los Estados Unidos. Para la evaluación de los procesos de erosión hídrica se requiere el empleo de varios tipos de datos como: los climáticos, hidrológicos, topográficos, vegetación, tipo de suelo y prácticas de conservación. Mediante el procesamiento de estos datos se obtienen los parámetros de la USLE y se calcula la pérdida anual de suelo producida por la erosión hídrica sin estimar el transporte de sedimentos en los cauces

$$A = RKLSCP$$

Donde:

A = la pérdida de suelo en ton / ha/ año.

R = factor de erosividad por precipitación pluvial, en mm ha/ h año.

K = factor de erodabilidad del suelo, en t ha h / MJ mm ha.

L = factor de la longitud de la pendiente, adimensional.

S = factor de gradiente de la pendiente, adimensional.

C = factor de manejo de cultivos, adimensional.

P = prácticas mecánicas de control de erosión, adimensional.

Cuadro 2. Métodos usuales para determinar pérdida de suelo.

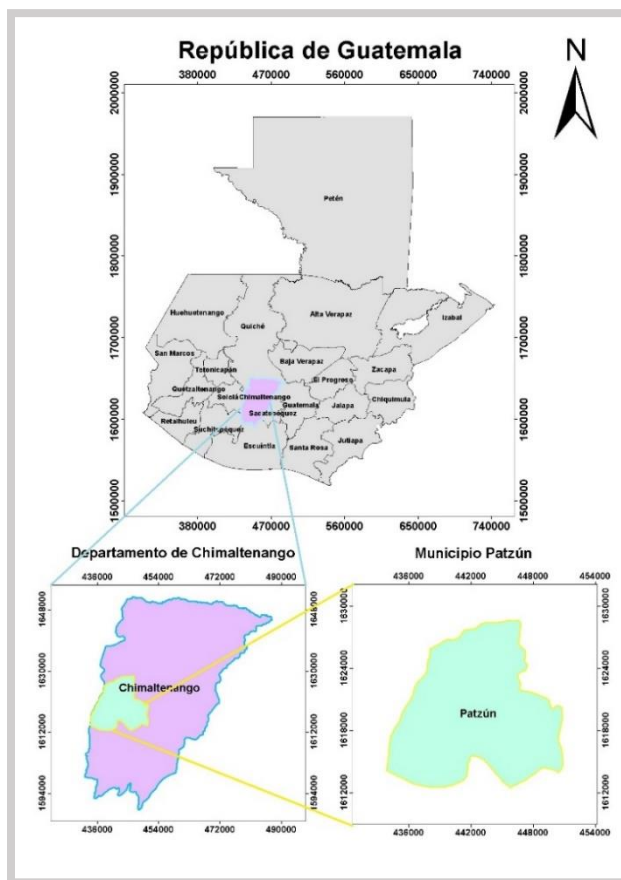
Modelo	Tipo	Escala Espacial	Escala temporal	Base de datos	Resultados	Referencias (año)
USLE	Paramétrico	Ladera	Anual	Alta	Erosión	Wischeimer y Smith, 1978
ANSWERS	Físico	Peq. Cuencas	Evento/continuo	Alta	Escorrentía, pico máximo, erosión, sedimentos, producción de sedimentos	Beasley et. Al. 1980.
HSPF	Estadístico	Cuenca	Continuo	Alta	Escorrentía, tasa de escorrentía, carga de sedimentos	Johanson et, al. 1995
CREAMS	Físico	Parcela	Evento/Continuo	Alta	Erosión, depositación	Knisel, 1980; Knisel, 1995
MMF	Paramétrico, estadístico	Ladera/cuenca	Peq. Anual	Moderada	Escorrentía, erosión	Morgan et al, 1984; Morgan et al, 2001
THORNES	Estadístico/paramétrico	Ladera/cuenca	Peq. Anual	Moderada	Escorrentía, erosión	Thornes, 1990.
RUSLE	Paramétrico	Cuenca	Anual	Alta	Erosión	Renard et, al 1991 y 1994
SWAT	Estadístico	Cuenca	Continuo	Alta	Escorrentía, pico máximo, erosión, producción de sedimentos	Arnold et, al, 1995.
RUSLE-3D	Paramétrico	Cuenca	Anual	Moderada	Erosión	Mitasova et al., 1996 y 1998
EUROSEM	Físico	Peq. Cuencas	Evento	Alta	Escorrentía, erosión, sedimentos	Morgan et al., 1996
USPED	Paramétrico	Cuenca	Evento/anual	Moderada	Erosión, depositación	Mitasova et al., 1996
LASCAM	Estadístico	Cuenca	Continuo	Alto	Escorrentía, sedimentos	Viney y Sivapalan, 1999
GUEST	Físico	Parcela	Continuo	Alto	Escorrentía, concentración de sedimentos	Rose et al., 1997
AGWA	Estadístico/ Físico	Cuenca	Continuo	Alto	Escorrentía, pico máximo, erosión, producción de sedimentos	Burns et al., 2004
PERFECT	Físico	Parcela	Continuo	Alta	Escorrentía, erosión	Littjeboy et al., 1992.
WATEM	Estadístico	Cuenca	Anual	Moderada	Erosión	Van Oost et. al., 2001

Fuente: Salazar, 2012.

2.2.2 Marco referencial

A. Ubicación geográfica

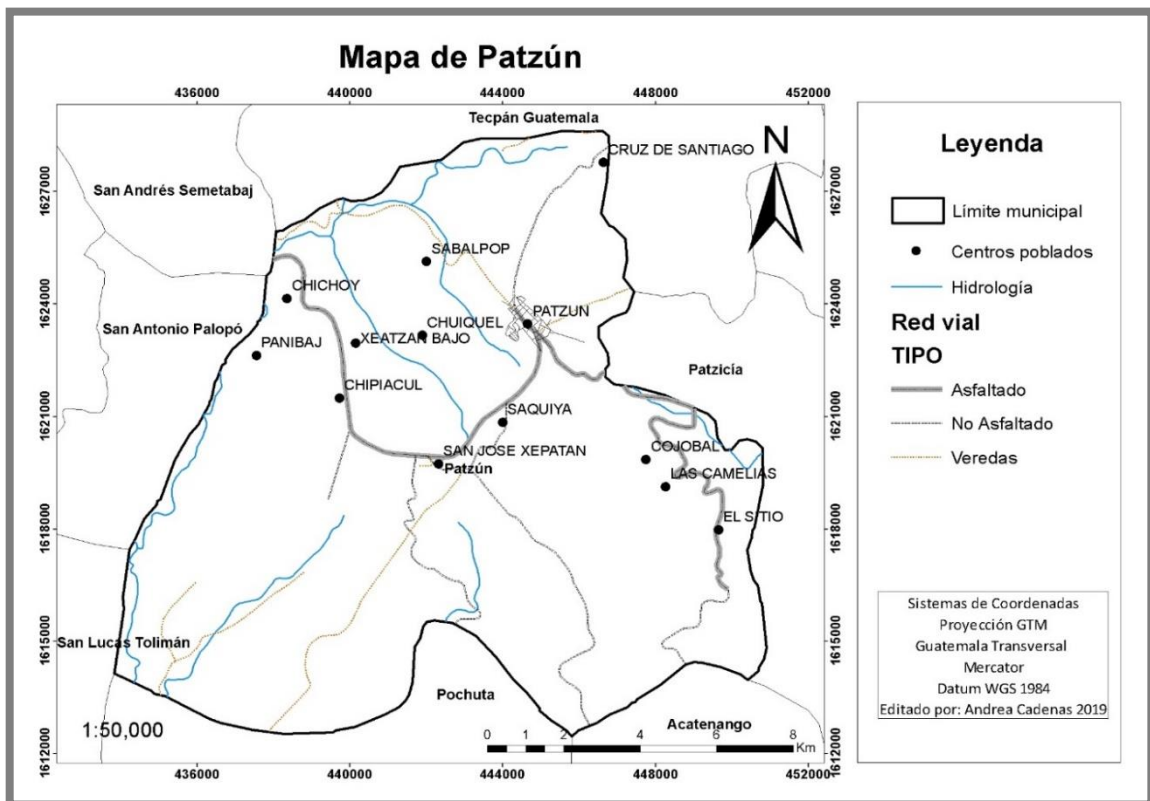
En la figura 3, se representa la ubicación del municipio de Patzún respecto a la república de Guatemala, el municipio se encuentra ubicado en el departamento de Chimaltenango. Según el instituto geográfico nacional (IGN) está situado a 2,213.42 m s.n.m, con una latitud de 14° 40' 45" y longitud de 91° 00' 53", su extensión territorial es de 184 km² (IGN, 2008).



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 3. Mapa del municipio de Patzún.

En la figura 4, se presenta las colindancias del municipio, al norte colinda con el municipio de Tecpán Guatemala (Chimaltenango); al este con Patzicía y Santa Cruz Balanyá (Chimaltenango); al sur con Pochuta y Acatenango (Chimaltenango); al oeste con San Lucas Tolimán y San Antonio Palopó (Sololá). Las vías de acceso que comunican con Patzún son la CA-1 desde la ciudad de Guatemala hasta el poblado de Patzicía, luego se utiliza la ruta nacional hasta llegar a la villa de Patzún, existe también una ruta nacional que conduce de Patzún a Godínez (Sololá), así mismo existen caminos, roderas y veredas que unen sus aldeas y caseríos. Los centros poblados con mayor número de habitantes son: el casco urbano (Patzún), el Sitio, las Camelias, Panibaj, Chipiactal, Xeatzán Bajo y Sablapop (SEGEPLAN, 2011).

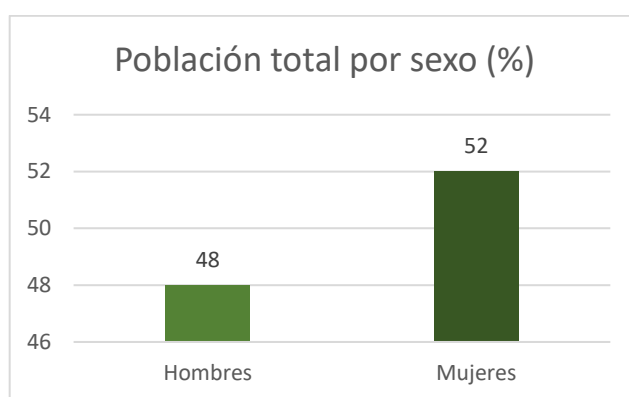


Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 4. Mapa de Patzún, vías de acceso del municipio.

B. Demografía

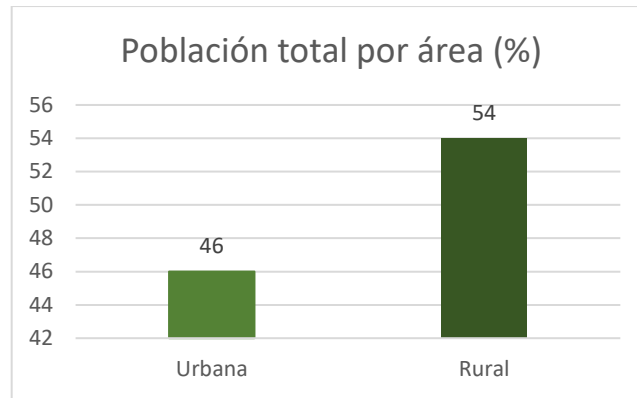
En la figura 5, se representa la población del municipio total por sexo, la población total de 58,240 habitantes según el censo del año 2018 realizado por el Instituto Nacional de Estadística INE, la población de sexo femenino representa un 52 % corresponde a 30,055 mujeres y la población masculina representa un 48 % corresponde a 28,185 hombres (INE, 2018).



Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 5. Población total por sexo.

En la figura 6, se representa la distribución de la población del territorio en área rural y área urbana. El 54 % corresponde a 31,608 habitantes que se ubican en el área rural y un 46 % corresponde a 26,632 habitantes ubicados en el área urbana.



Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 6. Población total por área.

C. Desarrollo productivo

El municipio de Patzún tiene una población económicamente activa (PEA), equivalente al 33.13 %, la mayor parte de la población es asalariada. La principal actividad económica la constituye la agricultura. El cultivo de granos básicos como el maíz y frijol se da en todo el municipio como agricultura de subsistencia. Sin embargo, la horticultura contribuye al fortalecimiento de la economía local, especialmente con los productos de exportación y mercado local. Esta actividad genera aproximadamente 5,680 empleos, aunque en este sector existe una fuga económica importante debido a la existencia de intermediarios.

La segunda actividad económica de importancia es el comercio, está asociada a la agricultura como son los comercios destinados a la venta de agroquímicos y semillas. Así mismo la comercialización de algunos productos locales en pequeña escala, productos de primera necesidad y almacenes de ropa. Existe una mínima parte que comercializa artículos típicos al extranjero. Seguidamente se encuentra el sector que se dedica a la construcción, como los albañiles y maestros de obra.

También se toma en cuenta en el sector económico las remesas familiares, este representa uno de los soportes económicos de las familias, para el año 2009 se tomó como base 5,000 habitantes patzuneros que enviaban aproximadamente Q.900,000.00 al mes (SEGEPLAN, 2009).

D. Topografía

La topografía del municipio varia en su extensión territorial debido a que es un área accidentada y sus pendientes difieren unas con otras. El 52 % del territorio del municipio cuenta con una pendiente entre 12 % a 32 %, el 24 % del territorio cuenta con una pendiente entre 32 % a 45 %, el 21.85 % del territorio cuenta con una pendiente entre el 5 % y 14.5 % del territorio presenta pendientes mayores del 45 %, este tipo de pendiente se encuentra en las áreas montañosas del municipio (SEGEPLAN, 2010).

E. Hidrología

El cuadro 3, hace referencia a los principales ríos del municipio de Patzún. El municipio se encuentra dentro de la vertiente hidrográfica del Pacífico. Este municipio se ubica geográficamente entre dos cuencas una de ellas es la cuenca del río Madre Vieja, abarcando un área de 101.34 km² y la segunda es la cuenca de río Coyolate, abarcando un área de 82.85 km² (SEGEPLAN, 2009).

Cuadro 3. Ríos que recorren el municipio de Patzún.

Blanco	Las Flores	Nicán	Peña Colorada
Bojoyá	Los Cangrejos	Nimayá	Reventón
Chocoyá	Los Chocoyos	Pacacquix	San Jorge
El Molino	Los Encuentros	Pachimulin	Seco
La Vega	Los Ídolos	Patoquer	Xatzán

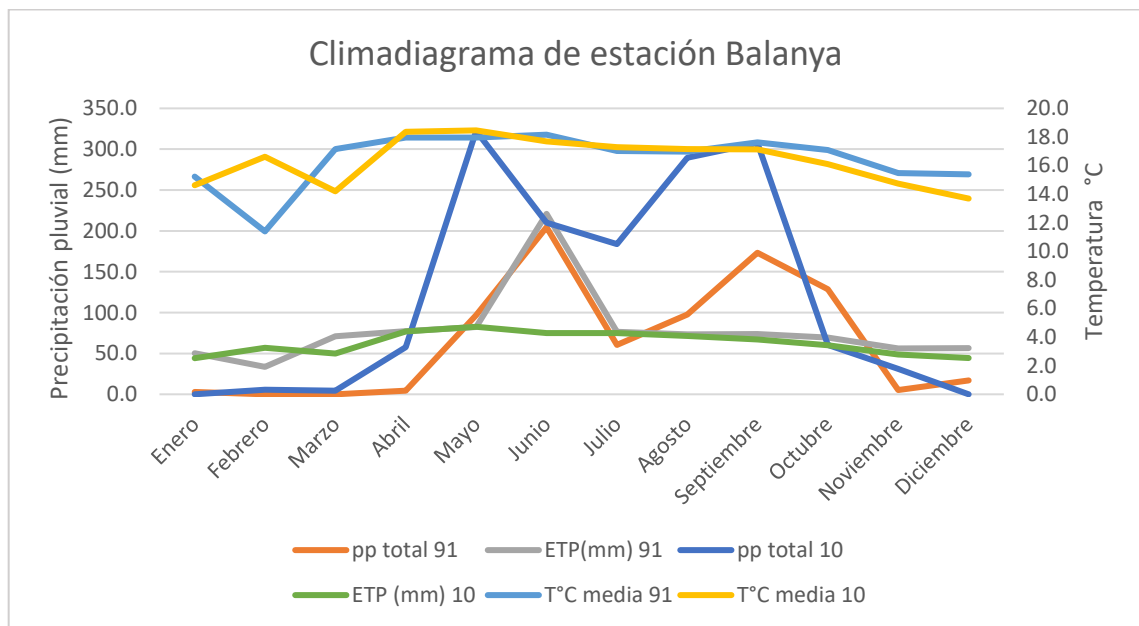
Las canoas	Madre Vieja	Paxulá	Zarco
------------	-------------	--------	-------

Fuente: SEGEPLAN (2009).

F. Descripción climática

El municipio de Patzún no cuenta con estación climática, se utilizó la información de la estación climática de Santa Cruz Balanyá, ubicada en el municipio con el mismo nombre.

En la figura 7, se presenta el clima diagrama con las variables de: precipitación, temperatura media y evapotranspiración potencial de los años 1991 y 2010.



Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 7. Clima diagrama de la estación climatológica de Santa Cruz Balanyá.

El año lluvioso corresponde al año 2010, se interpreta la época lluviosa a partir del mes de abril a octubre, sus mayores precipitaciones se presentan en el mes de mayo. Los meses

con mayor temperatura corresponde al período de abril y mayo, el mes con baja temperatura es diciembre.

El año seco, que presenta menor precipitación pluvial es el año 1991, se interpreta la época lluviosa del mes de mayo a noviembre, el mes con mayor precipitación corresponde a junio al igual que la evapotranspiración potencial, los meses con mayor temperatura corresponden a abril, mayo y junio, observando un descenso importante en el mes de febrero.

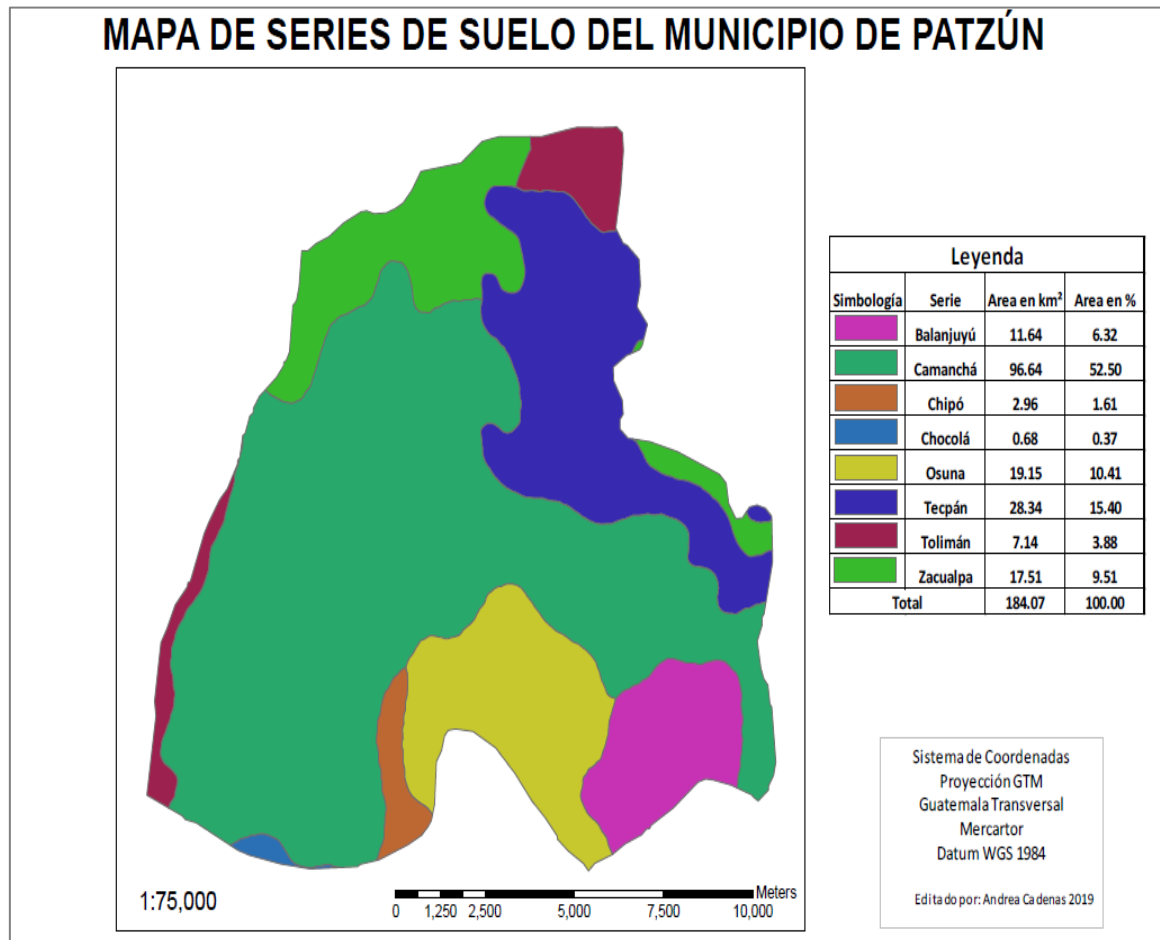
G. Zona de vida

El municipio de Patzún se encuentra entre tres tipos de zonas de vida. El bosque húmedo montano bajo subtropical (bh-MB), representa el 51.90 % del territorio, el siguiente es la zona de vida bosque muy húmedo montano bajo subtropical (bmh- MB), representa el 42.08 % de la extensión territorial y por último, la zona de vida bosque muy húmedo subtropical (cálido) sur (bmh-S(c) sur), representa el 6.02 % del territorio (SEGEPLAN, 2010).

H. Suelos

Los suelos de Patzún se caracterizan por ubicarse en la parte de las tierras altas volcánicas. Dichas tierras están compuestas predominantemente por andesita. Según su clasificación agrológica, las tierras de Patzún en su mayoría son tierras no cultivables y esto equivale al 78.29 % del territorio y el resto del territorio son tierras cultivables con ninguna o pocas limitaciones y son aptas para el riego, tienen topografía plana, productividad alta y buen nivel de manejo (Fundación Ágil, 2006).

En la figura 8, se presenta la caracterización de suelos por S. Simmons, las clases de suelos presentes son: Zacualpa, Tolimán, Tecpán, Camanchá, Osuna, Balanjuyú, Chipó y Chicolá.



Fuente: MAGA, edición propia (2019).

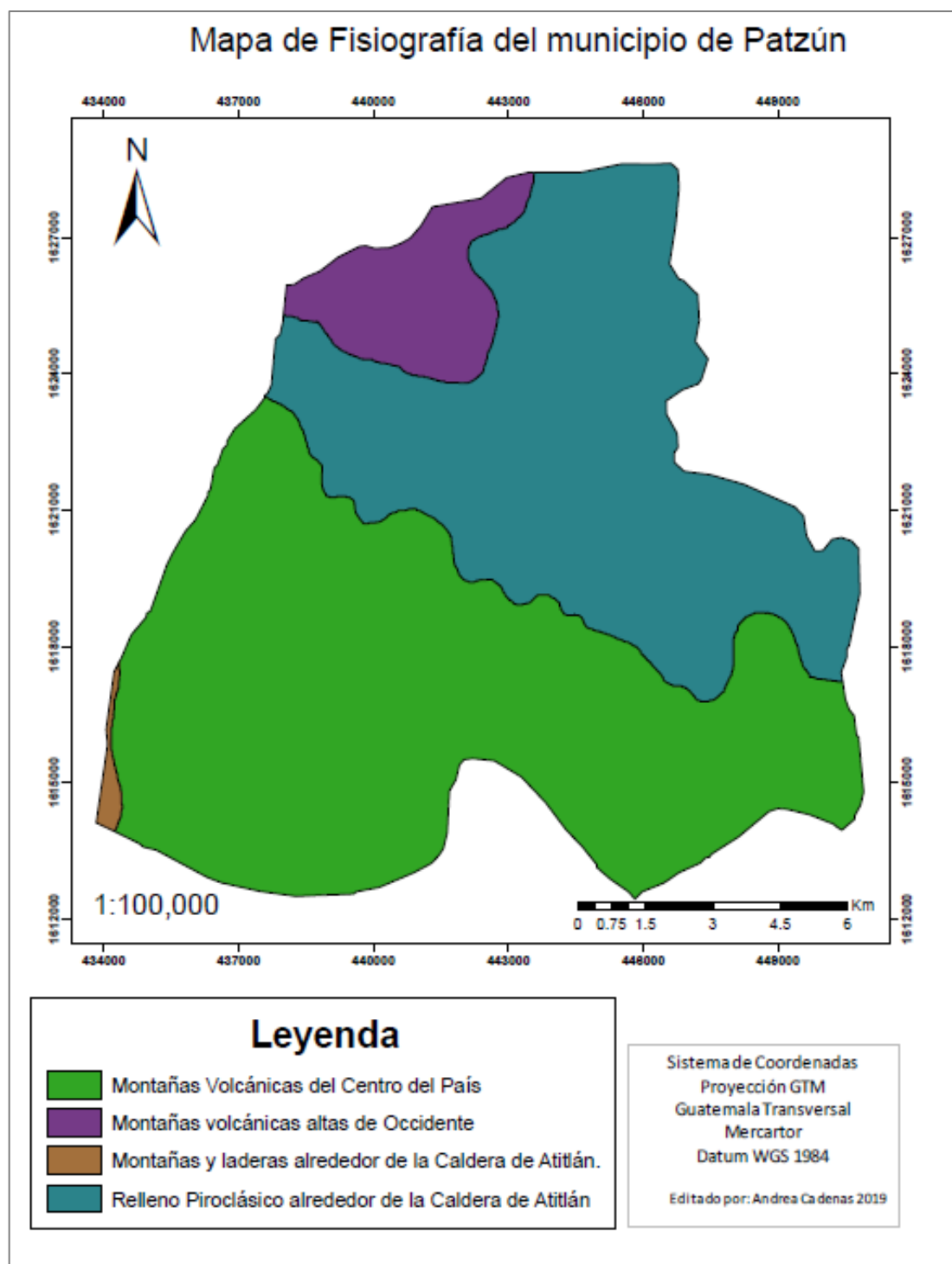
Figura 8. Mapa de series de suelo del municipio de Patzún.

- Los suelos Camanchá representan el 52 % del territorio del municipio, son suelos profundos de 100 cm a 150 cm, bien drenados, el suelo superficial es franca, suelto, de color oscuro y la reacción es ligeramente ácida, pH 6 a 6.5. El subsuelo es franco a franco arcilloso, de estructura cúbica, de color café a café oscuro. La parte del substrato es de color café amarillento claro, franco arcilloso suave, la reacción es neutra, pH 6.5 a 7.

- Los suelos Tecpán representan el 15 %, son suelos profundos de 100 cm a 150 cm, bien drenados, porosos y de grano relativamente fino. El suelo superficial es franco arcilloso arenoso de color café, el subsuelo es franco arcilloso de color café amarillento, reacción ligeramente ácida con pH de 6.5, el substrato es ceniza volcánica blanca parcialmente descompuesta.
- Los suelos Balanjuyú representan el 6 %, son suelos moderadamente profundos, bien drenados, desarrollados en una región húmeda sobre ceniza volcánica de color oscuro, el suelo superficial es franca a franca arenosa, su estructura es migajosa suave a granular, la reacción es de mediana a ligeramente ácida, pH de 5.5 a 6.5.
- Los suelos Osuna representan el 10 %, estos suelos moderadamente profundos, bien drenados, franco arcilloso, de color café, suave y friable, con reacción mediantemente ácida, pH 5.5 a 6.
- Los suelos Zacualpa representan el 9 %, son suelos poco profundos, excesivamente drenados, ocupan relieves muy inclinados, áreas quebradas y erosionadas. Con textura franco arenoso, reacción ligeramente ácida, pH 6.0 a 6.5.
- Los suelos Tolimán, Chipó y Chicolá representan menos del 5 % de los suelos del municipio.

I. Fisiografía

En la figura 9, se encuentra la distribución espacial de la fisiografía del municipio de Patzún. El municipio pertenece a la región fisiográfica de Tierras altas volcánicas, los numerosos conos volcánicos de esta área, algunos de reciente formación, están compuestos predominantemente por Andesita. En las tierras altas volcánicas, las pendientes de las laderas llegan a tener hasta un 40 % de inclinación. Existen algunos valles que han sido formados por ceniza poméz cuaternaria.

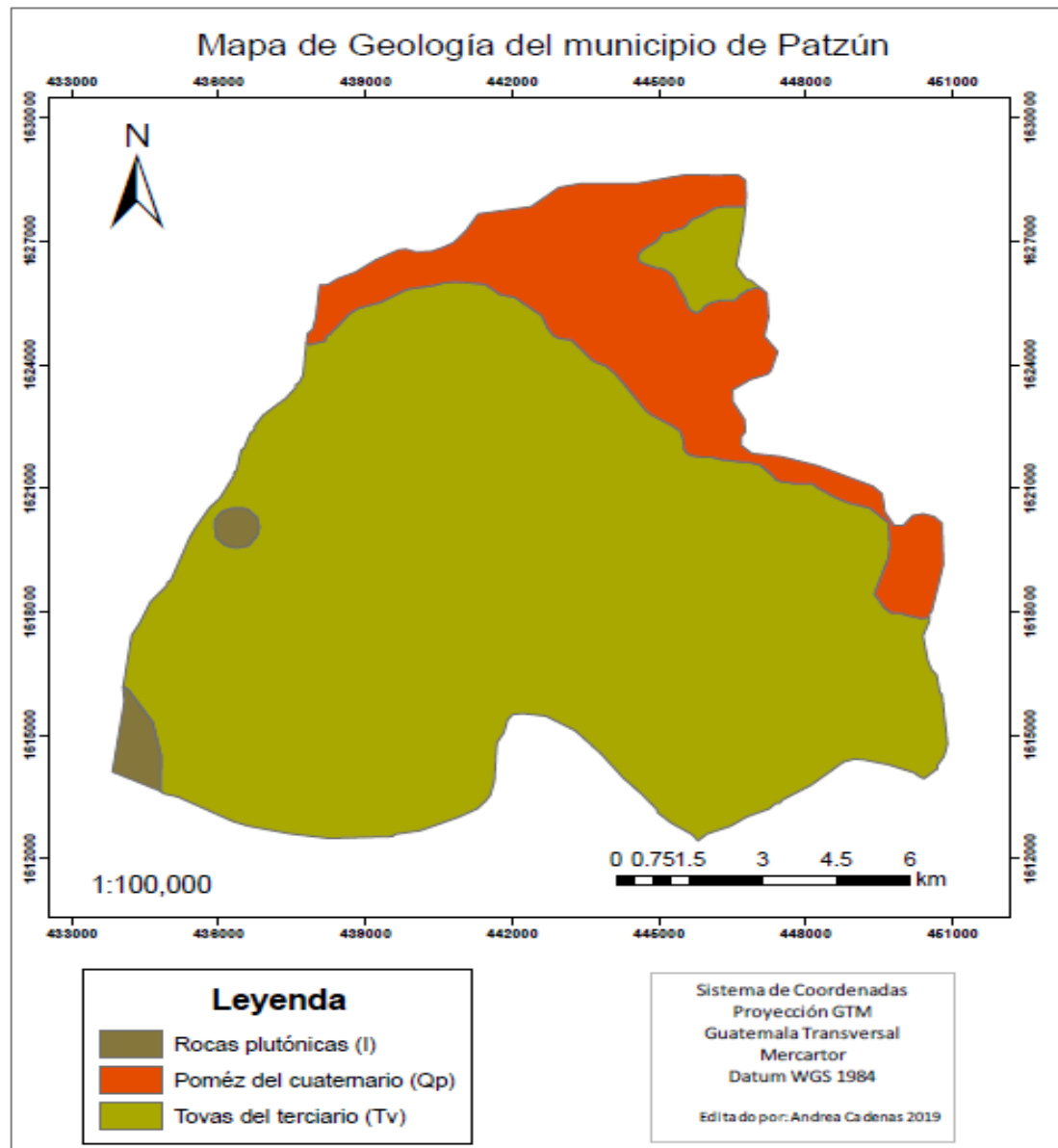


Fuente: MAGA, edición propia (2019).

Figura 9. Fisiografía del municipio de Patzún.

J. Geología

En la figura 10, se representa la geología del municipio, donde se identifican tres unidades geológicas, predominando tovas del terciario, seguido de pómez del cuaternario (Qp) y por último rocas plutónicas (I).



Fuente: MAGA, edición propia (2019).

Figura 10. Geología del municipio de Patzún.

- Pómez del cuaternario (Qp): la mayoría de los pómez se originó en la erupción de la caldera que creó el lago de Atitlán, los cañones de esta región se han creado de la erosión hídrica. Las planicies que conforman el altiplano volcánico, fueron formadas a partir de pómez que inundaron las partes bajas y/o relleno de los valles a partir del material piroplástico que se erosiona de los cerros cercanos.
- Tovas del terciario (Tv): estas son conocidas como material volcánico del terciario y tiene su origen en la actividad volcánica del complejo de volcanes de Atitlán.
- Rocas Plutónicas (I): estas son de origen magmático, formado aproximadamente 200 km bajo de la superficie, estas son rocas intrusivas.

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 Objetivo general

Estimar la degradación del suelo por erosión hídrica a través de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) para plantear medidas de manejo dentro del municipio de Patzún departamento de Chimaltenango, Guatemala 2019.

2.3.2 Objetivos específicos

1. Describir el estado actual del suelo en el municipio de Patzún.
2. Estimar por medio de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) la erosión potencial y real.
3. Proponer prácticas de manejo para reducir la degradación de suelo por erosión hídrica.

2.4 HIPÓTESIS

La erosión hídrica en el municipio de Patzún, Chimaltenango es menor al límite permisible de pérdida (10 t/ha-año).

2.5 METODOLOGÍA

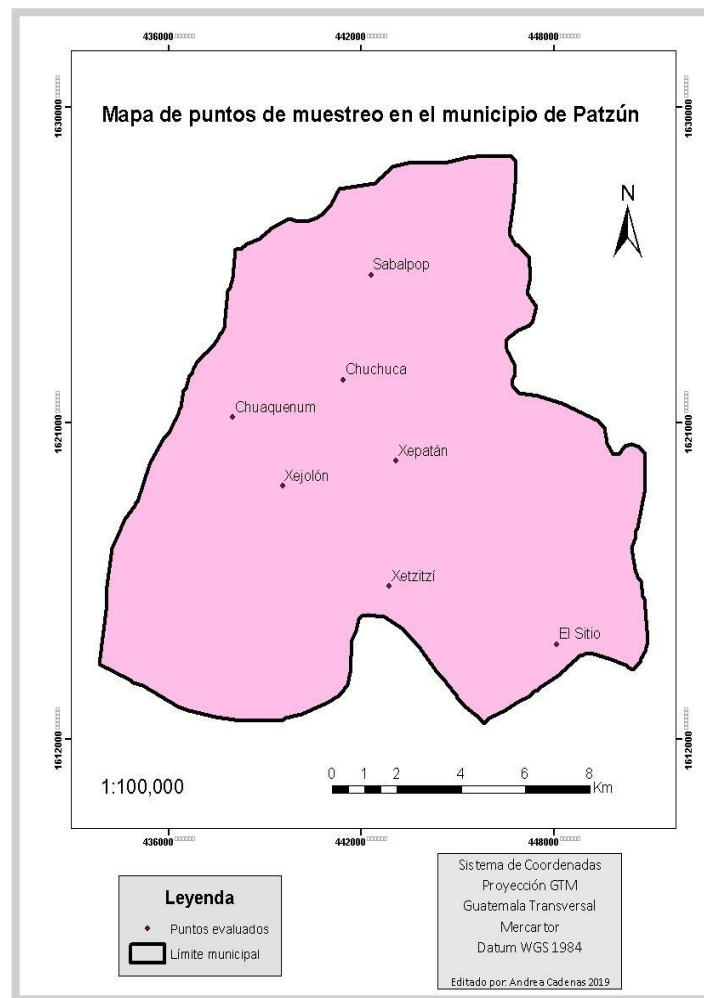
La erosión hídrica está influenciada por varios factores, entre ellos están: la topografía, tipo de suelo, la cobertura del suelo, las prácticas que se realizan en el suelo, la intensidad y distribución de la lluvia. Para lograr la estimación de la degradación hídrica en el municipio, se utilizó la siguiente información:

- Modelo de elevación digital tamaño de celda 19.5, 19.5 (m), (Fuente: MAGA, 2001).
- Series de suelo.
- Uso de la tierra.
- Precipitación mensual de las estaciones climáticas de Santa Cruz Balanyá del INSIVUMEH, Santo Tomás Pachuj, Pacayal, Tehuya, El Zapote de la red de Anacafé, la estación de Acatenango del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC).

2.5.1 Descripción del estado actual del suelo

A. Selección de los puntos de muestreo

La selección de puntos se obtuvo del estudio semidetallado (1:50,000) departamento de Chimaltenango, realizado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación en el año 2010. Los puntos están localizados en las comunidades: San José Xepatán, El Sitio, Xetzití, Xejolón, Chuaquenum, Chuchuca y Sabalpop.



Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 11. Ubicación de los puntos de muestreo del municipio de Patzún.

B. Identificación del uso de la tierra

Para la identificación del uso de la tierra se realizó una fase de gabinete; esta consistió en ubicar los puntos de muestreo de suelo realizado por el MAGA en el año 2010, que se presenta en la figura 11.

Para la realización del mapa se utilizó el mapa de delimitación del municipio de Patzún, con Sistema de Información Geográfico para su análisis a una escala de 1:50,000, se identificó los diversos usos del suelo dentro del municipio y se realizó los polígonos pertinentes para cada uso.

Seguidamente se realizó una fase de campo; se realizó un recorrido en la zona de cada punto así como la toma de fotografías para evidenciar su uso y la forma de erosión hídrica que presenta.

2.5.2 Estimación de los factores de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE)

La metodología para la estimación cuantitativa de manera indirecta a través de información estacional está dada por USLE, esta ecuación es una de las utilizadas con mayor frecuencia debido a que se emplea factores prácticos para su realización y así poder representar estimaciones numéricas de la erosión de un lugar determinado. Además, algunos de los factores dentro de la ecuación son manipulables, con lo cual podemos modificarlos para dar a conocer diferentes escenarios dentro del mismo lugar a estudiar.

A. Factor de erosividad por la precipitación pluvial, R

El factor R es una definición de la erosividad que causa la precipitación pluvial. En Guatemala las estaciones que cuentan con datos pluviales continuos son escasas, por lo que se usan metodologías alternas como las basadas en el índice de Fournier, para este se necesitan datos diarios o mensuales de la precipitación pluvial para determinar el factor de R .

El factor R se estima para cada una de las tormentas significativas ocurridas durante un registro con un lapso aceptable. Normalmente es determinado para cada mes del año y se presenta como valores acumulados. Para la estimación de R , es necesario contar con

registros de lluvias en las estaciones (anexo 1), aplicando la ecuación 1 y agrupando los datos como se muestra en el cuadro 4.

Ecuación 1:

$$R = \sum_1^{12} \left(\frac{Pi^2}{P} \right)$$

R = Erosividad anual de la lluvia (MJ mm / ha h).

Pi = Precipitación total de lluvia del mes “i” (mm).

i = Mes de enero a diciembre.

P = Precipitación total media anual (mm).

Cuadro 4. Rango de categoría del índice de Fournier.

Índice	Categoría	Índice de Fournier
1	Muy baja	< 60
2	Baja	60-90
3	Media	90-120
4	Alta	120-160
5	Muy alta	> 160

Fuente: Argueta citando Lineros (2010).

B. Factor de erodabilidad del suelo K

Este factor hace referencia a la susceptibilidad del suelo para resistir a agentes erosivos, como el impacto directo de la gota de lluvia y escurrimiento (esfuerzo cortante) que actúan en el suelo. El factor K está dada por la ecuación 2, de Chavés, 1996. Para calcular el factor K, fue necesario contar con información de las características físicas del suelo, como textura del suelo y porcentaje de carbono orgánico, los datos resultantes se interpolaron mediante el método IDW, en Sistema Información Geográfico donde se clasificó en subclases de erodabilidad del suelo, de acuerdo al cuadro 5.

Ecuación 2:

$$K = \frac{0.00043 (AF + SIL)}{CO + 0.000437 AR + 0.000863 SIL}$$

Donde:

K = Erodabilidad del suelo (t/ha/año / ha MJ mm).

AF = % de arena fina en el horizonte del suelo A.

SIL = % de limo del horizonte A del suelo.

CO = % de carbono orgánico del horizonte A del suelo.

AR = % de arena total del suelo.

Cuadro 5. Clases de erodabilidad.

Clase de erodabilidad	Riesgo de erodabilidad	Rango de K
1	Muy bajo	0.001 - 0.010
2	Bajo	0.010 - 0.020
3	Moderado	0.020 - 0.030
4	Moderadamente alto	0.030 - 0.040
5	Alto	0.040 - 0.050
6	Muy alto	Mayor a 0.050

Fuente: Argueta citando Manrique (1991).

C. Factor de longitud y pendiente LS

El proceso se realizó en Sistema de Información Geográfico, se calculó el factor LS a partir del Modelo de Elevación Digital para evitar espacios vacíos en el ráster, se realizó mediante la herramienta “Fill”, con la imagen resultante se creó un ráster de pendientes “Slope” para el factor L. Con la extensión de Hidrología del software se implementó el modelo de dirección de flujo y acumulación (Castro A, 2016).

En algebra de mapas se empleó la ecuación 3.

Ecuación 3:

$$\beta = \frac{(\sin\theta/0.0896)}{3.0 (\sin\theta)^{0.8} + 0.56}$$

$$\beta = ((\sin(\text{Slope} * 0.01745)/0.0896)/(3 * \text{Power}(\sin(\text{Slope} * 0.01745), 0.8) + 0.56))$$

Ecuación 3 expresada en algebra de mapas.

Después de haber obtenido β se procedió a obtener el factor m , que es un factor a considerar para la obtención del factor L , se empleó la ecuación 4 en algebra de mapas.

Ecuación 4:

$$m = \frac{\beta}{(\beta + 1)}$$

Factor m = "Factor_ β " / ("Factor_ β " + 1) Ecuación 4 expresada en algebra de mapas.

Para obtener el cálculo del factor L del área de drenaje se procedió a realizar la dirección de flujo y acumulación de flujo con las herramientas “Dirección de flujo” y “Flujo Acumulado” respectivamente. Obtenidas estas dos imágenes se halló el Factor L en “Mapa de Algebra” empleando la ecuación 5 (Castro A, 2016).

Ecuación 5:

$$L_{(i,j)} = \frac{(A_{(i,j)} + D^2)^{m+1} - (A_{(i,j)})^{m+1}}{X^m * D^{m+2} * (22.13)^m}$$

Donde:

A (i, j) [m] = es el área aportadora unitaria a la entrada de un pixel (celda).

D = es el tamaño del pixel.

X = es el factor de corrección de forma.

$$FactorL = (Power(("acumulation" + 625), (factor_M+1)) - Power(acumulation, ("factor_M+1"))) / (Power(25, ("factor_M+2")) * Power(22.13, factorM))$$

Ecuación 5 expresada en algebra de mapas.

Para el cálculo del Factor S, se empleó la ecuación 6.

Ecuación 6:

$$S_{(i,j)} = \begin{cases} 10.8 * \sin \sin \beta_{(i,j)} + 0.03 & Si \tan \tan \beta_{(i,j)} < 0.09 \\ 16.8 * \sin \sin \beta_{(i,j)} - 0.5 & Si \tan \tan \beta_{(i,j)} \geq 0.09 \end{cases}$$

Donde

S = Factor de pendiente.

β = Ángulo de la pendiente.

$$Factor S = Con((Tan ("slope" * 0.01745) < 0.09), (10.8 * Sin ("slope" * 0.01745) + 0.03), (16.8 * Sin("slope" * 0.01745) - 0.5))$$

Ecuación 6 expresada en algebra de mapas.

De igual modo se obtuvo el ráster del factor S, la cual es la pendiente del terreno, donde el ángulo se toma como el ángulo medio a todos los subgrids en la dirección de mayor pendiente, cuando se aplica esta fórmula en el Sistema de Información Geográfico se debe tomar en cuenta que el ángulo deberá ser convertido a radianes (1 grado sexagesimal=0,01745 radianes), para poder ser multiplicado por los demás componentes de las ecuaciones (Castro A, 2016).

Una vez obtenidos todos los factores anteriores se procedió a calcular el factor LS que es objeto de la presente metodología. Para ello se utilizó la ecuación 7.

Ecuación 7.

$$\text{Factor LS} = \text{"Factor_L"} * \text{"Factor_S"}$$

En el cuadro 6, se tiene la clasificación del factor topográfico de los factores de longitud y pendiente con los datos obtenidos de ambos rásters.

Cuadro 6. Clasificación topográfica.

Clase de pendiente	Factor topográfico (LS)	Porcentaje de pendiente (%)
Baja	0-2	0-10
Moderada	2-4	10-20
Alta	4-6	20-30
Muy Alta	Mayor que 6	Mayor que 30

Fuente: Manrique citado por Argueta (1991).

D. Factor de cobertura C

La información generada de cobertura del municipio de Patzún, sirvió para establecer los valores del factor C en el uso de la tierra, estos valores se encuentran en el cuadro 7, haciendo referencia al mapa de uso de la tierra.

Cuadro 7. Valores del factor C según la cobertura.

Uso de la tierra	Factor C	Uso de la tierra	Factor C
Bosque	0.001	Hule	0.1
Agroforestería	0.1	Cítricos	0.5
Cultivos	0.5	Caña de azúcar	0.13-0.4
Cultivos de inundación	0.1	Pastos cultivados	0.2
Río	0.01	Pastos con cultivos	0.25
Suelo estéril	1	Arbustos - matorrales	0.1-0.01
Centros poblados	0.1	Maíz	0.5 -0.9
Palmera	0.1-0.3	Piña	0.1-0.4
Café	0.05	Suelo desnudo	1

Fuente: CATIE (2010).

E. Factor de prácticas de conservación de suelos (P)

El factor P es la relación que hay entre las pérdidas de suelo que ocurren en un suelo bajo una determinada práctica de conservación de suelo y las pérdidas de suelo que ocurren en la misma área sin prácticas de conservación. El área con ausencia de prácticas de conservación de suelo tiene un valor de 1, este valor tiende a ser reducido por la incorporación de prácticas de conservación especiales, las más utilizadas en áreas cultivadas son, cultivos en contorno. Las prácticas de conservación que afectan el factor P, actúan en la retención de sedimentos, facilitan la infiltración, disminuyendo el escurrimiento. Para encontrar este valor se utilizó el cuadro 8.

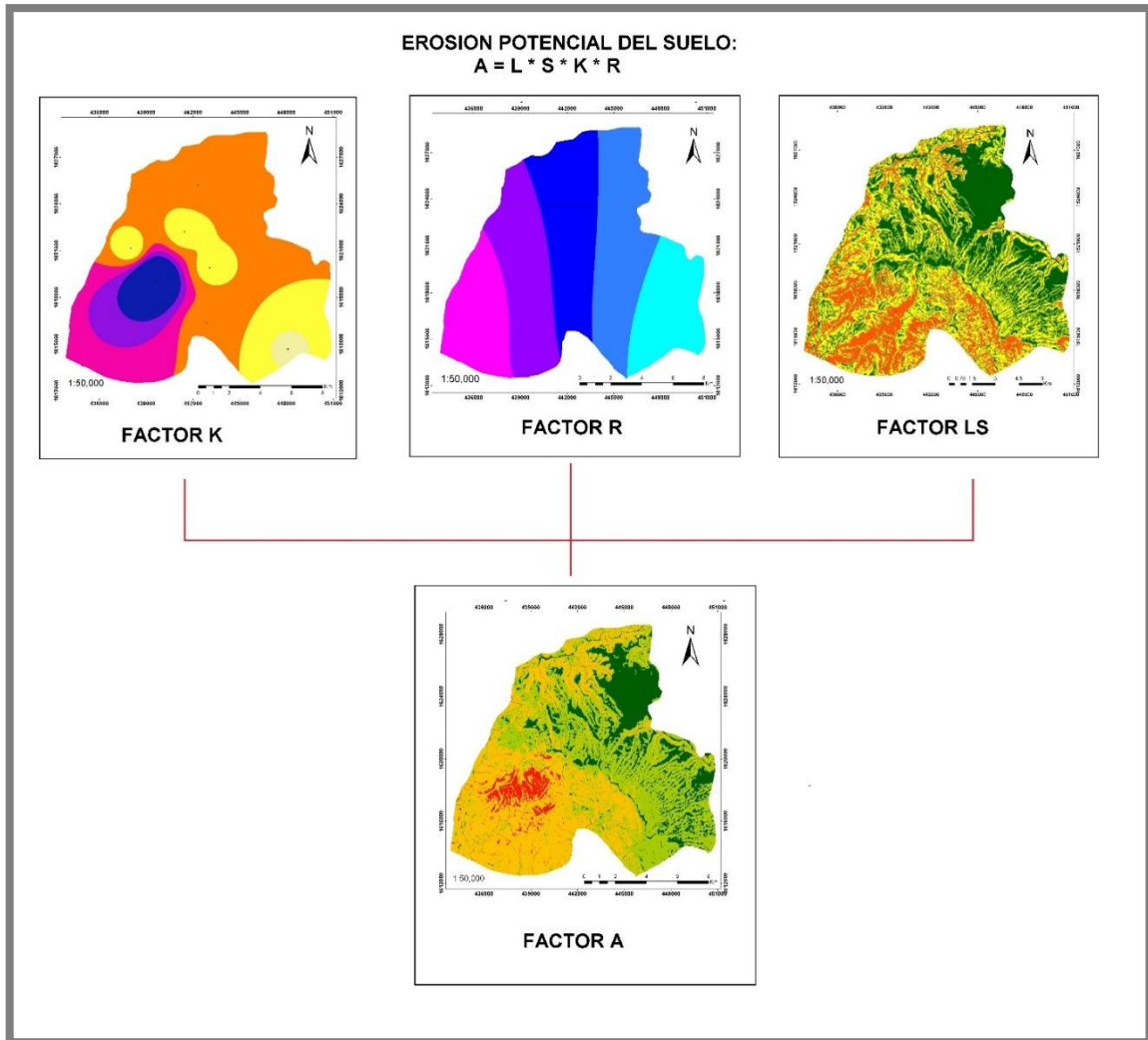
Cuadro 8. Valores del factor de protección de erosión.

Práctica de control de la erosión	Valor del factor P
Cultivo a nivel y pendientes de 0 -1°	0.60
Cultivo a nivel y pendientes de 2 -5°	0.50
Cultivo a nivel y pendientes de 6 -7°	0.60
Cultivo a nivel y pendientes de 8 -9°	0.70
Cultivo a nivel y pendientes de 10 -11°	0.80
Cultivo a nivel y pendientes de 12 -14°	0.90
Terrazas a nivel	0.14
Terrazas contra pendiente	0.05
Terrazas a nivel con retención de agua	0.01
Terrazas con desagüe siguiendo la pendiente	0.35
Camellones entrelazados	0.10 -0.20
Sin prácticas de conservación	1

Fuente: CATIE (2010).

F. Estimación de la erosión potencial

En la figura 12, se presenta un flujograma de los factores para estimar la erosión potencial del área de estudio, la erosión potencial está dada por los factores de erosividad, erodabilidad, longitud y pendiente. La erosión potencial no incluye la vegetación del municipio de Patzún.

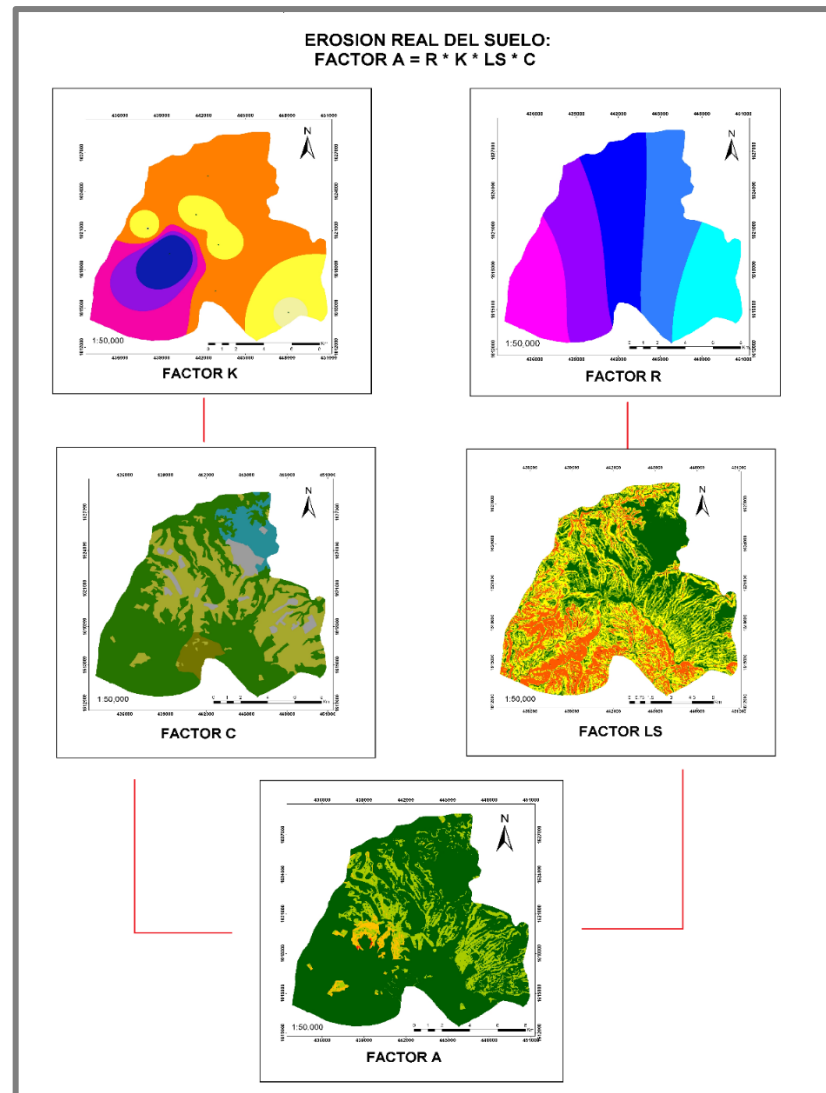


Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 12. Flujograma para determinar la erosión potencial.

G. Estimación de la erosión real

En la figura 13, se presenta el flujograma de los factores que incluye la estimación de la erosión real en el área de estudio. La erosión real a diferencia de la potencial incluye el factor de cobertura vegetal del municipio de Patzún.



Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 13. Flujograma para determinar la erosión real.

2.5.3 Propuestas de prácticas de manejo para reducir la degradación de suelo por erosión hídrica

Para la determinación de este factor se determinaron dos valores para cada uno de los escenarios, utilizando los valores del factor P propuestos por Wischmeier y Smith, descritos en el cuadro 8.

A. Propuestas de terrazas y curvas a nivel incluyendo bosques

Para el primer escenario, se proponen prácticas de terrazas para los cultivos anuales y frutícolas (valor del factor P 0.14), curvas a nivel para el área de hortalizas, arbustos y bosques (valor del factor P 0.90).

B. Propuestas de terrazas, curvas a nivel y bosques sin prácticas

Para el segundo escenario se proponen diferentes prácticas de conservación de suelo; terrazas para el área frutícola (valor del factor P 0.14), cultivos en contorno para hortalizas, pradera y cultivos anuales (valor del factor P 0.90) y ninguna practica de conservación para el área boscosa (valor del factor P 1).

2.6 RESULTADOS

2.6.1 Descripción del estado actual del suelo en el municipio

A. Selección de puntos

Los puntos utilizados para la descripción del suelo son los mismos usados por el MAGA en el estudio semidetallado de suelos de Chimaltenango en el año 2010 que son: San José

Xepatán, El Sitio, Xetzitzí, Xejolón, Chuaquenum, Chuchuca y Sabalpop se observan en el cuadro 9.

Cuadro 9. Tabla de coordenadas de los puntos de muestreo de suelo.

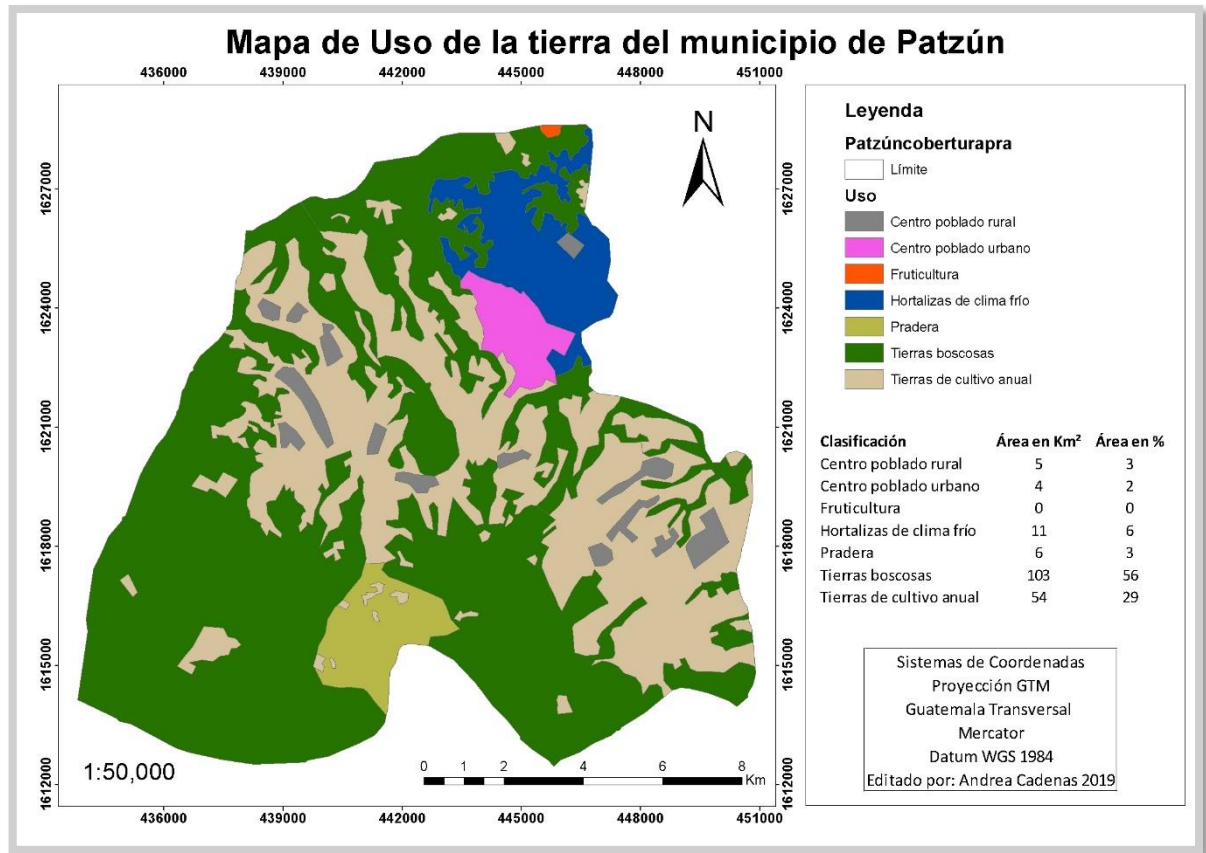
Comunidad	Coordenadas X	Coordenadas Y
Xepatán	443076	1619909
El Sitio	448082	1614688
Xetzitzí	442858	1616337
Xejolón	439549	1619197
Chuaquenum	437988	1621155
Chuchuca	441439	1622229
Sabalpop	442301	1625220

Fuente: elaboración propia (2019).

B. Uso de la tierra

En el municipio de Patzún se identificó los diferentes usos de la tierra que se tiene en el territorio realizando un recorrido en los puntos seleccionados, se identificaron las áreas urbanas, zonas de cultivo y bosque.

En la figura 14, se observa la distribución espacial del uso de la tierra dentro del municipio. Este se encuentra distribuido de la siguiente manera: centros poblados rurales y urbanos 5 %, hortalizas de clima frío 6 %, pradera 3 %, tierras boscosas 56 % y tierras de cultivo anual 29 %.



Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 14. Mapa de uso de la tierra.

Cuadro 10. Distribución del uso de la tierra en porcentaje y kilómetros cuadrados.

Clasificación	Área (km²)	Área (%)
Centro poblado rural	5	3
Centro poblado urbano	4	2
Hortalizas	11	6
Pradera	6	3
Tierras boscosas	103	56
Tierras de cultivo anual	54	29

Fuente: elaboración propia (2019).

En la figura 15, se observa el avance de la frontera agrícola, este avance ha causado la deforestación en las zonas montañosas, la técnica más utilizada es la tala de árboles para uso de leña y posteriormente el establecimiento de cultivos, tanto de supervivencia como agricultura comercial.



Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 15. Pérdida de bosque por avance de la frontera agrícola.

En la figura 16, se representa el cambio de uso de la tierra, observando el incremento de la deforestación en la zona para el posterior establecimiento de parcelas agrícolas. La sobreutilización de los suelos incrementa y con esto la erosión de los suelos, los niveles de manejo son prácticamente insignificantes. Lo cual explica que las actividades agrícolas están relacionadas con la pérdida del recurso suelo.

El cambio en el uso de tierra en el municipio de Patzún, está ligado al incremento poblacional, el avance de la frontera agrícola, la deforestación, entre otros, incrementando la pérdida de suelo principalmente por erosión laminar, surcos y cárcavas.



Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 16. Avance de la frontera agrícola en aldea Xepatán, Patzún, Chimaltenango.

a. Tipos de erosión

Erosión laminar

En la figura 17, se observa la manifestación de erosión laminar, causada por la escorrentía superficial de la lluvia en suelos donde se practican actividades agrícolas con cultivos no permanentes o recién deforestada. La pérdida de suelo por este tipo de erosión es poco perceptible por los productores, no obstante, es una vía importante para la pérdida de suelo.



Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 17. Erosión laminar en aldea Xetzitzí, Patzún, Chimaltenango.

Erosión en surcos

En las figuras 18 y 19, se observa la manifestación de erosión en surcos causada por el flujo superficial concentrado en la superficie del terreno, debido a la irregularidad natural de los suelos este flujo se concentra en pequeñas corrientes sobre una pendiente formando pequeños canales.



Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 18. Erosión en surcos en aldea Chuaquenum, Patzún, Chimaltenango.



Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 19. Erosión en surcos en aldea Chuaquenum, Patzún, Chimaltenango.

Erosión en cárcavas

En la figura 20, se observa la manifestación de cárcavas, este tipo de erosión es la más visible y llamativa del proceso erosivo. Se desarrolla a partir de la acción del escurrimiento sobre la superficie este tipo de erosión no puede ser borrada por labranzas.



Fuente: elaboración propia (2019).

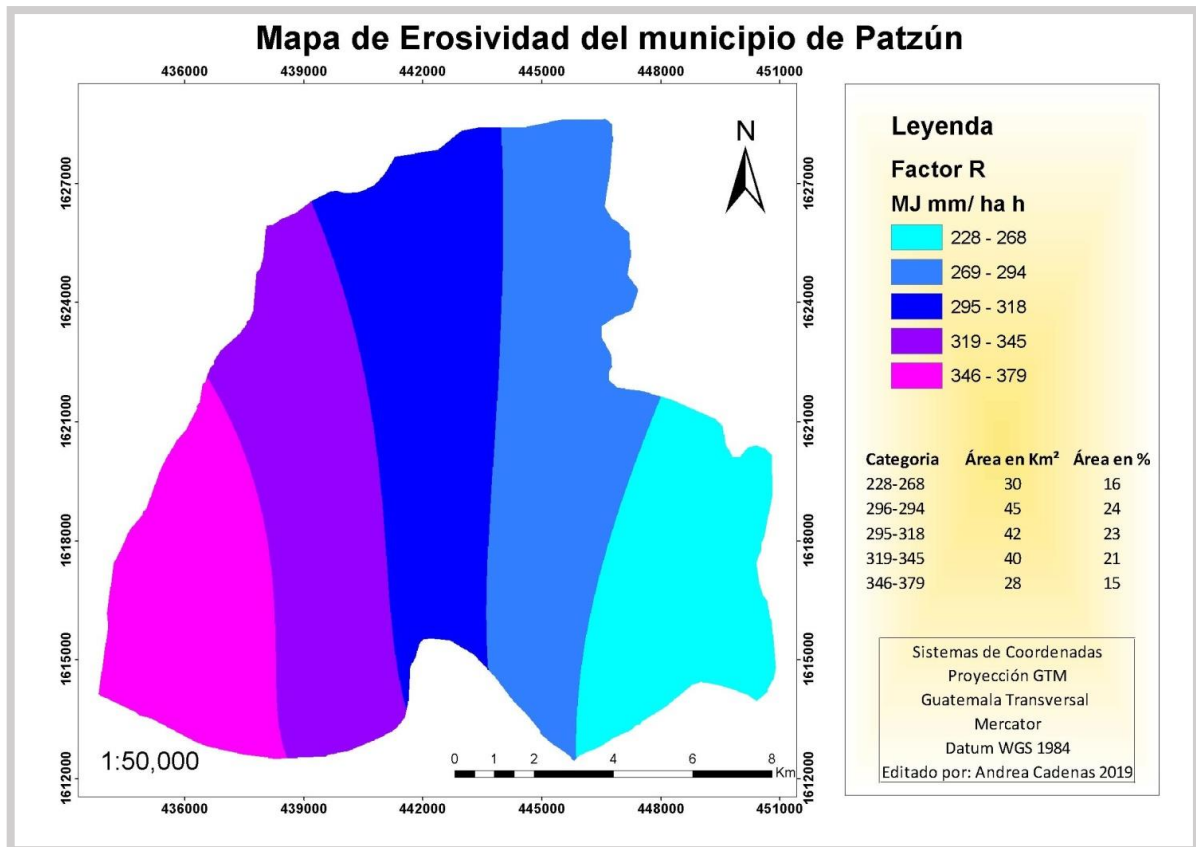
Figura 20. Erosión en cárcava en la aldea Chuchucua, Patzún, Chimaltenango.

2.6.1 Estimación de los factores de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo USLE

A. Factor de Erosividad R

El factor de erosividad hace referencia a la precipitación pluvial, para su determinación se utilizaron las estaciones climáticas (INSIVUMEH e ICC) presentadas en el anexo 1.

En la figura 21, se observa la distribución espacial del factor R, este factor se determinó con la ecuación modificada de Fournier, para cada estación climatológica, seguidamente se interpolaron los datos a través del método IDW, en el Sistema de Información Geográfico y se clasificaron según el índice de Fournier.



Fuente: elaboración propia (2019).

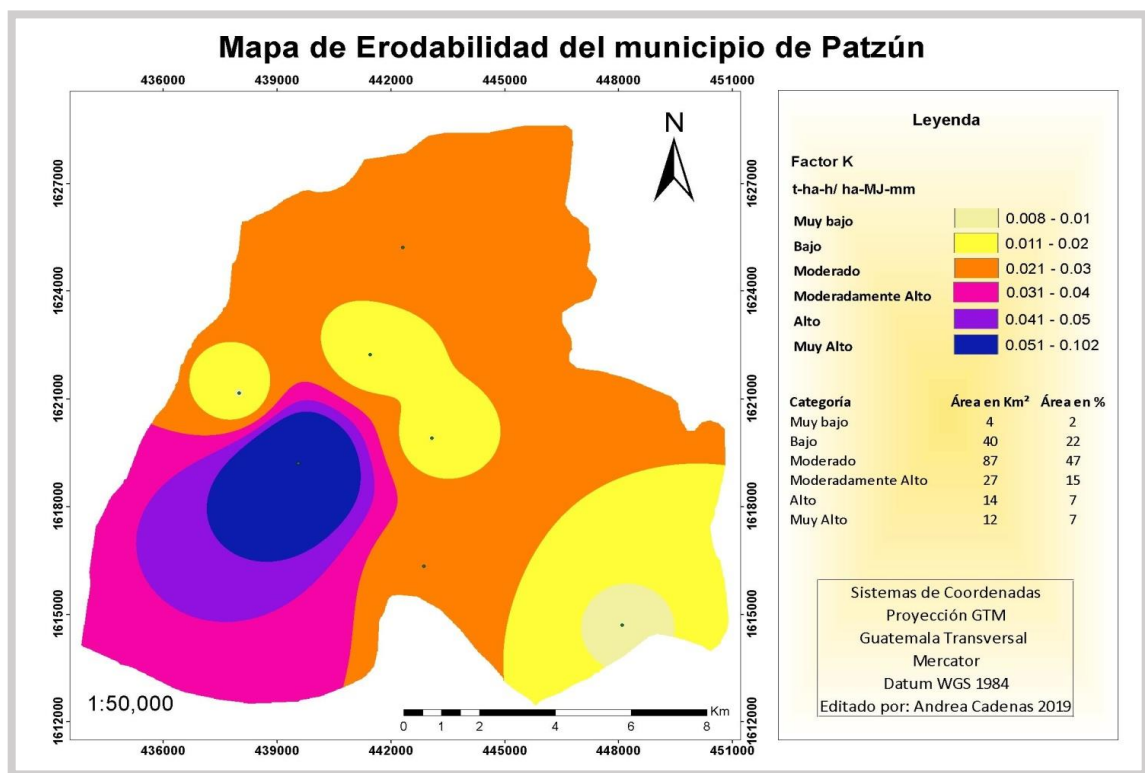
Figura 21. Mapa de erosividad.

La erosividad en el municipio de Patzún está en el rango de 229 (MJ mm / ha h) a 379 (MJ mm / ha h), se encuentra en la categoría de erosividad Muy alto ya que los valores son superiores a 160 (MJ mm / ha h), esto indica que el 100 % del municipio se encuentra en la. Esto nos indica que aunque los valores dentro del municipio varían en el mapa de erosividad la capacidad que el agua de lluvia tiene para provocar erosión en el suelo es Muy alta según el Índice de Fournier cuadro 3.

B. Factor de erodabilidad K

Para estimar el factor K, se utilizó los estudios de suelo realizados por el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación MAGA en el año 2010, para su determinación se utilizó el método de IDW, en el Sistema de Información Geográfico. Este factor estima la susceptibilidad del suelo a la erosión hídrica.

En la figura 22, se observa la distribución espacial y los valores respectivos de la erodabilidad del municipio. La erodabilidad se encuentra distribuido en un rango de 0.008 t/ha/h / ha MJ mm a 0.102 t/ha/h / ha MJ mm.



Fuente: elaboración propia (2019).

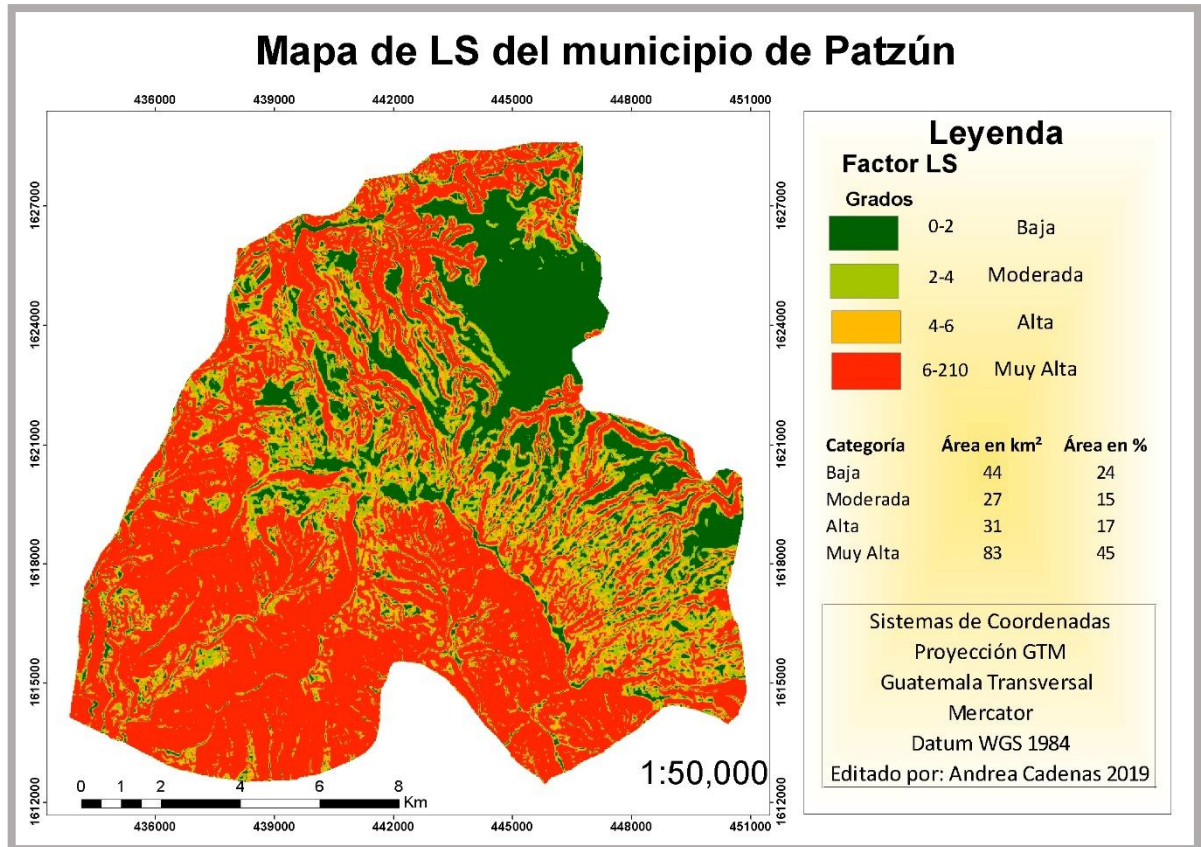
Figura 22. Mapa de erodabilidad del suelo.

El municipio cuenta con un 2 % del territorio presenta una categoría de erosión “Muy bajo”, un 22 % del territorio con una categoría de erosión “Baja”, un 47 % del territorio con una categoría de erosión “Moderada”. El 29 % restante del territorio se clasifica en; un 15 % de erosión “Moderadamente alto”, el 7 % “Alto” y un 7 % “Muy alto”. El municipio cuenta con un 71 % de su territorio dentro de la categoría de erosión “Moderada”, por lo consiguiente la erodabilidad no es el principal causante de la erosión del suelo.

C. Factor LS longitud y grado de pendiente

El factor LS hace referencia el efecto que tiene la topografía en un área. Para la elaboración del mapa fue necesario utilizar el modelo de elevación digital o DEM de la república de Guatemala, con las ecuaciones 3, 4, 5 y 6 que se describas anteriormente en la metodología. Utilizando las herramientas de Sistema de Información Geográfica, se realizaron los mapas de Pendiente y Longitud. Ambos mapas se multiplicaron con la herramienta Calculadora de ráster, para realizar el mapa de longitud y pendiente LS.

En la figura 23, se observa la distribución espacial del efecto que tiene la topografía en el municipio. Se presentan 44 km² del área del territorio con un factor topográfico bajo presentando pendientes de 0 % a 10 % en esta área se encuentra ubicado el valle o la cabecera municipal y otras comunidades del municipio, 27 km² con un factor moderado donde se presentan pendientes de 10 % a 20 %, 31 km² con un factor “Alto” esta área presenta pendientes de 20 % a 30 % y 83 km² con un factor “Muy Alto” presentando pendientes mayores a 30 % en esta área se encuentran ubicadas las zonas montañosas del municipio. Categorías y porcentajes, como en el anterior.



Fuente: elaboración propia (2019).

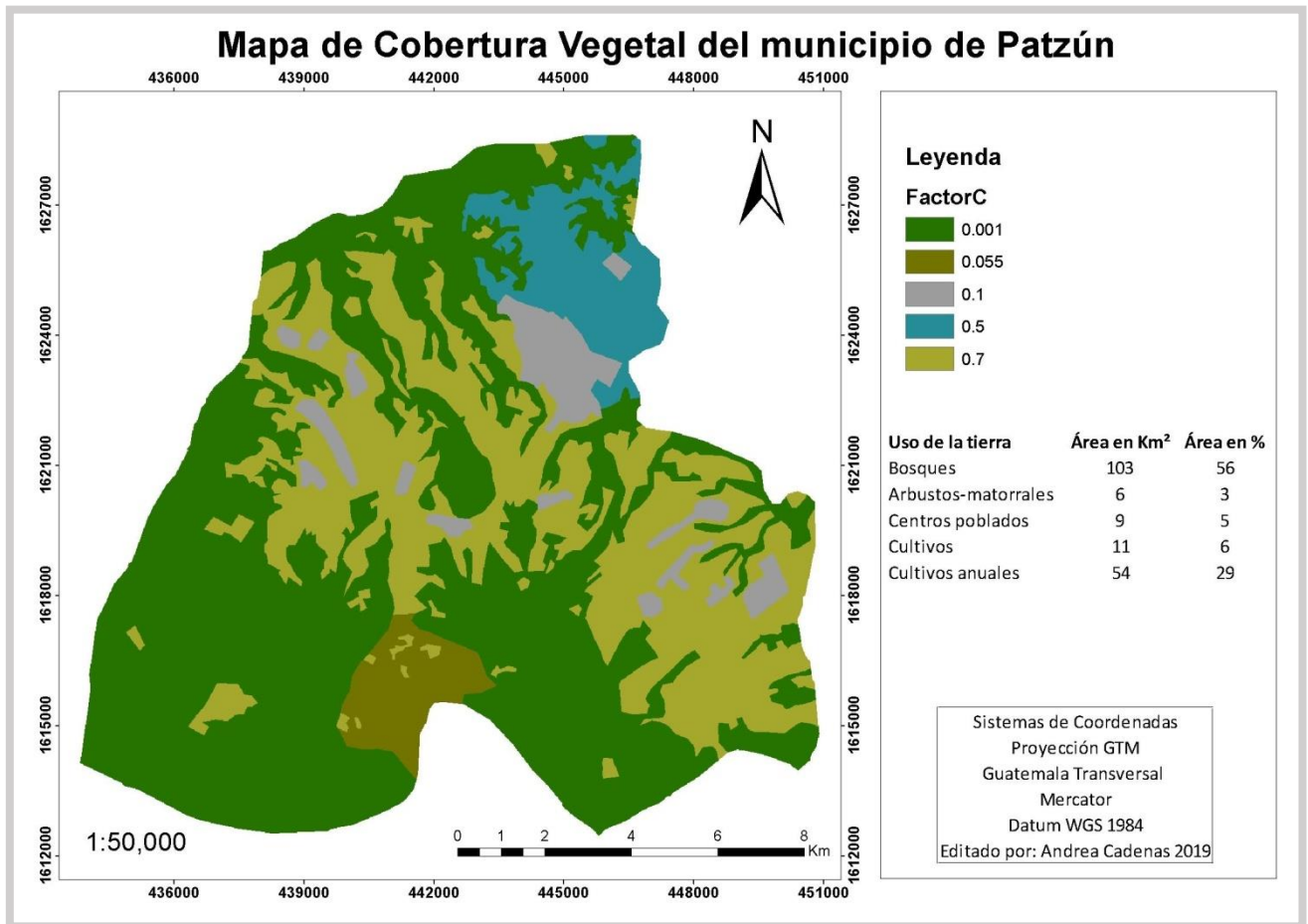
Figura 23. Mapa de longitud y pendiente.

D. Factor C Cobertura Vegetal

El factor C se determinó a partir del mapa de uso de tierra del municipio de Patzún descrito anteriormente a través de imágenes satelitales, a cada uso de la tierra se le asignó un valor de acuerdo a su categoría propuestos por Wischmeier y Smith.

En la figura 24, se observa la distribución espacial del factor de cobertura con sus respectivos valores. El 56 % de la cobertura vegetal del municipio cuenta con un valor de 0.001 donde se encuentra el área boscosa, el 3 % lo ocupan los arbustos y matorrales con un valor de 0.055, el 5 % del municipio lo ocupa los centros poblados con un valor de 0.1, el 6 % lo ocupan los cultivos no tradicionales con un valor de 0.5 y el 29 % lo ocupa cultivos

anuales con un valor de 0.7. Los bosques ocupan la principal extensión con un área de 56 % equivalente a 103 km².



Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 24. Mapa de cobertura vegetal.

E. Erosión potencial

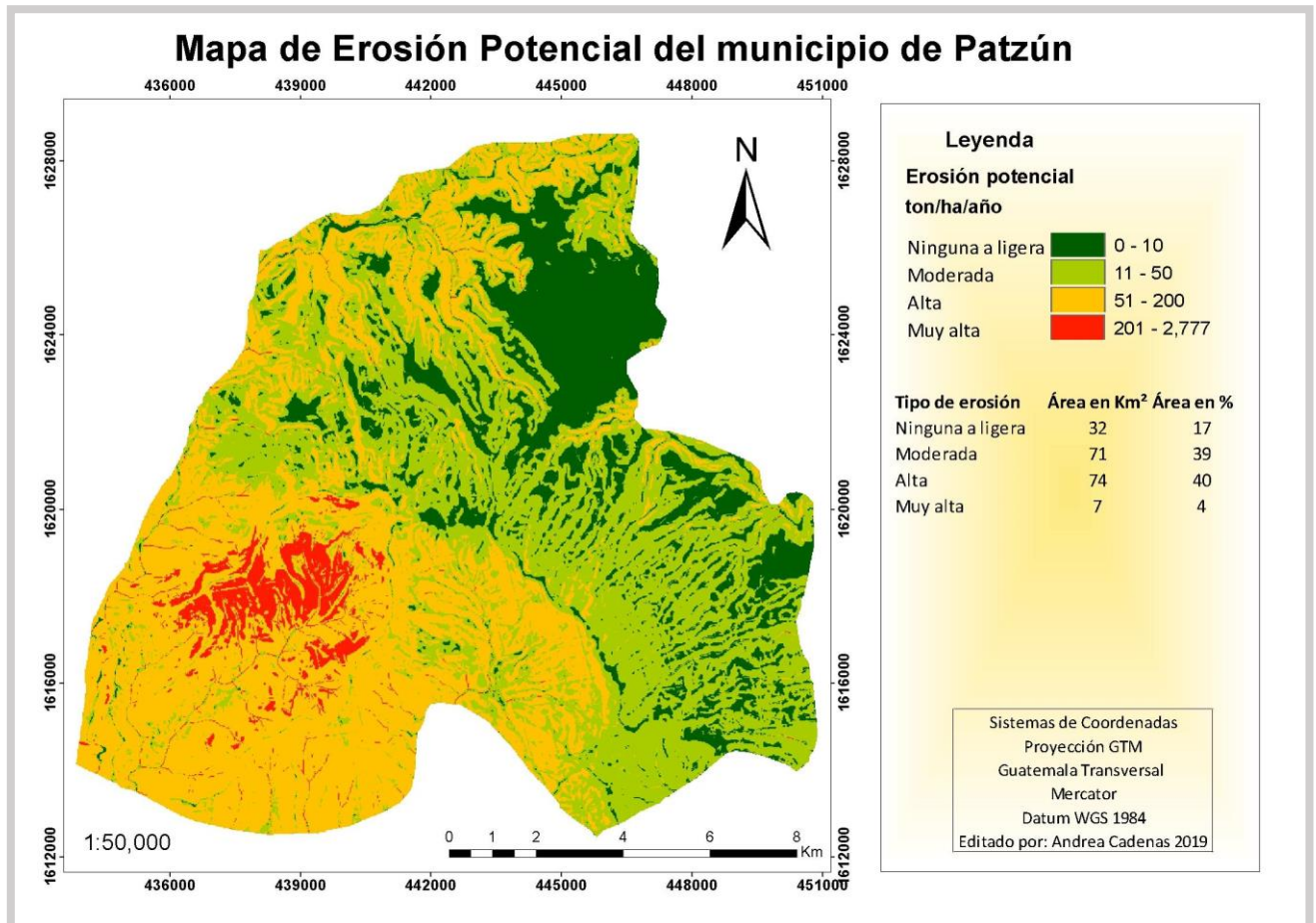
La erosión potencial es una estimación de la erosión bajo condiciones hipotéticas donde el suelo está desprovisto de cobertura vegetal y el manejo de suelo no existe, por lo tanto estos no intervienen en el cálculo. Con los valores de los factores descritos anteriormente, se efectuó un análisis espacial utilizando Sistema de Información Geográfica con la ayuda de la herramienta algebra de mapas y la extensión análisis espacial, se multiplico los

factores de erosividad (R), erodabilidad (K), longitud y pendiente (LS). Siguiendo la siguiente ecuación.

Ecuación 7:

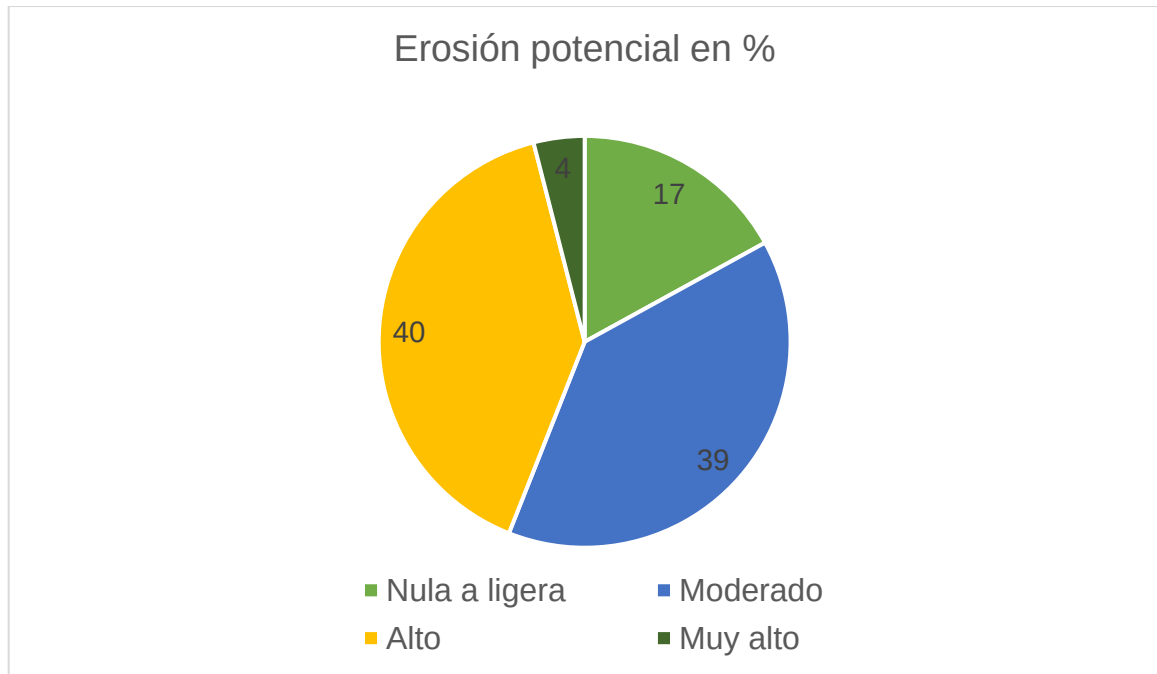
$$A = R * K * L * S$$

En la figura 25, se presentan los valores de erosión potencial en kilómetros cuadrados y porcentual de acuerdo a la categoría de erosión, distribuidos espacialmente en el municipio de Patzún.



Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 25. Mapa de erosión potencial.



Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 26. Categorías de erosión potencial en porcentaje.

De los 184 km² que representa la totalidad del área en el municipio de Patzún se presentan las diversas categorías de erosión potencial:

- **Ninguna a ligera**

Esta categoría representa 31.8 km² que corresponde al 17 % de la totalidad del área de estudio con una pérdida de suelo menor a 10 t/ha/año.

- **Moderada**

Esta categoría representa 71 km² que corresponde a un 39 % del área total de estudio entre 11 t/ha/año a 50 t/ha/año.

- **Alta y Muy Alta**

La categoría *Alta* representa 74 km² que corresponde a un 40 % y *Muy alta* esta representa 7 km² que corresponde al 4 % del territorio, estas categorías se encuentran localizan en el área montañosa del municipio, donde se presentan los mayores valores de pendientes y una mayor susceptibilidad en el suelo, siendo estas las áreas más propensas a la erosión hídrica, que supera una pérdida de suelo mayor a las 50 t/ha/año.

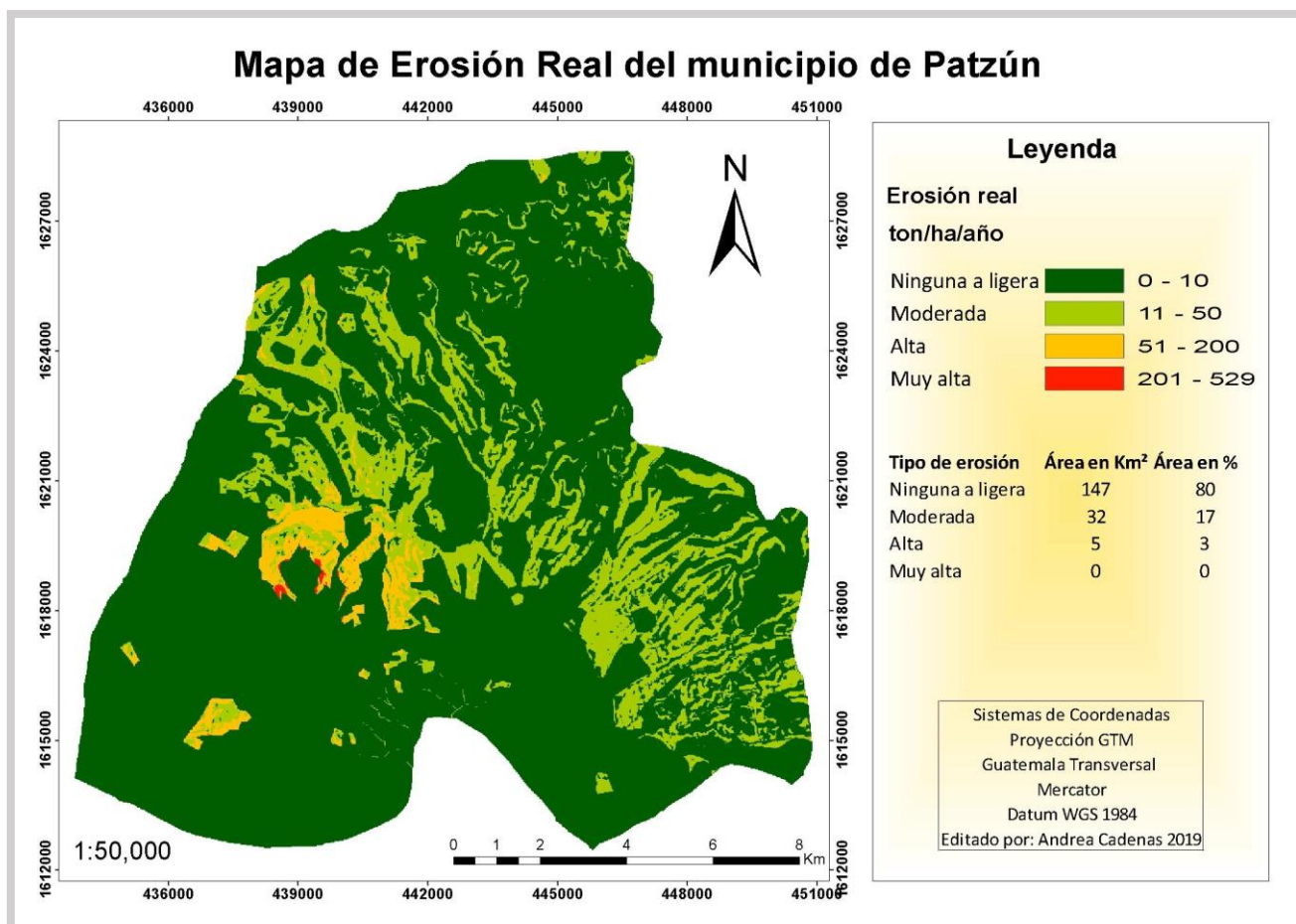
F. Erosión real

Esta erosión hace referencia a la relación entre los factores de erosividad (*R*), erodabilidad (*K*), cobertura vegetal (*C*), pendiente y longitud (*LS*). Con los valores de los factores descritos anteriormente, se efectuó un análisis espacial utilizando el Sistema de Información Geográficos, con la ayuda de la herramienta mapa de álgebra de la extensión análisis espacial, se multiplicó los factores siguiendo la siguiente ecuación.

Ecuación 8:

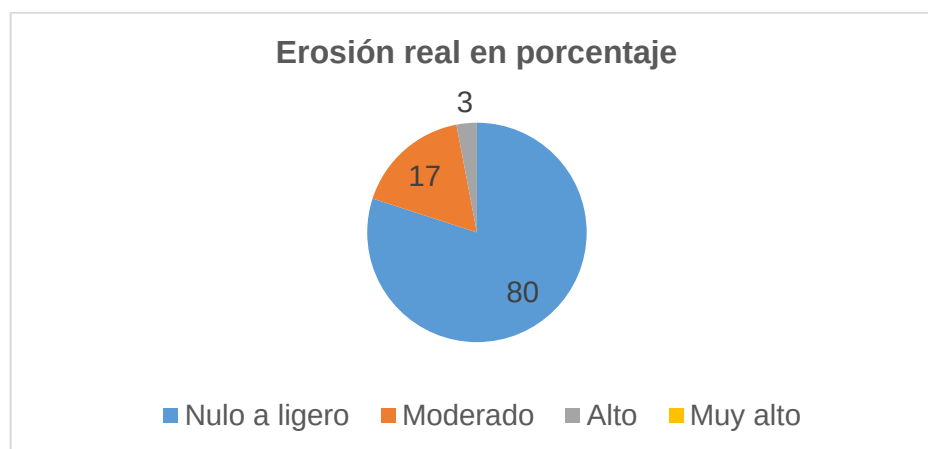
$$A = R * K * L * S * C$$

En la figura 27, se presentan los valores de la erosión real en kilómetros cuadrados y porcentual de acuerdo a las categorías de erosión, se observa que la erosión real en las categorías *Alta* y *Muy alta* el porcentaje de área afectada total es de 3 % del territorio.



Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 27. Mapa de erosión real.



Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 28. Erosión real en porcentajes.

Como puede observarse, las diferentes categorías de pérdida de suelo que a continuación se presentan.

- **Ninguna a ligera**

Representa un 80 % que corresponde al 147 km² de la totalidad del área de estudio con una pérdida de suelo menor a 10 t/ha/año.

- **Moderada**

Esta categoría representa 17 % que corresponde a un 32 km² del área total de estudio entre 11 t/ha/año a 50 t/ha/año.

- **Alta**

Representa 3 % que corresponde a un 5 km². Que se encuentra localizada en un área con pendientes mayores a 30 %, suelos susceptibles y poca cobertura vegetal dejando expuesta la capa superior de suelo al impacto de la gota de lluvia.

La erosión real toma en cuenta los valores de la cobertura vegetal existente en el área de estudio, en el municipio existe un complejo boscoso que abarca el 56 % del área total, esta cobertura amortigua el impacto de la gota de lluvia al caer sobre el suelo ayudando a disminuir la pérdida de suelo por erosión hídrica como se representa en la categoría de *Nula a ligera* con un 80 % de área total con un pérdida de suelo menor a 10 t/ha/año.

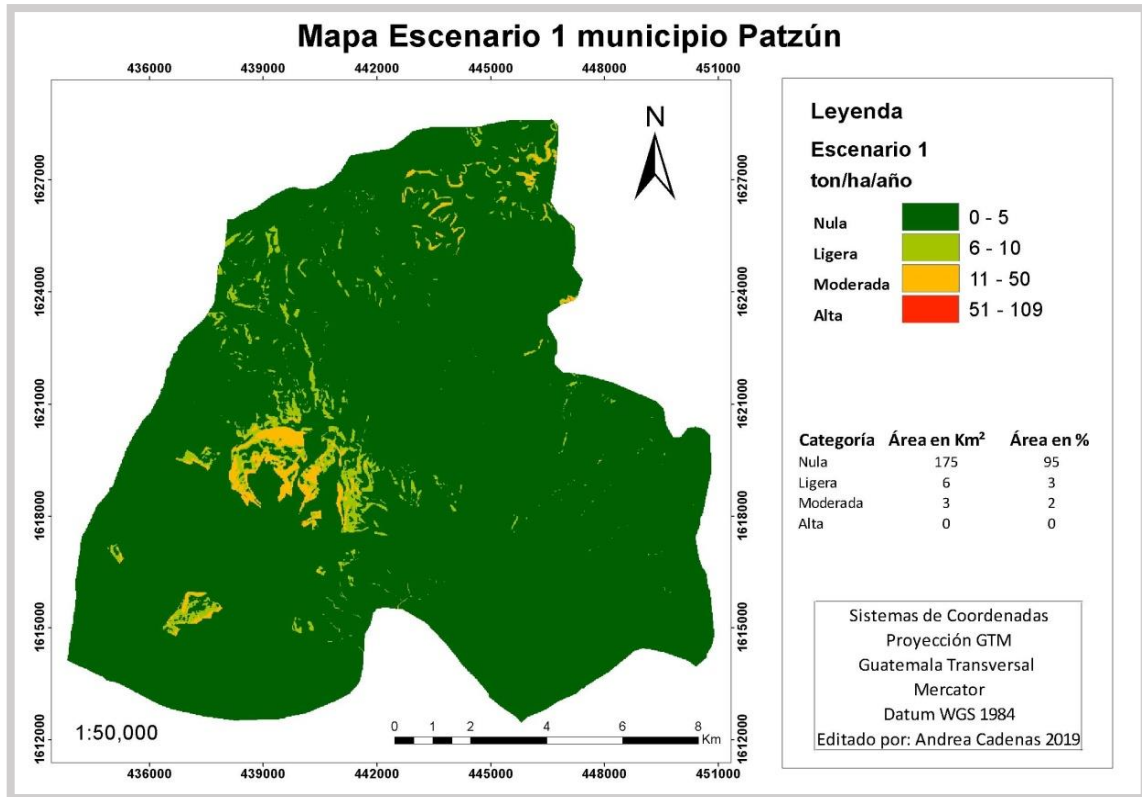
2.6.3 Propuesta de prácticas para reducir la degradación de suelo por erosión hídrica

El factor de prácticas de conservación de suelo se implementó a través de las dos propuestas generadas para la conservación del recurso suelo en el municipio. En la primera propuesta se planteó dos prácticas de conservación de suelo las cuales son terrazas y curvas a nivel incluyendo los bosques. En la segunda propuesta se planteó la práctica de terrazas y curvas a nivel. Estas propuestas evaluaron el impacto en la disminución de la pérdida de suelo que tendría el municipio al implementar prácticas de manejo de suelo, así mismo la presentación de estas prácticas a través de mapas y sus respectivas categorías.

A. Propuesta de terrazas y curvas a nivel incluyendo bosques

Para la propuesta de terrazas y curvas a nivel se generó una capa para el factor P, esta capa considero el uso del suelo y las pendientes de la misma. En esta propuesta se proponen las prácticas de terrazas para los cultivos anuales y frutícolas. Para el área hortalizas, arbustos y bosques se asignó la práctica de curvas a nivel.

En la figura 29, se muestra la propuesta y su distribución espacial. En el cuál se observa la distribución de las diferentes categorías de erosión.



Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 29. Mapa de propuesta de terrazas y curvas a nivel incluyendo bosques.

Las categorías se describen a continuación:

- **Nula a ligera**

Esta categoría representa 175 km² correspondiente al 95 % del área total del territorio del municipio con una pérdida de suelo menor a las 10 t/ha/año, con la implementación del factor P.

- **Moderada**

Esta categoría representa a 6 km² correspondiente al 3 % del área total, esta categoría representa una pérdida mayor a las 10 t/ha/año y menor de 20 t/ha/año.

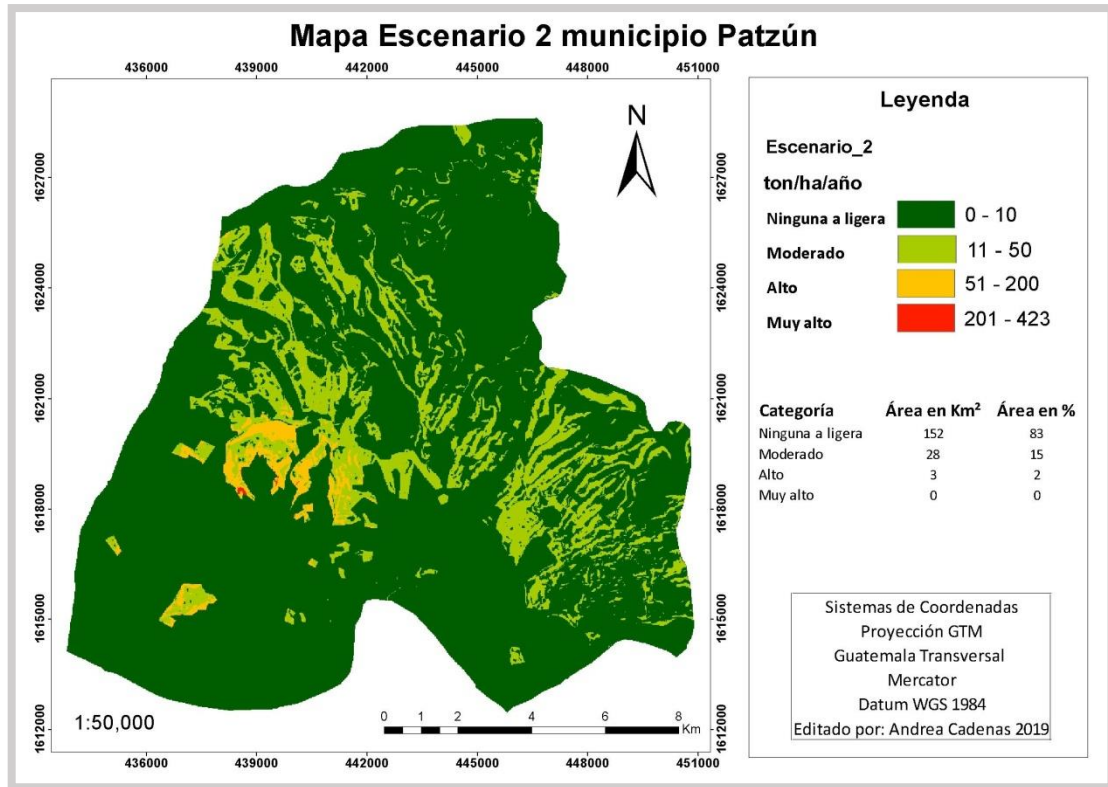
- **Alta**

Esta categoría representa 3 km² correspondiente al 2 % del área total. El uso de las prácticas de terrazas y curvas a nivel ayuda a la disminución de la pérdida de suelo en el municipio de Patzún, se observa los cambios en las categoría de “Nula a ligera” debido a que el área en esta categoría aumentaría a un 95 % del territorio total del municipio y la pérdida de suelo se encontraría menor a las 10 t/ha/año siendo este el límite permisible establecido por la FAO.

B. Propuesta de terrazas, curvas a nivel y bosques sin prácticas

Para esta propuesta se generó una capa para el factor P, considerando la práctica de terrazas para el área frutícola. La práctica de cultivo en contorno para el área de hortalizas, pradera y cultivos anuales y el área boscosa sin ninguna práctica de conservación de suelo.

En la figura 30, se muestra la distribución espacial de la segunda propuesta con sus respectivas categorías. En esta propuesta se sugiere implementarlas a corto plazo, como la práctica de cultivos en contorno.



Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 30. Mapa de propuesta de terrazas y cultivos a nivel.

Las categorías se describen a continuación:

- **Ninguna a ligera**

Esta categoría representa 152 km² corresponde a un 83 % del área total, la pérdida de suelo en esta categoría es menor a 10 t/ha/año.

- **Moderado**

Esta categoría representa 28 km² corresponde al 15 % del área total, la pérdida de suelo en esta categoría se encuentra mayor de 10 a 50 t/ha/año.

- **Alta**

La categoría representa 3 km² correspondiente al 2 % del área total, esta categoría supera 50 t/ha/año de pérdida de suelo en el municipio.

Esta propuesta no difiere notablemente a la erosión real, considerando que la propuesta ideal es la totalidad del área del municipio que no sobrepase el límite de pérdida de suelo presentado por la FAO 10 t/ha/año.

En el cuadro 11, se representa las categorías de erosión en los escenarios real y las propuestas de prácticas de conservación de suelo. La propuesta de terrazas y curvas a nivel incluyendo los bosques es el escenario favorable para el municipio de Patzún ya que el 95 % del área se encontraría en la categoría con menor pérdida de suelo.

Cuadro 11. Comparación entre erosión real y propuestas de conservación de suelo.

Categoría	Erosión real (%)	Propuesta terrazas y curvas a nivel incluyendo bosques (%)	Propuesta de terrazas y curvas a nivel (%)
Nula a ligera	80	95	83
Moderada	17	3	15
Alto	3	2	2
Muy Alto	0	0	0

Fuente: elaboración propia (2019).

2.7 CONCLUSIONES

1. El estado actual del suelo en el municipio de Patzún presenta cambios, como el avance de la frontera agrícola, la desforestación, cambio de uso de tierra, estas variaciones tienen impacto en el recurso suelo. La causa principal de la erosión hídrica laminar se debe a la escasa cobertura vegetal, específicamente suelos con vocación forestal. Así también se presenta la erosión hídrica en surcos y cárcavas en el área de estudio.
2. La estimación de la erosión potencial y real se realizó con la ecuación universal de pérdida de suelo USLE utilizando Sistemas de Información Geográfico generando diversas capas para su estimación. La erosión potencial en el municipio representa el 17 % del área total en la categoría *nula a ligera* del límite permisible de pérdida de suelo 10 t/ha/año y el 83 % correspondiente a 152 km² restante del área supera el límite permisible. La erosión real en el municipio representa un 80 % correspondiente a 147 km² del área total con pérdida menor a las 10 t/ha/año en el límite permisible, el 15 % del área total con pérdidas entre 10 t/ha/año a 50 t/ha/año y el 3 % del área total supera una pérdida de 50 t/ha/año.
3. Se generó dos propuestas para la reducción de erosión hídrica a través de capas en las cuales se proponen prácticas de conservación de suelos. En la primera propuesta se observa un aumento del 15 % en el área de la categoría *nula a ligera* de un 80 % correspondiente a la erosión real a un 95 % en el escenario 1, esta con una pérdida menor a 10 t/ha/año del área total. En la propuesta se observa un aumento del 3 % comparando con la estimación de la erosión real de un 80 % a un 83 %, dentro del límite permisible de pérdida de suelo propuesto por la FAO.

2.8 RECOMENDACIONES

1. Evaluar la posibilidad dentro del proyecto de conservación de recursos naturales la implementación de calicatas para que son con el respectivo análisis físico-químico de suelo y realizar una base de datos propia para la asociación donde se tenga información del recurso suelo en los puntos donde la asociación interviene dentro de las comunidades del municipio de Patzún.
2. Implementar parcelas de muestreo que sirvan de referencia cuantitativas dentro del proyecto de conservación de suelos para medir la pérdida de suelo a través de métodos sencillos cuantitativos como roldanas y clavos en comunidades donde la asociación interviene, creando una base de datos para futuras investigaciones, concientizar a través de datos reales y programas participativos a los integrantes de las comunidades.
3. Gestionar a través de diversas instituciones para la adquisición de al menos una estación climatológica para contar con información del área de estudio, ya que actualmente no se cuenta con ninguna estación climatológica en el municipio que brinde información sea libre.

2.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Almorox Alonso, J; López Bermúdez, F; Rafaelli, S. 2010. La degradación de suelos por erosión hídrica; Métodos de estimación. Murcia, España, Universidad de Murcia (en línea) . 384 p. Consultado 20 set..2018.
https://books.google.com.gt/books?id=bSpiNY_nwOIC&printsec=frontcover&dq=erosion+hidrica&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwigiJL90MXdAhVB6VMKHeFyCFsQ6AEIKzAB#v=onepage&q=erosion%20hidrica&f=false
2. Argueta Medina, JA. 2010. Estimación de los riesgos y niveles de erosión hídrica en la microcuenca del Río Negro, Chimaltenango (en línea). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 105 p.
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/7207/1/T-02832.pdf>
3. Castro Quintero, AF; Lince Salazar, LA; Riaño Melo, O. 2016. Determinación del riesgo a la erosión potencial hídrica en la zona cafetera del Quindío, Colombia (en línea). Consultado 15 ene. 2019.
https://www.researchgate.net/publication/327006473_Determinacion_del_riesgo_a_la_erosion_potencial_hidrica_en_la_zona_cafetera_del_Quindio_Colombia
4. Dumas Salazar, A. 2012. Riesgo de erosión hídrica en la cuenca hidrográfica del Río Mundo (en línea). Tesis MSc. Tec. Inf. Geo. Madrid, España, Universidad Complutense de Madrid. 48 p.
https://eprints.ucm.es/17468/1/TFM_AfricaDumas.pdf
5. ESTEFOR (Escuela Técnica de Formación Forestal, Guatemala). 2014. Rehabilitación, establecimiento y evaluación de parcelas permanentes de medición forestal en plantaciones de ciprés común (*Cupressus lusitanicamill*), pino candelillo (*Pinus maximinoi* H.E. Moore), pino triste (*P. pseudostrobus* Lindl.), ilamo (*Alnus jorulensis* H.B.K) y pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder.) en la región y del INAB, Chimaltenango (en línea). Guatemala. Consultado 18 oct. 2018.
<http://186.151.231.170/inab/images/investigacion/2014-ana-maria-silvestre-montejo.pdf>
6. FAO, Italia. 2016. Degradación de suelos (en línea). Roma, Italia. Consultado 20 set. 2018. <http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/es/>
7. Flores Islas, E. 2016. Estimación de la pérdida de suelo por erosión hídrica en tres cuencas de la República de Mexicana, utilizando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (en línea). Tesis Ing. Civ. México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería. 146 p. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.24852.100/12111/Tesis.pdf?sequence=4>
8. Hudson, N. 1982. Conservación de suelos. España, Reverte. 352 p. Consultado 19



sep

20

18.
https://books.google.com.gt/books?id=u137pQPxYGAC&dq=erosion+del+suelo&hl=es&source=gbp_navlinks_s
9. INE (Instituto Nacional de Estadística, Guatemala). 2018. XII censo nacional de población y VII censo nacional de vivienda; Características generales de la población; Población total por grupos de edad; Datos a nivel nacional (en línea). Guatemala. Consultado 15 ene. 2020. <https://www.censopoblacion.gt/graficas>
10. INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México). 2007. Tipos de procesos de degradación (en línea). México. Consultado 22 set. 2018. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/312/sueloedo.html>
11. INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina). 2012. Manejo de suelos. Argentina (en línea). Consultado 23 set. 2018. <https://inta.gob.ar/documentos/muestreo-de-suelos>
12. Kirby, MJ; Morgan, RPC (comps). 1994. Erosión de suelos. España, LIMUSA (en línea). https://drive.google.com/file/d/15MuMFXHUTFLyAyK_xnmy9K4UdeTL5mMh/view
13. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala). 2006. Mapa de cobertura y uso de la tierra a escala 1:50,000 de la república de Guatemala año 2003 (en línea). Guatemala. Consultado 22 ene. 2019. <https://www.maga.gob.gt/download/cobertura-vt.pdf>
14. Municipalidad de Patzún, Guatemala. 2012. Municipio de Patzún; Ficha técnica (en línea). Guatemala. Consultado 19 set. 2018. <http://www.patzun.gob.gt/portal/images/imweb/docspdf/Tu%20Municipalidad/Informacion%20y%20desarrollo/Ficha%20tecnica%20Patzun,%20mayo%202012.pdf>
15. Núñez Solís, J. 2001. Manejo y conservación de suelos. San José, Costa Rica, Editorial Universidad Estatal a Distancia (EUNED) (en línea). Consultado 20 set. 2018. <https://books.google.com.gt/books?id=-l47PHoTfjoC&pg=PA113&dq=tipos+de+erosion&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjDwa3Ej8PdAhWLbVAKHaN6BxcQ6AEILDAB#v=onepage&q=tipos%20de%20erosion&f=false>
16. Rattan Lal, WE; Blum, H; Valentin, C; Bobby; Stewart, A. 1997. Methods for assessment of soil degradation; Soil degradation. USA, CRC Press (en línea). 576 p. Consultado 20 set. 2018. https://books.google.com.gt/books?id=4gv5HEOrX8YC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbp_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
17. SEGEPLAN (Secretaría General de Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala). 2011. Plan de desarrollo Patzún, Chimaltenango (en línea). Guatemala. Consultado 19 set.



2018.

http://www.patzun.gob.gt/portal/images/imweb/docspdf/Tu%20Municipalidad/Informacion%20y%20desarrollo/PDM_PATZUN_FINAL.pdf

18. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala (en línea). Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra / Instituto Agropecuario Nacional. 1000 p.
19. Tayupanta, J. 1993. La erosión hídrica: Procesos, factores y formas. Ecuador, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Consultado 21 set. 20

18.

<https://books.google.com.gt/books?id=a7EzAQAAMAAJ&printsec=frontcover&dq=erosi%C3%B3n+h%C3%ADdrica&hl=es&sa=X&ved=0ahUKewjVpIqJrcXdAhXGKewKHWAyD9QQ6AEIJjAA#v=onepage&q=erosi%C3%B3n%20h%C3%ADdrica&f=false>

20. Zachar, D. 2011. Soil erosion. Amsterdam, Elsevier (en línea). 544 p. Consultado 21 set. 2018.

<https://books.google.com.gt/books?id=o8ny2dUkpM8C&dq=soil+erosion&hl=es&sa=X&ved=0ahUKewjVpIqJrcXdAhXGKewKHWAyD9QQ6AEIJjAA#v=onepage&q=erosi%C3%B3n%20h%C3%ADdrica&f=false>
&source=gbs_navlinks_s



2.10 ANEXOS

Cuadro 12 A. Valores de erosividad por estación climatológica

Estación	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Octubre	Nov.	Dic.	Factor R
Tomas Pachuj	0.008	0.000	4.986	3.038	0.026	182.050	12.606	26.140	28.927	1.708	1.333	0.066	260.888
Tomas Pachuj	0.020	0.104	1.987	2.717	28.217	179.541	16.502	58.270	86.763	12.470	0.224	0.010	386.826
Tomas Pachuj	0.001	0.292	0.678	0.368	108.121	0.270	3.061	0.745	62.344	0.306	2.913	0.023	179.122
El Zapote	0.072	0.026	4.832	61.160	74.247	0.409	0.000	0.095	0.202	0.000	0.000	0.000	141.043
El Zapote	0.009	0.000	14.353	11.841	0.097	46.099	0.166	28.414	67.064	2.043	0.016	0.095	170.197
Tehuaya	0.130	0.003	0.499	2.186	101.166	113.448	1.014	16.541	25.159	14.366	0.549	0.000	275.061
Pacay	0.128	0.012	1.522	20.513	17.558	68.018	12.381	90.623	86.744	14.421	1.155	0.517	313.593
Pacay	0.172	0.465	1.691	8.695	83.508	138.568	12.867	75.869	87.873	23.200	4.148	0.130	437.188
Pacay	0.053	0.363	1.029	5.817	47.249	118.914	1.338	42.732	129.305	24.786	2.642	0.010	374.238
Balanyá	0.000	0.021	0.014	2.253	70.540	29.947	22.941	56.913	64.336	2.469	0.661	0.000	250.095
Balanyá	0.003	0.002	0.233	1.899	13.822	48.268	10.431	5.900	100.389	13.449	1.327	0.224	195.947
Acatenango	0.001	0.581	0.268	0.762	23.566	63.870	3.645	6.323	57.700	50.429	0.046	0.000	207.192
Acatenango	0.000	0.165	1.965	1.965	8.109	53.198	2.474	10.056	51.546	22.869	1.218	0.140	153.704
Acatenango	0.004	0.028	3.250	6.908	7.023	20.217	9.693	22.767	37.344	0.793	0.327	0.126	108.480
Acatenango	0.010	0.002	0.271	7.400	7.550	177.179	11.939	14.321	48.210	6.616	0.043	0.003	273.546
Acatenango	0.000	0.000	0.532	0.796	59.740	45.772	1.596	10.347	31.359	17.530	0.006	0.064	167.742

**CAPÍTULO III: SERVICIOS EN LA ALDEA DE XETZITZÍ Y SAN JOSÉ XEPATÁN,
PATZÚN, CHIMALTENANGO.**

3.1 Introducción

La asociación Sotz'il, es una organización con diferentes ejes de trabajo desarrollo comunitario, investigación y planificación, participación plena y efectiva. Su principal objetivo es ayudar al desarrollo de las comunidades en el altiplano guatemalteco.

Como parte de sus funciones esta la asistencia técnica a productores organizados, se les capacita en temas agrícolas. Un tema de relevancia que abordan como entidad es el cambio climático y mitigar las consecuencias de la misma. En la aldea de Xetzitzí se impartió capacitación a los integrantes de la comunidad para la mitigar la pérdida de suelo. Se les impartió una charla magistral sobre la importancia de las estructuras de conservación de suelo, ejemplos de las diferentes estructuras y su correcta implementación. Seguidamente se implementó una parcela con tres ejemplos de estructuras; barreras vivas, acequias y pozos de infiltración. Finalmente los integrantes replicaron estructuras de conservación de suelo.

En el eje de investigación, se realizó una encuesta en la aldea de San José Xepatán, Patzún. En esta se recopiló información sobre temas económicos productivos y sociales de primera fuente, que ayudará a la asociación para la elaboración y gestión de potenciales proyectos que fortalezcan al desarrollo integral de la aldea.

En el asesoramiento brindado por la asociación se trabajó con un grupo de productores en la aldea El Sitio, donde se les brindo capacitaciones de Buenas Prácticas Agrícolas, en el tema de calibración de mochilas aspersoras, así mismo se elaboró dos manuales; manual para la manipulación y aplicación de productos fitosanitarios y el manual para la limpieza de centro de acopio y canastas. Ambos manuales para facilitar el uso adecuado a la bodega en la que trabajan, evidenciando por medio de constancias de verificación a través de registros.

3.2 Objetivo general

3.2.1 Brindar los servicios de capacitaciones en las aldeas de Xetzitzí y El Sitio y realizar una encuesta socioeconómica en la aldea de San José Xepatán.

3.3 Objetivos específicos

3.3.1 Brindar capacitación de prácticas de conservación de suelo con el grupo organizado de la aldea de Xetzitzí, Patzún, Chimaltenango.

3.3.2 Realizar una encuesta socioeconómica en aldea de San José Xepatán, Patzún, Chimaltenango.

3.3.3 Brindar capacitación de Buenas Prácticas Agrícolas en aldea El Sitio, Patzún, Chimaltenango.

3.4 Servicio 1: Capacitación de prácticas de conservación de suelo con el grupo organizado de la aldea de Xetzitzí, Patzún, Chimaltenango.

3.4.1 Presentación

En la aldea de Xetzitzí se brindó la capacitación de prácticas de conservación de suelo para los beneficiarios de la asociación de Sotz'il, en donde se les capacitó a cerca de las prácticas de curvas a nivel, acequias, barreras vivas, terrazas y pozos de infiltración. Asimismo, se realizó una parcela demostrativa donde los participantes realizaron barreras vivas, acequias y pozos de infiltración. Esta parcela demostrativa se realizó con la finalidad de ejemplificar mediante la realización de las mismas para que posteriormente los participantes realizaran sus réplicas, las cuales implementaron en el transcurso de dos meses.

3.4.2 Objetivos

A. Objetivo general

Capacitación de prácticas de conservación de suelo con el grupo organizado de la aldea de Xetzitzí, Patzún.

B. Objetivos específicos

1. Dar a conocer la importancia y prácticas de conservación de suelos
2. Implementar una parcela demostrativa con tres prácticas de conservación de suelo.
3. Supervisar las réplicas de conservación de suelo desarrolladas en las parcelas de los integrantes.

3.4.3 Metodología

Para las capacitaciones de conservación de suelo se llevó a cabo la fase de gabinete donde se les capacito con la metodología de aprendiendo haciendo, posteriormente se implementó las parcelas demostrativas y finalmente se replicaron las estructuras por cada participante asimismo la supervisión de las mismas.

A. Importancia de las prácticas de conservación de suelo

- Para ejemplificar la importancia de las prácticas de conservación de suelo se empleó materiales didácticos para la ejemplificación, por medio de carteles.
- Se empleó herramientas pedagógicas para transmitir la información.

B. Implementación de las parcelas demostrativas

Para realizar la implementación de una parcela demostrativa con estructuras de conservación de suelo, se tienen los siguientes pasos:

- a. Reconocimiento del terreno o parcela:** aquí se determina el área del terreno ó parcela, el cual sirve para calcular la densidad de la siembra próxima a realizar, así como otros materiales que se utilizan.

También se observa otras características como; colindancias, zanjones, vegetación, tipo de suelo (textura, profundidad, estructura, pedregosidad, color). También se debe conocer la precipitación del lugar.

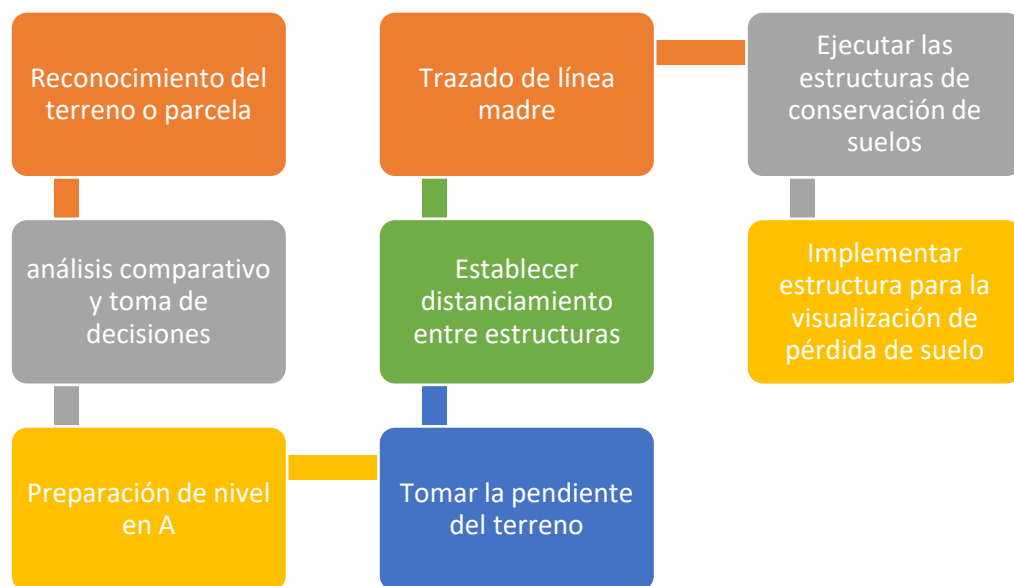
- b. Análisis comparativo y toma de decisiones:** herramienta que permite llegar a una visión inicial, donde el agricultor asume un papel más activo en la conservación y manejo

sostenible de los recursos naturales en su parcela así, como los aspectos productivos de la misma

- c. **Preparación del Nivel en A o clinómetro:** instrumento para trazar las curvas a nivel.
- d. **Tomar la pendiente del terreno:** aquí se mide la inclinación que tiene la ladera, para seleccionar el cultivo que se puede utilizar como también las prácticas de conservación de suelo adecuadas y el distanciamiento de las estructuras.

Para la toma de la pendiente se utiliza nivel de A y clinómetro, haciendo un mínimo de 5 lecturas para disminuir el error dentro del terreno, para que sea representativa la toma de datos.

Se tiene que tener cuidado, debido a que un mismo terreno puede tener distintas pendientes y se necesita hacer un promedio de las tomar realizadas.



Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 31. Metodología de implementación de estructuras de conservación de suelo.

- e. Establecer el distanciamiento de las estructuras de conservación de suelo, según la pendiente del terreno:** según la pendiente encontrada en el terreno, se sugiere un distanciamiento en la siguiente tabla según el cultivo que se desee producir.

Cuadro 13. Distanciamiento entre obras de conservación de suelos.

Pendiente del terreno (%)	Distancia entre las obras de conservación (metros)	
	Granos básicos y hortalizas	Cultivos densos y permanentes
5	20	25
10	15	20
15	10	18
20	9	16
25	8	15
30	7	14
35	6	13
40	6	12
45	-	10
50	-	9
55	-	8
Más de 60	-	7

Fuente: INAB (2006).

- f. Trazado de la línea madre:** El trazado de la línea madre se realiza cuando en el terreno hay más de una pendiente. Se realiza el trazado de una línea madre que está formado por varios puntos guías donde se establecerán las estructuras.

Esta línea madre se traza desde la parte alta hacia abajo, creando una línea imaginaria y luego colocando estacas, la distancia entre las estacas es la que se recomienda en la imagen No 1., según cultivo y pendiente.

- g. Implementación de la técnica de conservación de suelo:** Teniendo en cuenta los criterios técnicos, sociales-culturales y económicos, se implementarán las técnicas adecuadas para la conservación de suelo.

3.4.4 Resultados

Mediante los pasos realizados en la metodología se indicó la importancia de las estructuras de conservación de suelo, las consecuencias que se tienen cuando no se implementan las mismas, así como los beneficios que se obtienen.

A. Capacitación de prácticas de conservación de suelo

En la figura 32, se observa la capacitación de prácticas de conservación de suelo que se realizó con material pedagógico que consistió en imágenes ilustrativas y texto para una mejor asimilación por parte de los participantes de cada una de las estructuras. Se dio a conocer cultivos en contorno, barreras vivas, barreras muertas, acequias y pozos de infiltración.



Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 32. Capacitación de prácticas de conservación de suelo.

B. Implementación de parcelas demostrativas

Se realizó la implementación de la parcela demostrativa con tres prácticas de conservación de suelo las cuales fueron: barreras vivas utilizando un arbusto perenne llamado Sauco, acequias y pozos de infiltración.

Esta parcela demostrativa fue realizada por los integrantes del grupo para que las dudas que surgieran en la fase de campo fueran resueltas apropiadamente en la ejecución de las estructuras. Las réplicas fueron realizadas durante el período de tres meses después de la capacitación.

En las figuras 33, se observa la realización de nivel en A, este se realiza con los recursos locales a partir de ramas construido por los participantes de la aldea Xetzitzi.



Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 33. Realización de nivel en A.

En la figura 34, se observa la realización de acequias cubierta por nylon de color negro con la finalidad de que los participantes lleven un registro del suelo acumulado en la misma.



Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 34. Implementación de parcela demostrativa.

C. Réplicas de prácticas de conservación de suelo

En el cuadro 14, se observa el número de prácticas de conservación de suelo que se replicaron por parte de los participantes en la aldea de Xetzitzí, Patzún. El número total de parcelas replicadas fue de 16.

Cuadro 14. Parcelas implementadas con estructuras de conservación de suelo.

Estructura de conservación de suelo	Barreras vivas	Acequias	Pozos de infiltración	Total
No Parcelas	6	10	0	16

Fuente: elaboración propia (2019).

3.4.5 Evaluación del servicio

1. Se logró la capacitación de prácticas de conservación de suelo, dando los ejemplos de acequias, barreras vivas, cultivo en contorno, pozos de infiltración con la finalidad que los participantes trasladen sus conocimientos de los beneficios que tienen las prácticas al resto de la aldea.
2. Se implementó la parcela demostrativa con tres prácticas de conservación de suelo siendo estas: acequias, barreras vivas y pozos de infiltración. También se implementó dos estructuras para la verificación de pérdida de suelo para que los integrantes en el transcurso de un año, tomando datos mensuales corroboren la cantidad de suelo que se erosiona en la parcela
3. Se supervisó las réplicas de conservación de suelo de los 16 integrantes. De las 16 parcelas supervisadas desde el mes de noviembre del año 2018 a febrero del año 2019, se obtuvieron seis parcelas con barreras vivas, diez con acequias y ninguna con pozo de infiltración. Estas estructuras ayudarán a disminuir la erosión de suelo dentro de las parcelas de los integrantes.

3.5 Servicio 2: Encuesta socioeconómica en aldea de San José Xepatán, Patzún, Chimaltenango.

3.5.1 Presentación

Para la base de datos de la asociación Sotz'il se realizó una encuesta socioeconómica de la aldea de San José Xepatán, Patzún para conocer los aspectos de actividades económicas, fastos familiares, algunos aspectos ambientales. Esta encuesta cuenta con la finalidad de redirigir, agregar o formular proyectos de la asociación que sea de beneficio directo y apreciables a corto plazo para los integrantes.

3.5.2 Objetivos

A. Objetivo general

Recopilar datos económicos productivos y sociales de la aldea de San José Xepatán, Patzún, Chimaltenango.

B. Objetivos específicos

1. Realizar una base de datos de la población por sector de la aldea.
2. Conocer las actividades económicas productivas y gastos familiares.
3. Conocer el manejo de desechos sólidos, prácticas de conservación de suelos, manejo agrícola y principales cultivos.

3.5.3 Metodología

Se estructuró una encuesta para recopilar la información económica productiva y social a través de una muestra de personas para la aldea de San José Xepatán.



Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 35. Metodología para llevar a cabo una encuesta.

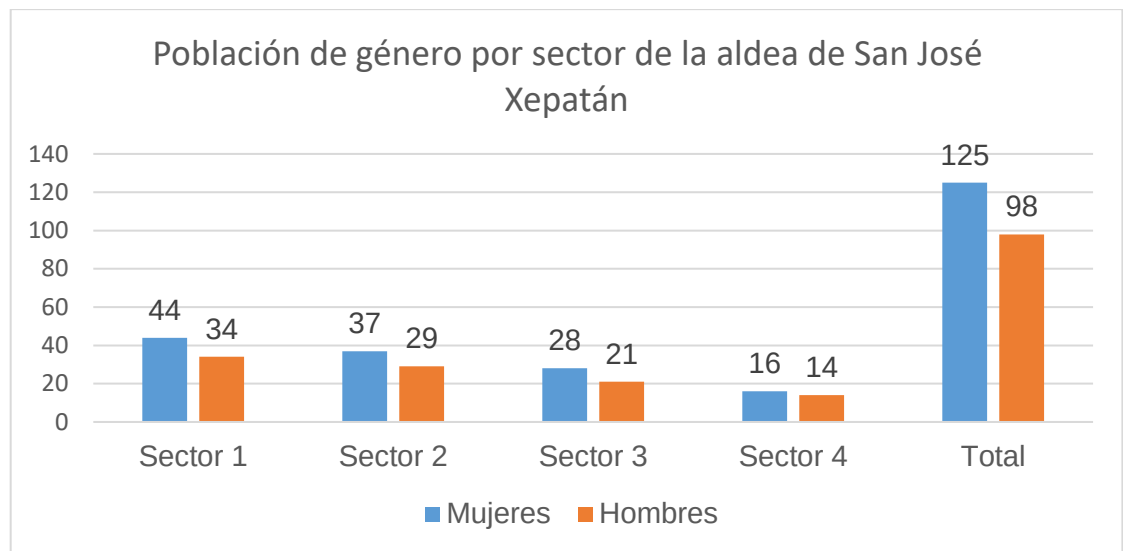
- A. Definición del objetivo:** recopilar información social económica y productiva de la aldea de San José Xepatán.
- B. Diseño muestral:** el universo de la muestra son los habitantes de la aldea de San José Xepatán.

- C. La muestra:** la representación del diseño muestral son las cabezas de hogar o portadores a la economía del hogar. Se utilizó un muestreo aleatorio, debido a la reticencia de los pobladores. Se seleccionó un número de 18 hogares encuestados por los cuatro sectores que existen en la aldea, teniendo un total de 72 hogares encuestados.
- D. Diseño del instrumento:** se elaboraron las preguntas de acuerdo a la información que se requería, integrantes del núcleo familiar, sector ambiente, sector económico productivo. Estas se redactaron de forma clara y concisa, en su mayoría para tener una respuesta cerrada y evitar sesgos en las respuestas.
- E. Ejecución de la encuesta:** las encuestas se realizaron en horarios hábiles, se utilizó la técnica de una entrevista informal para inspirar confianza y obtener información extra en los encuestados.
- F. Procesamiento de la información colectada:** se elaboró un diseño en Excel en este se realizó el vaciado de la información por sector.
- G. Análisis de los resultados de las encuestas:** el análisis se realizó en función de sectores, el sector ambiente, sector agrícola, sector económico y sector de potenciales proyectos.
- H. Difusión del resultado:** la difusión se dará a las partes involucradas, a la alcaldía auxiliar de la aldea de San José Xepatán, a la Asociación Sotz'il en un documento.

3.5.4 Resultados

A. Datos de la población por sectores de la aldea

El sector con mayor apertura para brindar información, es el sector uno. En su mayoría mujeres considerando la dinámica social de la comunidad, es decir las que con frecuencia se encuentran en sus respectivas viviendas. Según la información obtenida se tiene una población mayoritaria del sexo femenino.



Fuente: elaboración propia (2019).

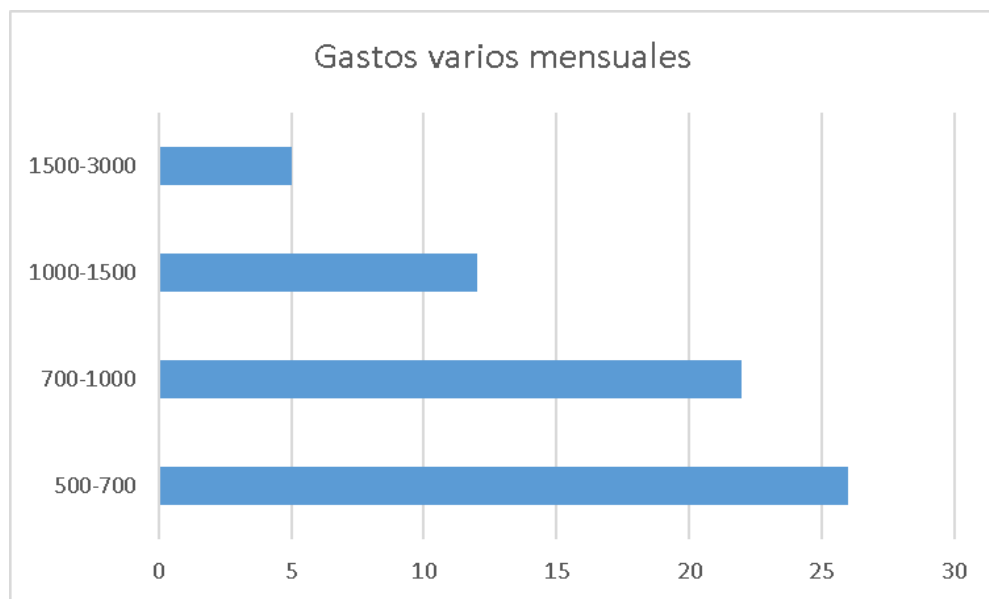
Figura 36. Población de la aldea por género y sector.

B. Gastos familiares y actividades económicas productivas

En la figura 37, se observa la estimación de los gastos familiares mensuales en la aldea de San José Xepatán oscila en su mayoría entre los Q 500.00 a 1,000.00 (figura 35), que es aproximadamente el ingreso familiar por parte de la cabeza de familia ya que el jornal en este municipio es alrededor de Q 40.00 por día y este ingreso no es constante durante el mes. Estas cifras no se acercan con el salario mínimo establecido por el gobierno para el

presente año que está establecido en actividades agrícolas en Q 90.16 (Minitrab, 2019) por día, en consecuencia, se tiene un detrimento en la calidad de vida de los pobladores de la aldea al no contar con los ingresos mínimos, esto sin considerar que la canasta básica alimentaria supera los ingresos mensuales de los pobladores por el triple ya que, se encuentra en Q 3,572.00 (INE, 2019) para enero del 2019.

Otras familias cuentan con gastos desde los Q 1,000.00 a 3,000.00, estas familias son la minoría, aunque este ingreso no cubre la canasta básica actual.



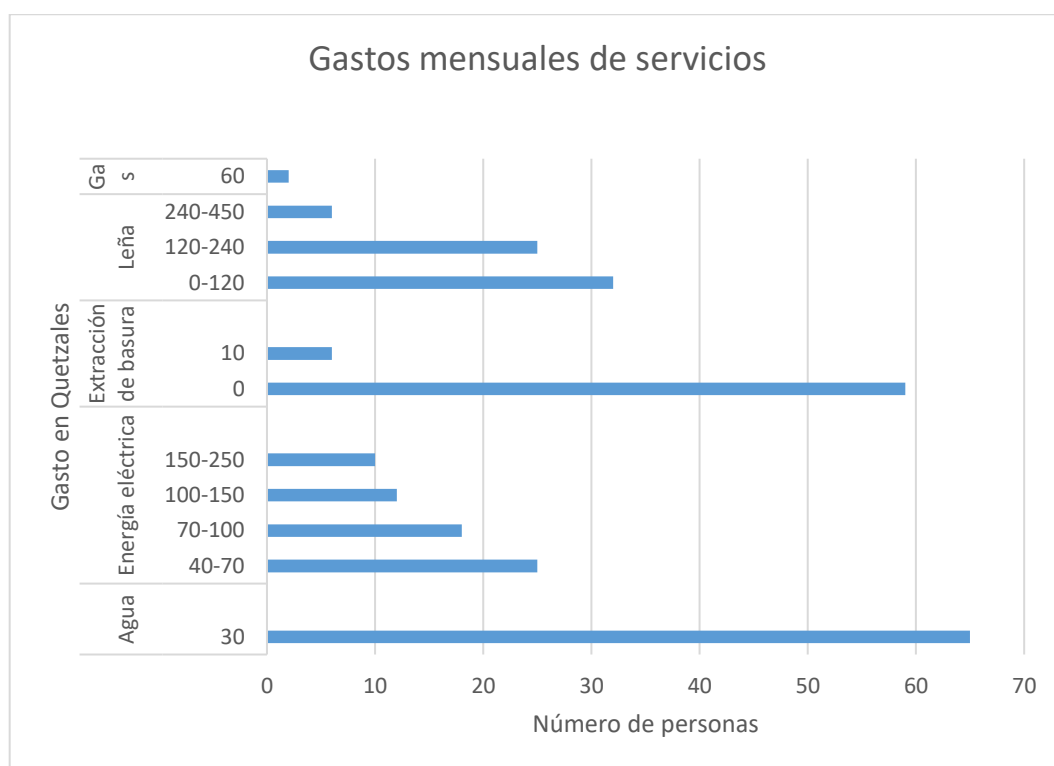
Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 37. Gastos mensuales familiares.

En la figura 38, se observan los gastos mensuales de servicios dentro de los hogares de la aldea están dados por: servicios de agua, energía eléctrica, extracción de basura, leña y gas.

El servicio que tiene mayor coste es el consumo de leña, donde la mayoría de hogares lo utiliza y el rango de costo es de Q 20.00 a 450.00, el servicio de agua potable es una cuota única mensual para todos los hogares de la aldea, este tiene un costo de Q 30.00. El servicio

de extracción de basura no lo ocupan la mayoría de familias. El servicio de energía eléctrica lo poseen todos los hogares encuestados, teniendo un costo que oscila de los Q 40.00 a 250.00 según el consumo de cada hogar, el gas propano de las familias encuestadas solo lo utilizan 2 familias.

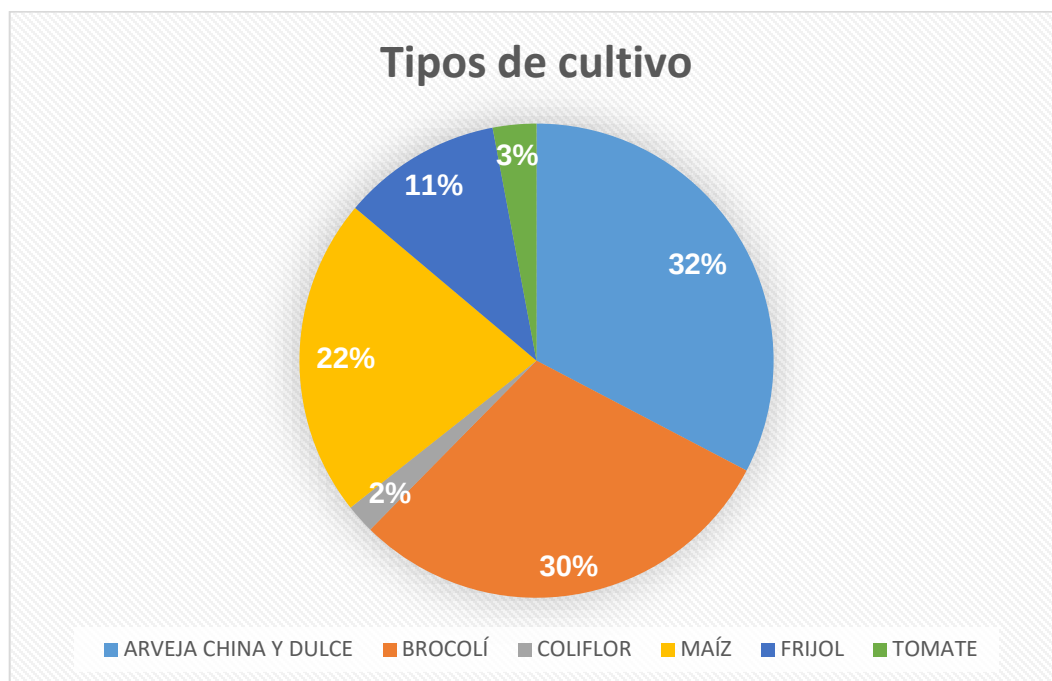


Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 38. Gastos de servicios mensuales.

En la figura 39, se representa los cultivos que se producen en la aldea tomando en cuenta que el 92% de la población está relacionada con la agricultura. El 32 % siembra arveja china o dulce, seguido de brócoli con un 30 %; estos cultivos son promovidos para la comercialización con empresas exportadoras y supermercados del país. Para la comercialización local están los cultivos de coliflor con un 2 % y un 3 % para el cultivo de tomate.

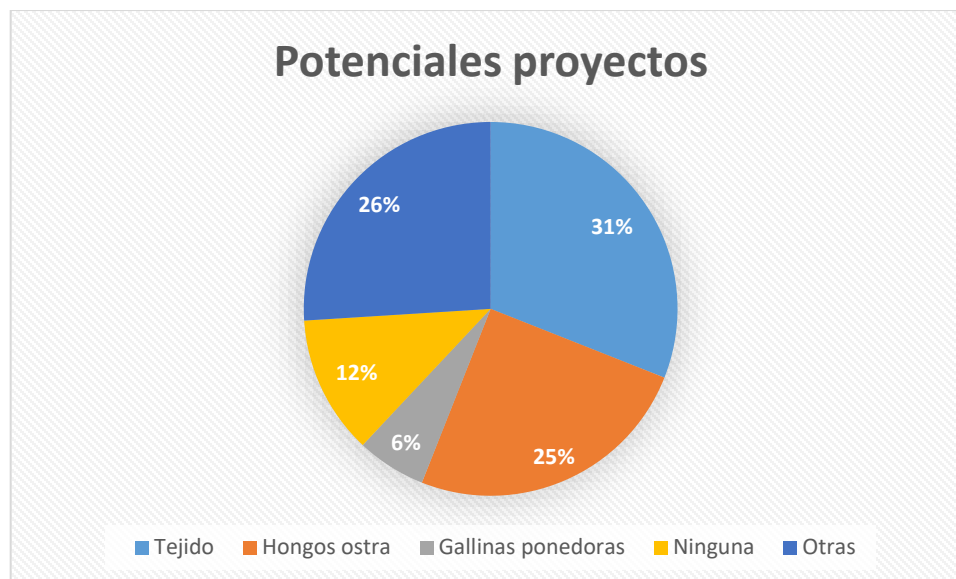
Mientras que los cultivos de maíz con un 22% y frijol con un 11% son para autoconsumo o cultivos de subsistencia.



Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 39. Cultivos producidos en la aldea San José Xepatán.

En la figura 40, se representa los proyectos con potencial enfocado a mujeres son: la elaboración de tejidos típicos, la producción de hongos ostra y gallinas ponedoras. Esto lo indicaron las mujeres amas de casa, quienes sugieren la versatilidad de estos proyectos debido a que se acomodan a las actividades diarias que ellas realizan.



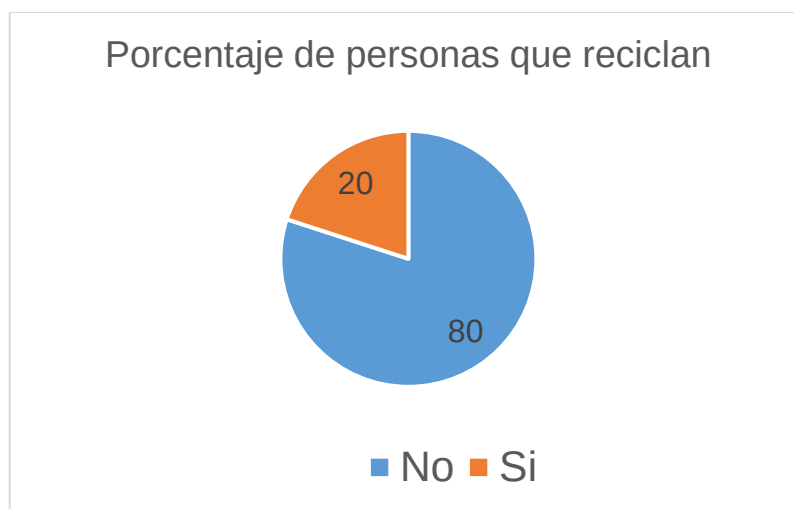
Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 40. Potenciales proyectos para mujeres.

C. Manejo ambiental

La información recopilada en el sector ambiente se enfocó en el porcentaje de la población de la aldea que recicla, que utilizan abonos, el tratamiento de aguas negras que cuentan y calidad de agua.

En la figura 41, se observa que solamente el 20 % de la población reciclan materiales como plástico, cartón y vidrio. El 80 % de la población no tienen conocimiento de la práctica del reciclaje o no lo practican por diversas razones.

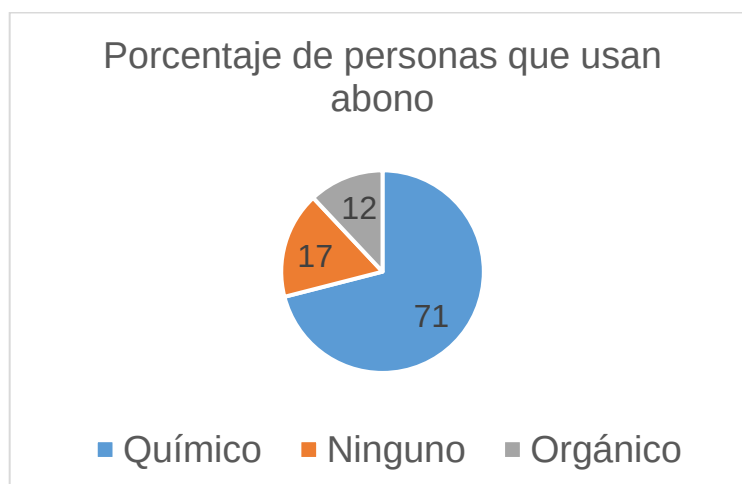


Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 41. Porcentaje de personas que reciclan.

En la figura 42, se representa el uso de abono en la población. El 88 % que se dedica a la agricultura, un 71 % utiliza abono químico y un 12 % utiliza abono orgánico; principalmente en forma de compostaje, gallinaza y el uso de estiércol.

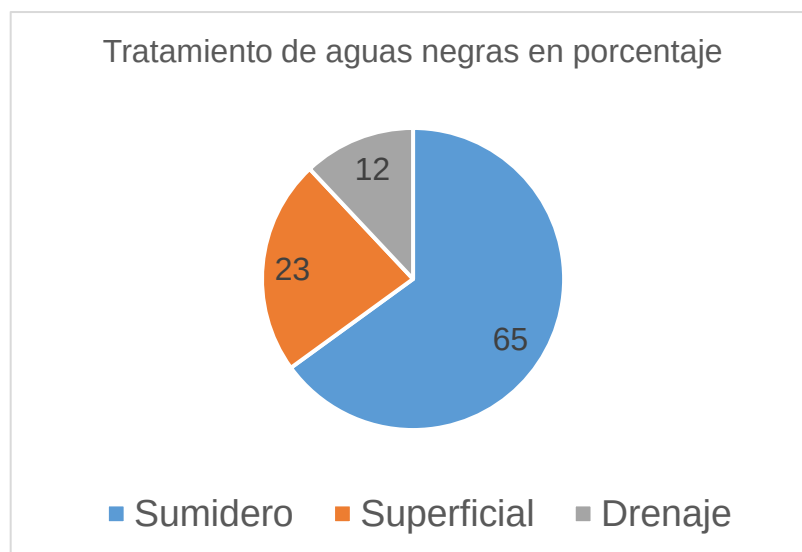
El 17% faltante no se dedica a la agricultura, este porcentaje se dedica netamente al trabajo de jornales, albañilería entre otras labores.



Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 42. Porcentaje de personas que realizan abono.

En la figura 43, se representa las formas de aguas negras que existen en la aldea. Solamente el 12 % de los pobladores tienen acceso al servicio de drenaje y el 88 % restante se divide en 65 % crearon sumideros en los hogares y el 23 % es superficial.



Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 43. Tratamiento de aguas negras en porcentaje.

En la figura 44, se representa la calidad de agua que existe en la aldea. El 92 % de los pobladores indican que el agua potable es de calidad. La inconformidad que manifiestan es la irregularidad del servicio durante la semana.



Fuente: elaboración propia (2019).

Figura 44. Calidad de agua en porcentaje.

3.5.5 Evaluación del servicio

1. Se realizó una base de datos de primera fuente de ingresos y gastos de las familias de la aldea de San José Xepatán. Donde los pobladores indican que los gastos mensuales oscilan entre Q. 500.00 a Q. 1,000.00 por familia. Los ingresos promedios de las familias en la aldea, ayudará a la Asociación a re dirigir los programas actuales que se implementan en la misma.
2. Las actividades económicas productivas en la aldea están enfocadas un 90 % en la agricultura para el sexo masculino, para el sexo femenino un 30 % está en la elaboración de tejidos típicos, 40 % ayuda en labores de campo y 30 % se dedican a actividades del hogar. La información de las actividades económicas realizadas en la aldea se incluirá en la redacción y gestión para los programas del año 2020 por parte de la Asociación Sotz'il a los donadores.

3. Los habitantes de la aldea no cuentan con manejo de desecho sólidos. Aproximadamente el 20 % de la población realiza la actividad de reciclar. En la aldea cuentan con un pozo comunal que abastece a las viviendas de agua potable y el 92 % de las personas indican que el agua es de calidad. Solamente un 12 % cuentan con un sistema de drenaje para la disposición de aguas negras. En cuanto a la utilización de abonos, solamente el 12 % realiza o utiliza abono orgánico para sus siembras y el 100 % de las personas que se dedican a la agricultura no implementan prácticas de conservación de suelo. La información recopilada del ámbito ambiental se analizará por la parte financiera del programa ambiental dentro de la asociación Sotz'il y posteriormente ejecutar una acción viable.

3.6 Servicio 3: Capacitación de Buenas Prácticas Agrícolas en aldea El Sitio, Patzún, Chimaltenango.

3.6.1 Presentación

En la aldea El Sitio, Patzún se capacitó a los ocho integrantes de la junta directiva del grupo organizado en temas de Buenas Prácticas Agrícolas, BPA's continuando el proceso que tiene el grupo dentro de la asociación Sotz'il con la finalidad de ser certificados. Los temas a conocer fueron, la calibración de mochilas aspersoras, asimismo, se les elaboró dos manuales; uno para la manipulación y aplicación de productos fitosanitarios y un manual para la limpieza de centro de acopio y canastas.

3.6.2 Objetivos

A. Objetivo general

Capacitar a los integrantes del grupo organizado de agricultores de la aldea el Sitio en Buenas Prácticas Agrícolas BPA's.

B. Objetivos específicos

1. Capacitar a los integrantes del grupo organizado de agricultores en la calibración de mochilas aspersoras.
2. Elaborar un manual para la manipulación y aplicación de productos fitosanitarios.
3. Elaborar un manual para la limpieza de centro de acopio y canastas.

3.6.3 Metodología

A. Calibración de mochilas aspersoras

Procedimiento:

- a. Delimitar un área conocida (AC), por ejemplo, de 50 metros lineales y 2 metros de ancho, lo que equivale a 100 metros cuadrados.
- b. Determinar la velocidad constante con la que camina un aplicador durante un día de trabajo. El aplicador debe caminar varias veces en los 50 metros lineales, hasta que su velocidad sea constante. Esto se determina, tomando el tiempo en que camina esos 50 metros.

$$\text{a. Velocidad de trabajo (Metros/minutos)} = \frac{\text{Distancia recorrida metros}}{\text{Tiempo para recorrer la distancia (minutos)}}$$

- c. Llenar la mochila de agua con un volumen conocido (V1).
- d. . Colocar la mochila aspersora en la espalda del aplicador. El aplicador debe accionar la palanca hasta la presión máxima, es decir, hasta que la palanca ya no baje completamente
- e. Avanzar sobre el área delimitada en el paso 1, asperjando el líquido a la velocidad constante establecida en el paso 2. Es importante no dejar de accionar la palanca de bombeo durante la aspersión, tratando de mantener de igual manera una presión y altura de aplicación constantes.
- f. Terminada la aspersión se mide el volumen de agua sobrante en el tanque de la mochila aspersora, el cual se conocerá como V2, con el propósito de determinar la cantidad de líquido asperjado mediante la fórmula siguiente:

a. *Volumen de agua aplicado* (va) = $V1 - V2$

- g. Del paso 2 al 6 se repite al menos 3 veces y se calcula el promedio de gasto.
- h. Una vez se conoce el volumen asperjado en el área delimitada, se calcula el dato a una hectárea o el área a asperjar a través de la siguiente formula:

a. *Volumen de agua a aplicar en 1 ha* (VA) = $(10,000 m^2 * va)/AC$

b. va = Volumen de agua aplicado

c. AC = Área conocida ($100 m^2$)

- i. Se realiza la mezcla, con la cantidad del producto recomendada por el asesor técnico o la etiqueta del producto y la cantidad de agua estimada para su aplicación en un tanque. Es importante leer las especificaciones de la etiqueta de los productos para evitar una incompatibilidad que ocasione obstrucción en las boquillas.

B. Manual de para la manipulación y aplicación de productos fitosanitarios

Documentar el plan de trabajo y los resultados e implementar las acciones: Se realizaron tablas en un documento de Excel, para documentar los métodos de verificación, y además se indicó para cada caso algunas acciones correctivas o preventivas, se indicó también quien o quienes eran los responsables de dichas acciones correctivas o preventivas. .

C. Manual para la limpieza de centro de acopio y canastas

Documentar el plan de trabajo y los resultados e implementar las acciones: Se realizaron tablas en un documento de Excel, para la documentación de los métodos de verificación

dentro de la bodega y así llevar registros de las personas encargadas de las acciones, así como la persona encargada de la supervisión.

3.6.4 Materiales y equipo

Materiales:

- Cinta métrica
- Rafia
- Estacas
- Mochila aspersora
- Recipiente graduado
- Cronometro
- Libreta de apuntes
- Cubeta

3.6.5 Resultados

A través de los pasos realizados en la metodología se indicó la importancia de la calibración de las mochilas aspersora las cuales son: aplicar la dosis precisa de producto para evitar aplicar exceso de producto; lo cual es un gasto innecesario de recursos, evitar la contaminación al entorno y que el producto sea poco efectivo.

A. Calibración de mochilas aspersoras

La capacitación de calibración de mochilas aspersoras se impartió a los ocho integrantes de la junta directiva del grupo organizado de agricultores de la aldea El Sitio.

B. Manual de para la manipulación y aplicación de productos fitosanitarios

En el anexo 2, se observa el manual para la manipulación y aplicación de productos fitosanitarios para el grupo de productores en el manual se indica el procedimiento con figuras ilustrativas, materiales, equipo y las consideraciones necesarios para el correcto uso de los productos fitosanitarios.

C. Manual para la limpieza de centro de acopio y canastas

En el anexo 3, se observa el manual para la limpieza de centro de acopio y canastas para el grupo de productores de San José Xepatán, en el manual se describe el procedimiento, materiales, equipo y métodos de verificación.

3.6.6 Evaluación del servicio

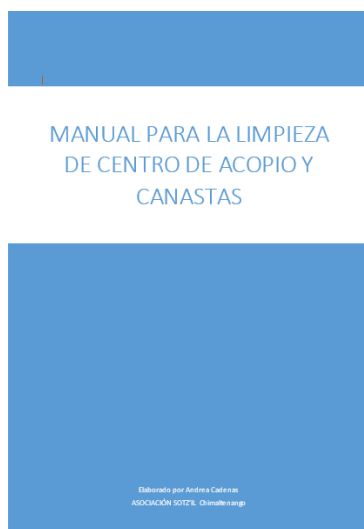
1. Se capacitaron a los ocho integrantes de la junta directiva en la calibración de mochilas aspersoras, para su posterior divulgación con el resto de integrantes del grupo de productores de la aldea de San José Xepatán.
2. Se elaboró el manual de manipulación y aplicación de productos fitosanitarios para los participantes de productores de la aldea de San José Xepatán que se implementará en su bodega.
3. Se diseñó el manual para la limpieza de centro de acopio y canastas para los participantes de productores de la aldea de San José Xepatán, en este se indica el procedimiento, materiales y equipo para su implementación.

3.6.7 Apéndice



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 45. Manual para la manipulación de productos fitosanitarios



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 46. Manual para la limpieza de centro de acopio y canastas

3.7 BIBLIOGRAFÍA

1. Fundación hondureña de investigación agrícola. (2004). Prácticas de conservación de suelo. Honduras (en línea).
[Http://fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/gppractconssuelos.pdf](http://fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/gppractconssuelos.pdf)
2. Instituto Nacional de Estadística. (2019). Canasta básica alimentaria y canasta ampliada enero de 2019 (en línea). Guatemala.
[Https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2019/02/07/20190207114816Qr9erLDhFszDZ3AgrA5NDIVCs9KURG0w.pdf](https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2019/02/07/20190207114816Qr9erLDhFszDZ3AgrA5NDIVCs9KURG0w.pdf).
3. Ministerio de Trabajo y Previsión Social. (2019). Salarios mínimos agrícola 2019 (en línea).
Guatemala. [Https://www.mintrabajo.gob.gt/index.php/dgt/salario-minimo](https://www.mintrabajo.gob.gt/index.php/dgt/salario-minimo)
4. Taboada L. (2011). Prácticas de conservación de suelo en laderas (en línea). Ministerio de
Agricultura Perú. Perú. [Https://es.scribd.com/doc/73965797/Practicas-de-Conservacion-de-Suelos-en-Laderas](https://es.scribd.com/doc/73965797/Practicas-de-Conservacion-de-Suelos-en-Laderas)





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



REF. Sem. 01/2021

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO:

"ESTIMACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DEL
SUELO POR EROSIÓN HÍDRICA PARA EL
MUNICIPIO DE PATZÚN, DEPARTAMENTO DE
CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A."

DESARROLLADO POR LA ESTUDIANTE:

ANDREA ESTEFANÍA CADENAS HERNÁNDEZ

CARNE:

201111975

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Carlos Fernando Búcaro
Ing. Agr. Renato Gerardo De León Ruiz
Dr. David Monterroso Salvatierra

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.

Ing. Agr. Renato Gerardo de León Ruiz
ASESOR ESPECÍFICO

Dr. David Monterroso Salvatierra
DOCENTE-ASESOR EPS

Ing. Agr. Carlos Fernando López
DIRECTOR DEL IIA

CFLB/nm
c.c. Archivo

Andrea Cadenas.



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA -FAUSAC-
AREA INTEGRADA – EPS-**



DICTAMEN DEL SEMINARIO “REUNIÓN ACADÉMICA II”

Nombre: Andrea Estefanía Cadenas Hernández

Carné: 201111975

Fecha de Realización: 19-02-20

Título: Descripción del nivel de degradación por erosión hídrica para el municipio de Patzún. Chimaltenango.

TERNA EVALUADORA:

Evaluador: Renato de León Ruiz (Asumió como asesor)

Asesor: Ausente

Coordinador: Dr. David Monterroso Salvatierra

EVALUACIÓN:

-Presentación Oral (27/35)

-Documento (24/35)

- Total (51/70)

La terna evaluadora del seminario, Reunión Académica II, considera que el trabajo del estudiante tiene la calidad requerida para su **APROBACIÓN** y sugiere incorpore al documento las siguientes recomendaciones para finalizar el informe respectivo.

Recomendaciones: (1) Atender las normas de redacción y cuidar la ortografía; cotejar estructura del documento con la guía Eps; (2) Ver las anotaciones hechas en las copias del documento por los evaluadores e incorporar las correcciones al documento final; (3) Fortalecer el marco teórico: para sustentar de mejor manera la discusión de resultados, sus conclusiones y recomendaciones (por ej: conocimiento sobre métodos sencillos para estimar erosión hídrica, para mejorar su autocritica por no usar alguno de ellos para contrastar la estimación teórica).

NOTA: Si el trabajo ha sido aprobado, incorpore las correcciones y preséntelas oficialmente a su asesor-supervisor para la finalización del informe.

Fecha de Entrega del dictamen: 03-03-20

Firma de Recibido:

[Firma manuscrita] 5-03-2020

[Firma manuscrita]

Asesor-supervisor
Dr. David Monterroso Salvatierra



Coordinador Área Integrada

cc. Estudiante, Asesor-supervisor, Asesor Especifico, Archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Acreditada Internacionalmente



No. 66.2021

Trabajo de Graduación: "ESTIMACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DEL SUELO POR EROSIÓN HÍDRICA PARA EL MUNICIPIO DE PATZÚN, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN ALDEAS SAN JOSÉ XEPATÁN, XETZITZÍ, SAN JOSÉ XEPATÁN Y EL SITIO, PATZÚN, GUATEMALA, C.A."

Estudiante: Andrea Estefanía Cadenas Hernández

Carné: 201111975

"IMPRÍMASE"

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
DECANO

A blue ink signature of Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes is written over a circular official stamp. The stamp contains the text "UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS", "DECANO", and "FACULTAD DE AGRONOMÍA".

