

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**DIAGNÓSTICO DE LA PÉRDIDA DE SUELO POR EROSIÓN HÍDRICA, DIAGNÓSTICO
Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA FINCA LA MONTAÑITA, SAN AGUSTÍN
ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, GUATEMALA, C.A.**

GRESIA DALAL RAMOS SOLORZANO

GUATEMALA, MAYO 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**DIAGNÓSTICO DE LA PÉRDIDA DE SUELO POR EROSIÓN HÍDRICA, DIAGNÓSTICO
Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA FINCA LA MONTAÑITA, SAN AGUSTÍN
ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, GUATEMALA, C.A.**

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

POR

GRESIA DALAL RAMOS SOLORZANO

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERA AGRÓNOMA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA

GUATEMALA, MAYO 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA



RECTOR EN FUNCIONES
M.A. Pablo Ernesto Oliva Soto

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	P. Agr. Marlon Estuardo González Álvarez
VOCAL V	Br. Sergio Wladimir González Paz
SECRETARIO	Ing. Agr. Walter Aroldo Reyes Sanabria

GUATEMALA, MAYO DE 2021

Guatemala, mayo 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 “DIAGNÓSTICO DE LA PÉRDIDA DE SUELO POR EROSIÓN HÍDRICA EN LA FINCA LA MONTAÑITA, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, GUATEMALA, C.A”, como requisito previo a optar al título de Ingeniera Agrónoma en Recursos Naturales Renovables, 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 purple ink, enclosed within a large, loopy oval shape. The signature itself is cursive and appears to read 'Gresia Dalal Ramos Solorzano'.

GRESIA DALAL RAMOS SOLORZANO

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO:

A DIOS: por ser mi razón de vivir, brindarme su amor y compañía en todo momento, por ser mi proveedor, mi refugio, guía, maestro, amigo, padre, hermano, sanador, mi luz y salvación, por ser mi todo. Sin su ayuda no hubiese sido posible este logro.

A JESÚS: mi fiel amigo, por dar su preciosa vida por todos y su eterno amor. Mi intercesor, mi ayuda. Por compartir conmigo los momentos más difíciles y los más felices en mi vida, por ser lo mejor que me ha pasado en la vida.

A MI PATRIA: Guatemala tierra bendita, de la eterna primavera.

A MI FAMILIA: mi padre, madre y hermanos cuyo apoyo ha sido fundamental durante toda mi vida.

A Dr. Aníbal Sacbajá e Inga. Agr. Celena Carias: sin duda Dios me colocó en el lugar y tiempo indicado para conocer a dos personas muy especiales en mi vida y que me han brindado su apoyo incondicional. No tengo palabras ni cómo agradecer que estén en mi vida.

USAC: por ser mi casa de estudios, por brindarme apoyo económico por medio de una beca para continuar con mis estudios en el momento que más lo necesitaba. Por dejar un recuerdo especial en mi mente y corazón de los momentos vividos en sus instalaciones.

FAUSAC: por brindarme a través del personal docente conocimientos valiosos para desarrollarme en el ámbito profesional. También agradezco por el esfuerzo de muchos catedráticos en la formación estudiantil para brindarle al país profesionales que contribuyan a la solución de las diversas problemáticas relacionadas al ámbito agrícola y en relación a los recursos naturales. Muchas gracias personal docente y administrativo de la facultad.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme culminar mis estudios profesionales.

A mi padre, madre y hermanos por su amor y valioso apoyo incondicional.

A mis asesores Dr. Marvin Salguero, Dra. Lily Gutiérrez, por su apoyo y confianza en la realización del presente documento.

A Ing. Agr. Pedro Peláez, por su importante apoyo para que el presente documento continuara el proceso establecido previo a su aprobación.

A Ing. Luis Hilton por su confianza, apoyo y consideración para realizar el Ejercicio Profesional Supervisado en la finca La Montañita, propiedad de la ENCA.

A Ing. Pablo Cordón por compartir su valioso conocimiento en relación al sector forestal, entomología forestal y por su especial amistad.

A Escuela Nacional Central de Agricultura, por brindarme la oportunidad de realizar el Ejercicio Profesional Supervisado en las instalaciones de la finca La Montañita.

Al personal del laboratorio de suelos Salvador Castillo de la Facultad de Agronomía, especialmente a los Ingenieros Ana Celena Carias y Aníbal Sacbajá, por brindarme sus conocimientos y amistad.

A comunitarios de la aldea Conacaste, La Montañita y Aguahiel por su grato apoyo y participación en las actividades de extensión realizadas y por su especial amistad.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Página

CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA FINCA LA MONTAÑITA, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, GUATEMALA, C.A.....	1
1.1. PRESENTACIÓN	2
1.2. MARCO CONCEPTUAL	3
1.2.1. Aspectos generales	3
1.2.2. Aspectos biofísicos de la finca La Montañita	9
1.2.3. Aspectos relacionados a la tierra.....	13
1.2.4. Principales características de los recursos naturales	16
1.3. OBJETIVOS.....	23
1.3.1. General	23
1.3.2. Específicos	23
1.4. METODOLOGÍA	24
1.4.1. Recopilación de información disponible de la finca	24
1.4.2. Recopilación de información en campo	24
1.5. RESULTADOS	25
1.6. CONCLUSIONES	29
1.7. RECOMENDACIONES.....	29
1.8. BIBLIOGRAFÍA.....	30

CAPÍTULO II

DIAGNÓSTICO DE LA PÉRDIDA DE SUELO POR EROSIÓN HÍDRICA EN LA FINCA LA MONTAÑITA, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, GUATEMALA, C.A.	31
2.1. PRESENTACIÓN	32
2.2. MARCO CONCEPTUAL	33
2.2.1. Cartografía de suelos.....	33
2.2.2. Degradación de suelos	33
2.2.3. Erosión.....	34
2.2.4. Erosión hídrica.....	34
2.2.5. Factores que influyen en la erosión hídrica	35

	Página
2.2.6. Tipos de erosión hídrica.....	35
2.2.7. Estimación de la erosión hídrica	36
2.2.8. Estudios cualitativos de erosión hídrica realizados en Guatemala	45
2.2.9. Horizontes del suelo	53
2.2.10.La fisiografía y el análisis fisiográfico	54
2.2.11.Muestreo sistemático.....	55
2.2.12.Patrón de muestreo en levantamiento de suelos: transectos	55
2.2.13.Toposecuencias	57
2.2.14.Conservación de suelos	57
2.2.15.Metodología del Marco Lógico (MML)	61
2.3. OBJETIVOS.....	63
2.3.1. Objetivo general.....	63
2.3.2. Objetivos específicos	63
2.4. METODOLOGÍA	64
2.4.1. Identificación de los tipos y grados de erosión hídrica.....	64
2.4.2. Identificación de las principales causas que ocasionan la pérdida de suelo por erosión hídrica	69
2.4.3. Elaboración del plan general de manejo para contribuir a la reducción de pérdida de suelo	69
2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	71
2.5.1. Identificación de los tipos y grados de erosión hídrica.....	71
2.5.2. Identificar las principales causas que ocasionan la pérdida de suelo por erosión hídrica	87
2.5.3. Elaboración de plan general de manejo para contribuir a la reducción de pérdida de suelo	90
2.6. CONCLUSIONES	92
2.7. RECOMENDACIONES.....	93
2.8. BIBLIOGRAFÍA.....	94
2.9. ANEXOS.....	98

CAPÍTULO III

INFORME DE SERVICIOS REALIZADOS EN LA FINCA LA MONTAÑITA, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, GUATEMALA. C.A.....	134
3.1. PRESENTACIÓN	135
3.2. SERVICIO 1: PRODUCCIÓN DE COMPOST PARA LA PREPARACIÓN DE SUSTRATO PARA LA SIEMBRA DE SEMILLA DE MACADAMIA (<i>Macadamia integrifolia</i>) EN BOLSA EN EL VIVERO DE LA FINCA LA MONTAÑITA, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, GUATEMALA.....	136
3.2.1. Objetivos.....	136
3.2.2. Metodología	136
3.2.3. Resultados.....	138
3.2.4. Evaluación	140
3.2.5. Bibliografía.....	140
3.3. SERVICIO 2: REALIZACIÓN DEL DIAGNÓSTICO FITOSANITARIO EN PLANTACIONES DE PINO (<i>Pinus oocarpa</i>) FINCA LA MONTAÑITA, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, GUATEMALA	141
3.3.1. Objetivos.....	141
3.3.2. Metodología	141
3.3.3. Resultados.....	144
3.3.4. Evaluación	147
3.3.5. Bibliografía.....	148
3.5. SERVICIO 3. TALLER DE CONCIENTIZACIÓN SOBRE LA CONSERVACIÓN DEL BOSQUE A LOS COMUNITARIOS DE LA ALDEA CONACASTE, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, GUATEMALA	149
3.5.1. Objetivos.....	149
3.5.2. Metodología.....	149
3.5.3. Resultados.....	152
3.5.4. Evaluación	153
3.5.5. Bibliografía.....	153

Página

3.6. SERVICIO 4. PREPARACIÓN ACADÉMICA DE ESTUDIANTES DE TERCERO BÁSICO DE LA ALDEA EL CONACASTE, AGUAHIEL, LA MONTAÑITA Y COMAJA, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, PREVIO A LOS EXÁMENES DE PRESELECCIÓN DE LA ENCA	154
3.6.1. Objetivos.....	154
3.6.2. Metodología	154
3.6.3. Resultados.....	157
3.6.4. Evaluación	159
3.6.5. Bibliografía.....	159

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	Página
Cuadro 1. POA finca La Montañita.....	6
Cuadro 2. Pendientes finca La Montañita	10
Cuadro 3. Uso de la tierra finca La Montañita	14
Cuadro 4. Caudales promedio corrientes presentes finca La Montañita	17
Cuadro 5. Inventario forestal de las plantaciones establecidas bajo el programa de ..incentivos forestales PINFOR en Finca La Montañita	21
Cuadro 6. Matriz de priorización de problemas	25
Cuadro 7. Clasificación de los grados de erosión.	44
Cuadro 8. Rangos asignados a los tipos de erosión según el grosor del primer ..horizonte.....	45
Cuadro 9. Áreas y tipos de erosión encontrada en la microcuenca del río Pachoj.....	46
Cuadro 10. Rangos asignados a los tipos de erosión según el grosor del primer horizonte.....	48
Cuadro 11. Tipos de erosión hídrica presentes en la microcuenca del río Balanyá.....	48
Cuadro 12. Rangos de profundidad y tipos de erosión.	50
Cuadro 13. Tipos de erosión obtenidos en el proceso de fotointerpretación y según las observaciones realizadas en campo.	51
Cuadro 14. Descripción de las características de los horizontes del suelo.	53
Cuadro 15. Fotografía de acuerdo a la línea de vuelo.	65
Cuadro 16. Tipo de erosión preliminar en el sector A de la finca La Montañita.....	71
Cuadro 17. Datos recopilados de cajuelas elaboradas para la comprobación del mapa preliminar de erosión hídrica.....	73
Cuadro 18. Rangos asignados a las clases de erosión según el grosor del horizonte superficial adaptando para esto la clasificación USDA (2017):.....	74

CUADRO	Página
Cuadro 19. Estimación del porcentaje de pérdida del horizonte superficial de acuerdo ..a los muestreos realizados.	75
Cuadro 20. Tipos y grados de erosión hídrica finca La Montañita.....	75
Cuadro 21. Datos recopilados en puntos de muestreo (cajuelas) y resultados de ..muestras de suelo respectivas de cuatro toposecuencias.....	79
Cuadro 22. Propuesta de proyectos.....	90
Cuadro 23A. Datos recopilados durante caminamientos realizados dentro de la finca La Montañita para la comprobación del mapa preliminar de erosión hídrica.....	99
Cuadro 24A. Ubicación de cárcavas dentro de la finca La Montañita	111
Cuadro 25A. Información de cajuelas de acuerdo a cada toposecuencia.....	112
Cuadro 26A. Propuesta de acciones y proyectos de acuerdo a los medios para disminuir la pérdida de suelo por erosión hídrica en la finca La Montañita .	118
Cuadro 27A. Proyecto: elaboración y ejecución de plan de manejo forestal para pino (Pinus oocarpa).....	119
Cuadro 28A. Proyecto: establecimiento de parcelas permanentes de monitoreo (PPM) en plantaciones de pino (Pinus oocarpa)	120
Cuadro 29A. Proyecto: elaboración y ejecución de plan de extensión comunitario enfocado en el aprovechamiento sostenible de las plantaciones forestales de pino a las comunidades de Conacaste, La Montañita y Aguahiel.....	121
Cuadro 30A. Proyecto: elaboración de estudio de identificación de especies de encino (Quercus sp) en el sector A de la finca La Montañita	122
Cuadro 31A. Proyecto: elaboración y ejecución de plan de manejo forestal para encino (Quercus sp).....	123
Cuadro 32A. Proyecto: establecimiento de parcelas permanentes de monitoreo (PPM) en bosque de encino.....	124

CUADRO	Página
Cuadro 33A. Proyecto: elaboración y ejecución de plan de extensión comunitario enfocado en el aprovechamiento sostenible del bosque de encino	125
Cuadro 34A. Proyecto: repoblación de especies en las zonas desprovistas de cobertura vegetal	126
Cuadro 35A. Proyecto: elaboración y ejecución de un plan de implementación de prácticas de conservación de acuerdo a las áreas que lo requieran.....	127
Cuadro 36A. Proyecto: establecimiento de parcelas de escorrentía	128
Cuadro 37A. Resumen financiero de acuerdo a la propuesta de proyectos	129
Cuadro 38A. Calendarización de proyectos	133
Cuadro 39. Resultados de rodales que presentaron síntomas en el follaje de acuerdo ...al diagnóstico fitosanitario realizado	145
Cuadro 40. Contenido de guía de estudio química	156
Cuadro 41. Contenido de guía de estudio matemática	156

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Página
Figura 1. Mapa de sectores finca La Montañita.....	4
Figura 2. Organización finca La Montañita.....	5
Figura 3. Pendientes finca La Montañita	11
Figura 4. Mapa fisiográfico finca La Montañita.....	13
Figura 5. Mapa de capacidad de uso de la tierra finca La Montañita	15
Figura 6. Mapa de intensidad de uso de la tierra finca La Montañita	16
Figura 7. Gráfica de caudales diarios promedio finca La Montañita.....	17
Figura 8. Red hídrica finca La Montañita.....	18
Figura 9. Mapa de taxonomía de suelos finca La Montañita	20
Figura 10. Mapa de rodales y zonas buffer finca La Montañita	22
Figura 11. Mapa de tipos de erosión hídrica en la microcuenca del río Pachoj, Chimaltenango	47
Figura 12. Mapa de erosión hídrica microcuenca del río Balanyá, Chimaltenango.....	49
Figura 13. Mapa de erosión hídrica cuenca baja del río Achiguate, Escuintla	52
Figura 14. Perspectiva a nivel de paisaje. (A) las diferentes catenas o secuencias de suelos y (B) el muestreo fraccionado en laderas, distribuciones a considerar para el muestreo de suelo a esa escala	56
Figura 15. Esquema de muestreo de suelo a escala de paisaje, en toposecuencia y transectos.....	56
Figura 16. Metodología diagnóstico erosión hídrica finca La Montañita.....	70
Figura 17. Mapa preliminar de erosión hídrica de la finca La Montañita, año 2019, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso	72
Figura 18. Mapa de erosión hídrica finca La Montañita, año 2019, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso	77

FIGURA	Página
Figura 19. Mapa de ubicación de toposecuencias, año 2019. San Agustín ..Acasaguastlán, El Progreso	80
Figura 20. Toposecuencia W-E mostrando la profundidad del horizonte superficial	81
Figura 21. Comportamiento del porcentaje de materia orgánica y arcilla de acuerdo ..a la pendiente para la toposecuencia W-E	82
Figura 22. Toposecuencia SW mostrando la profundidad del horizonte superficial	83
Figura 23. Toposecuencia SE mostrando la profundidad del horizonte superficial	84
Figura 24. Toposecuencia NE mostrando la profundidad del horizonte superficial	85
Figura 25. Árbol de problemas relacionado a la erosión hídrica ..de la finca La Montañita	87
Figura 26. Árbol de objetivos relacionado a la erosión hídrica ..de la finca La Montañita	89
Figura 27A. Mapa de caminamientos para la comprobación del mapa de erosión preliminar	98
Figura 28A. Mapa de pendientes finca La Montañita, año 2019	107
Figura 29A. Mapa de uso de la tierra 2019 de la finca La Montañita, año 2019.....	108
Figura 30A. Unidades fisiográficas sector A de la finca La Montañita, año 2019.....	109
Figura 31A. Mapa de ubicación de puntos de muestreo (cajuelas), año 2019	110
Figura 32A. Grosor de horizonte A de cajuelas 8, 9 y 11 de izquierda a derecha de la toposecuencia W-E.....	113
Figura 33A. Grosor de horizonte A de cajuelas 15, 19 y 20 de izquierda a derecha de la toposecuencia W-E	114
Figura 34A. Grosor de horizonte A de cajuelas 10, 11 y 12 de izquierda a derecha de la toposecuencia SW	115
Figura 35A. Grosor de horizonte A de cajuelas 22, 7 y 17 de izquierda a derecha de la toposecuencia SE	116

FIGURA	Página
Figura 36A. Grosor de horizonte A de cajuelas 21, 6 y 20 de izquierda a derecha de la toposecuencia NE	117
Figura 37. Plantas de macadamia en bolsa	138
Figura 38. Trasplante de plantas de macadamia en áreas seleccionadas en los ..hogares de los comunitarios que participaron en la actividad	139
Figura 39. Ubicación de rodales enfermos dentro de la finca La Montañita	144
Figura 40. Realización del taller en salón comunal y entrega de plantas de cedro y ..madrecacao a comunitarios	152
Figura 41. Estudiantes que participaron en las clases magistrales	157

TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN LA FINCA LA MONTAÑITA, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, GUATEMALA, C.A.

RESUMEN

Los resultados del presente documento se obtuvieron con base en las actividades realizadas en la finca La Montañita, ubicada en el municipio de San Agustín Acasaguastlán, departamento de El Progreso. Esta finca es propiedad de la Escuela Nacional Central de Agricultura -ENCA- y su enfoque principal es académico pues debido a su cobertura forestal, se realizan diversas actividades por parte de personal académico de la ENCA y estudiantes de la carrera de perito forestal de dicha institución, cuyo lema es “Aprender Haciendo”.

La finca La Montañita cuenta con 182.54 ha de las cuales más del 75% está cubierta por bosque de regeneración de encino y bosque de protección en zonas de ribera. La finca también cuenta con plantaciones de pino (*Pinus oocarpa*), cedro (*Cedrela odorata*), sistemas agroforestales de café combinado con plantas del género Inga entre otros. Lo mencionado anteriormente se encuentra en el Capítulo I que además contiene información sobre el recurso hídrico y el recurso suelo, ya que en dicho capítulo se encuentra el diagnóstico de los recursos naturales de la finca.

En el Capítulo II del presente documento se encuentra el análisis de pérdida de suelo por erosión hídrica dentro de la finca, en donde el 57.85% del área de la finca posee erosión laminar con cárcavas en grado leve, mientras que el resto del área presentó otros tipos y grados de erosión como lo es la erosión laminar grado moderado y leve. Además, se realizó el análisis de toposecuencias para determinar la variación del espesor del horizonte superficial en relación a las pendientes dentro de la finca. Finalmente, con el objetivo de contribuir a la disminución de la degradación del suelo por erosión hídrica, se propone una serie de proyectos a implementar diseñados de acuerdo a la metodología del marco lógico.

Por otro lado, como parte de las actividades realizadas, se presenta en el Capítulo III los servicios llevados a cabo dentro de la finca y en la comunidad Conacaste. Dentro de las instalaciones de la finca se realizó un diagnóstico fitosanitario con el objetivo de identificar las enfermedades presentes en la masa forestal, preparación académica a estudiantes de las aldeas Conacaste, La Montañita, Aguahiel y Comaja, así como también la siembra de semillas de macadamia con la participación de los comunitarios de la aldea Conacaste, en donde directamente se realizaron talleres enfocados a la conservación del bosque y trasplante de plantas de macadamia en áreas disponibles dentro de sus domicilios como parte de las actividades de extensión.

1. CAPÍTULO I. DIAGNÓSTICO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA FINCA LA MONTAÑITA, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, GUATEMALA, C.A.



1.1. PRESENTACIÓN

La Escuela Nacional Central de Agricultura ENCA, es una institución dedicada a la formación de estudiantes de la carrera de Perito Forestal y Agrónomo a nivel medio. Esta institución posee como parte de su patrimonio la finca La Montañita, ubicada en el municipio de San Agustín Acasaguastlán, del departamento de El Progreso, que a su vez fue entregada por parte de FONTIERRAS, finalizando el proceso de adquisición del inmueble el 22 de marzo de 2004. Esta finca se encuentra conformada por dos sectores, el sector A y sector B. De acuerdo en lo anterior, la finca La Montañita fue adjudicada a la ENCA con el objetivo de fortalecer la formación de los estudiantes de la carrera de perito forestal, pues tendrán acceso a proyectos de conservación forestal y vida silvestre, así como también, manejo productivo del bosque o plantaciones forestales, investigación forestal, entre otros fines.

Cada año la ENCA realiza un Plan Operativo Anual para la finca La Montañita, cuyo enfoque se centra en la conservación y manejo del recurso forestal; sin embargo, debido a la cercanía de la finca con comunidades, se ha integrado a dicho programa el apoyo social a las comunidades colindantes, que en este caso es la aldea La Montañita, Conacaste, Comaja y Aguahiel, con el fin de mejorar las relaciones sociales con los diferentes actores en el área. Por lo anterior, cada año la ENCA brinda oportunidades a estudiantes de la Facultad de Agronomía para realizar el Ejercicio Profesional Supervisado en las instalaciones de la finca La Montañita, con el objetivo de brindar apoyo a las actividades propuestas en cada Plan Operativo Anual y con ello lograr las metas propuestas.

Con base en lo anterior, para brindar apoyo al Plan Operativo Anual del año 2019, se realizó el diagnóstico correspondiente para conocer las metas del POA para el año antes mencionado; las metas fueron las siguientes: conservación de fuentes de agua, manejo y conservación de suelo para establecimiento de parcelas demostrativas de agricultura en laderas, desarrollo de sistemas agroforestales (SAF), manejo, reforestación y protección de bosques y vida silvestre, aprovechamiento de recurso forestal acorde al plan de manejo elaborado por el sector forestal ENCA esperando el aprovechamiento de cinco hectáreas para la obtención de madera, leña y carbón, finalmente, realizar la gestión de los proyectos ante instituciones correspondientes. Además, por medio del diagnóstico realizado, también fue posible conocer las características generales del recurso forestal, hídrico y del suelo dentro de la finca, que se describen a continuación.

1.2. MARCO CONCEPTUAL

1.2.1. Aspectos generales

A. Ubicación geográfica

La finca La Montañita cuenta con 182.89 ha y se encuentra en el municipio de San Agustín Acasaguastlán, departamento de El Progreso, Guatemala. La finca se encuentra a 3.5 km del Rancho aproximadamente y en el kilómetro 88.5 de la carretera CA-9 que comunica con la ciudad de Guatemala. Las coordenadas geográficas de la entrada de la finca corresponden a:

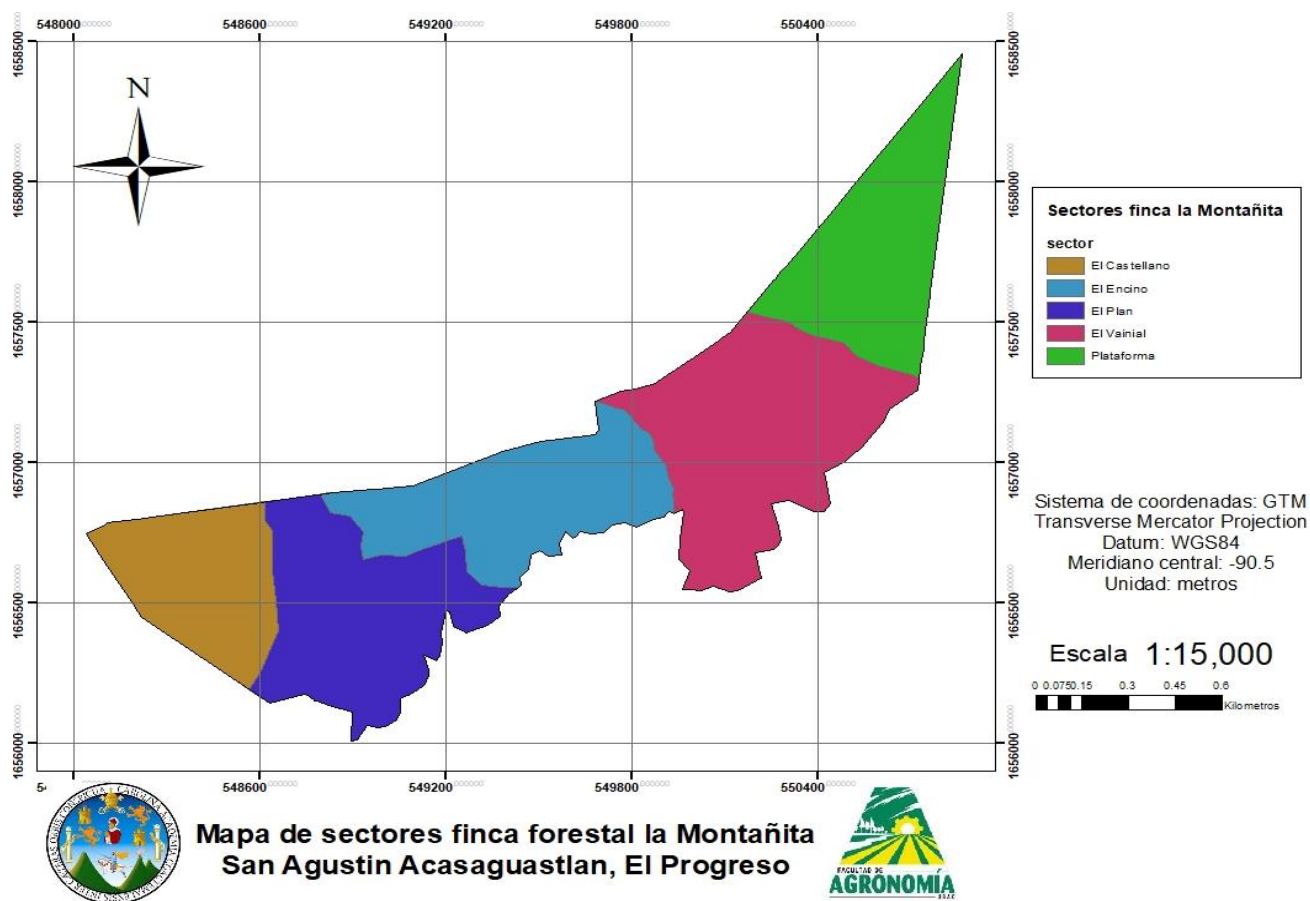
Latitud: 14°58'34.80" N

Longitud: 90° 2'40.30" W

Respecto a las aldeas que colindan con la finca, se encuentra al sur-este del sector A de la finca la aldea Conacaste, al norte colinda con la aldea los Apantes, al nor-oeste con la aldea la Montañita y al sur-este con la aldea Agua Hiel.

B. Sectorización de la finca

Así también, el sector A de la finca se subdivide en los siguientes sectores: El Castellano, El Plan, El Encino, El Vainial y Plataforma. En la figura 1 se observa la sectorización de la finca.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 1. Mapa de sectores finca La Montaña.

C. Vías de acceso

Como se mencionó anteriormente, la carretera CA-9 que comunica la ciudad de Guatemala con la entrada de la aldea Tulumajillo del municipio de San Agustín Acasaguastlán se encuentra asfaltada. A partir de la entrada de la aldea Tulumajillo hasta llegar a la finca La Montaña, la carretera es de terracería de una sola vía, la cual es transitable únicamente por carros de doble tracción (4x4) debido a las pronunciadas pendientes.

D. Infraestructura y servicios

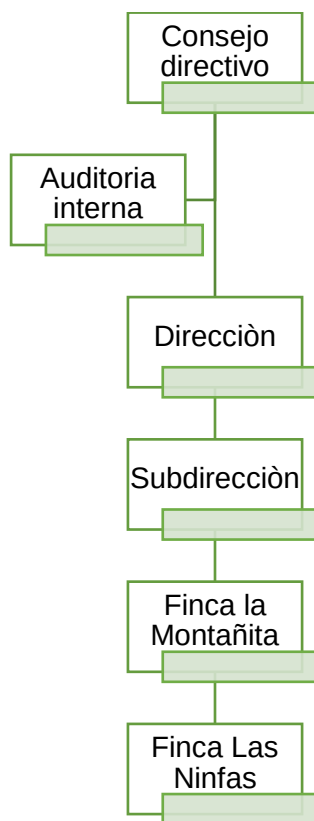
La finca cuenta con una cabaña elaborada de madera con dos niveles con una capacidad para albergar 20 personas. Esta cabaña cuenta con servicio sanitario, una ducha, una pila

y un recipiente recolector de agua tipo tinaco que es abastecido por el agua proveniente de la aldea La Montañita.

Así también, la finca cuenta con un aula elaborada con block y lámina con capacidad de 20 personas. Esta aula es utilizada con fines de capacitación a los habitantes de aldeas cercanas como La Montañita y Conacaste.

E. Organización de la finca La Montañita

A continuación, en la figura 2 se presenta la estructura organizacional para la finca La Montañita:



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 2. Organización finca La Montañita.

F. Plan Operativo Anual año 2019 finca La Montañita

A continuación, en el cuadro 1 se presenta el Plan Operativo Anual 2019 elaborado por la ENCA para la finca La Montañita, en donde se encuentra de manera resumida unidades de medida, indicadores, medios de verificación, insumos y costos de acuerdo a la meta establecida:

Cuadro 1. POA finca La Montañita.

No	Meta	Unidad de medida	Meta anual	Indicador	Medios de verificación	Insumos	Costos (Q)
1	Conservación de zonas de recarga hídrica	Hectárea	5	Número de hectáreas que contarán con plantaciones nuevas	Registro del número de árboles plantados	Plantas de pino, encino, cedro y caoba, maquinaria y nylon plástico de 10 mm	
2	Manejo y conservación de suelo para establecimiento de parcelas demostrativas de agricultura en laderas	Hectárea	2	Numero de parcelas demostrativas y sus componentes complementarios de conservación, implementados en laderas dentro de la finca	Informe de avance trimestral	Herramientas y maquinaria agrícola	

3	Desarrollo de sistemas agroforestales	Hectárea	5	Número de hectáreas conformadas con SAF para la producción de café	Registro de producción de café y notas de envío	Insumos, herramientas y maquinaria agrícola	650,000.00
4	Manejo, reforestación y protección de bosques y vida silvestre	Hectárea	25	Mejora en la calidad vegetal de los diferentes estratos que conforman el bosque a través de la implementación de prácticas silviculturales	Informe de actividades realizadas	Personal capacitado, insumos, equipo y herramientas	
5	Aprovechamiento de recursos forestales acorde al plan de manejo elaborado por el sector forestal de la Enca	Hectárea	5	Cantidad de recursos forestales aprovechados, cumpliendo con lo establecido por las normativas nacionales vigentes y reglamentos emanados por la Enca	Registro de producción y notas de envío	Insumos, herramientas y maquinaria agrícola	
6	Gestiones legales de los proyectos ante instituciones correspondientes	Hectárea	25	Cantidad de área de la finca sometida bajo incentivos forestales en las modalidades de protección, plantaciones y/o sistemas forestales	Resolución de aprobación del INAB	Incentivo financiero para la conformación de un Plan de Manejo de la plantación forestal	

Fuente: ENCA, 2019.

El POA para el año 2019 tiene como objetivo principal el manejo y producción sostenible de productos forestales en la finca La Montañita, además de conservar y aprovechar sus demás recursos naturales con el enfoque académico, social y de investigación. De acuerdo a esto, se espera que para cada una de las metas establecidas en el POA se obtengan los siguientes productos:

1. Conservación de fuentes de agua:

1.1. Reforestación de 5 hectáreas totales de las microcuencas dentro de la finca con diferentes especies, principalmente de pino, encino, cedro y caoba.

1.2. Captación de agua de lluvia para aprovechamiento de la escorrentía y agua de techos en un reservorio: para esto se espera el avance en la construcción de un reservorio de captación de agua de lluvia.

2. Manejo y conservación de suelo para establecimiento de parcelas demostrativas de agricultura en laderas:

2.1. Construcción y establecimiento de 2 hectáreas de estructuras como terrazas, curvas a nivel, pozos de absorción de agua, barreras vivas, barreras muertas y 200 metros lineales para la instalación de gaviones. También se pretende el mantenimiento de 1.7 km de caminos para el uso de la finca.

3. Desarrollo de sistemas agroforestales (SAF):

3.1. Cultivo de café: se espera el establecimiento de 2 hectáreas de café resistentes a la roya con fines de investigación. Así también se espera el mantenimiento y cosecha de 2 hectáreas de café y el mantenimiento del vivero agroforestal para la producción de café, cedro, caoba y pino, además de lograr avances en la construcción del beneficio húmedo de café y el establecimiento de 1 hectárea de especies frutales como parte de los sistemas agroforestales de la finca.

4. Manejo, reforestación y protección de bosques y vida silvestre:

4.1. Bosques: realización de podas, raleos y limpiezas en 25 hectáreas de bosque, además del mantenimiento de 3000 metros lineales de rondas corta fuego.

5. Aprovechamiento de recurso forestal acorde al plan de manejo elaborado por el sector forestal ENCA: para esto se espera el aprovechamiento de 5 hectáreas para la obtención de madera, leña y carbón.

6. Gestiones legales de los proyectos ante instituciones correspondientes: se espera la gestión para 25 hectáreas de bosque natural, plantaciones y sistemas agroforestales dentro del proyecto PINFOR.

1.2.2. Aspectos biofísicos de la finca La Montañita

A. Temperatura

La finca tiene elevaciones que van desde los 920 m.s.n.m hasta los 1800 m.s.n.m. Así también, de acuerdo a registros de temperatura de INSIVUMEH, se estima que la temperatura media para la finca La Montañita es de 24 °C, con temperaturas máximas y mínimas de 35 °C y 16 °C correspondientemente.

B. Precipitación

De acuerdo a registros de INSIVUMEH, la precipitación promedio de la finca se encuentra entre 1300 mm y 1400 mm anuales. Generalmente la época lluviosa en la zona inicia en el mes de mayo y finaliza en el mes de octubre. Los meses más lluviosos suelen ser de mayo a junio y de septiembre a octubre.

C. Pendientes

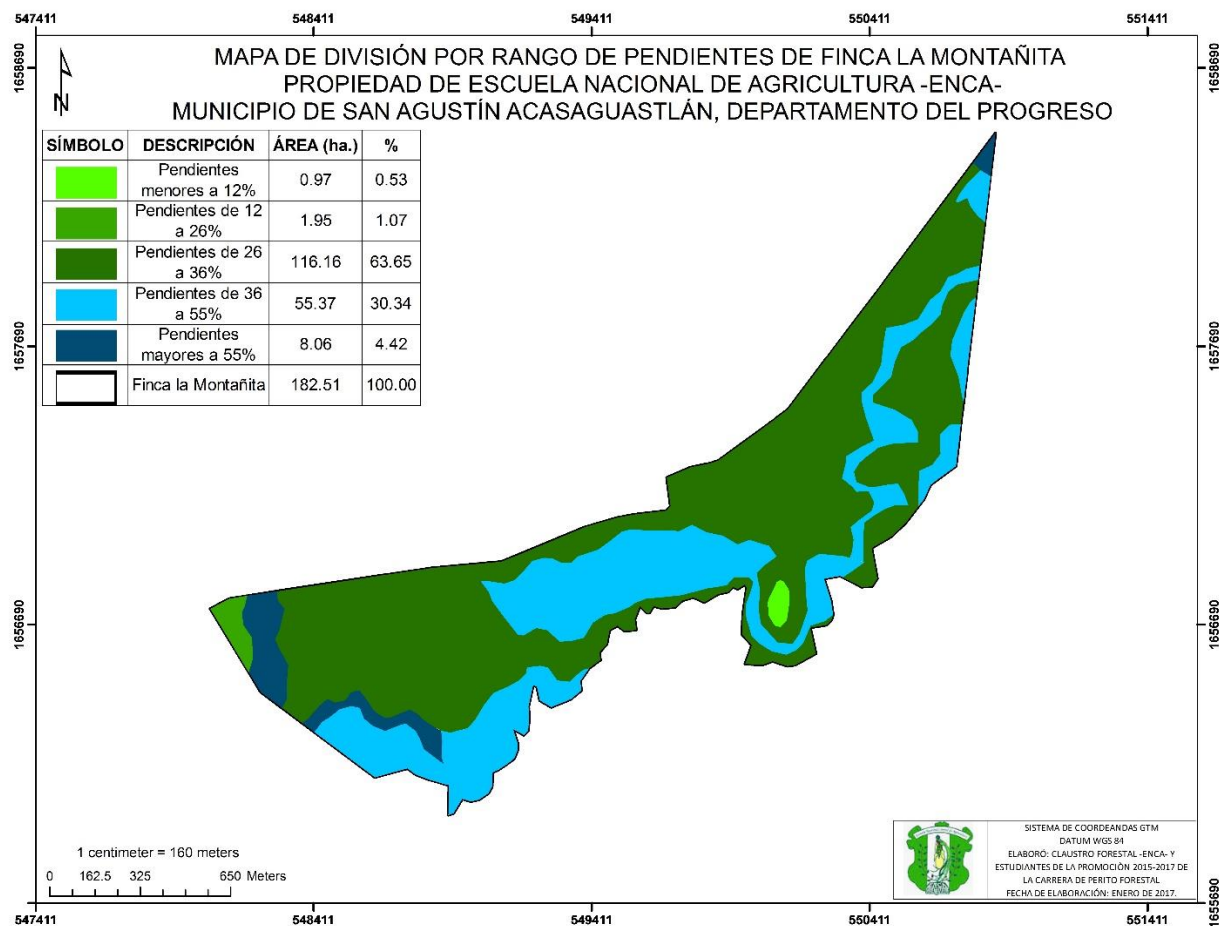
En el cuadro 2 se presenta la clasificación de las áreas de acuerdo al porcentaje de pendiente presentes en la finca La Montañita:

Cuadro 2. Pendientes finca La Montañita.

Rango porcentaje de pendiente (%)	Área (ha)	Área (%)
<12	0.97	0.53
12-26	1.95	1.07
26-36	116.16	63.65
36-55	55.37	30.34
>55	8.06	4.42
Total	182.51	100

Fuente: ENCA (Escuela Nacional Central de Agricultura). 2017a.

Como se puede observar en el cuadro 2 y figura 3, existen cinco categorías de pendientes dentro de la finca, predominando las pendientes entre 26% a 36% considerándose pendientes moderadamente pronunciadas. También se observa que el 30.34% del área de la finca posee pendientes de 36% a 55%, así como también pendientes mayores a 55 %. Con base en lo anterior, las pendientes de la finca son consideradas como moderadamente pronunciadas y pronunciadas, debido a su posición fisiográfica en el área, pues la finca se encuentra en las laderas degradadas del suroeste de La Sierra de Las Minas.



Fuente: ENCA (Escuela Nacional Central de Agricultura). 2017a.

Figura 3. Pendientes finca La Montañita.

D. Zonas de vida

Las zonas de vida presentes en la finca La Montañita de acuerdo a la Clasificación de Zonas de Vida a Nivel de Reconocimiento por De la Cruz (1982) son:

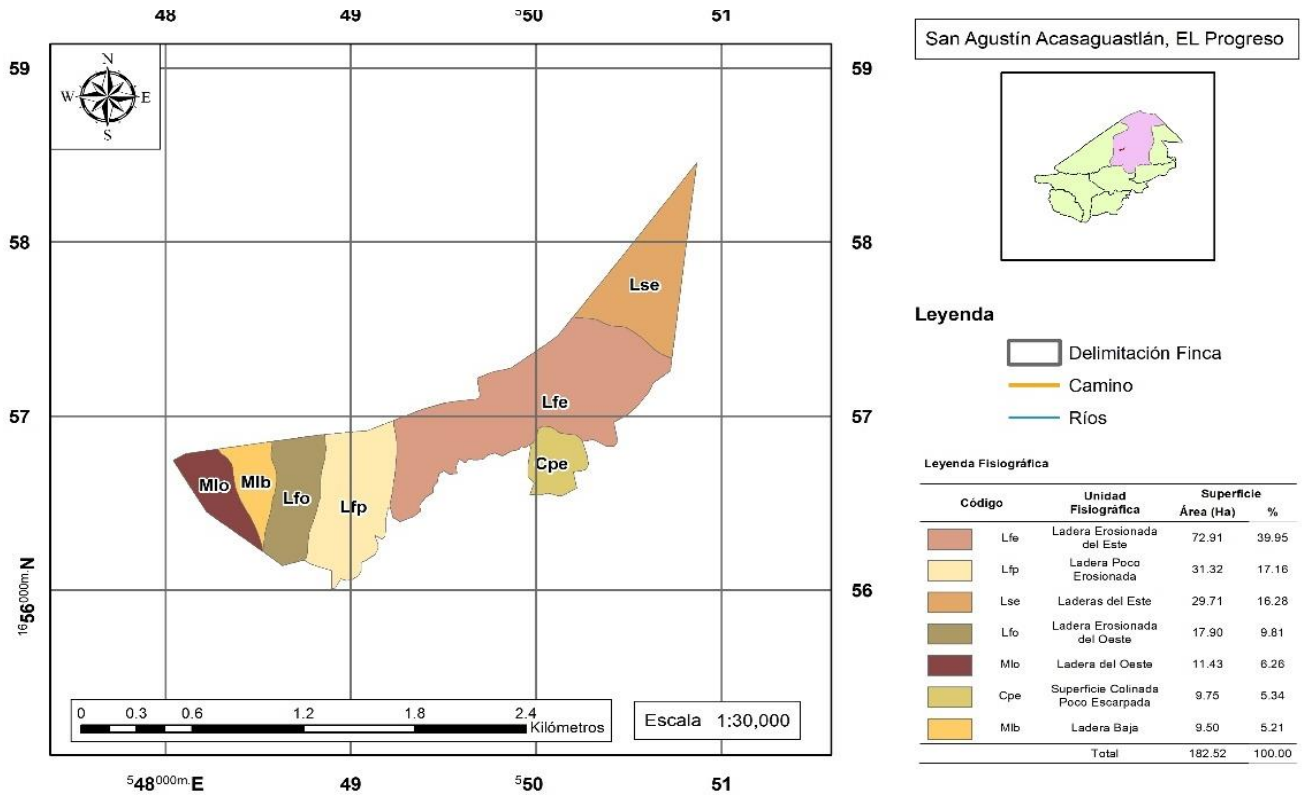
- ✓ Bosque seco subtropical (bs-S): esta comprende 34.64% de la finca, es decir, 63.22 ha. Esta zona de vida se encuentra rodeada de monte espinoso. Respecto a las condiciones climáticas, son característicos días claros y soleados durante la estación seca y parcialmente nublados durante la época de enero a abril. La época lluviosa corresponde a los meses de junio y octubre. La precipitación se encuentra entre los 500 mm a 1000 mm anuales y en promedio 855 mm anuales. La temperatura promedio de esta zona se encuentra entre los 19 °C y 24 °C. (De la Cruz 1982)

- ✓ Bosque húmedo subtropical templado (bh-S (t)): esta zona de vida ocupa el 64.54% de la finca, es decir, 117.80 ha. La época lluviosa en esta zona corresponde a los meses de mayo a noviembre, variando en intensidad según la orografía del área. la precipitación oscila entre los 1100 mm a 1349 mm en promedio anual. La temperatura varía entre los 20 °C y 26 °C. (De la Cruz 1982)
- ✓ Bosque muy húmedo subtropical frío (bmh-S (f)): esta zona ocupa 1.48 ha, es decir, 0.81% del total de la finca. El patrón de lluvias varía entre 2054 mm y 2514 mm promedio anual. Las temperaturas varían entre los 16 °C y 23 °C. (De la Cruz 1982)

E. Fisiografía

Dentro de la finca se encuentran las siguientes unidades fisiográficas: ladera oeste (11.43 ha), ladera baja (9.82 ha), ladera poco erosionada (35.98 ha), ladera erosionada (85.81 ha), colina poco escarpada El Mirador (9.75 ha) y ladera este (24.25 ha) que forman parte de las laderas degradadas del suroeste de la Sierra de las Minas. Canel Ramírez (2018).

El análisis fisiográfico de la finca es de importancia para comprender los procesos de formación que han dado origen a los suelos en el área, además de proporcionar información sobre las formas de la tierra predominantes, que para este caso son laderas, tal como se observa en la figura 4.



Fuente: Canel Ramírez, 2018.

Figura 4. Mapa fisiográfico finca La Montañita.

1.2.3. Aspectos relacionados a la tierra

A. Uso de la tierra 2019 (actividades productivas)

Como se puede observar en el cuadro 3, el uso de la tierra es en su mayoría de bosque natural de encino (*Quercus spp*), conformados por 25 rodales. Seguidamente, el uso de la tierra que también ocupa un porcentaje relativamente alto es el bosque de protección o bosques de ribera localizados en las áreas cercanas a las corrientes de agua; estos bosques están conformados por diversas especies como resultado de sucesión natural. Así también, las plantaciones de pino bajo incentivos forestales conforman un 13.61% del total del área de la finca. Otro uso de la tierra es el sistema agroforestal de café (*Coffea arabica*) junto con otras especies de sombra entre las cuales se puede mencionar el género Inga y Mussa.

Cuadro 3. Uso de la tierra finca La Montañita.

Uso de la tierra	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Bosque de protección (Buffer)	46.41	25.42
Cafetales (SAF)	8.09	4.43
Casco nuevo (El Plan)	1.07	0.59
Casco viejo (Cabañita)	0.75	0.41
Guatal ¹	2.32	1.27
Plantación de cedro	1.38	0.76
Plantación de pino (joven)	4.92	2.70
Plantación de pino (madura)	0.55	0.30
Plantación de pino (PINFOR)	24.84	13.61
Bosque natural (encino)	92.21	50.51
Total	182.54	100.00

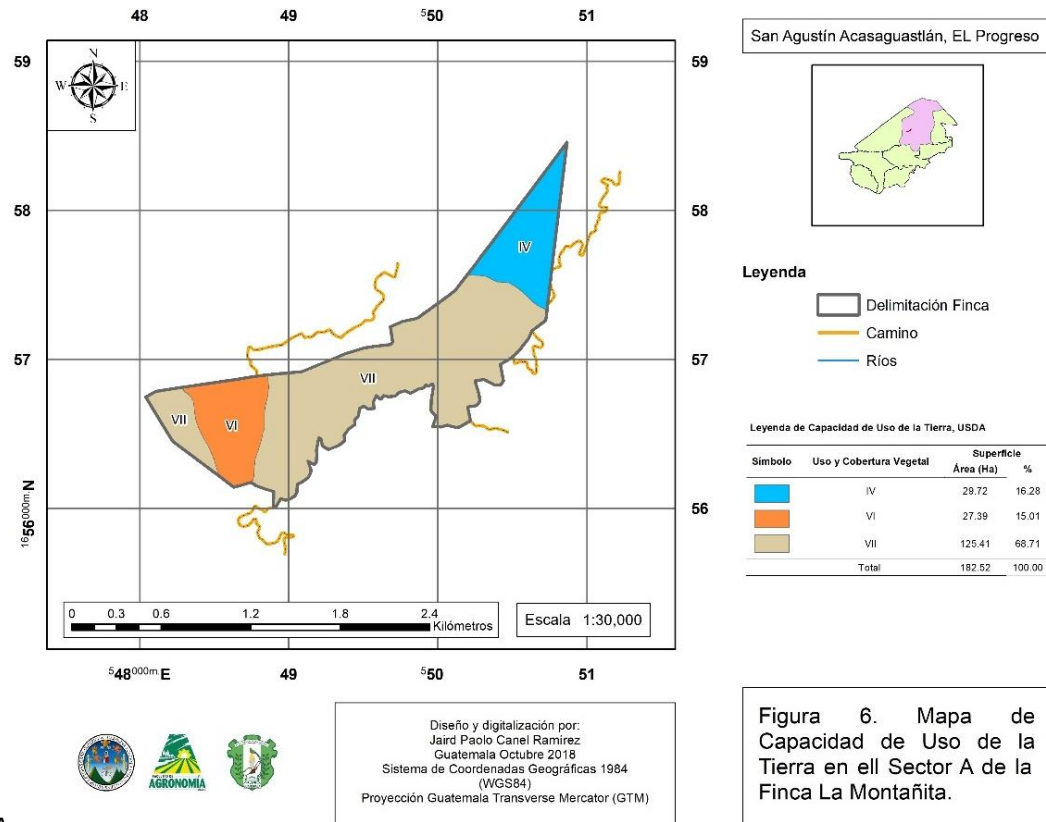
Fuente: elaboración propia, 2019.

B. Capacidad de uso de la tierra

En la figura 5, de acuerdo a Canel Ramírez (2018), se observa que la finca posee las siguientes categorías de capacidad de uso de la tierra: IV, VI y VII. La categoría IV representa el 16.28% de la finca, y son áreas con limitaciones en cuanto a pendiente, susceptibilidad a erosión, suelos superficiales, entre otras limitantes que merecen especial atención para implementar prácticas y tratamientos especiales para prevenir la erosión. (USDA 1961)

En relación a las categorías VI y VII, representan el 83.72% del área total de la finca y tienden a presentar limitaciones severas que no permiten el establecimiento de cultivos, pues las pendientes son pronunciadas, alto porcentaje de pedregosidad, zona radicular poco profunda, baja capacidad de retención de humedad, entre muchas otras limitantes que deben considerarse para el diseño de prácticas que permitan la conservación y reducción del riesgo de deterioro del suelo. (USDA 1961)

¹ Guatal: terreno utilizado para alimentar ganado luego de haber recogido la cosecha de determinado cultivo.



A

Figura 6. Mapa de Capacidad de Uso de la Tierra en el Sector A de la Finca La Montañita.

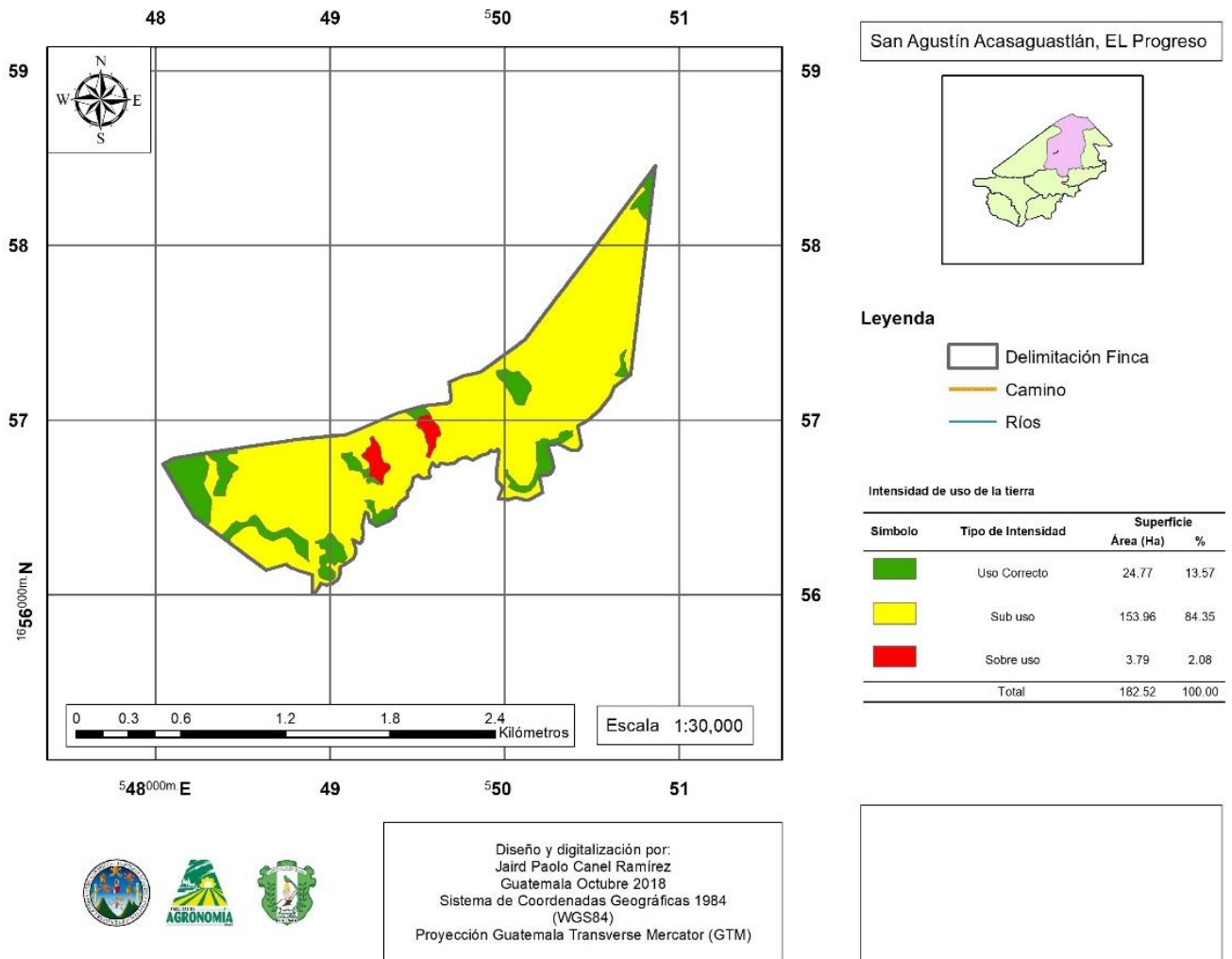
Fuente: Canel Ramírez, 2018.

Figura 5. Mapa de capacidad de uso de la tierra finca La Montañita

C. Intensidad de uso de la tierra

En la figura 6 se puede observar que el 13.57% del área de la finca posee uso correcto, mientras que el 84.35% del área posee sub uso y únicamente el 2.06% del área es sobre utilizada. Canel Ramírez (2018).

Así también, el área que es sub utilizada posee en su mayoría cobertura forestal, representada por bosque de regeneración de encino, que no es aprovechado para la obtención de algún bien o servicio forestal, es decir, que no se obtiene beneficio alguno del área sub utilizada. Por otra parte, el área con uso correcto está representada por plantaciones de pino (*Pinus oocarpa*) que se encuentran dentro del programa de inventivos PINFOR del INAB.



Fuente: Canel Ramírez, 2018.

Figura 6. Mapa de intensidad de uso de la tierra finca La Montañita

1.2.4. Principales características de los recursos naturales

A. Recurso hídrico

a. Red hídrica

Dentro de la finca La Montañita, se encuentran cinco corrientes permanentes, conocidas con los siguientes nombres: Don Lipe, Chucte, Mandarin, El Mango y Castellano. También cuenta con 6 corrientes efímeras que poseen agua únicamente en la época lluviosa. En total, dentro de la finca se encuentran 11 corrientes de agua y en el caso de las corrientes

permanentes, las zonas cercanas a estas, son zonas de protección o zonas buffer, en donde se observa mayor vegetación en comparación al resto de la finca.

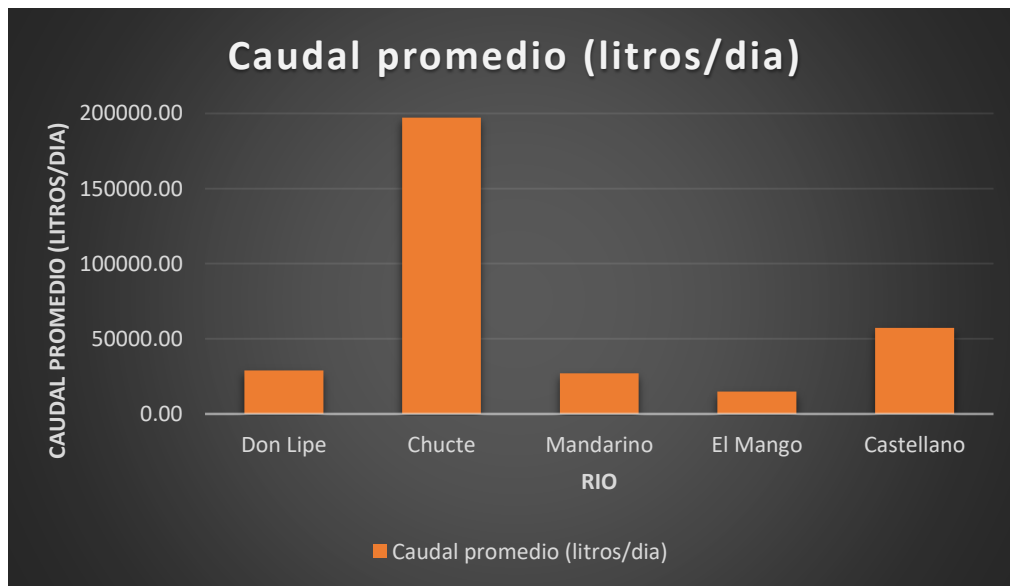
b. Caudales red hídrica

En el cuadro 4 se presentan los resultados de los caudales medidos por el método volumétrico, durante el mes de abril de 2019 en los ríos presentes dentro de la finca.

Cuadro 4. Caudales promedio corrientes presentes finca La Montañita.

Río	Caudal promedio (m ³ /hora)	Caudal promedio (litros/día)
Don Lipe	1.20	28,817.65
Chucte	8.21	197,225.96
Mandarino	1.12	26,946.67
El Mango	0.62	14,883.75
Castellano	2.38	57,170.47

Fuente: elaboración propia, 2019.

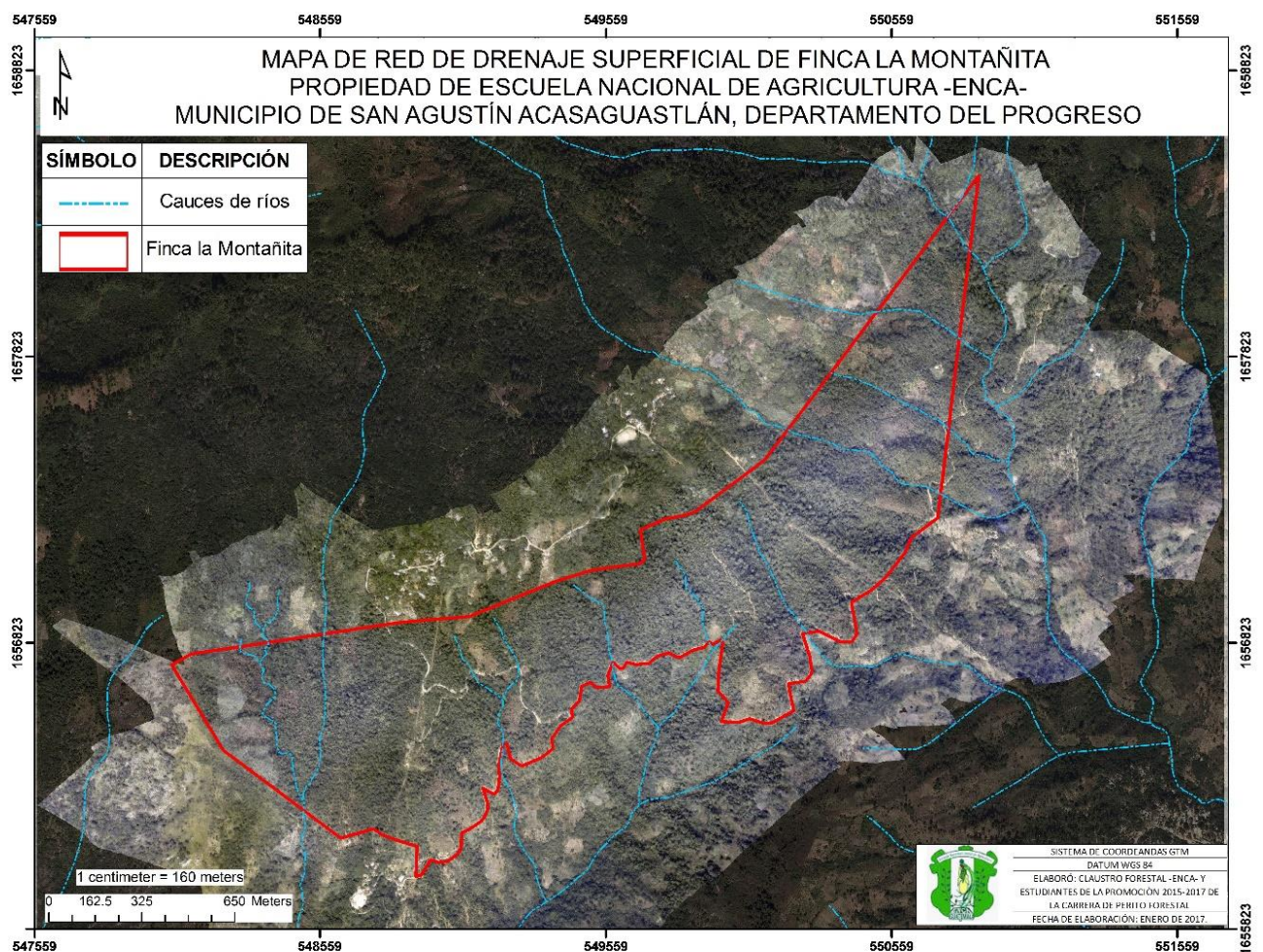


Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 7. Gráfica de caudales diarios promedio finca La Montañita.

Como se puede observar en la gráfica de la figura 7, el río Chucte es el que posee mayor caudal de acuerdo a los aforos realizados durante el mes de febrero del año 2019. Así también, el río Don Lipe y Mandarinó posee caudales que se diferencian por 1,870.98 litros/día. Tanto el río Chucte, Don Lipe y Mandarinó, se encuentran en la parte noreste de la finca. El río El Mango y Castellano se encuentran en el suroeste de la finca y se puede observar que el Castellano posee mayor caudal comparado con el río el Mango.

A continuación, en la figura 8 se presenta el mapa de la red de drenaje superficial de la finca.



Fuente: ENCA (Escuela Nacional Central de Agricultura). 2017b.

Figura 8. Red hídrica finca La Montañaíta.

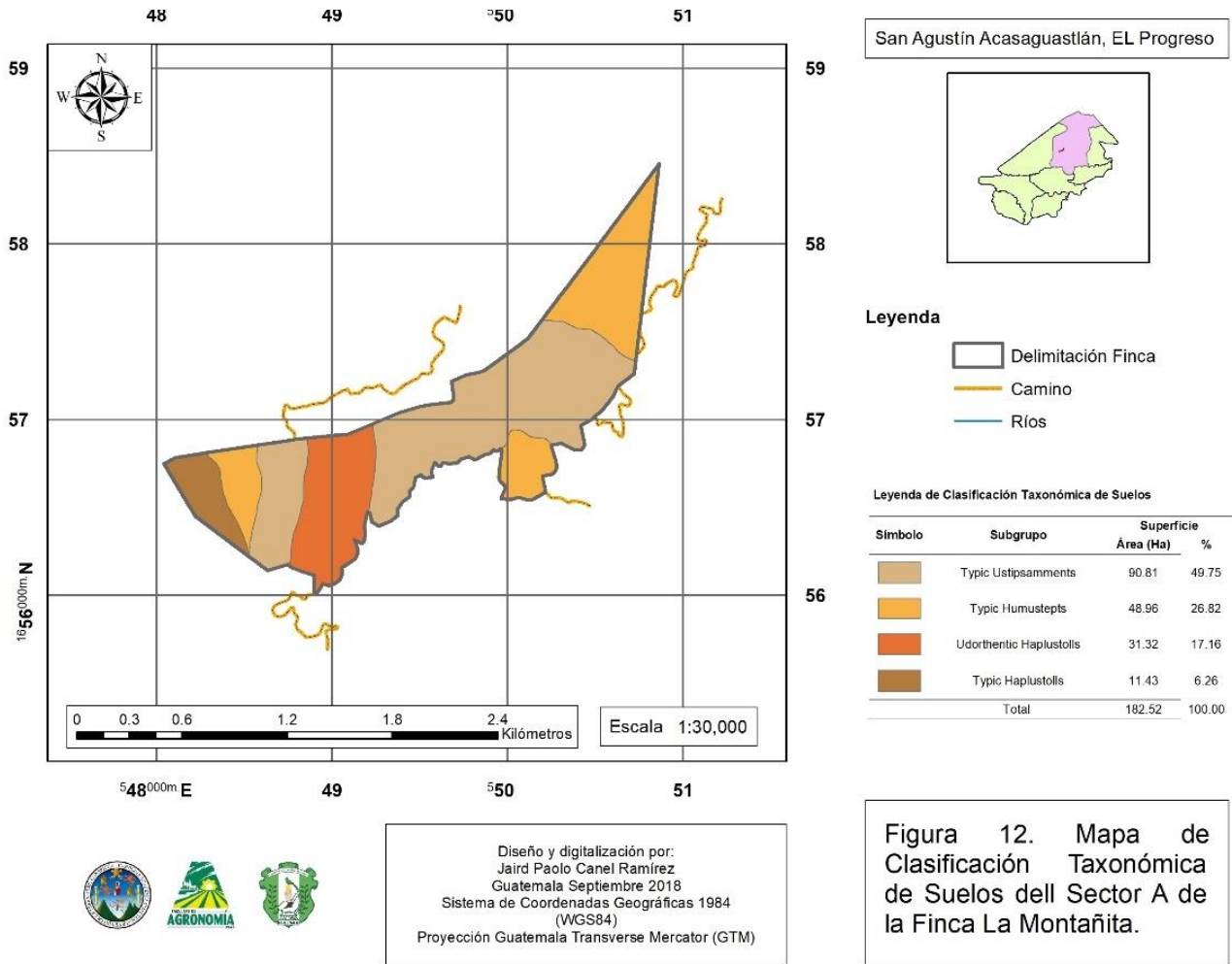
c. Principales usos del recurso hídrico

Los caudales del río Chucte, Don Lipe y Mandarinino son utilizados para uso doméstico en la aldea Agua Hiel colindante a la finca, así como también, para riegos de cultivos para consumo familiar de maíz y frijol de agricultores de dicha comunidad. En el caso del río el Castellano, el agua es utilizada por la finca La Montañita para el vivero agroforestal ubicado en el sector conocido como el Plan, pero este río se une con el río el Mango para proporcionar agua a la comunidad el Conacaste colindante a la finca.

B. Recurso suelo

De acuerdo a Canel Ramírez (2018), en la figura 9 se puede observar que el 49.75% del área de la finca se encuentra representada por el subgrupo Typic Ustipsamments, el 26.82% del área por Typic Humusteps, el 17.16% por Udorthentic Haplustolls y el 6.26% por Typic Haplustolls. Con base en lo anterior, los órdenes de suelo dentro de la finca son: Entisol, Inceptisol y Mollisol, siendo predominante el orden Entisol. Es importante mencionar que los suelos del orden Entisol son suelos poco desarrollados, mientras que los Inceptisoles presentan mayor grado de desarrollo en comparación a los Entisoles. (Tobías y Lira 2000).

Así también, se observan suelos de orden Mollisol, con mayor grado de desarrollo en comparación a los dos órdenes antes mencionados; sin embargo, este orden de suelos representa el menor porcentaje de área de la finca.



Fuente: Canel Ramírez, 2018.

Figura 9. Mapa de taxonomía de suelos finca La Montañita.

El subgrupo Typic Humusteps dentro de la finca, presenta porcentajes de materia orgánica entre 7.92-0.37, con texturas arena franca y franco arenoso; así también, presentan valores de pH que oscilan de 5.83-5.2. Por otra parte, los suelos del subgrupo Typic Ustipsamments presentan valores de materia orgánica que oscilan entre 0.24-4.02, texturas franco arenoso y valores de pH entre 5.72-5.01.

En relación a Udorthentic Haplustolls, presentan porcentajes de materia orgánica entre 1.6-7.55, texturas de arena franca a franco arenoso y valores de pH de 5.38-5.69. Finalmente, Typic Haplustolls representa suelos con porcentaje de materia orgánica de 3.41-5.24, textura franco arenosa y pH de 5.5-6.05.

C. Recurso forestal

a. Plantaciones establecidas bajo el programa de incentivos de INAB -PINFOR- en Finca La Montañita

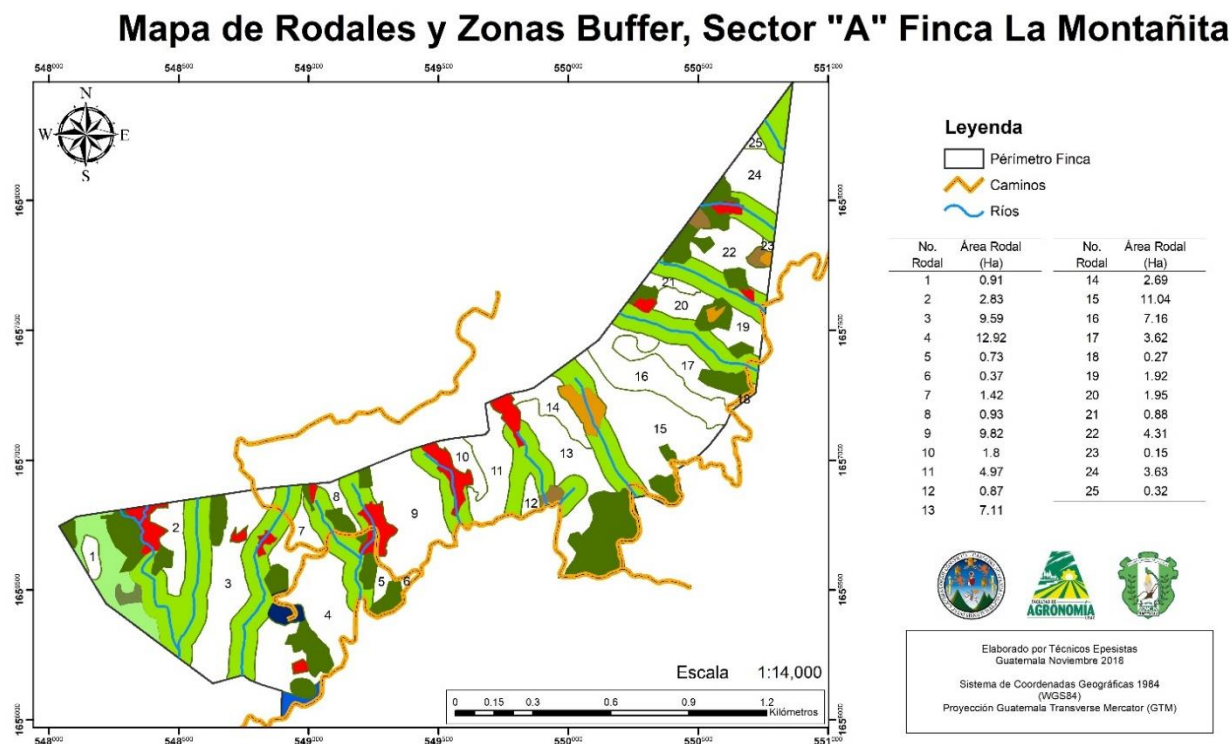
En el cuadro 5 se observa la información de los rodales de pino (*Pinus oocarpa*) en relación al área total de cada rodal, el diámetro a la altura del pecho, altura promedio, área basal y volumen correspondiente, según el inventario forestal realizado durante el año 2018. En conjunto, todos los rodales ocupan 23.93 hectáreas, es decir, el 13.11% del área. Así también, en la figura 10 se observa la ubicación de los 25 rodales de pino distribuidos dentro de la finca.

Cuadro 5. Inventario forestal de las plantaciones establecidas bajo el programa de incentivos forestales PINFOR en Finca La Montañita.

No.	Polígono	Área total (Ha)	Dap promedio	Altura promedio	Área basal/Ha	Volumen m³/ha
1	Don Lipe	0.69	21.12	24.93	22.76	224.96
2	Petronilo	1.11	24.33	27.6	23.25	248.04
3	Don Fredy	0.28	19.03	19.6	11.37	92.23
4	Don Chico	0.9	22.43	23.45	21.73	201.04
5	El Pony	0.61	13.44	11.74	4.97	30.72
6	Don Rafa	0.36	19.21	15.64	23.19	154.11
7	La Joya	1.03	13.41	14.62	10.6	76.78
8	El Manguito	0.36	15.38	12.71	10.22	62.26
9	Plataforma	1.36	15.36	12.96	12.98	80.31
10	Piedras Blancas	0.24	20.3	11.05	6.47	31.52
11	El Mico	0.88	16.89	8.75	16.81	73.87
12	Chanon	6.01	18.01	11.22	15.29	78.81
13	El Pozo	0.31	18.06	10.56	14.09	69.21
14	Antonino	0.13	18.65	11.38	16.39	84.33
15	Don Pedro	0.74	14.07	8.48	8.55	41.29
16	El Limón	0.85	17.06	11.43	13.71	73.43
17	El Encino	1.01	15.89	11.03	15.87	85.46
18	Piedra parada	0.35	20.41	13.6	16.36	94.77
19	Cueva del zope	0.36	11.23	8.57	7.43	43.43
20	Chuchuchu	0.77	10.06	11.01	2.78	20.59
21	El plan	0.69	12.79	9.65	7.71	43.31

22	El Potrero	1.06	15.6	15.19	14.34	99.77
23	La cabaña	0.61	16.69	18.62	19.69	158.2
24	Don Chilo	0.57	17.81	11.37	9.97	52.19
25	El vivero	2.25	17.29	10.83	12.91	65.89
26	Las agujas	0.4	10.94	6.13	3.29	16.77

Fuente: ENCA (Escuela Nacional Central de Agricultura). 2017.



Fuente: Canel Ramírez, 2018.

Figura 10. Mapa de rodales y zonas buffer finca La Montañita.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. General

1.3.1.1. Describir la situación relacionada a los recursos naturales para priorizar las principales problemáticas del sector A de la finca La Montañita, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso, Guatemala.

1.3.2. Específicos

- 1.3.2.1. Describir las metas establecidas en el Plan Operativo Anual del año 2019 para el sector A de la finca La Montañita.
- 1.3.2.2. Describir las características principales de los recursos naturales renovables del sector A de la finca La Montañita.
- 1.3.2.3. Identificar y priorizar las problemáticas relacionadas a los recursos naturales para el sector A de la finca La Montañita.

1.4. METODOLOGÍA

1.4.1. Recopilación de información disponible de la finca

1. En esta etapa se obtuvo información general de la finca La Montañita de documentos elaborados por estudiantes practicantes de la carrera de perito forestal de la ENCA durante el año 2018. También se obtuvo información generada por parte de la ENCA respecto al Plan Operativo Anual de la finca para el año 2019.
2. Para conocer los aspectos biofísicos de la finca, se consultaron bases de datos generados por el INSIVUMEH e información generada por medio de mapas temáticos elaborados por el claustro de catedráticos de la ENCA, así como también información sobre los rodales y plantaciones forestales generada por dicho claustro. También se consultaron mapas temáticos de orden de suelos, uso de la tierra, entre otros, elaborados por estudiantes epesistas de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, quienes realizaron su Ejercicio Profesional Supervisado en la finca durante el año 2018.

1.4.2. Recopilación de información en campo

1. Se realizaron los recorridos dentro de la finca para poder realizar las modificaciones necesarias en relación al uso de la tierra, sin embargo, no se observaron cambios respecto al uso de la tierra.
2. Para obtener información sobre los caudales de las corrientes de agua que se encuentran dentro de la finca, fue necesario realizar un recorrido en las mismas y realizar los aforos correspondientes, por medio del método volumétrico, para obtener información sobre la oferta hídrica para la finca. Así también, se consultó a trabajadores de campo sobre el uso del agua dentro y fuera de la finca.

1.5. RESULTADOS

Cuadro 6. Matriz de priorización de problemas

Problema	Propuesta de servicios	Aspecto técnico (20%)			Aspecto económico (30%)		Aspecto institucional (50%)		Total
		Requiere constante acompañamiento técnico (4 días/semana)	Requiere moderado acompañamiento técnico (2 días/semana)	Requiere reducido acompañamiento técnico (1 día/semana)	Alta inversión (mayor a Q.20,000)	Baja inversión (menor a Q.10,000)	Alto interés	Bajo interés	
		(10%)	(7%)	(3%)	(10%)	(20%)	(35%)	(15%)	
Falta aprovechamiento de residuos orgánicos de origen vegetal y animal	Construcción de composteras y producción de compost	—	7	—	—	20	35	—	62
Poco aprovechamiento de la tierra para establecimiento de SAF (café y otros)	Expansión del cultivo de café (siembra)	—	7	—	10	—	—	15	32
Débil comunicación con la comunidad Conacaste	Extensión rural participativa	—	7	—	—	20	35	—	62
Nula gestión de licencias de aprovechamiento de plantaciones forestales ante el INAB	Tramite de licencias de aprovechamiento de plantaciones forestales	—	7	—	—	20	—	15	42

Carencia de registros de aforos en las corrientes de agua	Determinación del caudal en época seca y época lluviosa	–	–	3	–	20	–	15	38
Ausencia de monitoreo fitosanitario de gorgojo de pino en plantaciones de pino (Pinus spp)	Establecimiento de parcelas fitosanitarias	10	–	–	–	20	35	–	65
Falta de manejo silvicultural en plantaciones de pino (Pinus spp)	Propuesta de tratamientos silviculturales	–	7	–	–	20		15	42
Ausencia de prácticas de conservación de suelo	Instalación de gaviones	10	–	–	10	–	–	15	35
Desaprovechamiento de los paisajes dentro de la finca	Propuesta de plan de ecoturismo	10	–	–	–	20	–	15	35
Carencia de instalaciones apropiadas para producción de carbón	Construcción de carboneras y producción de carbón	10	–	–	10	–	35	–	55

Fuente: elaboración propia, 2019.

En el cuadro 6, se pueden observar algunas de las problemáticas respecto a los recursos naturales dentro del sector A de la finca, las cuales fueron evaluadas de acuerdo a tres aspectos: técnico, económico e institucional; cada uno de estos aspectos fue ponderado con 20%, 30% y 50% respectivamente. En cuanto al aspecto técnico, este hace referencia a la intensidad de acompañamiento necesario para solucionar la problemática; así también, el aspecto económico se consideró debido a que la solución de las problemáticas puede requerir inversiones que deben ser autorizadas por el personal encargado de ENCA. En relación al aspecto institucional, principalmente se considera el nivel de interés que posee la ENCA en cuanto a la solución de las problemáticas. Es importante mencionar, que también se hace una propuesta de servicios para la solución de los problemas detectados.

Por otra parte, en el cuadro 6 se priorizan los siguientes problemas: falta de aprovechamiento de residuos orgánicos de origen vegetal y animal, débil comunicación con la comunidad Conacaste; ambas problemáticas poseen una puntuación de 62% pues requieren de moderado acompañamiento técnico, relativa baja inversión económica y son de alto interés para la finca. Para contribuir a la solución de dichos problemas se propone la elaboración de composteras para la producción de abono y la elaboración de un plan de extensión rural participativa para la comunidad Conacaste considerando la propuesta de actividades realizada por estudiantes de la carrera de perito forestal de la ENCA que durante el año 2018 realizaron un diagnóstico rural participativo, por medio del cual, propusieron actividades de acuerdo a las necesidades de la comunidad.

El tema de extensión rural es priorizado debido a que la ENCA busca contribuir al desarrollo social por medio de capacitaciones a las comunidades colindantes a la finca La Montañita, entre las cuales se encuentra la comunidad de la aldea Conacaste; además de esto, también se busca preparar estudiantes para que participen en el proceso de admisión para ingresar a estudiar a la ENCA y formarlos en las carreras de perito agrónomo y perito forestal que ofrece la ENCA.

Otra problemática a priorizar es la ausencia de monitoreo fitosanitario de gorgojo de pino en plantaciones de pino (*Pinus oocarpa*), pues en años anteriores, de acuerdo al personal de la finca, se han observado algunos síntomas característicos que deben ser verificados para considerar las acciones pertinentes para el control de dichos insectos. Para contribuir a la solución de ello, se propone la elaboración de parcelas fitosanitarias para el monitoreo del gorgojo de pino y con esto proponer medidas para el control del mismo. Esto debido a que las plantaciones no han recibido manejo silvicultural desde su establecimiento, lo cual puede contribuir a que los individuos en las plantaciones sean más susceptibles al ataque del gorgojo de pino.

Entre otras problemáticas identificadas se puede mencionar el poco aprovechamiento de la tierra para el establecimiento de sistemas agroforestales, lo cual permitiría la producción de café combinado con especies maderables de sombra u otras; también la nula gestión de licencias para aprovechamiento forestal ante el INAB limita la corta y/o comercialización de las plantaciones de pino.

Por otra parte, la carencia de registros de aforos en las corrientes de agua puede limitar el monitoreo de los caudales y de la oferta de agua que es utilizada para diversas actividades dentro de la finca. Así también, se encuentra la falta de manejo silvicultural en plantaciones de pino lo cual no permite el adecuado crecimiento y desarrollo de individuos para su posterior aprovechamiento, la ausencia de prácticas de conservación de suelo contribuye a la degradación de los suelos de la finca, el desaprovechamiento de los paisajes dentro de la finca limita el potencial de la misma para que sea utilizada para actividades ecoturísticas sostenibles con los recursos naturales de la misma. Por último, la carencia de instalaciones adecuadas para la producción de carbón no permite el aprovechamiento de las especies de encino y su potencial para obtener carbón y comercializarlo.

1.6. CONCLUSIONES

1. Para el año 2019, las metas del Plan Operativo Anual de la finca La Montañita, se encuentran concentradas en lograr la conservación de zonas de recarga hídrica, manejo y conservación del suelo en laderas (como áreas demostrativas), desarrollo de sistemas agroforestales, manejo, reforestación y protección de bosques y vida silvestre, aprovechamiento de recursos forestales de acuerdo al plan de manejo. Finalmente, las gestiones legales de proyectos ante las instituciones correspondientes también se encuentran dentro del POA.
2. Respecto a las principales características del recurso hídrico, se puede mencionar que la corriente de agua conocida como “El Castellano” se encuentra en el segundo lugar en cuanto a la oferta de agua para la finca, pues la corriente de agua “El Chucte” es la que mayor caudal presenta.
3. Las problemáticas priorizadas para la finca son: falta de aprovechamiento de residuos orgánicos de origen vegetal y animal, débil comunicación con la comunidad Conacaste y la ausencia de monitoreo fitosanitario de gorgojo de pino en plantaciones de pino. Es importante mencionar que cada una de estas problemáticas presentan propuestas de servicios a considerar, entre las cuales está el plan de extensión rural que involucra diversas actividades acordes a las necesidades de la comunidad el Conacaste.

1.7. RECOMENDACIONES

1. Considerar los servicios propuestos para las demás problemáticas identificadas dentro de la finca La Montañita, o bien, realizar otras propuestas que permitan contribuir al mejor funcionamiento de la finca y a su vez al cumplimiento del Plan Operativo Anual correspondiente.

1.8. BIBLIOGRAFÍA

1. Canel Ramírez, J. P. (2018). *Informe de propuesta de ordenamiento territorial sector A de la finca La Montañita*. Guatemala: Escuela Nacional Central de Agricultura. 19 p. https://www.enca.edu.gt/wp-content/themes/templateX/pdf/INFORME_DE_RESULTADOS_DE_JAIR_PABLO_CANEL_RAMIREZ_DEL_MES_DE_NOVIEMBRE.pdf.
2. De la Cruz, J. R. (1982). *Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento*. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
3. Escuela Nacional Central de Agricultura, Guatemala (ENCA). (2017^a). *Mapa de división por rango de pendientes de la finca La Montañita, propiedad de la Escuela Nacional Central de Agricultura -ENCA- municipio de San Agustín Acasaguastlán, departamento de El Progreso, Guatemala*. Guatemala. Esc. 1:16,500. Color.
4. Escuela Nacional Central de Agricultura, Guatemala (ENCA). (2017^b). *Mapa de red hídrica de la finca La Montañita, propiedad de la Escuela Nacional Central de Agricultura-ENCA- municipio de San Agustín Acasaguastlán, departamento de El Progreso, Guatemala*. Guatemala. Esc. 1:16,500. Color.
5. Escuela Nacional Central de Agricultura, Guatemala (ENCA). (2019). *Plan operativo anual 2019*. Guatemala: ENCA.
6. Instituto Nacional de Vulcanología, Meteorología e Hidrología, Guatemala (INSIVUMEH). (2019). *El Progreso, Morazán: Parámetros meteorológicos*. Guatemala: INSIVUMEH. Consultado 16 marzo 2019. <http://www.insivumeh.gob.gt/estaciones/ELPROGRESO/MORAZANPARAMETROS.htm>
7. Tobías, H., & Lira, E. (2000). *Primera aproximación al mapa de clasificación taxonómica de los suelos de la república de Guatemala, a escala 1:250,000; Memoria técnica*. Guatemala: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). Consultado 18 abril 2020. <https://www.maga.gob.gt/download/clasificacion-suelo.pdf>.
8. US Department of Agriculture, Soil and Water Conservation. (1961). *Land capability classification*. (Agriculture Handbook no. 210). p. 6–18. Consultado 18 abril 2020 https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_052290.pdf




2. CAPÍTULO II. DIAGNÓSTICO DE LA PÉRDIDA DE SUELO POR EROSIÓN HÍDRICA EN LA FINCA LA MONTAÑITA, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, GUATEMALA, C.A.



2.1. PRESENTACIÓN

La erosión es un proceso natural que conlleva al desprendimiento, remoción y transporte de las partículas de suelo por parte de agentes erosivos como el agua, viento y gravedad. Así como en muchos países, en Guatemala este proceso ha sido acelerado por diversos factores, entre los cuales destaca la acción del sector agrícola, agropecuario, industrial, entre otros. La erosión hídrica además de contribuir a la degradación de las propiedades del suelo, también puede ocasionar el azolvamiento de cuerpos de agua, además de contaminar la misma por los sedimentos arrastrados y compuestos químicos producto de actividades agrícolas, entre otros.

Debido a lo anterior, en Guatemala se han realizado diversos estudios relacionados al tema de erosión hídrica, entre los cuales destacan los estudios en cuencas hidrográficas, en los cuales se han utilizado métodos tanto cuantitativos como cualitativos, con el objetivo de obtener un valor aproximado de la pérdida de suelo o bien, parámetros que indiquen los grados de erosión en un área determinada y considerar las acciones necesarias para reducir el efecto de la erosión hídrica en el suelo. Un ejemplo de estos estudios, es el realizado en la cuenca del río Pachoj, mencionado en el presente documento, en el cual se propone un plan de manejo, cuyo objetivo a largo plazo es aumentar la productividad de los suelos de la cuenca, proponiendo para esto una serie de programas y proyectos para beneficio de la población y conservación del recurso suelo.

Como se mencionó anteriormente, existen metodologías cuantitativas y cualitativas para analizar la erosión hídrica. En este caso, en el presente estudio se empleó una metodología cualitativa para realizar el diagnóstico de la erosión hídrica en la finca La Montañita, propiedad de la Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA), ubicada en el municipio de San Agustín Acasaguastlán, departamento de El Progreso. Entre los resultados obtenidos, se identificó erosión laminar con cárcavas grado leve, seguido de erosión laminar grado leve, que se encuentran presentes en 57.87% y 22.98% del área total de la finca respectivamente. Con esta información y con base en el análisis de las principales causas que originan la erosión hídrica, se realizó una propuesta de plan general de manejo, el cual incluye una serie de proyectos que incorporan prácticas de conservación de suelo, que pretenden contribuir a la reducción de la pérdida del mismo por erosión hídrica dentro de la finca.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Cartografía de suelos

De acuerdo a Almorox Alonso *et al.* (2010) la cartografía de suelos consiste en representar gráficamente la distribución espacial de los suelos, de acuerdo al estudio de interés, se consideran características físicas, químicas, mineralógicas y bioclimáticas a nivel de campo y laboratorio. Así también, el análisis de los factores formadores del suelo es esencial para la cartografía de suelos; esto incluye el análisis de las características de las geoformas que a su vez permiten la delineación de la unidad de mapeo o unidad cartográfica de suelos preliminar, sobre la cual se estudian los suelos.

2.2.2. Degradación de suelos

La degradación del suelo consiste en la reducción temporal o permanente en su capacidad productiva, lo cual es provocado a su vez por la pérdida de cualidades intrínsecas y de funciones del suelo. Los procesos de degradación ocurren sin que el hombre interfiera, sin embargo, la velocidad con que se produce se mantiene en equilibrio con la velocidad de restauración natural. Este proceso es acelerado como resultado de la intervención humana en el ambiente. (Stocking y Murnaghan 2003; Porta y López-Acevedo 2005) citados por (Zavala-Cruz *et al.* 2011)

Así también, estos autores mencionan los principales procesos de degradación del suelo, los cuales pueden ser integrados en dos grupos:

1. El que refiere al desplazamiento de las partículas del suelo, el cual incluye la erosión hídrica y eólica.
2. El deterioro interno del suelo, que contempla la degradación física y química.

D. Degradación física

Consiste en el deterioro o destrucción de la estructura del suelo por diversos agentes, lo cual influye en otras propiedades físicas del suelo como la porosidad, permeabilidad, densidad aparente y estabilidad estructural. Este tipo de degradación también considera la formación de costras endurecidas a determinadas profundidades del perfil, lo cual puede ser resultado de la degradación de la cubierta vegetal y de la erosión hídrica. Ortiz *et al* 1994 citado por Zavala-Cruz *et al.*, (2011).

E. Degradación química

Esta es la que ocurre cuando hay una alta concentración de sustancias tóxicas en el suelo, o bien, cuando hay pérdida de bases intercambiables. Cuando las concentraciones de sustancias tóxicas superan los valores de umbrales la productividad disminuye rápidamente. Ortiz *et al* 1994 citado por Zavala-Cruz *et al.*, (2011).

La acidez del suelo es un ejemplo de la degradación química. La acidez generalmente se observa en suelos de áreas tropicales en donde la acción del clima acelera el intemperismo del material parental, provocando un reemplazo paulatino de las bases intercambiables Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} y Na^{+} por iones de H^{+} y Al^{+3} , los cuales causan toxicidad a las plantas, provocando daños directos a las raíces, lo cual se considera como la causa más común de infertilidad en suelos ácidos. Larios y Hernández (1992) citados por Zavala-Cruz *et al.*, (2011).

2.2.3. Erosión

La erosión es un proceso natural que involucra la separación (desprendimiento), transporte y deposición de las partículas del suelo. Durante la etapa de separación, se produce alteración en la estructura superficial del suelo por la destrucción de los agregados, también suelen formarse costras y sellos que a su vez altera la relación infiltración/escurrimiento; además, existe también pérdida de nutrientes y materia orgánica. La etapa de transporte termina de completar la etapa de separación por el escurrimiento superficial que produce diversas formas de erosión (laminar, surcos y cárcavas). La última etapa, de sedimentación, suele ocasionar daños en los cultivos, infraestructura y cuerpos de agua por la colmatación. (Gaitán *et al.* 2017)

Si bien la erosión es un proceso natural, también se ve acelerado por acciones antropogénicas que contribuyen a su degradación, reduciendo su calidad física, química y biológica. Por otra parte, de acuerdo a Lal, (2001), la erosión del suelo se debe a cuatro fuentes principales de energía, siendo una la energía física transmitida por el viento y el agua sobre las partículas del suelo; la energía ejercida por la gravedad que ocasiona movimiento de masas, aludes y deslizamientos; así también, las reacciones químicas y por último, la energía ejercida por implementos de labranza.

2.2.4. Erosión hídrica

La erosión hídrica consiste en la remoción de las partículas del suelo por efecto del agua, incluyendo el desprendimiento del material del suelo por el impacto de las gotas de lluvia.

En este tipo de erosión, las partículas de suelo tienden a quedar suspendidas en el agua de escorrentía, representando así los sedimentos que luego son depositados en un punto específico. (USDA 2017)

2.2.5. Factores que influyen en la erosión hídrica

De acuerdo a Bergeson *et al.*, (2012), los factores que contribuyen al proceso de erosión hídrica son:

1. Clima: la precipitación y su energía cinética, es el principal factor climático que influye en la erosión hídrica. De acuerdo a esto, es esencial analizar la cantidad, distribución e intensidad de las precipitaciones, que en este caso consiste en la energía cinética que desencadena los procesos de desprendimiento y escurrimiento.
2. Relieve: respecto a este factor, el parámetro a considerar es la pendiente del terreno, expresada en porcentaje o grados sexagesimales. Así también, la longitud de la pendiente debe ser considerada ya que influye en la cantidad de suelo erosionado y la velocidad de la escorrentía. De acuerdo a lo anterior, es importante, considerar la uniformidad de gradiente, dirección y longitud de la pendiente.
3. Suelo: el suelo es susceptible a la erosión hídrica debido a ciertas características como el tamaño de partículas, estabilidad de agregados, cantidad de materia orgánica, cantidad y tipo de arcillas, que en ciertos casos aumenta el riesgo al desprendimiento y transporte de las partículas de suelo, lo cual es comúnmente conocido con el término de erodabilidad.
4. Sistema de producción: este factor representa la cobertura de la superficie del suelo, la cual brinda protección al mismo de acuerdo al tipo de cobertura presente.

2.2.6. Tipos de erosión hídrica

El proceso de erosión hídrica se lleva a cabo de diversas maneras, siendo la primera de ellas la erosión por salpicadura (rainplash), laminar (sheet erosion), por surcos (rill erosion), por cárcavas (gully erosion), por remoción o movimiento de masas (mass movement) y erosión de cursos permanentes (streambank erosion). (Bergeson *et al.* 2012):

1. Erosión por salpicadura: ocasionada por el impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo, lo cual conlleva a la liberación de partículas en un radio máximo de 150 cm. En ocasiones, el impacto de las gotas de lluvia provoca la formación de pequeños cráteres,

o bien, la formación de costras superficiales producto de las partículas desprendidas, lo cual tiende a afectar la capacidad de infiltración. De acuerdo a Morgan y Rickson (1995) citados por Bergeson *et al.*, (2012), este tipo de erosión es más frecuente en suelos con coberturas arbóreas debido a la formación de gotas más grandes a partir del flujo de las hojas.

2. Erosión laminar: frecuentemente observada en áreas con bajo porcentaje de pendiente y con problemas de infiltración. Este tipo de erosión, consiste en la remoción paulatina del horizonte superficial del suelo, proceso generalmente ocasionado por la escorrentía superficial. Este proceso ocasiona mayor desprendimiento de las partículas del suelo en comparación con la erosión por salpicadura. Algunos autores consideran que el flujo laminar es producto de flujos turbulentos poco perceptibles que van incrementando su potencial erosivo a medida que aumenta la velocidad de escurrimiento. Morgan (1995) citado por Bergeson *et al.*, (2012)
3. Erosión por surcos: este es producto de la concentración del flujo laminar en un lugar determinado de acuerdo al relieve del terreno, ocasionando la formación de surcos que permiten mayor desprendimiento y transporte de las partículas del suelo por la escorrentía concentrada. Los surcos formados pueden ser eliminados por medio de implementos de labranza. (Bergeson *et al.* 2012)
4. Erosión por cárcavas: también conocidas como barrancas o simplemente zanjas, son la forma más evidente de erosión hídrica. Las cárcavas se forman cuando la escorrentía alcanza cierto caudal y su velocidad de flujo es capaz de desprender cantidades significativas de suelo. La profundidad y la forma de las cárcavas está determinada por el material del suelo y su grado de cohesión, es decir, que, para materiales poco cohesivos, la forma que adoptan las cárcavas es en “U”, mientras que los materiales más resistentes, la forma típica de la cárcava es en “V”.
5. Erosión por movimiento de masas: consisten en el desplazamiento de volúmenes considerables de material. Frecuentemente, suele ocurrir en suelos asentados en material impermeable como rocas graníticas y bajo fuertes pendientes. Así también, el desplazamiento ocurre debido al efecto mecánico de disminución de la resistencia al corte, aumento de peso y lubricación entre la capa de suelo y el material impermeable.

2.2.7. Estimación de la erosión hídrica

Las investigaciones aplicadas sobre la erosión hídrica han dado como resultado diversas metodologías para la estimación de la pérdida de suelo, producción de sedimentos, escorrentía, entre otros productos de interés en zonas de laderas y a nivel de cuenca. En

cada una de las propuestas, existe diferente nivel de complejidad matemática, espacial, temporal, demanda de parámetros y tipo de resultados. (Alatorre y Begueria 2009)

A continuación, se presentan diferentes métodos para la estimación de la erosión hídrica:

A. Métodos cuantitativos

De acuerdo a Almorox Alonso *et al.* (2010), estos métodos permiten hacer estimaciones numéricas de la erosión brindando un valor numérico, así como también, una serie de rangos de acuerdo al grado de erosión. Estos métodos suelen emplearse también para apoyar estudios cualitativos de la erosión, pues las escalas de los métodos cuantitativos varían desde el análisis del pedón, de parcela, ladera hasta el nivel de cuenca.

a. Modelos de erosión

Según Alatorre y Begueria (2009), la modelización de la erosión se basa en el entendimiento de leyes físicas y químicas que influyen en el proceso de erosión. Los factores que intervienen en este proceso son formalizados matemáticamente para construir un modelo que posteriormente es aplicado de manera informática para permitir su aplicación a diferentes casos de estudio. Aunque existen diversos modelos para la estimación de la erosión hídrica, cada uno se caracteriza por su complejidad, escala, resolución espacial del análisis, cantidad y tipo de datos que se necesitan.

Dependiendo de la forma matemática que adopta la descripción de los procesos físicos simulados, los modelos pueden ser clasificados como empíricos, conceptuales y de base física, esto de acuerdo a Merritt *et al.*, (2003) citados por Alatorre y Begueria (2009):

1. Modelos empíricos: para Camargo *et al.* (2017), estos modelos consisten en expresiones matemáticas que transforman un conjunto de variables “entradas” en una salida, sin tratar de describir el proceso bajo estudio. Por otra parte, Alatorre y Begueria (2009), mencionan que los modelos empíricos utilizan técnicas de regresión adquiriendo una forma de ecuación paramétrica (suma y multiplicación de factores). Entre estos modelos, se encuentra la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE por sus siglas en inglés) desarrollada por Wischmeier y Smith en 1978, cuya formulación requirió la utilización de datos provenientes de parcelas de erosión del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (USDA). La ecuación USLE fue desarrollada para estimar la erosión laminar y surcos, de acuerdo a los siguientes factores:

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

Donde:

A= representa la cantidad estimada de suelo perdido expresado en ton/ha/año.

R= es el factor de erosividad de la precipitación expresado en MJoules/ha*mm/h.

K= factor de erodabilidad del suelo, expresado en ton/ha/ (ha/MJoules*h/mm).

LS= factor topográfico que incluye la longitud de la ladera y la pendiente.

C= factor de manejo de suelo o cobertura vegetal.

P= factor de medidas de conservación de suelo.

La USLE ha sido modificada constantemente, así, por ejemplo, se puede mencionar la ecuación MUSLE (Modified Universal Soil Loss Ecuation, Williams 1975), la ecuación RUSLE (Revised Universal Soil Loss Ecuation, Renard *et al.*, 1991 y 1994), la ecuación ANSWERS (Areal Nonpoint Source Watershed Enviroment Response Simulator, Beasley *et al.*, 1989) y SLEMSA (Soil Loss Estimation Model for Southern Africa, Elwell, 1981).

Por otra parte, USLE presenta ciertas limitaciones, entre las cuales se pueden mencionar: (1) la estimación de la pérdida de suelo no considera las pérdidas ocasionadas por remoción de masas o por cárcavas; (2) no considera la cantidad de partículas o sedimentos depositados en un área determinada; (3) los factores relacionados a la pendiente se determinan únicamente en el área que contribuye a la escorrentía; (4) suele ser menos efectiva fuera de las condiciones de las cuales fue desarrollada la ecuación, pero al utilizar sistemas de información geográfica aumenta la precisión. (May y Place 2005)

2. Modelos conceptuales: estos modelos se basan de manera general en los procesos que ocurren dentro de una cuenca hidrográfica, pero no especifican los detalles que ocurren en las interacciones complejas del proceso de erosión. La generación de ecuaciones matemáticas que representan la relación entre transferencia de masas y su almacenamiento, son controladas por parámetros que se determinan mediante la calibración de datos observados como la escorrentía y sedimentación. Estos modelos presentan inconvenientes al momento de su validación debido al problema de predicción cuando el número de parámetros es muy elevado en comparación con la información disponible para la validación. Además de esto, suelen utilizarse algoritmos de optimización relativamente simples, que no permiten explorar exhaustivamente el espacio de parámetros y por lo tanto dificulta la evaluación de la sensibilidad del modelo y la incertidumbre asociada a la calibración. (Alatorre y Begueria 2009)
3. Modelos en base física: estos modelos permiten realizar formulaciones que describe el proceso que conlleva la producción de sedimentos; para esto es necesario analizar la teoría desarrollada por Meyer y Weischmeier en 1969, en la cual se hace énfasis en el análisis del proceso de desprendimiento, transporte y sedimentación. (Zambrano 2015)

De acuerdo a lo anterior, estos modelos consideran el arranque de partículas por acción de las gotas de lluvia o bien por la escorrentía, así como también, el transporte de sedimentos y la depositación ocasionado por la escorrentía laminar y concentrada en surcos. Entre estos modelos se destaca ANSWERS, CREAMS, WEPP y SHETRAN. Debido a que estos modelos se basan en parámetros físicos, permiten la predicción de erosión bajo diferentes escenarios del clima y usos del suelo, además de permitir el estudio de los efectos de transformaciones en factores externos como lo es el cambio climático. (Alatorre y Begueria 2009)

b. Parcelas experimentales como método de investigación (Parcelas de escorrentía)

Según indica Perret (1993), existen diversos métodos de investigación de la erosión hídrica del suelo, los cuales se caracterizan por las técnicas y procedimientos que conllevan. Entre estos métodos se encuentran las parcelas de escurrimiento o de escorrentía, las cuales pueden tener dimensiones variables dependiendo del objetivo que se desea lograr con su instalación. Usualmente las dimensiones más utilizadas son de 6 a 10 m de ancho y hasta 32 m de longitud; estas dimensiones variarán de acuerdo a la pendiente del terreno, así como también, de las dimensiones de los recipientes colectores o receptores de la escorrentía.

El objetivo principal de estas parcelas, es recolectar el agua de escorrentía la cual lleva consigo partículas de suelo (sedimentos), cuya cantidad variará según la práctica de conservación que se implemente. (Perret 1993)

Los componentes necesarios para estas parcelas, generalmente consisten en una faja bien definida, con un elemento que concentra la escorrentía en su extremo más bajo en donde se encuentra a su vez el colector que recibe el sedimento transportado. De acuerdo a lo anterior, a continuación se mencionan en términos generales los componentes principales de las parcelas experimentales de escorrentía (Perret 1993):

1. Parcela independiente de superficie prefijada con pendiente uniforme y cultivada de diferentes maneras.
2. Plataforma metálica la cual recoge el agua de escorrentía y los sedimentos provenientes de la parcela.
3. Depósito de decantación, el cual recoge los materiales sólidos procedentes de la plataforma metálica.
4. Partidores, los cuales dividen y conducen el agua escurrida a los depósitos generales.
5. Depósitos generales que acumulan el agua escurrida.

6. Estación meteorológica que miden la cantidad de agua caída, así como también variables climáticas como la temperatura, humedad relativa, presión barométrica y viento.

B. Métodos cualitativos

De acuerdo a Gaitán *et al.*, (2017) uno de los métodos para analizar la erosión hídrica, es el método cualitativo por medio de la cartografía de unidades homogéneas de suelo de acuerdo a los factores que controlan el proceso erosivo; este método puede ir acompañado de ajustes subjetivos.

Según Moreira (1991) citado por Vega (2008), los métodos cualitativos suelen estar orientados a la expresión cartográfica, estableciéndose en ellos niveles de jerarquización para los distintos parámetros de estudio que suelen ser el suelo, vegetación y topografía.

Así también, los sistemas de información geográfica representan una herramienta idónea para la evaluación cualitativa de la erosión pues permiten capturar información espacio temporal. Gómez *et al.*, (2007) citado por Vega (2008). Este último autor, menciona experiencias en Chile generadas en el proyecto “Zonificación de Erosión y Fragilidad de suelos del Secano Costero de las regiones VI y VII” impulsado por El Centro de Información sobre Recursos Naturales en el año 2006, en el cual, por medio del análisis de imágenes satelitales, se obtuvo la cartografía de erosión para las áreas de estudio, clasificándolas en nula o baja, moderada, severa y muy severa.

En Cuba, se han realizado diversos estudios sobre la pérdida de suelo por erosión hídrica; respecto a ello, se puede citar el trabajo sobre la cartografía de estados erosivos en el municipio de Guane de la provincia de Pinar del Río, para el cual se analizaron los siguientes factores: pendiente del terreno, uso de la tierra, factor geomorfológico (formas del terreno) y geológico (litología de los materiales). La metodología se centra en estudiar los factores antes mencionados, considerados como los principales factores que influyen en la erosión, generando un mapa temático de cada factor para luego realizar el análisis correspondiente a partir de una superposición cartográfica. Los insumos utilizados consistieron en información geográfica temática digital en coberturas ráster y vectorial capturada en un sistema de información geográfica (SIG) a través de la digitalización de información geográfica y cartografía analógica.

De acuerdo en lo anterior, la información digital en formato vectorial se procedió a rasterizar. Como resultado de la superposición cartográfica, se realizó la categorización del riesgo a la erosión como: bajo riesgo a erosión (41% del área de estudio), moderado riesgo a erosión

(33% del total del área) y la categoría de alto a muy alto riesgo a erosión en el 26% del territorio estudiado. (Perez y De la Colina 2003)

Para Almorox Alonso *et al.* (2010) los métodos cualitativos de estimación de erosión hídrica no utilizan valoraciones numéricas, sino que utilizan adjetivaciones ordinales de diferentes caracteres que se toman en consideración. Entre los principales métodos cualitativos se encuentra la cartografía de unidades homogéneas que están en función de los factores que intervienen en el proceso de erosión (erosividad, erodabilidad, vegetación, topografía). La erosión real puede ser identificada por medio de observaciones utilizando sensores remotos o bien, contrastes de campo. Así pues, se puede utilizar esta técnica para cartografiar las áreas con erosión entre regueros, cárcavas, abarrancamientos, desplazamiento en masas, de forma que, después de la valoración de los estados de erosión, se pueda elaborar el mapa cualitativo de erosión hídrica.

El empleo de fotografías aéreas, imágenes provenientes de satélites, apoyados por los Sistemas de Información Geográfica y teledetección representan una herramienta idónea para la estimación cualitativa de la erosión, pero para ello es necesario utilizar técnicas que consideren las características del área donde se aplicará, así por ejemplo, hay técnicas válidas para zonas semiáridas que difícilmente se ajustan a zonas húmedas. En ocasiones, los sensores remotos son empleados para evaluar factores de vegetación y cobertura, siendo el cartografiado y el análisis de vegetación el factor más analizado con estas técnicas. De acuerdo a lo anterior, las técnicas a utilizar deben ajustarse al contexto local y al objetivo previsto, por lo que no se pueden dar metodologías y técnicas únicas. (Almorox Alonso *et al.* 2010)

El cartografiado de las unidades homogéneas de suelo se basan en el modelo cualitativo de erosión - deposición, el cual se apoya de que la erosión en suelos cultivados es más activa que la edafización, lo que provoca la desaparición de los horizontes superficiales del perfil en la parte alta de las laderas, y su acumulación, al menos parcial, en la base. (Almorox Alonso *et al.* 2010)

En suelos cultivados es necesario considerar el laboreo que anulan los efectos de la erosión, pues va mezclando los horizontes superficiales y profundos según van siendo erosionados los primeros y, como consecuencia, el proceso erosivo se traduce en una remoción superficial uniforme asimilable a la erosión laminar/entre regueros. Como se mencionó anteriormente, en suelos cultivados, la acumulación de suelo por efectos de erosión, al menos parcial, en la base de las laderas, también puede observarse en zonas llanas, por un vistoso mosaico de colores. La distribución de las zonas de erosión y acumulación está tremendamente intrincada, pero es posible su cartografiado detallado por medio de sensores remotos.

Así también, la generalización en zonas no cultivadas es más difícil, pero se puede realizar considerando tanto la cobertura vegetal como las formas de erosión que pueden aparecer. El método de sensores remotos representa cierto grado de subjetividad, al basarse en análisis de fotografías e imágenes digitales por lo que se debe complementar con el trabajo de campo y nunca como un sustituto, de forma que, después de una primera interpretación, delimitando las unidades y realizando las anotaciones oportunas, es necesario realizar una comprobación en campo para verificar que el análisis corresponde a la realidad. (Almorox Alonso *et al.* 2010)

a. Método CORINE (1992) apoyado en la cartografía temática de factores en ambiente de un SIG para la obtención de índices de erosión

Esta metodología consiste en determinar índices de erosividad, erodabilidad, topografía y cubierta vegetal para determinar el riesgo a erosión. Con base en la distribución espacial de los valores de los índices se construyen los mapas temáticos correspondientes utilizando las herramientas proporcionadas por los sistemas de información geográfica para obtener el mapa con el índice de riesgo a erosión potencial. A continuación, los índices antes mencionados se determinan de la siguiente manera:

1. Erosividad: este índice se apoyó en el índice de Fournier modificado (Fournier, 1960) citado por Díaz-Rivera *et al.* (2008):

$$Fi = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P}$$

Donde:

P_i^2 = Precipitación total en el mes i

P = Precipitación total media anual

Se clasifican como clase 1 (muy baja) los valores de F_i menores de 60, como clase 2 (baja) los valores entre 60 y 90, clase 3 (moderada) los valores entre 90 y 120, clase 4 (alta) los valores entre 120 y 160 y clase 5 (muy alta) los valores mayores de 160.

2. Erodabilidad: índice de erodabilidad= clase textura*clase de profundidad* clase de pedregosidad

De acuerdo a lo anterior, la textura se clasifica como clase 1 (ligeramente erodible, clase 2 (moderadamente erodible), clase 3 (altamente erodible). La profundidad se clasifica en clase 1 (suelos con profundidad mayor a 750 mm), clase 2 (suelos con profundidad entre 250 mm y 750 mm) y clase 3 (profundidad menor a 250 mm). La pedregosidad se clasifica como clase 1 (cobertura de piedras del suelo mayor a 10%) y clase 2 (cobertura de piedras menor de 10%). (Díaz-Rivera *et al.* 2008)

3. Topografía: clase 1 (porcentaje de pendiente menor a 5), clase 2 (porcentaje de pendiente entre 5 y 15), clase 3 (porcentaje de pendiente entre 15 y 30) y clase 4 (porcentaje de pendiente mayor a 30). (Díaz-Rivera *et al.* 2008)
4. Índice de riesgo a erosión potencial: este valor se obtiene al multiplicar el índice de erodabilidad, erosividad e índice de pendiente. De acuerdo a esto, el índice es 1 (bajo) cuando el resultado está entre 0 y 5, es igual a 2 (moderado) si el resultado está entre 5 y 11. Finalmente el índice es 3 (alto) para un resultado mayor que 11. (Díaz-Rivera *et al.* 2008)

b. Clasificación de la erosión del Soil Survey Staff

Esta clasificación permite analizar las características de los horizontes superficiales, comparando el grado de erosión de los suelos de un área donde el uso no contribuye a la aceleración del proceso de erosión versus un área donde el uso sí contribuye a acelerar dicho proceso. Es necesario considerar que los horizontes de suelos sometidos a labranza no pueden ser utilizados como referencia debido a que dicha actividad modifica las características de los horizontes superficiales.

Así también, el horizonte de un suelo no cultivado o aparentemente no erosionado tampoco puede ser utilizado como un comparador para suelos cultivados a menos que el grosor del horizonte A sea mucho más grueso que el horizonte arado de los suelos cultivados. Si el horizonte que se encuentra debajo del horizonte arado contiene mayor cantidad de arcilla que el horizonte A, el horizonte arado aumenta progresivamente su contenido de arcilla bajo condiciones de cultivo que a su vez acelera el proceso de erosión. En este caso, la textura del horizonte arado puede ser un criterio de erosión. (USDA 2017)

Las comparaciones pueden realizarse en áreas con pendientes similares, tomando en cuenta que el grosor de los horizontes varía, según el sitio de muestreo, es decir, que en las partes altas de las laderas los horizontes tienden a ser menos gruesos que los horizontes que se encuentran en la parte baja de la ladera. (USDA 2017)

De acuerdo a lo anterior, la caracterización del grado de erosión de un suelo con horizontes definidos es posible por medio de la comparación de estos horizontes con los de un área no cultivada o disturbada. Debido a que la estimación de la pérdida de cantidad de suelo por erosión es difícil de determinar, esta clasificación tiene como objetivo establecer unidades de mapeo que permitan conocer el grado relativo de pérdida de suelo considerando el uso y manejo del mismo. (USDA 2017)

A continuación, en el cuadro 7 se presenta la clasificación del grado de erosión en los suelos, aplicada tanto para la erosión hídrica como para la erosión eólica. Estas clases se relacionan

a la proporción de horizontes superiores que han sido removidos. Estos horizontes pueden variar ampliamente en su espesor; sin embargo, la cantidad absoluta de suelo perdido por erosión no es especificada (USDA 2017):

Cuadro 7. Clasificación de los grados de erosión.

Clase	Porcentaje estimado de pérdida de horizontes superiores (E+A)
Ninguna	0
1	>0 a 25
2	25 a 75
3	75 a 100
4	>75 y la remoción total del horizonte A

Fuente: USDA, 2017.

Clase 1: esta clase incluye los suelos con pérdida menor a 25% del horizonte original A y/o E, o bien, pérdidas de más de 20 cm si el horizonte original A y/o E fuera menor de 20 cm de grosor. Algunas evidencias de esta clase de erosión puede ser la presencia de algunos surcos, acumulación de sedimentos en la base de las pendientes o en depresiones. También suele presentarse surcos y cárcavas poco profundas. Estas áreas en su mayoría se encuentran dentro de los rangos normales de erosión y con pocas modificaciones en sus horizontes superficiales. (USDA 2017)

Clase 2: esta clase comprende suelos que han perdido en promedio entre 25% a 75% de su horizonte original A y/o E, o más de 20 cm si el horizonte A y/o E fuera menor de 20 cm de grosor. Generalmente, las áreas cultivadas que se encuentran dentro de esta clase suelen presentar sus horizontes superiores mezclados con el horizonte inmediato inferior. Algunas áreas con pendientes ligeras suelen presentar horizontes más gruesos debido a la acumulación de sedimentos. Así también, cuando el horizonte original A y/o E fuera muy grueso, esto indica que hubo mezcla de material subyacente. (USDA 2017)

Clase 3: en esta clase se encuentran los suelos que han perdido más del 75% de su horizonte original A y/o E, o más de 20 cm si el horizonte A y/o E fuera menor de 20 cm de grosor. Generalmente, las áreas suelen presentar expuesto el material que se encuentra debajo del horizonte original A y/o E, especialmente en áreas cultivadas. Cuando el horizonte superficial A y/o E suele ser muy grueso, esto se atribuye a la mezcla del horizonte con material subyacente. Así también, cuando el horizonte superficial tiende a ser muy grueso, esto se debe a la acumulación de sedimentos provenientes de suelos ligeramente erosionados en donde la pendiente es poco pronunciada. (USDA 2017)

Clase 4: esta clase incluye suelos que han perdido por completo su horizonte original A y/o E, o más de 20 cm si el horizonte A y/o E fuera menor de 20 cm de grosor. En muchas áreas suele ocurrir que algunos de los horizontes subsuperficiales han sido removidos. También suelen presentarse cárcavas.(USDA 2017)

De acuerdo al grado de erosión, se puede designar las siguientes categorías (FAO 2006):

1. Erosión leve.
2. Erosión moderada.
3. Erosión severa.
4. Erosión muy severa.

2.2.8. Estudios cualitativos de erosión hídrica realizados en Guatemala

A. Estudio de la erosión hídrica en la microcuenca del río Pachoj, Chimaltenango, Guatemala

Este estudio fue elaborado por Del Cid Herrera (2012) en la microcuenca del río Pachoj, elaborando un mapa preliminar del tipo y grado (leve, moderada y fuerte) de erosión hídrica por medio de fotointerpretación utilizando fotografías aéreas del año 2006. Posteriormente, en la fase de campo se realizaron cajuelas que permitieron verificar el tipo y grado de erosión hídrica adaptando para esto la clasificación de erosión hídrica propuesta por Soil Survey Staff, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos en 1993, que compara el grosor del horizonte A de las áreas erosionadas con el horizonte A de un área poco perturbada; para la adaptación de dicha clasificación se realizaron transectos junto con la elaboración de cajuelas, obteniendo los rangos de acuerdo al grosor del primer horizonte, como se observa en el cuadro 8.

Cuadro 8. Rangos asignados a los tipos de erosión según el grosor del primer horizonte.

Rango	Tipo de erosión	Símbolo
<10 cm	Fuerte	3
10-19 cm	Moderada	2
>20 cm	Leve	1

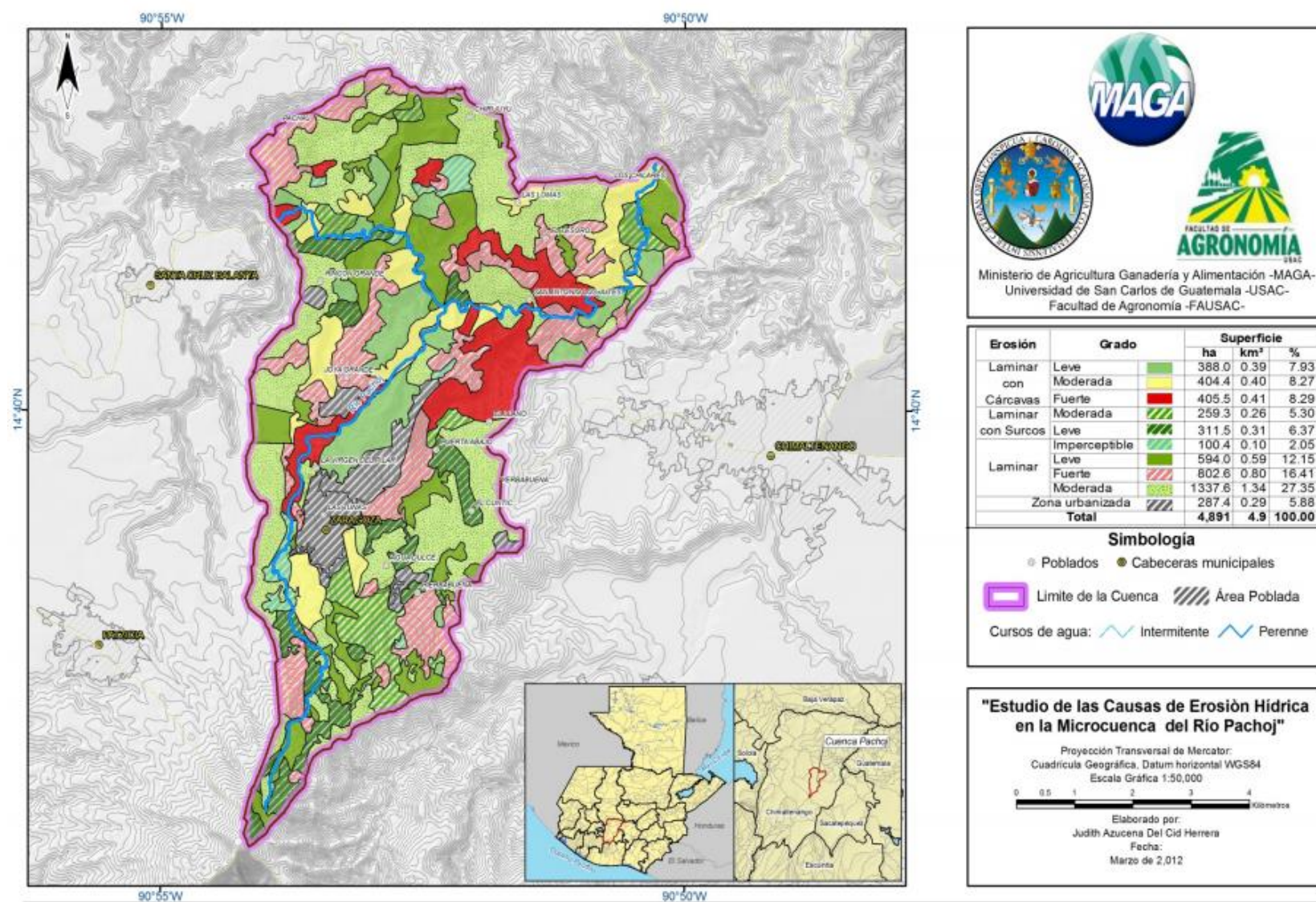
Fuente: Del Cid Herrera, 2012.

Con la adaptación de la metodología antes mencionada y las observaciones en campo, se realizaron las modificaciones necesarias en el mapa preliminar de erosión obteniendo los resultados observados en el cuadro 9 y figura 11.

Cuadro 9. Áreas y tipos de erosión encontrada en la microcuenca del río Pachoj.

Tipos y grados de erosión	Superficie en hectáreas	Superficie (km²)	Porcentaje
Laminar imperceptible	100.4	0.10	2.05
Laminar leve	597.0	0.60	12.20
Laminar moderada	1,337.6	1.34	27.33
Laminar fuerte	802.6	0.80	16.4
Laminar y cárcavas, leve	388.0	0.39	7.93
Laminar y cárcavas, moderada	404.4	0.40	8.26
Laminar y cárcavas, fuerte	405.5	0.41	8.29
Laminar y surcos, leve	311.5	0.31	6.37
Laminar y surcos, moderada	259.3	0.26	5.30
Zonas urbanizadas	287.4	0.29	5.87
Total	4,891.00	48.91	100

Fuente: Del Cid Herrera, 2012.



Fuente: Del Cid Herrera, 2012.

Figura 11. Mapa de tipos de erosión hídrica en la microcuenca del río Pachoj, Chimaltenango.

B. Estudio de la erosión hídrica, en la microcuenca del río Balanyá, Chimaltenango, Guatemala

Este estudio fue realizado por López (2011) en la microcuenca del río Balanyá, quien utilizó información generada durante el proyecto del Mapa de Taxonomía de Suelos de Chimaltenango en el año 2006 y 2007; con esta información se analizó la profundidad de los horizontes, así como también, la evidencia de erosión del suelo reportada para dichas áreas con el objetivo de elaborar el mapa preliminar de erosión. Este mapa fue corroborado en campo por medio de 15 observaciones (cajuelas y barrenajes) para verificar el grosor del horizonte A y reportar los signos de erosión observados; así pues, se obtuvo el mapa final de erosión por medio de la comparación del horizonte A de los puntos de muestreo con un comparador, representado por un área de poco cambio para respaldar los resultados de la fotointerpretación y realizar las modificaciones necesarias para obtener el mapa final de erosión.

De acuerdo en lo anterior, el horizonte A del comparador fue de 55 cm, dato que fue utilizado en relación a los puntos de muestreo en campo para adaptar la clasificación de erosión hídrica propuesta por Soil Survey Staff, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos en el año 1993, y obteniendo los rangos observados en el cuadro 10 de acuerdo a la pérdida de suelo:

Cuadro 10. Rangos asignados a los tipos de erosión según el grosor del primer horizonte.

Rango	Tipo de erosión
<14 cm	Severa
14-27.5 cm	Moderada
>27.5 cm	Leve

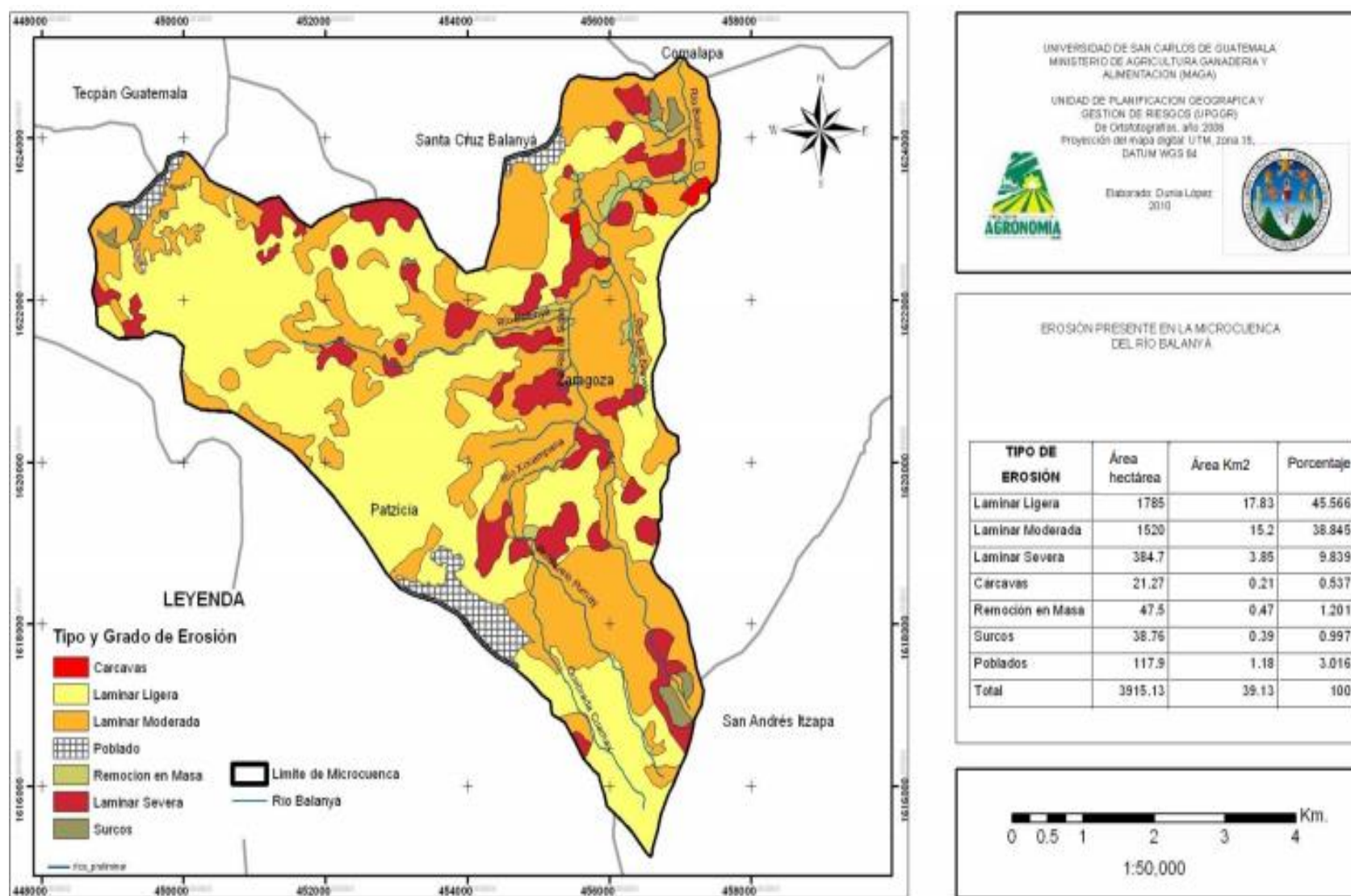
Fuente: López, 2011.

Como resultado de este estudio, se obtuvieron los siguientes tipos de erosión hídrica como se observa en el cuadro 11 y figura 12:

Cuadro 11. Tipos de erosión hídrica presentes en la microcuenca del río Balanyá.

Tipo de erosión	Superficie (Ha)	Porcentaje
Laminar ligera	1,785	45.56
Laminar moderada	1,520	38.84
Laminar severa	384.7	9.83
Cárcavas	21.27	0.53
Remoción en masa	47.5	1.20
Surcos	38.76	0.99
Poblado	117.9	3.01
Total	3,915.13	100

Fuente: López, 2011.



Fuente: López, 2011.

Figura 12. Mapa de erosión hídrica microcuenca del río Balanyá, Chimaltenango.

C. Estudio de la erosión de los suelos en la cuenca baja del río Achiguate, Escuintla, Guatemala

Este estudio fue realizado por Del Rosario (2015), se realizó un análisis preliminar de la erosión hídrica dentro de la cuenca baja del río Achiguate. Esto lo realizó por medio de fotointerpretación de fotografías áreas correspondientes al área de la cuenca y también por medio de criterios y principios para establecer los posibles tipos de erosión. Para esto fue necesario el muestreo en campo, el cual se realizó por medio de 22 cajuelas de 50 cm *50 cm, recolectando la siguiente información: profundidad del horizonte superior, textura del suelo, estructura del suelo, color, presencia de materia orgánica (uso de H₂O₂).

Es importante mencionar que esta investigación se apoyó del estudio semidetallado de los suelos del departamento de Escuintla y por medio de las cajuelas elaboradas en campo, se clasificó la erosión según las categorías propuestas por Soil Survey Staff, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, en el año 1993; considerando el horizonte superficial de un punto de referencia (comparador) que fue de 30 cm versus los valores de horizonte superficial muestreados por medio de las cajuelas.

Los rangos de profundidad y tipos de erosión se presentan en el cuadro 12.

Cuadro 12. Rangos de profundidad y tipos de erosión.

Rango de profundidad	Tipo de erosión	Símbolo
<7.5 cm	Fuerte	3
7.5-15 cm	Moderada	2
>15 cm	Leve	1

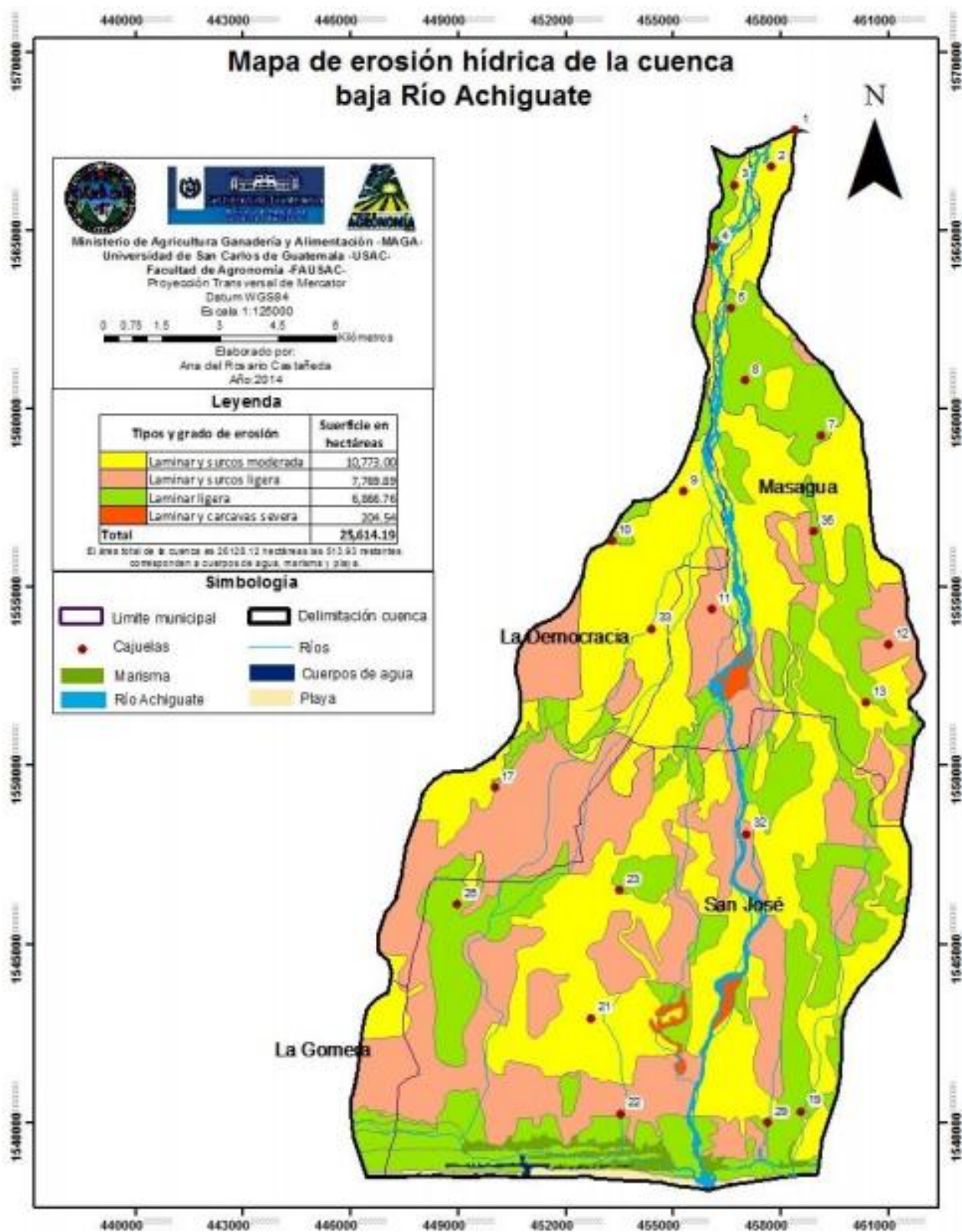
Fuente: Del Rosario, 2015.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa en el cuadro 12 los tipos de erosión obtenidos durante la fotointerpretación y los observados en la fase de campo, con lo cual se realizaron las correcciones necesarias para obtener el mapa de erosión hídrica de la cuenca baja del río Achiguate, según la información del cuadro 13 y figura 13.

Cuadro 13. Tipos de erosión obtenidos en el proceso de fotointerpretación y según las observaciones realizadas en campo.

Proceso de fotointerpretación		Erosión hídrica	
Tipos de erosión	Superficie (km ²)	Tipos y grados de erosión	Superficie (km ²)
Laminar y surcos moderado	107.99	Laminar y surcos moderada	107.73
Laminar y surcos ligero	77.42	Laminar y surcos ligera	77.6989
Laminar ligero	68.78	Laminar ligera	68.6776
Laminar y cárcavas fuerte	2.045	Laminar y cárcavas severa	2.04
Total	256.14		256.14

Fuente: Del Rosario, 2015.



Fuente: Del Rosario, 2015.

Figura 13. Mapa de erosión hídrica cuenca baja del río Achiguate, Escuintla.

2.2.9. Horizontes del suelo

Para nombrar los horizontes del suelo existen diversas nomenclaturas, las cuales poseen sus propias características que permiten ser escogidas por el usuario; sin embargo, para estudiantes que por primera vez manejan la nomenclatura del suelo, así como también edafólogos o profesionales de las ciencias agronómicas, se recomienda utilizar la nomenclatura propuesta por NSSC-NRCS-USDA versión del año 2002 (Tobías 2006). En la actualidad se cuenta con una versión más reciente del año 2012. Las características de los horizontes del suelo se detallan a continuación en el cuadro 14 (NSSC-NRCS-USDA 2012):

Cuadro 14. Descripción de las características de los horizontes del suelo.

Horizonte	Característica
O	Materiales orgánicos del suelo
A	Horizonte mineral del suelo, presenta acumulación de materia orgánica, pérdida de Fe, Al y arcilla.
AB o AE o AC	Predominan características del horizonte A, sin embargo, también las hay de los horizontes B, E o C.
A/B o A/E o A/C	Horizonte discreto que posee características intercaladas del horizonte A y B, E o C, pero las características del horizonte A predominan.
E	Horizonte mineral, presenta pérdida de Fe, Al, arcilla y materia orgánica.
EA o EB o EC	Las características del horizonte E predominan ante las características de un horizonte A, B o C.
E/A o E/B	Horizonte discreto que posee características intercaladas del horizonte E y A o B, generalmente predominan las características del horizonte E.
E y Bt B y E	Horizonte delgado, estructura laminar con dominancia del horizonte E.
BA o BE o BC	Dominan las características del horizonte B ante las del horizonte A, E o C.
B/A o B/E o B/C	Horizonte discreto que posee características intercaladas del horizonte B y A, E o C. Predominan las características del horizonte B.
B	Presenta acumulación de arcilla, Fe, Al, Si, humus, CaCO ₃ , CaSO ₄ ; o pérdida de CaCO ₃ ; o acumulación de sesquióxidos.
CB o CA	Dominan las características del horizonte C ante las del horizonte B o A.
C/B o C/A	Horizonte discreto que posee características del horizonte C y B o A, predominan las características del horizonte C.
C	Poca alteración pedogenética. Puede tener en algunos casos materiales parentales del solum.
L	Materiales límnicos del suelo.
W	Capa de agua en estado líquido o permanentemente congelada dentro del suelo.
M	Horizonte que limita el desarrollo de raíces.
R	Roca dura, fuertemente cementada o endurecida.

Fuente: NSSC-NRCS-USDA, 2012.

2.2.10. La fisiografía y el análisis fisiográfico

La palabra fisiografía se deriva de *physios* (naturaleza) y *graphos* (descripción), por lo que este término hace referencia a la descripción de la producción de la naturaleza, entendiendo como naturaleza al conjunto de entidades que componen el planeta, el cual está integrado por diversos componentes como lo son la hidrósfera, litósfera, biósfera y atmósfera, cuyo punto de contacto es la superficie terrestre. De acuerdo a lo anterior, la fisiografía no se limita únicamente al análisis de aspectos relacionados a la litósfera (relieve, materiales, procesos morfogenéticos) sino también que considera aspectos relativos al agua, clima y seres vivos.

Así también, de acuerdo a Serrato-Álvarez (2009), desde un punto de vista aplicado, la fisiografía comprende el estudio, descripción y clasificación de las geoformas del terreno, considerando para esto aspectos de clima pasado, geología, geomorfología, entre otros, y a medida que coinciden se pueden establecer patrones de suelos en su delineación en fotografías aéreas debido a que las características edafológicas en aptitud para uso y manejo lo permiten.

El análisis fisiográfico consiste en un método moderno para interpretar imágenes de la superficie terrestre, pues considera la relación paisaje-suelo. Esto debido a que el suelo forma parte del paisaje fisiográfico y es el resultado de la interacción del relieve, material litológico, cobertura vegetal de dicho paisaje bajo un clima y un lapso determinado. Villota (1997) citado por Serrato-Álvarez (2009)

- Clasificación fisiográfica del terreno CIAF-IGAC:

Es un sistema de clasificación que permite analizar un área determinada desde el punto de vista biofísico, de manera jerárquica, es decir, de lo general a lo más específico. De acuerdo a Villota (1992) citado por Serrato-Álvarez (2009), este sistema tiene una estructura piramidal, en el cual se proponen las siguientes categorías o niveles jerárquicos:

1. Provincia fisiográfica.
2. Unidad climática.
3. Gran paisaje o unidad genética de relieve.
4. Paisaje.
5. Subpaisaje.
6. Elemento del paisaje.

2.2.11. Muestreo sistemático

Este muestreo consiste en la selección de una muestra de una manera equidistante, es decir, que si se trata de muestras de dos dimensiones se pueden trazar líneas paralelas y perpendiculares sobre la superficie; en las intersecciones formadas por dichas líneas se toma la muestra considerando que de las mismas dependen del nivel de detalle del estudio. Con este tipo de muestreo se busca una mejor caracterización de la población. (Bautista Zuñiga 2004)

De acuerdo a López Bautista & Gonzáles Ramírez (2007), las muestras seleccionadas por medio de este tipo de muestreo son el resultado de la selección aleatoria de un elemento de los primeros k elementos en el marco y después cada k -ésimo elemento se denomina muestra sistemática de 1-en- k . Con base en lo anterior, los elementos son seleccionados de acuerdo a un intervalo uniforme que se mide respecto al tiempo, al orden, o al espacio. Este tipo de muestreo presenta algunas ventajas que se mencionan a continuación:

- Permite seleccionar los elementos de la muestra en la población de una manera rápida y fácil lo cual permite reducir los costos debido a la simplicidad de la selección.
- Permite tener una mejor organización y control en el trabajo de campo.
- Permite hacer estimaciones confiables de medias poblacionales y de totales ya que la muestra se distribuye en toda la población.

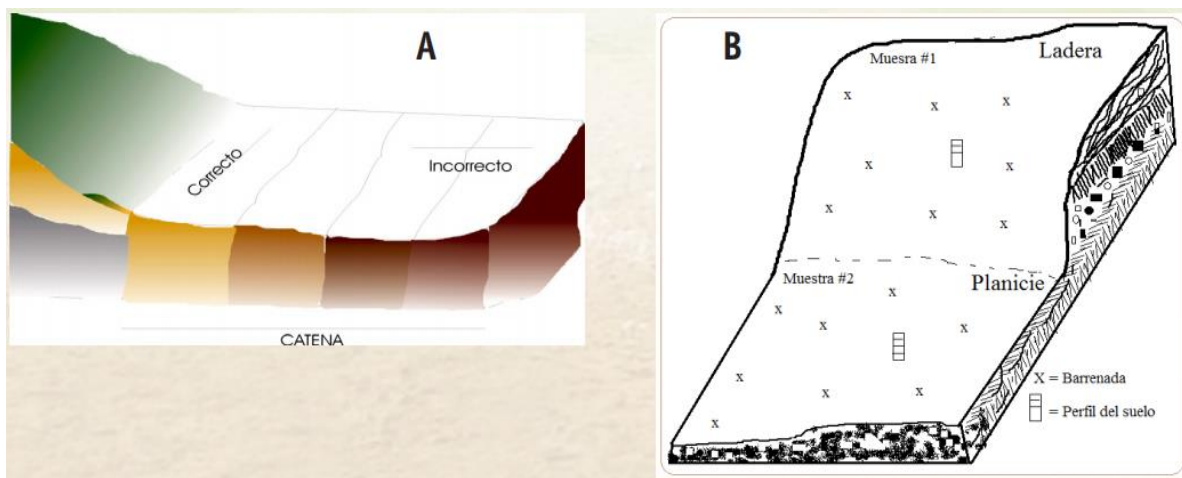
Las principales desventajas de este muestreo son:

- En el caso de que el muestreo coincida con alguna distribución de la población, la estimación de la media poblacional resulta ser muy mala.
- La estimación del error estándar es más compleja y solo es una aproximación. Así también, el error estándar depende del orden o distribución de las parcelas en el terreno.
- No proporciona un error de muestreo exacto.

2.2.12. Patrón de muestreo en levantamiento de suelos: transectos

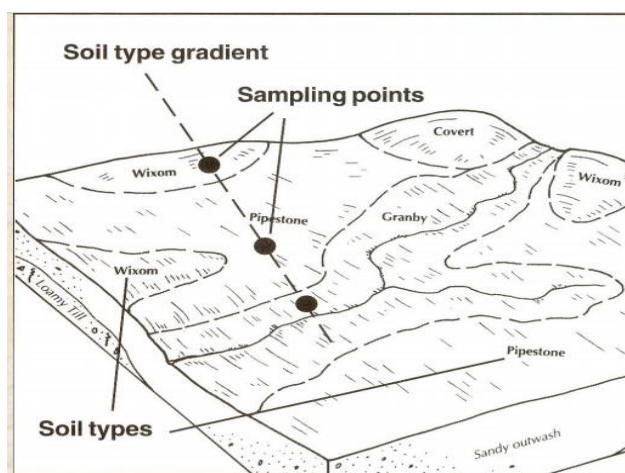
De acuerdo a Mendoza & Espinoza (2017), el patrón de muestreo por transectos es similar al realizado por toposecuencias, como se observa en la figura 15; no obstante cuando se realizan transectos se debe considerar que hay mayor variabilidad de suelos lo cual conlleva a realizar mayores unidades de muestreo o agrupamientos de suelos. En los transectos se logra apreciar la distribución espacial del suelo por catenas en el relieve (secuencias), considerando a su vez el cambio de uso de la tierra, manejo del suelo y restricciones de

uso, como se observa en la figura 14. Así mismo, los perfiles se encuentran en áreas homogéneas, las cuales pueden ser representadas en mapas que pueden ser utilizados posteriormente para estudios de ordenamiento territorial, entre otros.



Fuente: Zanner, 2000 citado por Mendoza & Espinoza, 2017..

Figura 14. Perspectiva a nivel de paisaje. (A) las diferentes catenas o secuencias de suelos y (B) el muestreo fraccionado en laderas, distribuciones a considerar para el muestreo de suelo a esa escala.



Fuente: Zanner, 2000 citado por Mendoza & Espinoza, 2017.

Figura 15. Esquema de muestreo de suelo a escala de paisaje, en toposequencia y transectos.

2.2.13. Toposecuencias

Una toposecuencia o secuencia catenaria, son secuencias topográficas de suelos, con diferencia debido a los cambios de relieve, lo cual permite variación en las propiedades de suelos adyacentes debidos a la variación originada por el relieve. (Castillo 2005). Por otra parte, López-Galindo *et al.* (2003) mencionan que en principio las toposecuencias eran consideradas perfiles topográficos que representaban el relieve de una zona a lo largo de una línea a través de un mapa, pero recientemente este concepto relaciona el suelo y la cobertura terrestre en una dimensión espacial determinada, permitiendo establecer posibles interacciones entre factores físicos y bióticos, como por ejemplo la relación suelo-vegetación; así también, las toposecuencias son de gran utilidad para representar secciones geológicas transversales, establecer relaciones geomorfología-suelos-vegetación y definir secuencias de tipos de suelos (catenas).

2.2.14. Conservación de suelos

Linares & García, (2004) menciona que el objetivo general de la conservación de suelos se enfocaba a la reducción de las tasas de pérdida por erosión, es decir, que las medidas mecánicas de conservación de suelo estaban enfocadas en reducir la erosión a una tasa aceptable, conocida como tasa de tolerancia de pérdida de suelo. En la actualidad, el enfoque ha cambiado debido a que se considera que los efectos de la erosión no solo provocan la pérdida de profundidad del suelo, sino que también, conlleva a la pérdida de nutrientes, materia orgánica y el deterioro de las propiedades físicas del suelo. Por ello ahora, las prácticas de conservación se enfocan al control de su pérdida por erosión y mantener con ello las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Es importante considerar que las recomendaciones realizadas por diversos autores se deben aplicar de acuerdo a las características del terreno degradado. Para esto se recomienda lo siguiente López Vanegas, (2016):

1. Recorrer el perímetro del terreno y cuantificar su superficie, así como también, identificar los factores de degradación.
2. Conocer el compartimiento de escurrimientos superficiales, es decir, estimar la cantidad de agua que escurre superficialmente (considerar la precipitación media anual, mínima y máxima) y los factores que inciden sobre el mismo.
3. Identificar los materiales disponibles para la construcción de obras y de vegetación nativa, la cual puede ser útil para la implementación de prácticas de conservación de suelos.

Seleccionar las obras para: 1. Restauración de suelos para laderas o cárcavas, 2. Infiltración de agua para recarga de acuíferos, 3. Disminuir la degradación del suelo por

erosión hídrica (laminar o cárcavas), química o física, 4. Captación de agua para reforestación de especies nativas.

A. Alternativas sustentables para la conservación y recuperación de suelos

Existen diversas recomendaciones para la conservación y recuperación de suelos; en este caso, Zavala-Cruz *et al.* (2011) en su estudio para la recuperación y conservación de los suelos de la cuenca del río Grijalva, del estado de Tabasco, hace mención de las prácticas empleadas en su estudio:

a. Prácticas vegetativas

Son prácticas culturales que se enfocan en la rehabilitación de los suelos erosionados, tratando de recuperar total o parcialmente las funciones originales del suelo; entre dichas prácticas se encuentran:

1. Reforestación

Esta práctica consiste en regenerar de manera natural o artificial los ecosistemas boscosos. Por su parte, la reforestación natural o repoblación, consiste en diseminar espontáneamente la semilla de los árboles que se encuentran dentro o cerca del área degradada; esta también incluye la diseminación por brotes de cepa o de raíz, en donde la intervención del hombre es limitada. Por el contrario, la reforestación artificial está fuertemente influenciada por la acción del hombre, en la cual se siembra de manera directa semillas o se plantan árboles en terrenos donde antes los había.

2. Cortinas rompevientos

Consiste en plantaciones alineadas en forma perpendicular a las corrientes del viento, las cuales están conformadas por cuatro o más hileras de árboles y arbustos con lo cual se busca formar una barrera lo suficientemente alta y densa para disminuir o nulificar la velocidad del viento, controlando la erosión y conservando la humedad.

3. Cercos vivos

Esta práctica consiste en arreglos lineales de vegetación que delimitan los potreros o propiedades. Las especies utilizadas pueden ser maderables, forrajeras o especies frutales, las cuales generan un ingreso extra al productor. Así también, estas especies son de fácil enraizamiento y se pueden plantar como “estacas” de más de 1.5 m de longitud, los cuales deben ser protegidos por lo menos durante los primeros tres años para evitar daños por parte del ganado u otros.

b. Practicas agronómicas

Involucran el diseño de prácticas agrícolas que tienen como objetivo combatir el proceso de degradación del suelo. Una manera de cumplir con este objetivo consiste en mantener el suelo cubierto con determinadas especies vegetales, principalmente en época lluviosa, así también, mantener los niveles de materia orgánica en el suelo.

1. Cultivos de cobertura

Consiste en usar cubierta vegetal en terrenos donde ha desaparecido por la erosión o bien, por acciones antrópicas. Generalmente se consideran cultivos de cobertura aquellos que protegen el suelo con el objetivo de conservarlo y mejorarlo. Son recomendados en cultivos arbóreos o arbustivos donde las áreas desprovistas de cobertura se pretenden proteger. Así también, los pastos y leguminosas anuales o perennes son los principales cultivos de cobertura.

2. Barreras vivas

Están conformadas por especies de plantas colocadas entre los cultivos y dispuestas de manera perpendicular a la pendiente, con lo cual logran la reducción de la velocidad de la escorrentía, sedimentación e infiltración, disminuyendo así el riesgo a la degradación del suelo. Como se mencionó anteriormente, son colocadas de manera perpendicular a la pendiente, lo cual permite reducir su longitud y gradiente.

3. Incorporación de abonos verdes

Consiste en la siembra de determinados cultivos para posteriormente incorporarlos al inicio de su floración, los cuales por medio del proceso de descomposición aportan al suelo

material orgánico. Generalmente estos cultivos deben tener abundante follaje verde y el suelo debe tener las condiciones adecuadas de humedad que permita la descomposición de estos cultivos, los cuales son en su mayoría leguminosas, que además de aportar materia orgánica incorporan nitrógeno al suelo.

4. Rotación de cultivos

Este sistema de conservación hace referencia a plantar diferentes cultivos sucesivamente en un área determinada en un ciclo planificado. Los cultivos de hilera son utilizados como cultivos de rotación, así como también, las leguminosas, gramíneas y sus mezclas, tubérculos, legumbres y hortalizas. Con esto se logra aumentar la productividad e ingresos.

5. Incorporación de residuos de cosecha

Como su nombre lo indica, consiste en incorporar residuos de cosecha, recubriendo la superficie del suelo, brindando protección al mismo contra el impacto de las gotas de lluvia. También favorece la retención e infiltración del agua y con ello la disminución de la escorrentía.

6. Surcado en contorno

Esta práctica conlleva a la formación de surcos de acuerdo a las curvas a nivel del terreno, las cuales a su vez son perpendiculares a la pendiente. Estos surcos permiten que el agua se infiltre y no escurra de inmediato en el terreno ya que el agua permanece acumulada a lo largo de los surcos por la barrera que forman los lomos y las hileras de plantas. Esta práctica es recomendada en terrenos donde la pendiente es de 5%; en terrenos con mayor pendiente es necesario implementar otras prácticas, como por ejemplo, las terrazas.

c. Prácticas mecánicas

Estas consisten en tecnologías no convencionales que hacen uso de materiales no vegetativos, tales como rocas o llantas de desecho. Algunas de las prácticas mecánicas se describen a continuación:

1. Barreras muertas no convencionales con llantas

Para esta práctica se recomienda el trazo de una zanja transversal a la cárcava para insertar en ella llantas cuya función es servir de base de la estructura. Esta zanja se puede construir de 2 m de longitud, 0.6 m de profundidad y del ancho necesario que permita el acomodo de dos hileras de llantas. En cárcavas con inclinación moderada se recomienda implementar una sola hilera de llantas. Es importante colocar suelo dentro de las llantas y colocarlas de manera intercalada para brindar mayor estabilidad a las hileras.

2. Terrazas

Son construcciones artificiales de suelo, terraplenes formados entre bordos, perpendiculares a la pendiente, que involucran modificaciones morfológicas sobre la superficie del suelo, minimizando con ello el efecto erosivo. Son construidas en áreas con pendiente entre 4% y 50%. Generalmente las terrazas deben ir acompañadas de un canal de intercepción y un lomo de tierra, a manera de que el agua encausada sea llevada al canal de desagüe que conduce los excedentes fuera del terreno con una velocidad no erosiva, fomentando la infiltración del agua para su almacenamiento.

2.2.15. Metodología del Marco Lógico (MML)

De acuerdo a Ortegón *et al.* (2005), esta metodología representa una herramienta útil al momento de diseñar, ejecutar y evaluar proyectos. Así también, se centra en objetivos planteados y la ubicación de grupos beneficiarios, facilitando la participación e interacción entre las partes interesadas.

Por otra parte, Sánchez, (2007) menciona que el marco lógico como herramienta fue utilizada inicialmente por el Banco Interamericano de Desarrollo para darle solución a las siguientes tres problemáticas que se habían presentado en los proyectos financiados por esta institución:

1. La planificación de proyectos carentes de precisión.
2. Proyectos que no se ejecutan exitosamente, en donde la responsabilidad del gerente no está claramente definida.
3. No existe una imagen clara de cómo luciría el proyecto si tuviese éxito, es decir, que no se tiene una base objetiva para comparar lo que fue planeado con lo que sucedió en la realidad.

Además de encarar los problemas antes mencionados, el marco lógico provee una cantidad de ventajas sobre enfoques menos estructurados:

1. Aporta una terminología uniforme, facilitando la comunicación.
2. Aporta un formato para llegar a acuerdos precisos sobre objetivos, metas y riesgos del proyecto que comparten los diferentes actores relacionados al proyecto.
3. Proporciona un temario analítico que permite la interpretación del proyecto por parte de los involucrados, consultores y el equipo del proyecto.
4. Enfoca el trabajo técnico en los aspectos críticos.
5. Provee de información para organizar y preparar de forma lógica el plan de ejecución del proyecto.
6. Proporciona una estructura a través de un solo cuadro con la información más importante del proyecto.

Esta metodología considera dos etapas, las cuales se desarrollan paso a paso en las fases de identificación y de diseño del ciclo de vida del proyecto Ortegón *et al.* (2005):

1. Identificación del problema y alternativas de solución: consiste en generar proyectos enfocados en resolver los problemas a los que se enfrentan los grupos meta o beneficiarios. Para esto existen cuatro tipos de análisis para realizar: análisis de involucrados, análisis de problemas, análisis de objetivos y análisis de estrategias.
2. Etapa de planificación: en esta etapa la idea del proyecto se convierte en un plan operativo para la ejecución, elaborando para esto una matriz de marco lógico.

Como se mencionó anteriormente, la segunda etapa del marco lógico comprende la elaboración de una matriz de planificación, en donde se presentan de manera resumida los aspectos más importantes del proyecto. Esta matriz posee cuatro columnas que suministran la siguiente información: un resumen narrativo de los objetivos y actividades, indicadores (resultados específicos a alcanzar), medios de verificación y supuestos (factores externos que representan riesgos). Además de esto, se encuentran cuatro filas que presentan información acerca de los objetivos, indicadores, medios de verificación y supuestos en cuatro momentos diferentes durante el proyecto:

1. Fin al cual el proyecto contribuye de manera significativa.
2. Propósito logrado cuando el proyecto ha sido ejecutado.
3. Componentes completados en la ejecución del proyecto.
4. Actividades requeridas para producir los componentes (resultados).

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. Objetivo general

- 2.3.1.1. Realizar un diagnóstico de la pérdida de suelo por la erosión hídrica en la finca La Montañita, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso, Guatemala.

2.3.2. Objetivos específicos

- 2.3.2.1. Identificar los tipos y grados de erosión hídrica.
- 2.3.2.2. Identificar las principales causas que ocasionan la pérdida de suelo por erosión hídrica.
- 2.3.2.3. Elaborar un plan general de manejo para contribuir a la reducción de pérdida de suelo.

2.4. METODOLOGÍA

2.4.1. Identificación de los tipos y grados de erosión hídrica

Para la determinación de los tipos y grados de erosión hídrica dentro de la finca La Montañita se realizaron diversas actividades de acuerdo a las fases establecidas, siendo las siguientes: fase inicial de gabinete, fase de campo y fase final de gabinete. En la primera fase se resumen las actividades realizadas para la determinación preliminar de los tipos y grados de erosión, mientras que en la fase de campo se llevaron a cabo actividades para comprobar los resultados obtenidos relacionados a la erosión hídrica; por último, durante la fase final de gabinete se hicieron las correcciones a los tipos y grados de erosión hídrica preliminares de acuerdo a las observaciones en campo. Cada una de las fases antes mencionadas se describen a continuación:

A. Fase inicial de gabinete

a. Determinación del nivel de estudio

El nivel de estudio para la investigación fue detallado, por lo que la escala utilizada fue de 1:15,000, con la cual se determinó que el área mínima de mapeo correspondía a 5,625 m² (0.5625 ha); esta área mínima cartografiable permitió la elaboración de los mapas temáticos correspondientes, en los cuales se incluían únicamente polígonos mayores o iguales al valor antes mencionado.

b. Recopilación de información

Se recopiló información cartográfica, incluyendo el mapa de unidades fisiográficas de la finca, ortofotos del año 2006 y 2017, mapa de uso de la tierra 2018 y hojas cartográficas digitales número 19 y 20. También se recopiló información sobre los puntos de observación (calicatas) realizados en el estudio de clasificación de suelos elaborado por Canel Ramírez (2018)

Respecto a las ortofotos del año 2006, en el cuadro 15 se presenta la línea de vuelo, número de foto y bloque de cada una de las ortofotos (SEGEPLAN 2006):

Cuadro 15. Fotografía de acuerdo a la línea de vuelo.

Línea de vuelo	Foto	Bloque
209	2762	2
209	2763	2
209	2764	2
209	2765	2
210	2769	2
210	2770	2
210	2771	2
210	2772	2

Fuente: SEGEPLAN, 2006.

c. Elaboración del mapa de pendientes

Para la elaboración de este mapa se utilizó el Modelo de Elevación Digital (DEM) de la finca, generado durante el proceso fotogramétrico con apoyo de un dron en el año 2016, el cual generó 123 imágenes por medio de 18 puntos de control en tierra. Utilizando el programa ArcMap 10.3 licencia estudiantil, se utilizó el DEM para generar el mapa de curvas a nivel y de acuerdo a dicho mapa se generó el mapa de pendientes utilizando para la clasificación de las mismas la metodología propuesta por USDA (2017); en este caso, la clasificación de pendientes de la finca por medio de esta metodología permitió considerar las siguientes clases de pendientes: 16% - 24%, 24% - 32% y > 32%.

d. Análisis del mapa de uso de la tierra 2019

Se realizó una serie de recorridos dentro de la finca para actualizar el mapa de uso de la tierra generado en el año 2018; durante estos recorridos no se observó cambios en el uso del suelo, por lo que se realizó únicamente la modificación en la leyenda del mapa utilizando la leyenda propuesta por la Unión Geográfica Internacional (UGI), citado por Macario (2011) en su estudio de capacidad de uso de la tierra en el municipio de San Lucas Sacatepéquez.

e. Elaboración del mapa preliminar de erosión

Para esto se utilizó el mapa de pendientes, uso de la tierra, ortofotos digitales e impresas del año 2006. En el programa ArcMap 10.3 se traslapó el mapa de pendientes, el de uso de la tierra y las ortofotos digitales para generar polígonos para ubicar las áreas con erosión hídrica de acuerdo a los siguientes criterios:

1. Áreas con pendientes pronunciadas (32% - 64%), con escasa cobertura vegetal o con usos de la tierra como plantaciones y sistemas agroforestales la erosión probablemente puede ser de cárcavas en grado fuerte.
2. Áreas con pendientes entre 24% - 32%, con escasa cobertura vegetal o con usos de la tierra como plantaciones forestales y sistemas agroforestales la erosión puede ser en cárcavas en grado moderado.
3. Áreas con pendientes entre 24% - 32% y 32% - 64% y uso de la tierra como tierras no degradadas o sistemas agroforestales, la erosión podrá ser laminar grado fuerte.
4. Áreas con pendientes entre 24% - 32% y 32% - 64% y con cobertura vegetal densa, es decir, con uso de la tierra como bosque natural de encino, la erosión hídrica puede ser laminar en grado moderado.
5. Áreas con pendientes entre 16% - 32% y 32% - 64% con cobertura vegetal como bosque de protección, la erosión podrá ser laminar grado leve.

Es importante mencionar que fue necesario corroborar cada polígono generado en el programa ArcMap por medio de la fotointerpretación, en la cual se utilizaron 4 pares estereoscópicos que conformaron el fotomosaico que a su vez contenían el área de la finca; cada par estereoscópico fue alineado de acuerdo a la dirección de vuelo y a una distancia de base hasta poder observar por medio del estereoscopio de espejos, de forma clara, aspectos como la cobertura y relieve dentro de la finca.

f. Definición de los puntos de muestreo (cajuelas)

Se ubicó una cajuela por unidad fisiográfica en diferentes usos de la tierra, considerando áreas con menor perturbación, como lo es el bosque natural de regeneración. Es importante mencionar, que se consideró dos puntos de muestreo para la unidad fisiográfica de ladera erosionada.

La ubicación de los puntos a muestrear mencionados anteriormente se realizó sobre el Mapa de Uso de la Tierra 2019 luego de haberlo traslapado con el mapa de unidades fisiográficas observando en la figura 30A; esto con el objetivo de llevar a campo el mapa que permitiera la ubicación de dichos puntos para elaborar las cajuelas correspondientes. En total se elaboraron 8 cajuelas, incluyendo los puntos de referencia o comparadores, los cuales fueron dos. En la figura 31A se observan los puntos de muestreo.

g. Ubicación de los puntos de observación (cajuelas) para las toposecuencias

Se trazaron cuatro toposecuencias en el mapa de uso de la tierra 2019. Una de estas toposecuencias se trazó orientada de W a E y las tres toposecuencias restantes se trazaron con las siguientes orientaciones: SW, SE y NE.

h. Elaboración de boletas de recopilación de datos

Se elaboró una boleta para la comprobación del mapa preliminar de erosión y otra boleta para los datos correspondientes a cada cajuela. Para la primera boleta los datos de interés fueron los siguientes: coordenadas (x, y), altura (m.s.n.m.), cobertura vegetal, tipo de erosión (laminar, cárcavas, surcos y sus combinaciones); en el caso del tipo de erosión en cárcavas, se tomaron datos respecto a la longitud, ancho y profundidad de las mismas. Por otra parte, las boletas para las cajuelas consideraban la siguiente información de interés: coordenadas (x, y), altura (m.s.n.m.), pendiente (%), profundidad horizonte A (cm) y uso de la tierra.

B. Fase de campo

a. Verificación del mapa preliminar de erosión

Para esto se llevó a cabo una serie de caminamientos perpendiculares a la pendiente a lo largo de los polígonos del mapa preliminar de erosión, dándole prioridad a aquellos polígonos donde probablemente hubiera erosión en cárcavas. Cada caminamiento fue enumerado y al momento de encontrar erosión en cárcavas se midió la longitud, ancho y profundidad de cada una utilizando una cinta métrica. Así también, es importante mencionar que en cada caminamiento realizado se marcaron dos o más puntos para reportar el tipo de erosión observado y colocar el resto de información que solicitaba la boleta respectiva elaborada en la fase inicial de gabinete, la cual se puede observar con los datos recopilados en campo en el cuadro 23A y figura 27A.

b. Elaboración de cajuelas para la verificación del mapa preliminar de erosión y toposecuencias

Se ubicó en campo con el apoyo del mapa previamente elaborado y un GPS, cada punto de muestreo para elaborar las cajuelas respectivas. Las dimensiones de cada cajuela fueron de 50 cm * 50 cm * 50 cm, las cuales fueron elaboradas con herramientas de campo como machete, azadón y pala; debido a que el estudio se enfoca al análisis de la erosión hídrica,

se recopiló la información únicamente del horizonte A para completar la información requerida por la boleta elaborada en la fase de gabinete.

Para cada cajuela, se limpió primeramente el terreno tratando de que se visualizara la superficie del suelo sin ningún resto de material orgánico u otro; así también, al finalizar la elaboración de cada cajuela se midió con una cinta métrica la profundidad del horizonte A desde la superficie del suelo hasta donde se observara un cambio en la coloración y estructura, lo cual indicaba la finalización del horizonte A y el inicio de otro horizonte. Al completar la información requerida por la boleta se procedió a tomar una muestra de 1 kg de suelo del horizonte A en una bolsa plástica la cual se identificó para enviarla al laboratorio y obtener información respecto al porcentaje de materia orgánica, pH y textura.

El procedimiento descrito anteriormente también fue utilizado al momento de realizar las cajuelas para cada una de las toposecuencias, las cuales fueron orientadas en sentido transversal y paralelo a la pendiente, considerando también los puntos de muestreo realizados anteriormente durante la verificación del mapa preliminar de erosión.

C. Fase final de gabinete

a. Tabulación de información

Esto consistió en digitalizar las boletas que contenían tanto la información de los caminamientos realizados, así como también de las cajuelas elaboradas tanto para la comprobación del mapa de erosión como las de cada toposecuencia. También se tabuló y organizó la información obtenida de las muestras de suelo de cada cajuela elaborada.

b. Elaboración del mapa de erosión

Considerando la metodología propuesta por USDA (2017), se determinó el posible porcentaje de pérdida de suelo del horizonte superficial de acuerdo a los muestreos realizados y los puntos de referencia (comparadores) correspondientes. Con los resultados obtenidos, se procedió a realizar las modificaciones necesarias al mapa preliminar de erosión de la finca en el programa ArcMap 10.3 licencia estudiantil; así también, se ubicaron las cárcavas observadas en campo en el mapa final de erosión, a las cuales se les asignó un código con base en el número de caminamiento realizado.

En las áreas donde no se realizó ningún caminamiento se consideró el mismo tipo de erosión definido en el mapa preliminar.

c. Elaboración de las toposecuencias

Estas consistieron en realizar perfiles topográficos que representaran la superficie del suelo y el grosor del horizonte superficial respecto a la distancia entre cada punto de acuerdo a la toposecuencia realizada; es necesario mencionar que la pendiente de los puntos de observación (cajuelas) no es representada en cada perfil. Cada toposecuencia se graficó en el programa AutoCAD® licencia estudiantil.

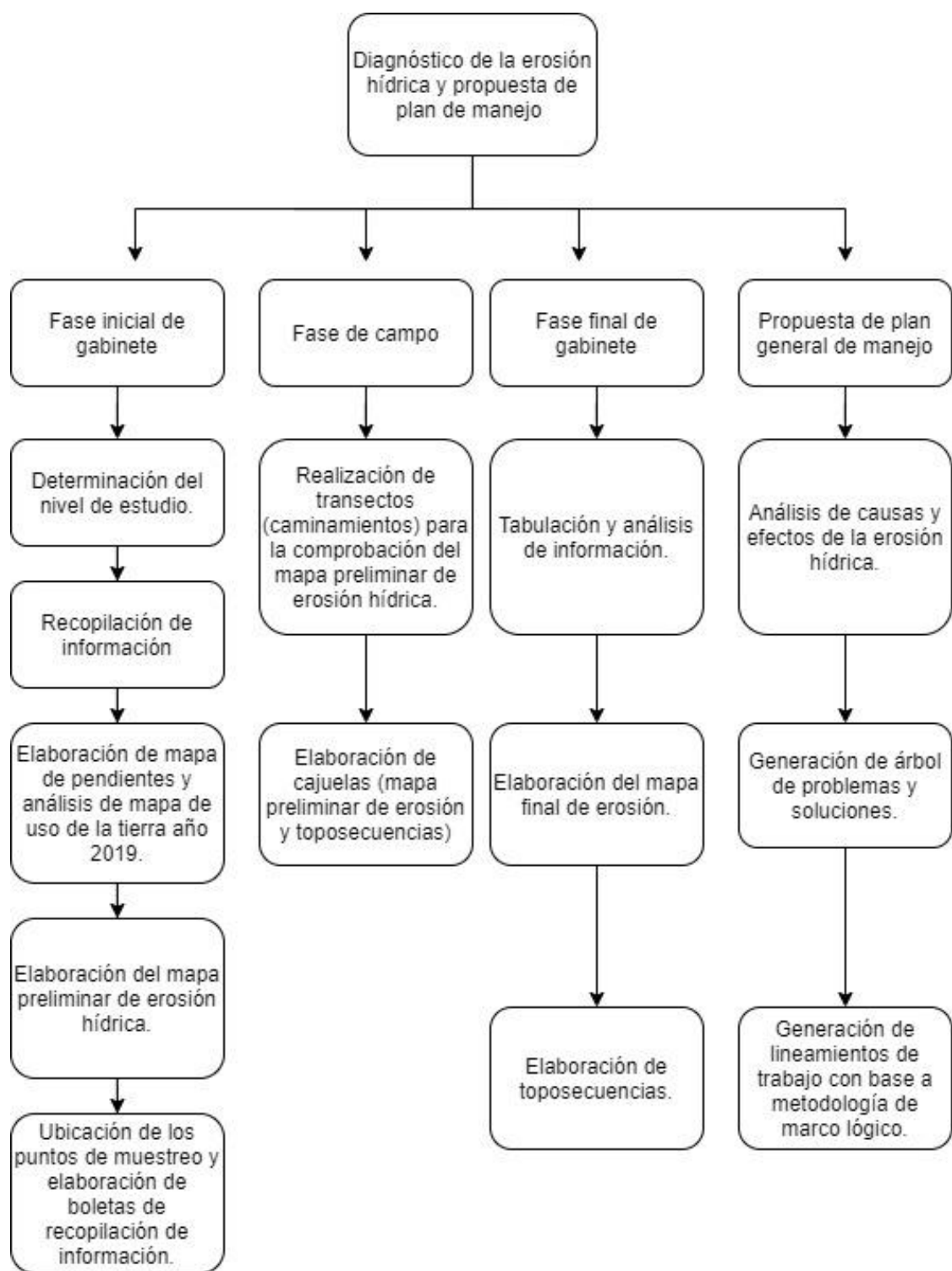
2.4.2. Identificación de las principales causas que ocasionan la pérdida de suelo por erosión hídrica

Para la identificación de las principales causas que contribuyen a la erosión por escorrentía dentro de la finca, se realizó un árbol de problemas en donde la problemática central correspondía a la erosión hídrica con sus respectivas causas y efectos. Posteriormente, se realizó el árbol de objetivos, el cual tiene como fin la identificación de los medios para la solución de la problemática central, es decir, buscando las situaciones contrarias a las indicadas en el árbol de problemas.

2.4.3. Elaboración del plan general de manejo para contribuir a la reducción de pérdida de suelo

Para la elaboración del plan general de manejo se propusieron acciones y proyectos de acuerdo a los medios del árbol de objetivos. Posteriormente, se realizó una matriz de marco lógico de acuerdo a cada uno de los proyectos propuestos para resumir los principales resultados que se desean obtener del proyecto. Estas matrices están conformadas por el fin, propósito, componentes y actividades, así como también, por los objetivos, indicadores, medios de verificación y supuestos.

A continuación, en la figura 16 se presenta el diagrama de la metodología utilizada para el diagnóstico de la erosión hídrica y la propuesta general de manejo:



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 16. Metodología diagnóstico erosión hídrica finca La Montañita.

2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.5.1. Identificación de los tipos y grados de erosión hídrica

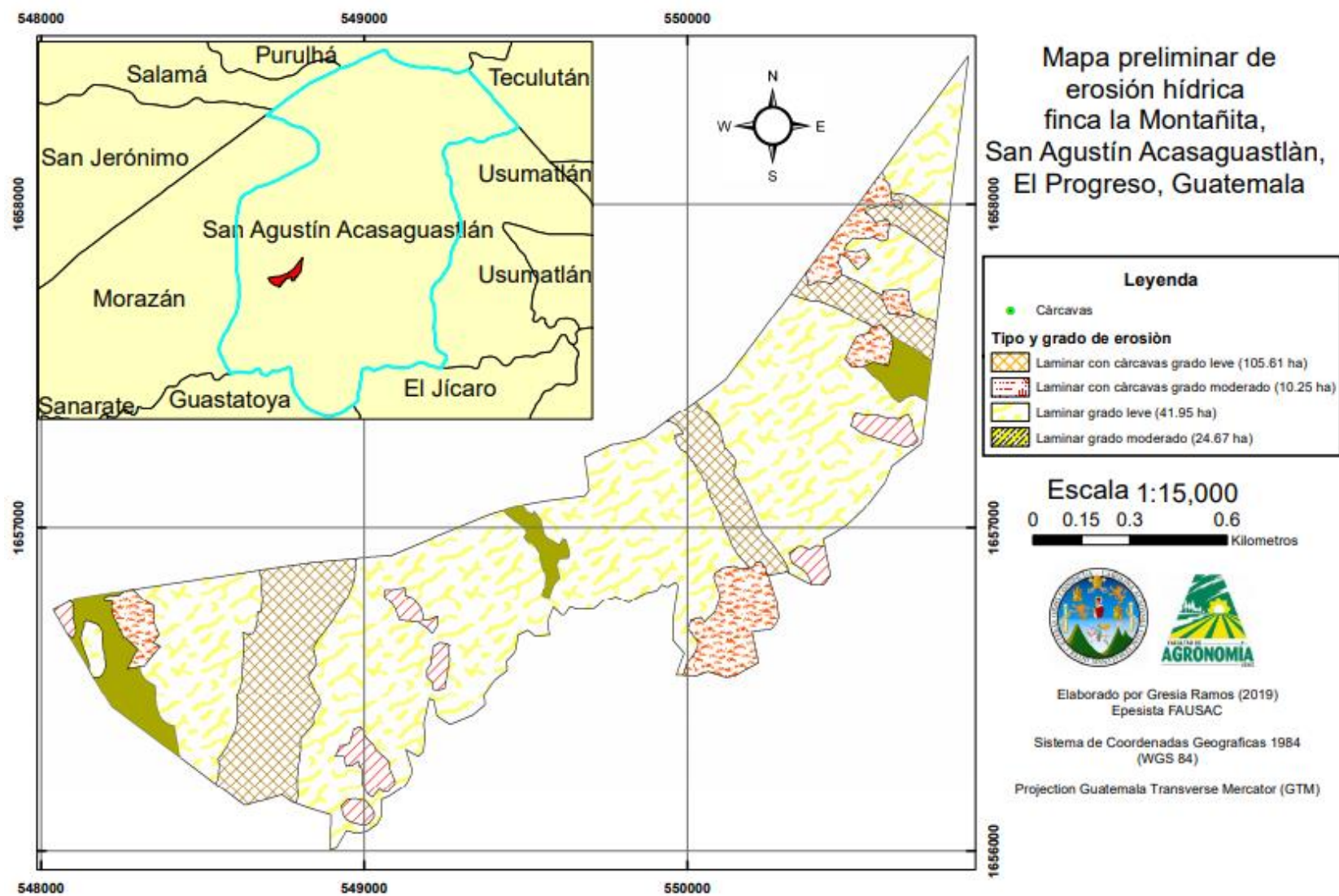
A. Erosión hídrica preliminar

En la metodología descrita sobre el diagnóstico de erosión hídrica se indicó que el mapa preliminar de erosión se obtuvo como resultado de considerar criterios relacionados a la cobertura vegetal y la inclinación del terreno, combinando para esto el mapa de pendientes y el mapa de uso de la tierra 2019, observados en las figuras 28A y 29A respectivamente. Como resultado se obtuvo el mapa de erosión preliminar de la finca, observado en la figura 17, en donde se muestran los siguientes tipos y grados de erosión hídrica: laminar grado moderado (122.98 ha), seguido de laminar grado leve (29.64 ha), cárcavas grado moderado (13.67 ha), laminar grado fuerte (9.45 ha) y cárcavas grado fuerte (6.80 ha). De acuerdo a lo anterior, debido a la influencia de la pendiente en el área, se infirió que la erosión predominante es del tipo laminar grado moderado, lo cual puede observarse en el cuadro 16 y figura 17.

Cuadro 16. Tipo de erosión preliminar en el sector A de la finca La Montañita.

Tipo de erosión	Área (ha)	Porcentaje del área (%)
Cárcavas grado fuerte	6.80	3.72
Cárcavas grado moderado	13.67	7.48
Laminar grado fuerte	9.45	5.17
Laminar grado moderado	122.98	67.37
Laminar grado leve	29.64	16.23
Total	182.54	100

Fuente: elaboración propia, 2019.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 17. Mapa preliminar de erosión hídrica de la finca La Montañita, año 2019, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso.

2	-90°02'01.21"	14°58'58.79"	1123	18	0-25	Plantación de pino
Punto de muestreo subpaisaje de colina						
F	-90°01'57.69"	14°59'00.61"	1073	32	0-19	Plantación de pino

Fuente: elaboración propia, 2019.

En el cuadro 17 se observa que hay dos puntos de referencia o comparadores correspondientes a las unidades fisiográficas en la finca, que son laderas y colina. La información de estos comparadores fue de utilidad para establecer el grado de pérdida del horizonte superficial en relación al resto de puntos de muestreos realizados. Esta información permitió establecer las clases de erosión para el subpaisaje de ladera y colina, como se muestra a continuación, en el cuadro 18:

Cuadro 18. Rangos asignados a las clases de erosión según el grosor del horizonte superficial adaptando para esto la clasificación USDA (2017):

Subpaisajes de ladera	
Rango	Clase de erosión
<18 cm	Fuerte
18-21 cm	Moderada
21-26 cm	Leve
Subpaisaje de colina	
Rango	Clase de erosión
19-25	Leve

Fuente: elaboración propia, 2019.

En el cuadro 18, se presenta la información de las clases de erosión establecidas según el porcentaje de pérdida de horizonte superficial. De acuerdo a esta información, en el cuadro 19 se presentan los tipos y grados de erosión hídrica y la superficie que esta representa dentro de la finca:

Cuadro 19. Estimación del porcentaje de pérdida del horizonte superficial de acuerdo a los muestreos realizados.

Punto de observación (cajuela)	Horizonte superficial	Porcentaje estimado de pérdida de horizonte superficial	Clase de erosión
Subpaisajes de ladera			
A	0-20	24	Leve
B	0-20	24	Leve
C	0-20	24	Leve
D	0-21	20	Leve
E	0-18	31	Moderada
Subpaisaje de colina			
F	0-19	24	Leve

Fuente: elaboración propia, 2019.

De acuerdo a las observaciones en campo y los muestreos realizados, en el cuadro 20 se observa el resumen de los grados y tipos de erosión hídrica encontrados en el sector de la finca La Montañita. Se puede notar que el 57.85% del área de la finca posee erosión laminar con cárcavas en grado leve (105.61 ha), por lo que este tipo y grado de erosión es el que predomina dentro de la finca. En esta área se encontraron 19 cárcavas con longitudes que van desde 5 m -18 m, con valores de ancho dentro del rango de 0.2 m - 2.5 m y profundidades que oscilan entre 0.22 m - 1.25 m, esto de acuerdo al cuadro 27.

Así también, se observaron otros tipos y grados de erosión hídrica, tal como la erosión laminar grado leve, presente en 22.98% del área y laminar grado moderado, presente en 13.51% del área de la finca. Estos tipos y grados de erosión se encuentran en áreas de plantaciones de pino, sistema agroforestal de café con especies del género Inga, tierras no degradadas y bosque de protección en riberas

Cuadro 20. Tipos y grados de erosión hídrica finca La Montañita.

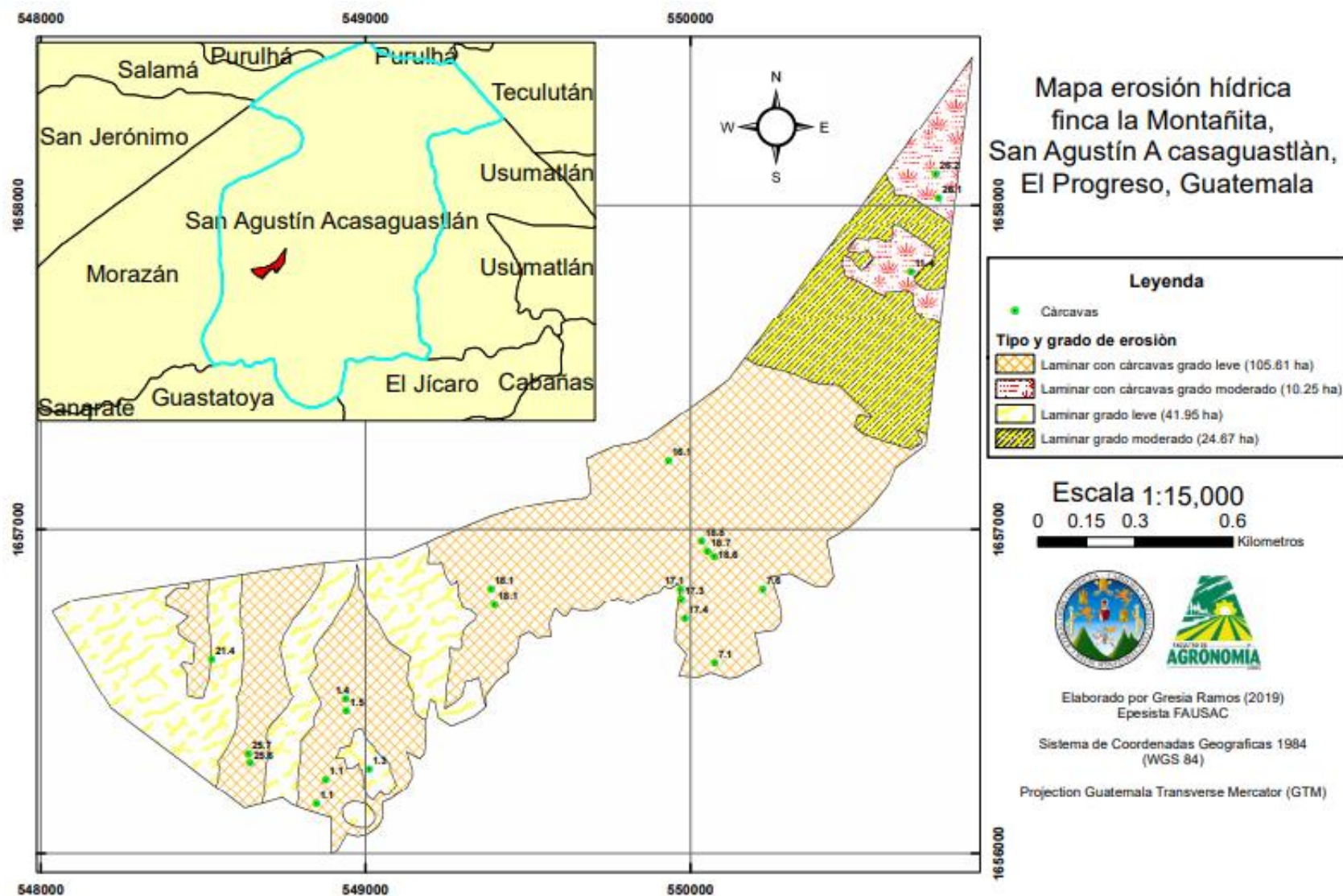
Tipos y grados de erosión	Superficie en hectáreas	Superficie km ²	Porcentaje
Laminar con cárcavas grado leve	105.61	1.0561	57.85
Laminar con cárcavas grado moderado	10.25	0.1025	5.61
Laminar grado leve	41.95	0.4195	22.98
Laminar grado moderado	24.67	0.2467	13.51
Total	182.54	1.8254	100

Fuente: elaboración propia, 2019.

Además de los tipos y grados de erosión antes mencionados, también se encontró erosión laminar con cárcavas grado moderado en 5.61% del área de la finca, en la cual se observaron 3 cárcavas con longitudes dentro del rango 17 m - 24 m, con valores de ancho de 0.2 m - 1.1 m y profundidades dentro del rango 0.25 m - 0.56 m. Dos de estas cárcavas se encontraron en el bosque natural de regeneración de encino y la otra cárcava se observó en una plantación forestal de pino.

Lo descrito anteriormente se puede visualizar de manera sencilla en el mapa de erosión hídrica de la finca La Montañita, en la figura 18.

Así también, es importante mencionar que la pérdida de suelo en la finca y áreas cercanas a la misma ha sido un proceso en el cual el cambio de uso de la tierra ha sido un factor que ha influido a través del tiempo, pues de acuerdo a la información proporcionada por los comunitarios de las aldeas aledañas, los bosques que representaban en su mayoría la cobertura vegetal se vieron amenazados por incendios forestales que provocaron la pérdida de los mismos, así también, la extracción de madera de pino, encino y otras contribuyeron a la deforestación en el área; además de esto, el establecimiento del cultivo de café en la época de su apogeo también ocasionó la pérdida de la masa forestal en el área. Todos estos eventos tuvieron un impacto en el suelo, acelerando el proceso de la erosión.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 18. Mapa de erosión hídrica finca La Montañita, año 2019, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso.

Por otra parte, con base en los resultados obtenidos sobre la pérdida del horizonte superficial en el cuadro 16 según los puntos de muestreo, se realizó una estimación sobre la cantidad de suelo perdido por escorrentía, considerando un promedio de la profundidad del horizonte superficial; el valor resultante se le restó a la profundidad de 30 cm la cual corresponde a la serie de suelo Civijá presente en el área; de acuerdo al Estudio de Clasificación de Reconocimiento de los Suelos de la República de Guatemala:

$$30 \text{ cm} - 19.6 \text{ cm} = 10.4 \text{ cm}$$

$$10.4 \text{ cm} * \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} * \frac{10,000 \text{ m}^2}{1 \text{ ha}} * \frac{1400 \text{ kg}}{\text{m}^3} * \frac{1 \text{ tonelada}}{1000 \text{ kg}} = 1,456 \text{ toneladas/ha}$$

Con base en la estimación anterior, desde el año 1959 a 2019 se han perdido por escorrentía 1,456 ton de suelo por hectárea, es decir, 24.26 ton de suelo/ha/año dentro de la finca. Así también, debido a que no se cuenta con información de años anteriores que haga referencia a la profundidad de los suelos en el área, es importante recordar que los valores obtenidos de pérdida de suelo en toneladas por hectárea son posibles estimaciones, pues se utilizó como referencia la serie de suelos Civijá la cual fue establecida en la Clasificación de Reconocimiento de los Suelos de la República de Guatemala en el año 1959. Simmons, *et al.*, (1959)

C. Toposecuencias

En la figura 19 se puede observar el mapa de toposecuencias realizadas dentro de la finca La Montañita. Cada una consiste en perfiles topográficos que representan la superficie del suelo y la profundidad del horizonte superficial. Respecto a la primera toposecuencia (W-E), fue realizada de manera transversal a la finca, es decir, que se encuentra perpendicular a las pendientes, mientras que el resto se encuentran paralelas a la inclinación del terreno.

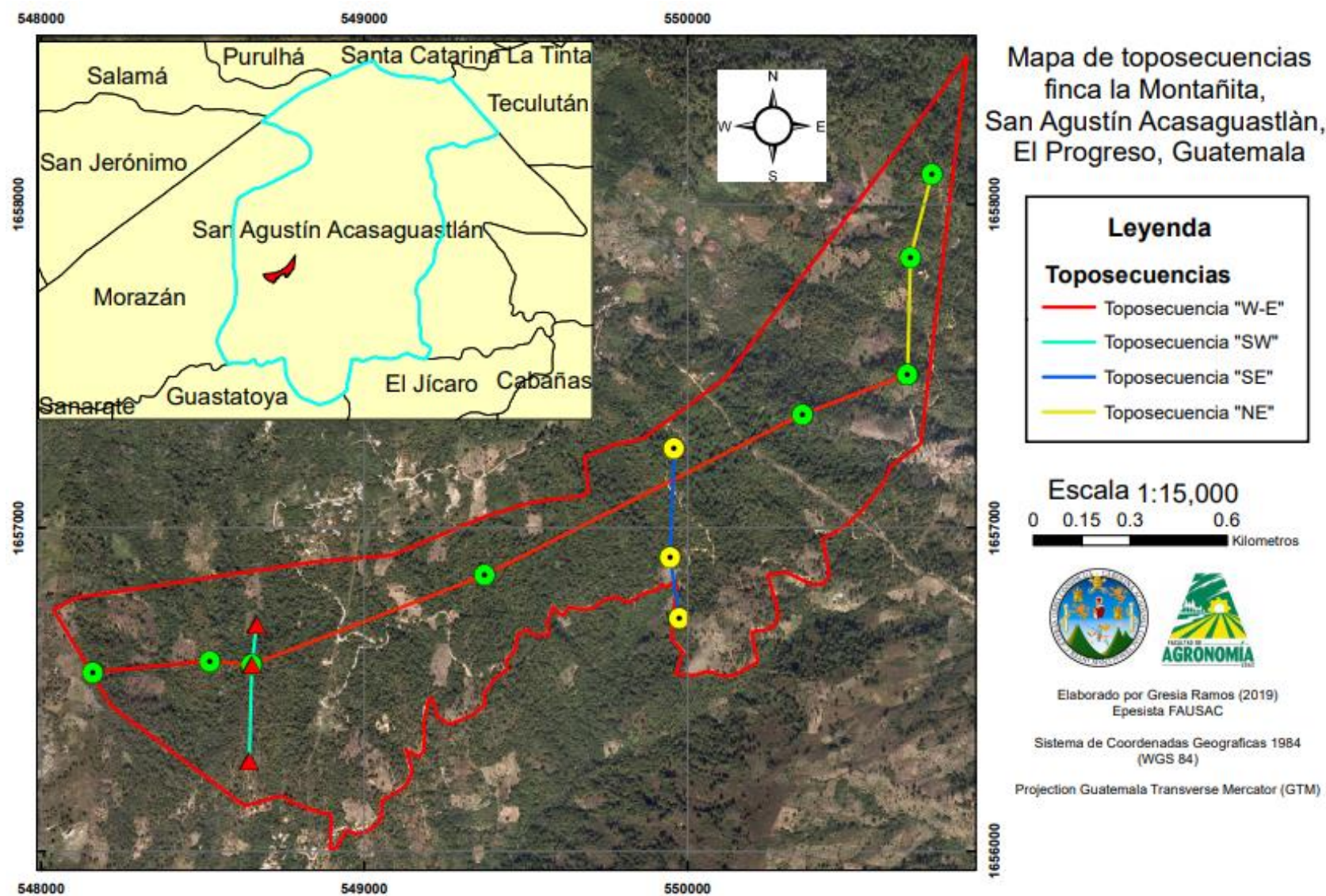
A continuación, en el cuadro 21 se presenta el resumen de los resultados obtenidos de acuerdo a los muestreos en cajuelas realizadas; esto con base en los datos observados en el cuadro 25A.

Cuadro 21. Datos recopilados en puntos de muestreo (cajuelas) y resultados de muestras de suelo respectivas de cuatro toposecuencias.

Toposecuencia	Pendiente (Porcentaje)	Horizonte A (cm)	Porcentaje M. O	pH	Porcentaje arcilla	Uso de la tierra
W-E	24-45	0-26	1.64-4.12	4-5.5	11.06-20.58	Bosque de regeneración de encino
SW	18-32	0-20	1.81-3.47	4.2-5.5	14.28-20.58	Plantación de pino y bosque de regeneración de encino
SE	13-24	0-35	0.24-2.54	4.3-5.39	9.02-20.28	Bosque de regeneración de encino
NE	16-24	0-20	1.5-3.42	3.9-4.2	9.26-15.03	Bosque de regeneración de encino

Fuente: elaboración propia, 2019.

Así también, es posible visualizar en las figuras de la 32A hasta la 36A el perfil del suelo de cada cajuela realizada correspondiente a cada toposecuencia.

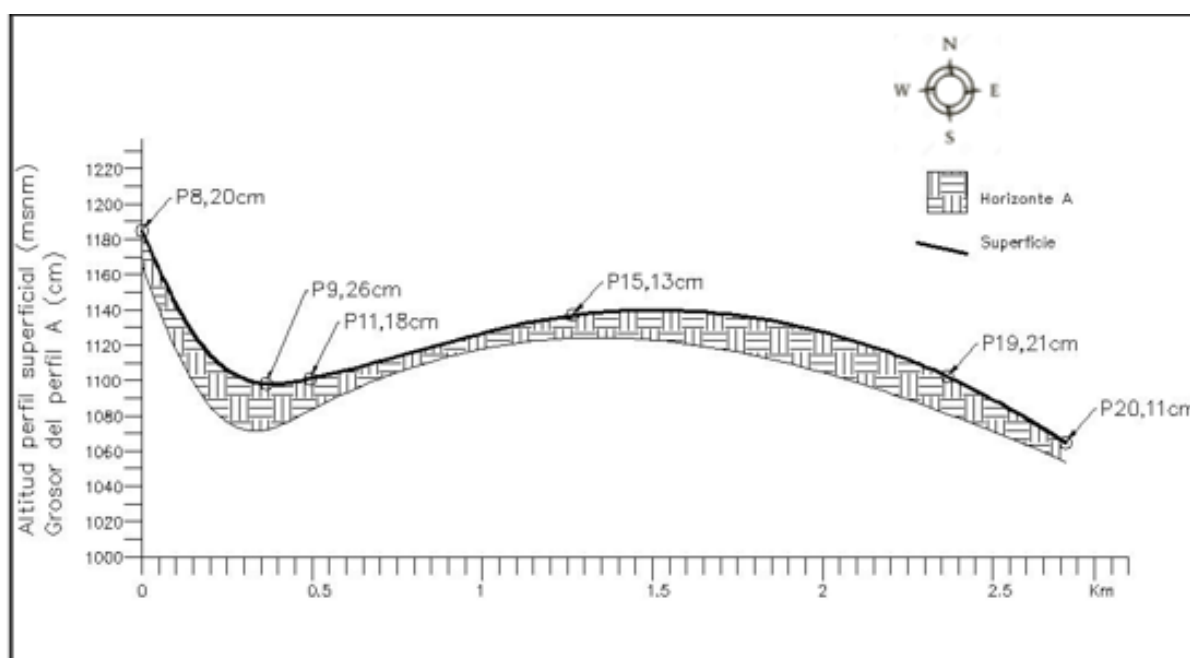


Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 19. Mapa de ubicación de toposecuencias, año 2019. San Agustín Acasaguastlán, El Progreso.

El perfil topográfico de la toposecuencia W-E se observa en la figura 20, en donde las profundidades del horizonte A se encuentran en un intervalo de 0 cm - 26 cm, observando las menores profundidades (13 cm y 18 cm) de dicho horizonte en los puntos de muestreo localizados en la unidad fisiográfica denominada como ladera erosionada, en la cual las pendientes correspondientes a dichos puntos fueron de 28% y 41%. Con base en lo anterior, los porcentajes de pendientes antes mencionados representan un factor que justifica el grosor del horizonte superficial debido al desprendimiento y arrastre de las partículas de suelo a través de la escorrentía.

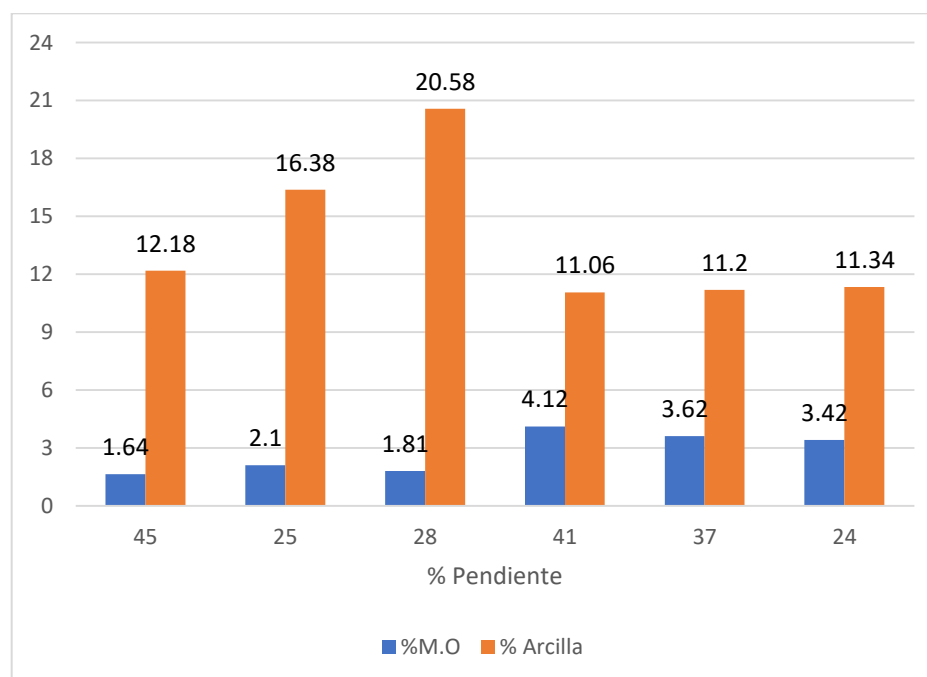
Así también, por medio de transectos realizados, se observaron cuatro cárcavas en esta toposecuencia, de las cuales una presentó la mayor longitud respecto al resto de cárcavas distribuidas dentro de la finca, pues dicha longitud correspondía a 78 m, con valores de ancho y profundidad comprendidos entre los 0.40 cm - 0.75 cm y 0.30 cm - 0.60 cm respectivamente.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 20. Toposecuencia W-E mostrando la profundidad del horizonte superficial.

Los porcentajes de materia orgánica y arcilla del perfil topográfico W-E pueden visualizarse en la figura 21.

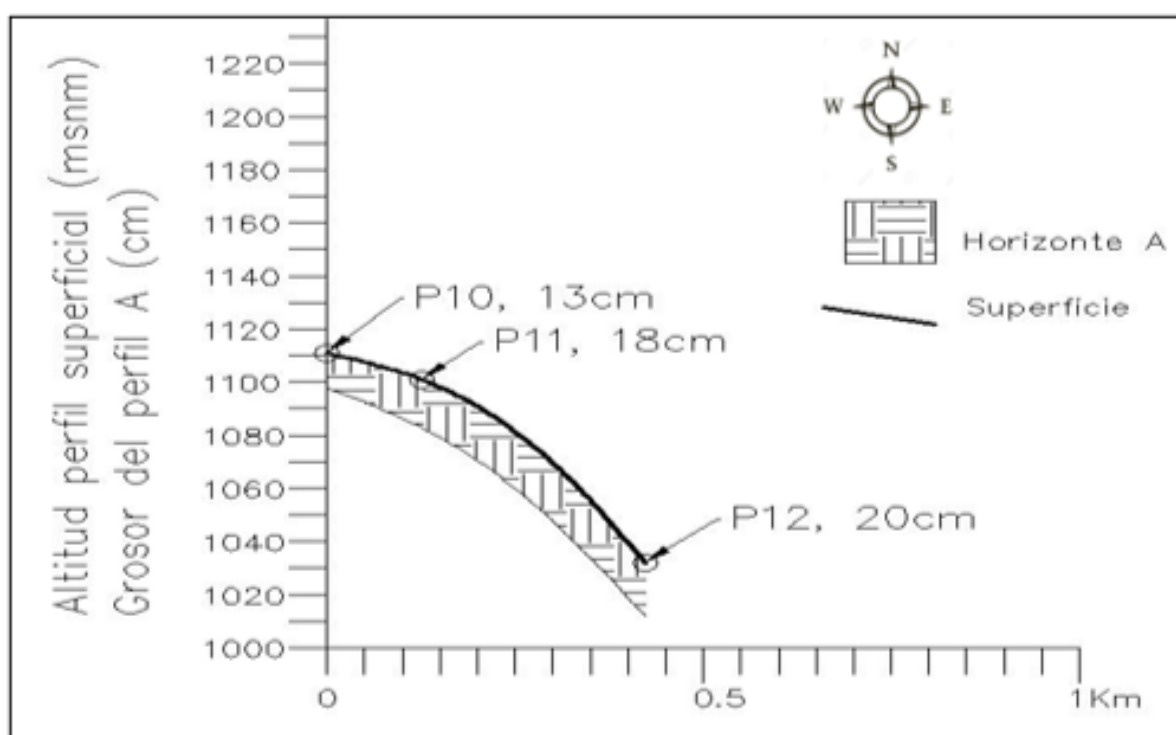


Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 21. Comportamiento del porcentaje de materia orgánica y arcilla de acuerdo a la pendiente para la toposecuencia W-E.

En este caso, para la toposecuencia W-E, se puede observar que en la figura 21 se encuentran dos de los valores más altos de porcentaje de materia orgánica (4.12% y 3.62 %) los cuales corresponden a la unidad fisiográfica ladera erosionada, en donde los puntos de muestreo presentaron pendientes relativamente mayores al resto de los puntos de observación, por lo que el comportamiento del contenido de materia orgánica pudo haber sido influenciado por la dinámica de la cobertura vegetal en el área a través de los años. Por otra parte, en esta unidad fisiográfica los valores de porcentaje de arcilla disminuyen conforme aumenta el porcentaje de pendiente, lo cual se debe posiblemente a que el diámetro de las partículas de arcilla facilita la suspensión de las mismas en el agua de escorrentía, la cual se mueve a favor de la pendiente.

En relación a la toposecuencia SW, puede observarse en la figura 22, donde el grosor del horizonte superficial aumenta de acuerdo a los puntos de observación. Es importante recordar que esta toposecuencia se encuentra paralela a la pendiente del terreno, en donde la cobertura vegetal es bosque natural de regeneración de encino. Así también, en este perfil topográfico, las pendientes van de 32% desde la parte alta a 18% hacia la parte baja de la unidad fisiográfica ladera erosionada, lo cual justifica en parte el movimiento y acumulación de partículas del suelo a través del agua de escorrentía desde la parte alta hasta la parte baja de dicha unidad fisiográfica. Por otra parte, se observaron por medio de transectos, dos cárcavas con valores de longitud, ancho y profundidad de 6 m - 55 m, 0.2 m - 1.1 m y 0.25 m - 0.46 m respectivamente.



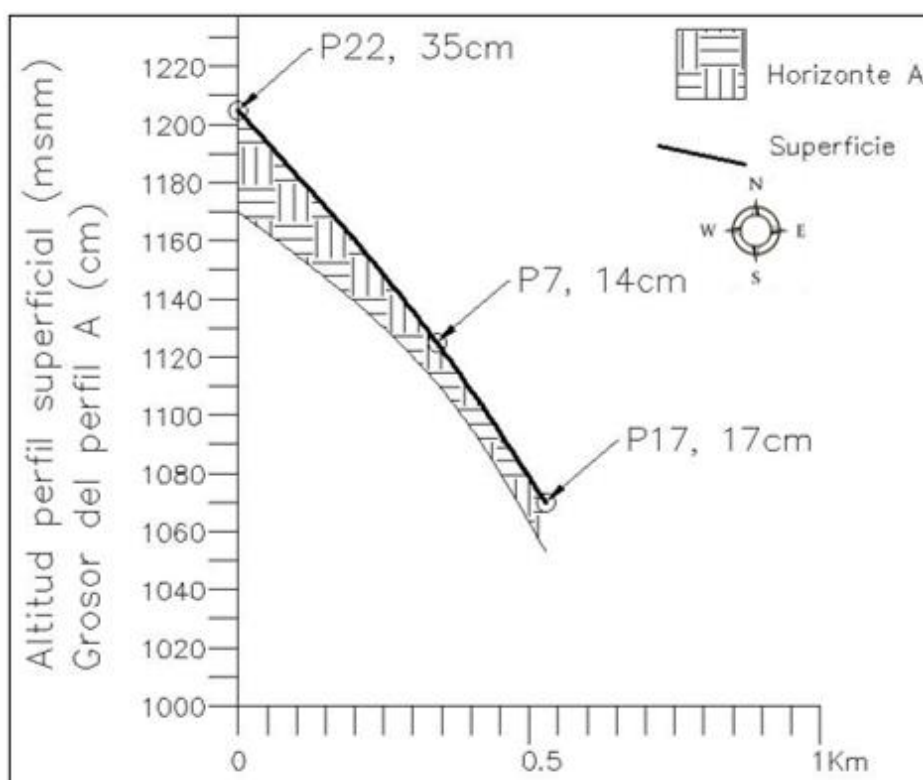
Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 22. Toposecuencia SW mostrando la profundidad del horizonte superficial.

Respecto a la toposecuencia SE, se observa en la figura 23, donde los valores de profundidad del horizonte A se encuentran entre 0 cm - 35 cm. Es importante mencionar que este perfil topográfico consideró dos unidades fisiográficas: ladera erosionada y colina.

En la primera unidad denominada como ladera erosionada, fue posible observar valores de 35 cm y 14 cm de profundidad del horizonte superficial cuyas pendientes en los puntos de muestreo corresponden a 13% y 24%, por lo que se puede notar que al aumentar la pendiente a 24% el grosor del horizonte A disminuye a 14 cm.

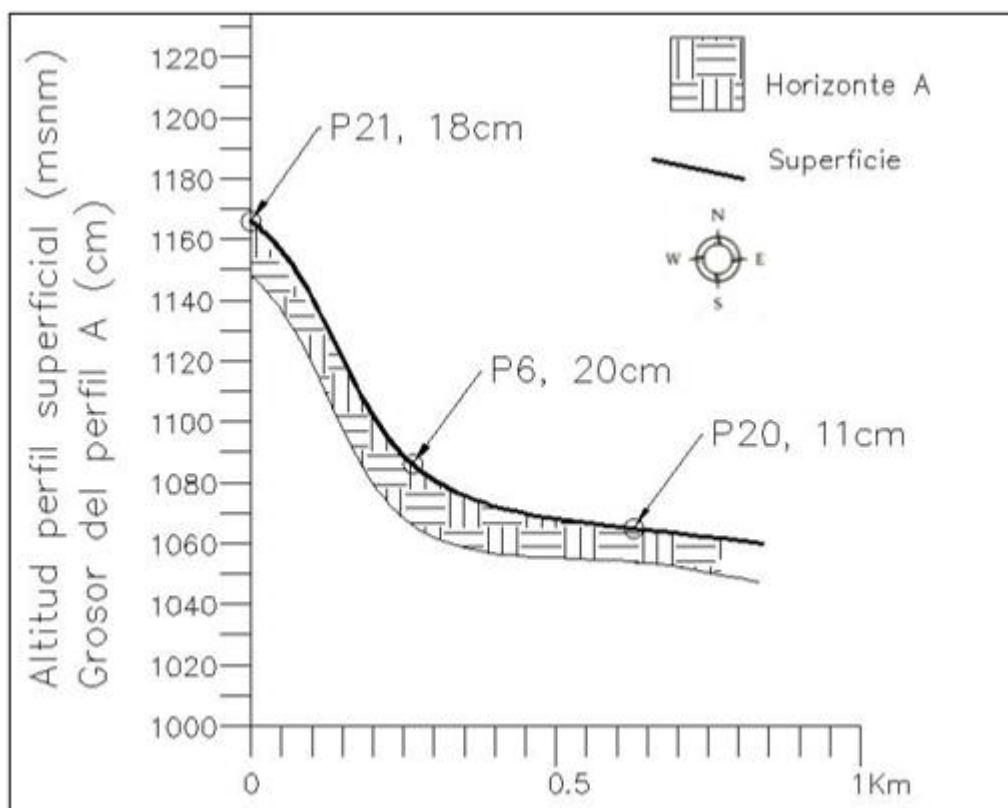
Al igual que en el resto de perfiles topográficos, también se observaron por medio de transectos realizados, la presencia de dos cárcavas, con longitudes de 10 m - 25 m, con valores de profundidad y ancho de 0.19 m - 0.22 m y 0.30 m - 0.45 m respectivamente.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 23. Toposecuencia SE mostrando la profundidad del horizonte superficial.

En cuanto a la toposecuencia NE observada en la figura 24, esta se realizó en la unidad fisiográfica denominada como ladera del E, en la cual se encontraron tres cárcavas, de las cuales una posee 24 m de longitud y una profundidad y ancho promedio de 0.53 m y 0.72 m respectivamente; las otras dos cárcavas presentaron una longitud de 21 m y 17 m con valores de profundidad entre 0.62 m - 0.38 m correspondientemente.



Fuente: elaboración propia, 2019.

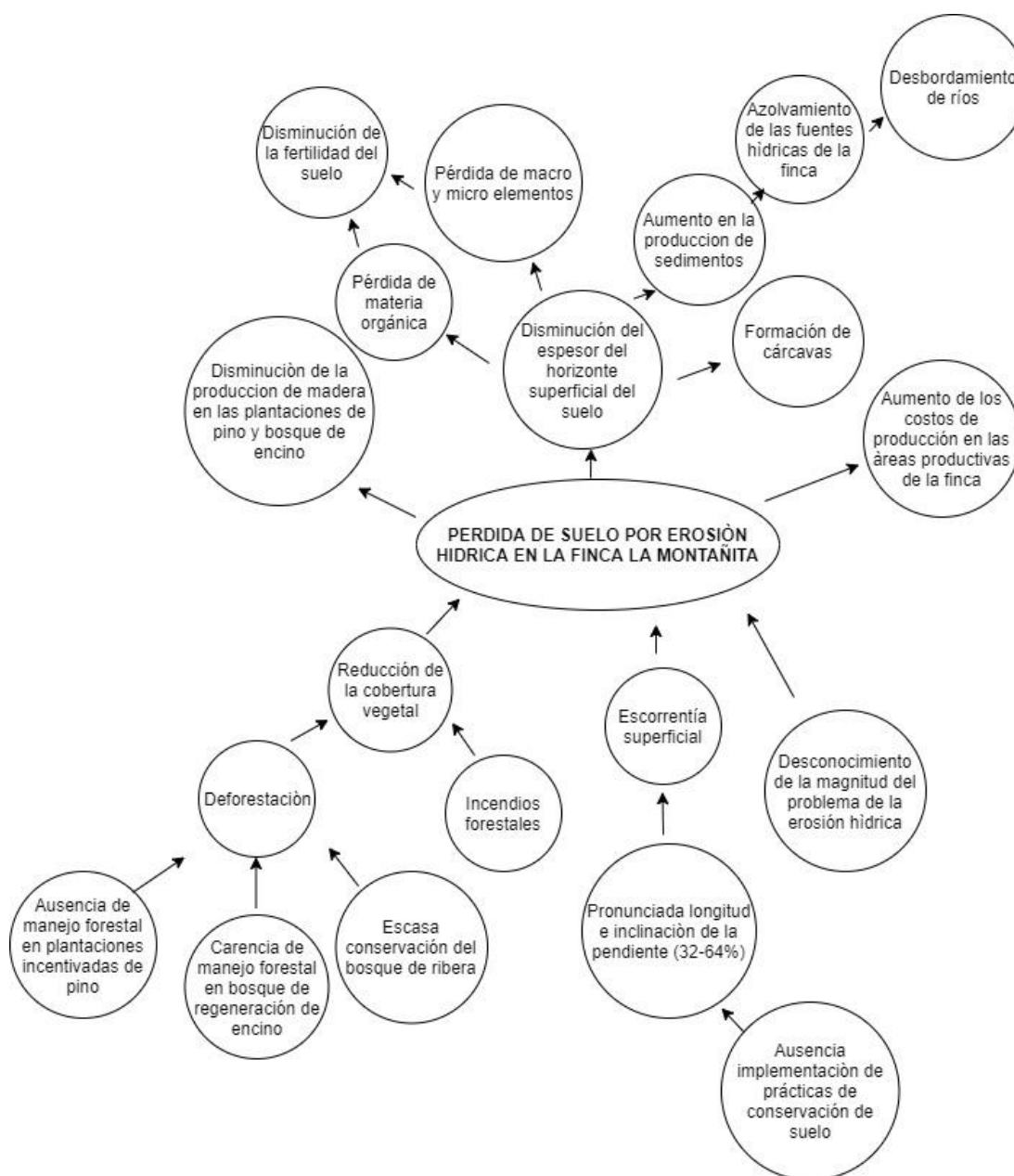
Figura 24. Toposecuencia NE mostrando la profundidad del horizonte superficial.

Por medio de las cuatro toposecuencias mencionadas anteriormente, es posible analizar el comportamiento de la profundidad del horizonte superficial en relación a las pendientes del terreno, pues tal como lo menciona Bergeson *et al.* (2012) el movimiento de las partículas de suelo a través de la escorrentía se ve favorecido cuando la longitud y grado de la pendiente aumenta; esto sucede una vez que el flujo superficial o escorrentía supera la capacidad de infiltración del suelo, ocasionando el depósito o sedimentación de los materiales transportados desde las partes más altas hasta las partes más bajas. En este caso, el comportamiento descrito anteriormente, se evidencia en la profundidad del horizonte superficial en la toposecuencia SW, ubicada en la unidad fisiográfica denominada como ladera erosionada, en la cual al disminuir la pendiente el grosor del horizonte A aumenta como consecuencia de la sedimentación de las partículas de suelo en la parte baja de dicha ladera.

Sin embargo, hay que recordar que la erosión hídrica no solo está influenciada por la pendiente, sino que también está en función de otros factores como lo es la cobertura vegetal. En este caso, es necesario considerar un análisis sobre la dinámica de la cobertura vegetal a través del tiempo, pues como se ha mencionado, en el área han ocurrido diversos eventos que han ocasionado la pérdida de la cobertura vegetal, lo cual ha repercutido en las características físicas del suelo, evidenciándose en la pérdida del horizonte superficial.

2.5.2. Identificar las principales causas que ocasionan la pérdida de suelo por erosión hídrica

A continuación, se presenta el árbol de problemas, en donde la problemática central corresponde a la pérdida de suelo por erosión hídrica, para la cual se identifican las principales causas y efectos en la figura 25.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 25. Árbol de problemas relacionado a la erosión hídrica de la finca La Montañita.

Por medio de la elaboración del árbol de problemas se pudo identificar las causas y efectos que originan la pérdida de suelo por erosión hídrica dentro de la finca. Respecto a las causas principales, se puede mencionar la ausencia de manejo forestal en las plantaciones forestales de pino y en bosque natural de encino, la escasa conservación del bosque de ribera, lo cual contribuye a la deforestación dentro de la finca. Por otra parte, la ausencia de implementación de prácticas de conservación del suelo permite el desprendimiento y arrastre de partículas de suelo a favor de la pendiente. Así también, debido a la causa denominada desconocimiento de la magnitud del problema (erosión hídrica), se dificulta la realización de estudios que permitan la cuantificación de la pérdida de suelo en toneladas por hectárea por año en la finca.

Así también, es importante considerar que el proceso de la erosión hídrica también es producto de diversas acciones y eventos influenciados por actividades humanas, entre las cuales, se encuentra el cambio de uso de la tierra para establecimiento de cultivo de café, extracción de madera de encino y pino, incendios forestales, entre otros; esto de acuerdo a lo mencionado por comunitarios aledaños a la finca.

Algunas de las causas generales mencionadas anteriormente, también fueron identificadas en estudios realizados a nivel de cuenca, tal como lo menciona Del Rosario, (2015) quién identificó que la ausencia de conservación del bosque de galería, representaba una de las causas que contribuyen a la degradación del suelo de la cuenca baja del río Achiguate. Por otra parte, Del Cid, (2012), hace referencia que la ausencia de prácticas de conservación de suelo y pendientes pronunciadas son algunas de las causas que originan la pérdida de suelo por erosión hídrica en la microcuenca del río Pachoj, Chimaltenango.

Con base en el árbol de problemas, se presenta a continuación el árbol de objetivos en la figura 26.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 26. Árbol de objetivos relacionado a la erosión hídrica de la finca La Montañita.

Para darle solución a la problemática de la erosión hídrica dentro de la finca, se realizó un árbol de objetivos el cual contiene medios y fines. Respecto a los medios, se pueden mencionar la existencia de manejo forestal en las 25 plantaciones de pino, manejo forestal en el bosque de regeneración de encino, así como también, la conservación del bosque de

ribera, implementación de prácticas de conservación de suelos y el conocimiento de la magnitud del problema de la erosión en la finca.

Con base en lo anterior, cada uno de los medios del árbol de objetivos posee acciones específicas y a su vez estas acciones poseen proyectos. Así por ejemplo, para la existencia de manejo forestal en las plantaciones incentivadas de pino se requiere acciones específicas, como el ejecutar el plan de manejo forestal, monitorear el crecimiento y productividad forestal, así como también, la adecuada divulgación en las comunidades colindantes sobre el manejo forestal a realizar.

2.5.3. Elaboración de plan general de manejo para contribuir a la reducción de pérdida de suelo

De acuerdo a la metodología del marco lógico, en el cuadro 26A, se observa la propuesta de acciones definidas con base en el árbol de objetivos, permitiendo así, definir los proyectos correspondientes y para cada uno de ellos se elaboró una matriz de marco lógico siendo observadas del cuadro 27A al 36A, cada proyecto busca contribuir a la disminución de la pérdida de suelo por escorrentía en la finca. Estos proyectos se visualizan de manera resumida en el cuadro 22.

Cuadro 22. Propuesta de proyectos.

No.	Proyectos
1	Elaboración y ejecución de plan de manejo forestal para pino (<i>Pinus oocarpa</i>)
2	Establecimiento de parcelas permanentes de monitoreo (PPM)
3	Elaboración y ejecución de plan de extensión comunitario enfocado en el aprovechamiento sostenible de las plantaciones forestales de pino a las comunidades de Conacaste, La Montañita y Aguahiel.
4	Elaboración de estudio de identificación de especies de encino (<i>Quercus sp</i>)
5	Elaboración y ejecución de plan de manejo forestal para encino (<i>Quercus sp</i>)
6	Establecimiento de parcelas permanentes de monitoreo (PPM) en bosque de encino
7	Elaboración y ejecución de plan de extensión comunitario enfocado en el aprovechamiento sostenible del bosque de encino
8	Repoblación de especies en las zonas desprovistas de cobertura vegetal
9	Elaboración y ejecución de un plan de implementación de prácticas de conservación de acuerdo a las áreas que lo requieran
10	Establecimiento de parcelas de escorrentía

Fuente: elaboración propia, 2019.

En el cuadro anterior, es posible observar diez proyectos, en su mayoría enfocados en el manejo forestal en bosque natural de regeneración de encino, plantaciones de pino y conservación de los bosques de galería. Para cada uno de estos proyectos, corresponde una matriz de marco lógico en la sección de anexos, estas matrices a su vez están conformadas por diversos componentes, entre los cuales se encuentran las actividades específicas según el proyecto. En este caso, es importante mencionar que el manejo forestal en los bosques y plantaciones requieren actividades como la realización de censos o muestreos para la elaboración de inventarios forestales, establecimiento de parcelas permanentes de monitoreo, elaboración de un plan de prácticas de conservación de suelos, actividades de cortas intermedias y corta final, definición de tratamientos intermedios silvícolas y métodos silvícolas para la renovación de la masa forestal.

Previo a realizar el manejo forestal, es importante considerar actividades de extensión rural enfocadas a la sensibilización de las comunidades colindantes a la finca respecto al aprovechamiento sostenible del recurso forestal dentro del área. Además, se ha considerado el establecimiento de parcelas de escorrentía con el objetivo de conocer la pérdida de suelo en toneladas por hectárea por año.

Por otra parte, respecto al aspecto financiero, en el cuadro 37A se observa la asignación monetaria de acuerdo a cada actividad establecida por proyecto, determinando una inversión inicial de Q. 305,516.40 durante el primer año para la ejecución de todos los proyectos propuestos. Así también, en el cuadro 38A se observa la calendarización correspondiente para un periodo de diez años, en los cuales hay algunos proyectos que se requieren ejecutar durante los primeros cinco años, o bien, son necesarios durante cada dos años, para lo cual, es importante considerar la inversión monetaria necesaria.

2.6. CONCLUSIONES

1. De acuerdo al diagnóstico de la erosión hídrica, el 57.85% del área de la finca (105.61 ha) presentó erosión laminar con cárcavas en grado leve, mientras que el 5.61% del área (10.25 ha) posee erosión laminar con cárcavas grado moderado; también se presentó erosión laminar en grado leve representada en 22.98 % del área (41.95 ha) y el 13.51% del área (24.67%) posee erosión laminar grado moderado.
2. Entre las principales causas que originan la pérdida de suelo por erosión hídrica, se encontraron: la ausencia de implementación de prácticas de conservación de suelo (barreras muertas, barreras vivas, surcos al contorno, instalación de gaviones, otras), manejo forestal desordenado en plantaciones de pino y bosque natural de encino, la escasa conservación del bosque de ribera, y la escasa toma de conciencia sobre la magnitud de la problemática de la erosión hídrica.
3. Para contribuir a la disminución de la pérdida de suelo por erosión hídrica, se propone realizar un plan de manejo forestal sostenible dirigido a plantaciones forestales de pino y bosque natural de regeneración de encino, el cual debe ser complementado por medio del establecimiento de parcelas permanentes de monitoreo para el crecimiento de la masa forestal, sensibilización comunitaria por medio de actividades de extensión rural, establecimiento de prácticas de conservación de suelo y la repoblación de especies forestales en áreas desprovistas de cobertura. Cabe mencionar que el plan de manejo forestal debe ser implementado en los rodales de pino ya establecidas y en bosque de encino (*Quercus sp*), considerando también áreas para el establecimiento de nuevas plantaciones de pino (*Pinus sp*).

2.7. RECOMENDACIONES

1. Elaborar un plan de manejo forestal sostenible, que garantice la persistencia del proyecto forestal en plantaciones de pino y bosque natural de regeneración de encino. Este debe incluir prácticas de conservación de suelos para reducir la pérdida de suelo por escorrentía; en especial en las áreas con mayor pendiente; entre estas prácticas se puede considerar barreras vivas, barreras muertas, surcos al contorno, instalación de gaviones en las áreas donde se observó cárcavas.
2. Desarrollar una estrategia de manejo sostenible para los bosques de ribera, para mantener la cobertura forestal en el área y evitar el movimiento de partículas de suelo hacia los ríos.
3. Establecer parcelas de escorrentía en diferentes usos de la tierra para cuantificar la cantidad de suelo erosionado por escorrentía.
4. Incorporar al análisis de la erosión hídrica el efecto ocasionado por la intensidad de las lluvias, para lo cual es necesario instalar un pluviógrafo para la obtención de dichos datos dentro de la finca.
5. Realizar un estudio sobre el uso histórico de la tierra para considerar otras causas que han contribuido a la erosión hídrica en el área.
6. Realizar un estudio sobre la influencia de la erosión hídrica en la degradación del suelo en la finca.

2.8. BIBLIOGRAFÍA

1. Alatorre, C; Begueria, S. 2009. Los modelos de erosión: una revisión. Cuaternario y Geomorfología: Revista de la Sociedad Española de Geomorfología y Asociación para el Estudio del Cuaternario 23(1-2):29-48. Consultado 5 mar. 2019. https://www.researchgate.net/publication/45337158_Los_modelos_de_erosion_una_revision.
2. Almorox Alonso, J; López Bermúdez, F; Rafaelli, S. 2010. La degradación de los suelos por erosión hídrica: métodos de estimación. Murcia, España, Universidad de Murcia. 384 p. Consultado 12 mar. 2019. https://books.google.es/books?id=bSpiNY_nwOIC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false.
3. Bautista Zuñiga, F. 2004. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales (en línea). Yucatán, México, Universidad Nacional Autónoma de México / Instituto Nacional de Ecología / Universidad Autónoma de Yucatán. https://www.researchgate.net/publication/236954619_Tecnicas_de_muestreo_para_manejadores_de_recursos_naturales.
4. Bergeson, L; Reynero, M; Cisneros, JM; Cholaky, C; Gutierrez, A; Gonzales, J; Diez, A. 2012. Erosión hídrica. Principios y técnicas de manejo (en línea). Rio Cuarto, Argentina, UniRio. p. 61–73. Consultado 1 mar. 2019. <https://www.researchgate.net/publication/261950035>.
5. Camargo, C; Pacheco, C; López, R. 2017. Erosión hídrica, fundamentos, evaluación y representación cartográfica: Una revisión con énfasis en el uso de sensores remotos y sistemas de información geográfica. Gestión y Ambiente 20(2):265-280. <https://doi.org/doi:10.15446/ga.v20n2.63917>.
6. Canel Ramírez, JP. 2018. Informe de leyenda fisiográfica y elaboración de mapa fisiográfico del Sector A, de la Finca La Montañita. Guatemala, Escuela Nacional de Agricultura. 11 p. https://www.enca.edu.gt/wp-content/themes/templateX/pdf/INFORME_DE_RESULTADOS_DE_JAIRD_CAN_EL_RAMIREZ_DEL_MES_DE_SEPTIEMBRE.pdf.
7. Castillo, C. 2005. Selección y calibración de indicadores locales y técnicos para evaluar la degradación de los suelos, laderas, en la microcuenca Cuscamá, El Tuma. Nicaragua, Universidad Nacional Agraria de Nicaragua. 92 p. Consultado 23 ago. 2019. <http://repositorio.una.edu.ni/1094/1/tnp35c352.pdf>
8. De la Cruz, JR. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
9. Del Cid Herrera, JA. 2012. Estudio de la erosión hídrica, en la microcuenca del río Pachoj, Chimaltenango, Guatemala, C. A. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 302 p.

Consultado 30 may 2019.
http://www.repositorio.usac.edu.gt/6472/1/DELCIDHERRERA%2CJUDITH AZUCENA_JUNI.pdf

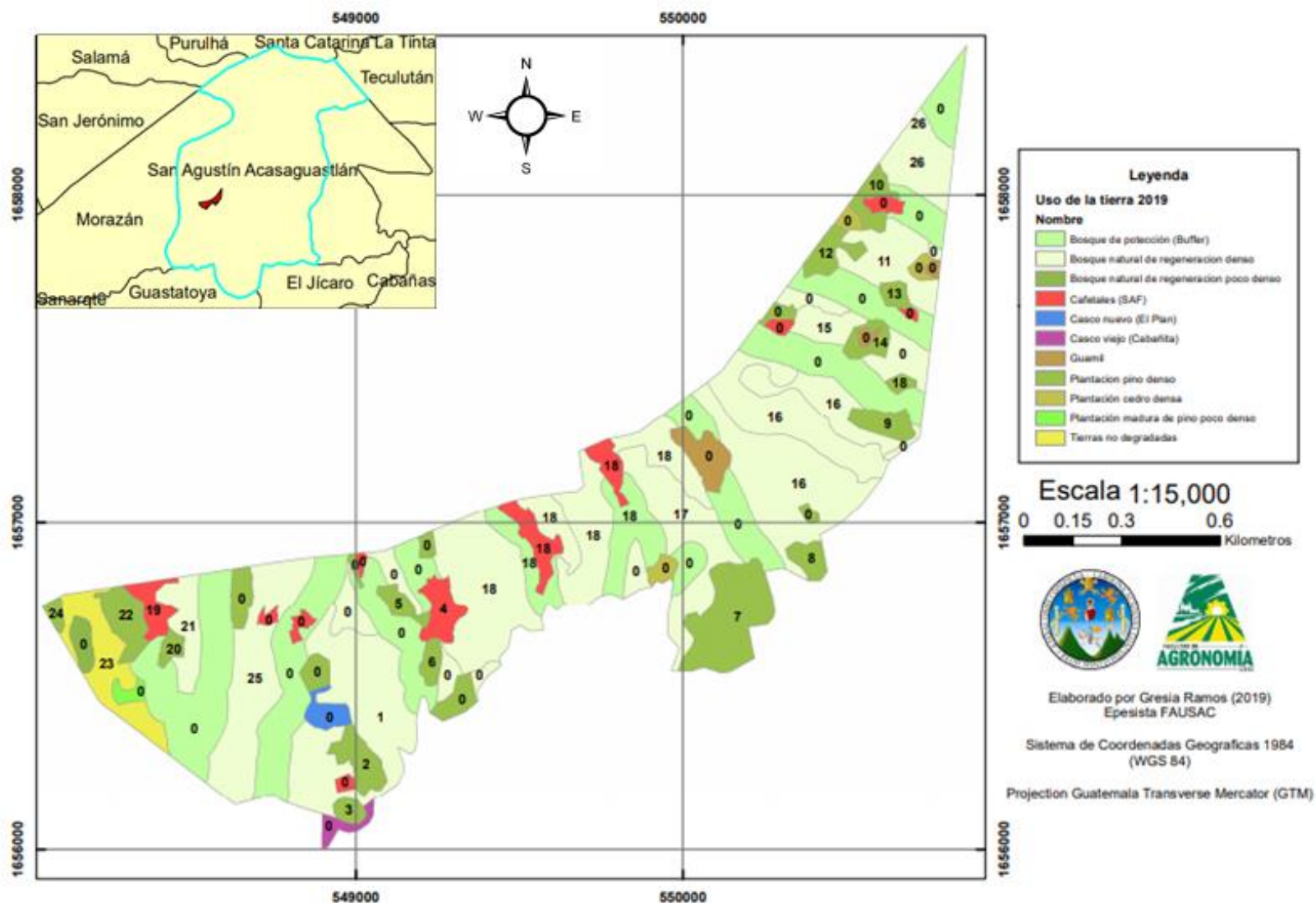
10. Del Rosario, A. 2015. Estudio de la erosión hídrica en la cuenca baja río Achiguate, Escuintla, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 31–135. Consultado 30 mayo 2019. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2841/1/CASTAÑEDA ANA DER ROSARIO I.pdf>.
11. Díaz-Rivera, JR; Pérez-Costa, D; Rodríguez-Álvarez, Y; Febles-González, JM. 2008. Determination of soil erosion indexes applying GIS analysis to the locality of San Andres in the province of Pinar del Río. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 14(1):15-21. Consultado 10 mar. 2019. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v14n1/v14n1a3.pdf>.
12. FAO, Italia. 2006. Guidelines for soil description. 4 ed. Rome. 97 p. Consultado 12 mar. 2019. <http://www.fao.org/3/a-a0541e.pdf>.
13. Gaitán, J; Navarro, MF; Vuegen, LT; Pizarro, MJ; Carfagno, P; Rigo, S. 2017. Estimación de la pérdida de suelo por erosión hídrica en la República Argentina (en línea). Gaitan, J; Navarro, M; Carfagno, P; Tenti, L (eds.). Buenos Aires, Argentina, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 65 p. Consultado 24 mar. 2019. https://inta.gob.ar/sites/default/files/libro_erosion_hidrica_rep_argentina.pdf.
14. Lal, R. 2001. Soil degradation by erosion. *Land Degradation & Development* 12:519-539 . <https://doi.org/10.1002/ldr.472>.
15. Linares, A; García, M. 2004. Uso, manejo y conservación de suelos (en línea). La Habana, Cuba, Agencia de Información y Comunicación para la Agricultura (Agrinfor). Consultado 25 dic. 2019. [http://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/3459/1/Uso%2C manejo y conservación de suelos.pdf](http://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/3459/1/Uso%2C%20manejo%20y%20conservaci%C3%B3n%20de%20suelos.pdf)
16. López, Menchú, DGI. 2011. Estudio de la erosión hídrica, en la microcuenca del río Balanyá, Chimaltenango, Guatemala, C.A. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 31–132. Consultado 30 mayo 2019. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/23/1/LopezMenchuDuniaGabrielaIvanova.pdf>.
17. López Bautista, EA; González Ramírez, BH. 2007. Muestreo estadístico. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
18. López-Galindo, F; Muñoz-Iniestra, D; Hernández-Moreno, M; Soler-Aburto, A; Del, M; Castillo-López, C; Hernández-Arzate, I. 2003. Análisis integral de la toposecuencia y su influencia en la distribución de la vegetación y la degradación

- del suelo en la subcuenca de Zapotitlán Salinas, Puebla. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana 56(1):19-41. Consultado 23 ago. 2019. <http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/vols/epoca03/5601/2003-56Lopez.pdf>.
19. López Vanegas, M. 2016. Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para la forestación solo especies nativas en zonas prioritarias. México, CONAFOR / CONABIO / GEF / PNUD. Consultado 25 dic. 2019. http://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=160946.
 20. Macario Pérez, VR. 2011. Diagnóstico del recurso suelo del municipio de San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agromomía. Consultado 18 abr. 2020. http://www.repositorio.usac.edu.gt/6924/1/TRABAJO_GRADUACION.pdf
 21. May, L; Place, C. 2005. A GIS-based model of soil erosion and transport. Freshwater Forum 23:48–61. Consultado 19 abr. 2019. <https://core.ac.uk/download/pdf/11020210.pdf>.
 22. Mendoza, RB; Espinoza, A. 2017. Guía técnica para muestreo de suelos. Managua, Nicaragua Centenaria de Agricultura / ASA / CRS. Consultado 16 jun. 2019. <http://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf>.
 23. NSSC-NRCS-USDA. 2012. Field book for describing and sampling soils. Lincoln, USA, USDA. Consultado 23 dic. 2019. https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_052523.pdf.
 24. Ortegón, E; Pacheco, JF; Prieto, A. 2005. Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas (en línea). Santiago de Chile, CEPAL. Consultado 23 feb. 2020. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5607/S057518_es.pdf
 25. Pérez, D; De la Colina, A. 2003. Cartografía del riesgo de erosión en el consejo popular Punta de la Sierra mediante el empleo de SIG.*In* Antología de estudios territoriales: Fomento de los estudios territoriales en Iberoamérica. La Habana, Cuba, Editora GeoTech. Consultado 24 mar. 2019. https://www.researchgate.net/publication/276026724_CARTOGRAFIA_DEL_RIESGO_DE_EROSION_EN_EL_CONSEJO_POPULAR_PUNTA_DE_LA_SIERRA_MEDIANTE_EL_EMPLEO_DE_SIG
 26. Perret, S. 1993. Una metodología simple para el dimensionamiento de parcelas de escorrentía. Ciencia e Investigación Forestal 7:340–357. <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/10850>.
 27. Sánchez, N. 2007. El marco lógico: Metodología para la planificación, seguimiento y evaluación de proyectos. Visión General 2:328–343. Consultado 23 feb. 2020. <https://www.redalyc.org/pdf/4655/465545876012.pdf>

28. SEGEPLAN (Secretaría General de Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala). 2006. GeoServicios. Consultado 18 abr. 2020. <http://ide.segeplan.gob.gt/geoservicios.html>.
29. Serrato-Álvarez, PK. 2009. Clasificación fisiográfica del terreno a partir de la inclusión de nuevos elementos conceptuales. *Perspectiva Geográfica* 14:181–218. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3644849.pdf>.
30. Simmons, C; Tárrano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, Instituto Agropecuario Nacional. 1000 p.
31. Tobías, HA. 2006. Guía para la descripción del suelo. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agromomía.
32. USDA. 2017. Soil survey manual. Washington, D.C, USA. 603 p. Consultado 12 mar. 2019. <https://www.iec.cat/mapasols/DocuInteres/PDF/Llibre50.pdf>.
33. Vega, L. 2008. Evaluación de la erosión hídrica superficial por parcelas experimentales en suelos desnudos de la región de Coquimbo. Chile, Universidad de Talca. 126 p. Consultado 24 mar. 2019. http://ctha.utalca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/tesis_de_grado/leonardo_vega.pdf.
34. Zambrano, J. 2015. Estimación de la producción y transporte de sedimentos en cuencas urbanas pequeñas a escala de evento mediante un modelo de base física basado en SIG. Barcelona, España, Universidad Politécnica de Catalunya / Barcelona TECH. 295 p. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/95706?show=full>.
35. Zavala-Cruz, J; Palma-López, DJ; Rubén, C; Cabrera, F; López, A; Shirma Tórres, CE. 2011. Degradación y conservación de suelos en la cuenca del río Grijalva, Tabasco. Tabasco, México, Colegio de Postgraduados. Consultado 12 dic. 2019. [https://www.colpos.mx/tabasco/2014/DEGRADACION Y CONSERVACION DE SUELOS.pdf](https://www.colpos.mx/tabasco/2014/DEGRADACION_Y_CONSERVACION_DE_SUELOS.pdf).




2.9. ANEXOS



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 27A. Mapa de caminamientos para la comprobación del mapa de erosión preliminar.

Cuadro 23A. Datos recopilados durante caminamientos realizados dentro de la finca La Montañita para la comprobación del mapa preliminar de erosión hídrica.

Caminamiento	Punto observación	Coordenadas GTM		Altura (m.s.n.m.)	Cobertura vegetal	Tipo de erosión o combinación	Erosión en cárcavas		
		X	Y				Longitud (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)
1	1	548848	1656154	999	Bosque encino	Laminar y cárcavas	119	1.7-1.8	0-54-0.8
	2	548878	1656225	1028	Bosque encino				
	3	549011	1656258	1013	Plantación pino	Laminar y cárcavas	5	0.4	0.3
	4	548938	1656475	1089	Bosque encino	Laminar y cárcavas	8-41	0.4-1.05	0.20-0.80
	5	548941	1656440	1083	Bosque encino	Laminar y cárcavas	25	0.70-1.40	0-40-0.70
2	1	549052	1656251	1011	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	2	549044	1656298	1029	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	3	549008	1656340	1052	Plantación pino	Laminar	-	-	-
3	1	549006	1656117	963	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	2	548999	1656604	939	Plantación pino	Laminar	-	-	-
4	1	549257	1656746	1107	SAF	Laminar	-	-	-
	2	549200	1656800	1125	SAF	Laminar	-	-	-
5	1	549123	1656727	1103	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	2	549129	1656784	1176	Plantación pino	Laminar	-	-	-
6	1	549255	1656592	1089	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	2	549230	1656557	1059	Plantación pino	Laminar	-	-	-

Continuación cuadro 23A

Camina- miento	Punto observación	Coordenadas GTM		Altura (m.s.n.m.)	Cobertura vegetal	Tipo de erosión o combinación	Erosión en cárcavas		
		X	Y				Longitud (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)
7	1	550075	1656588	1092	Plantación pino	Laminar y cárcavas	10	0.33-0.37	0.19-0.22
	2	550128	1656636	1124	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	3	550151	1656736	1123	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	4	550174	1656776	1124	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	5	550210	1656818	1099	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	6	550224	1656813	1070	Plantación pino	Laminar y cárcavas	25	0.25-0.32	0.30-0.45
8	1	550391	1656796	1026	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	2	550405	1656926	1031	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	3	550428	1657042	1084	Plantación pino	Laminar	-	-	-
9	1	550632	1657299	1031	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	2	550705	1657260	1022	Plantación pino	Laminar	-	-	-
10	1	550535	1657929	1122	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	2	550576	1657934	1119	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	3	550560	1657975	1131	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	4	550591	1657928	1147	Plantación pino	Laminar	-	-	-
11	1	550572	1657858	1145	Bosque encino	Laminar	-	-	-
	2	550580	1657825	1154	Bosque encino	Laminar	-	-	-

	3	550641	1657781	1105	Bosque encino	Laminar	-	-	-
	4	550680	1657794	1097	Bosque encino	Laminar y cárcavas	24	0.60-0.85	0.51-0.56
	5	550690	1657837	1086	Bosque encino	Laminar	-	-	-
12	1	550526	1657851	1162	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	2	550551	1657836	1163	Plantación pino	Laminar	-	-	-

Continuación cuadro 23A

Camina- miento	Punto observación	Coordenadas GTM		Altura (m.s.n.m.)	Cobertura vegetal	Tipo de erosión o combinación	Erosión en cárcavas		
		X	Y				Longitud (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)
13	1	55073 1	165776 3	1080	Bosque encino	Laminar	-	-	-
14	1	55062 0	165761 6	1073	Bosque encino	Laminar	-	-	-
	2	55056 8	165755 4	1078	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	3	55051 0	165754 4	1081	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	4	55050 1	165755 7	1086	Bosque encino	Laminar	-	-	-
15	1	55047 4	165757 8	1096	Bosque encino	Laminar	-	-	-
	2	55056 7	165747 3	1091	Bosque encino	Laminar	-	-	-
	3	55060 4	165741 8	1076	Bosque encino	Laminar	-	-	-
	4	55063 2	165739 6	1042	Bosque encino	Laminar	-	-	-
16	1	55049 2	165732 9	1111	Bosque encino	Laminar	-	-	-
	2	55046 5	165730 9	1090	Bosque encino	Laminar	-	-	-
	3	55043 6	165730 0	1086	Bosque encino	Laminar	-	-	-
	4	55043 6	165729 3	1081	Bosque encino	Laminar	-	-	-
	5	55041 9	165728 0	1079	Bosque encino	Laminar	-	-	-
	6	55039 2	165726 2	1084	Bosque encino	Laminar	-	-	-
	7	55034 2	165723 2	1093	Bosque encino	Laminar	-	-	-
	8	55031 8	165720 2	1112	Bosque encino	Laminar	-	-	-

	9	54995 4	165724 3	1205	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	10	54993 2	165720 9	1211	Bosque encino	Laminar y cárcavas	10	0.45-0.65	0.23-0.26
17	1	54996 9	165681 3	1068	Bosque encino	Laminar y cárcavas	12	0.85-2	0.42-0.31
	2	54996 9	165681 3	1068	Bosque encino	Laminar y cárcavas	22	0.90-1.12	0.40-0.60
	3	54997 1	165678 1	1074	Bosque encino	Laminar y cárcavas	5-19	0.85-1.30	0.42-0.55
	4	54998 3	165672 4	1084	Bosque encino	Laminar y cárcavas	4-28	0.30-0.72	0.34-0.66

Continuación cuadro 23A

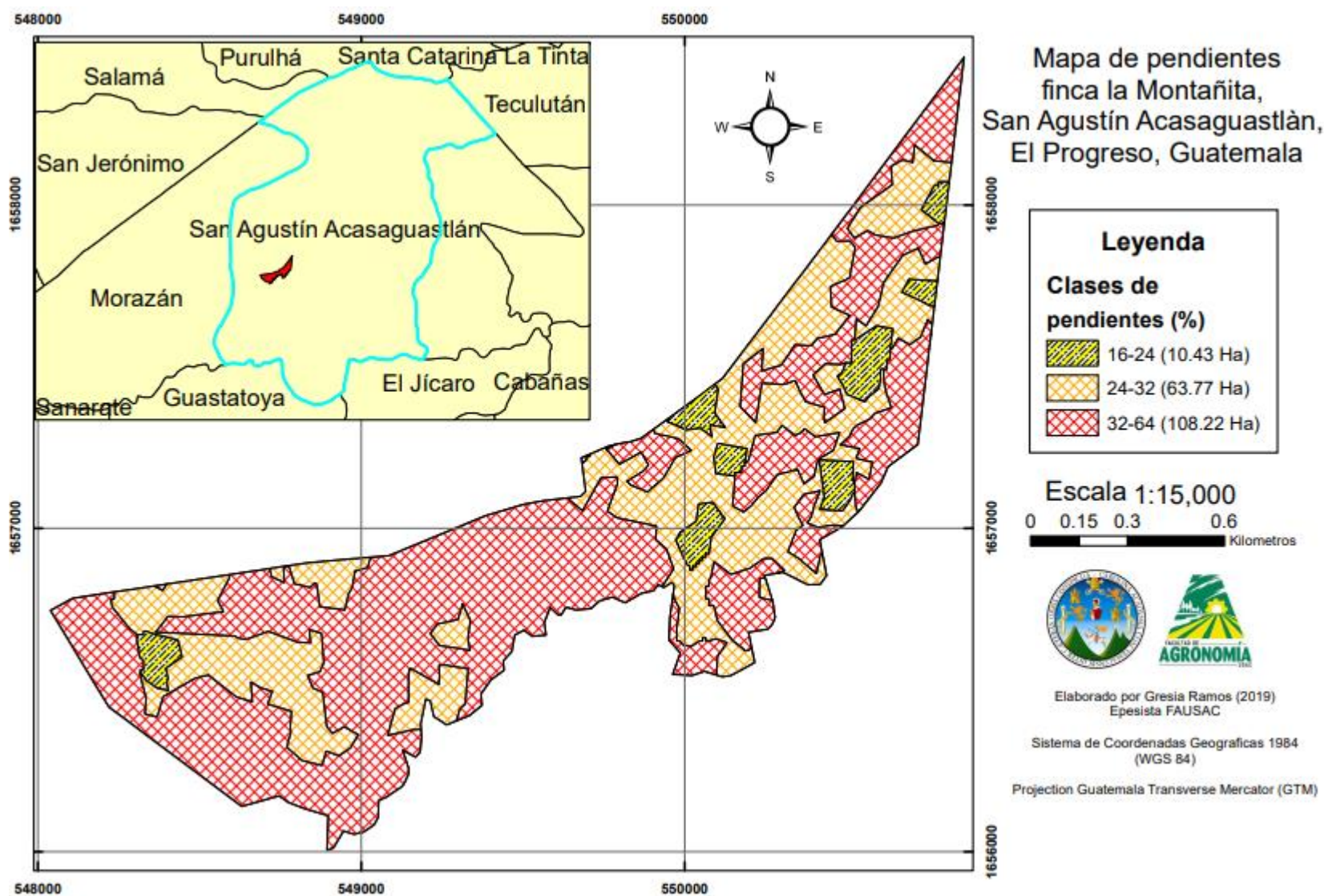
Camina- miento	Punto observación	Coordenadas GTM		Altura (m.s.n.m.)	Cobertura vegetal	Tipo de erosión o combinación	Erosión en cárcavas		
		X	Y				Longitud (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)
18	1	549385	1656814	1138	Bosque encino	Laminar y cárcavas	78	0.40-0.75	0.30-0.60
	2	549397	1656768	1117	Bosque encino	Laminar y cárcavas			
	3	550064	1656626	1116	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	4	550066	1656733	1146	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	5	550070	1656851	1133	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	6	550074	1656916	1128	Plantación pino	Laminar y cárcavas	6	1.48-1.57	1.05-1.15
	7	550052	1656932	1122	Plantación pino	Laminar y cárcavas	10	0.40-1.15	0.42-1
	8	550034	1656964	1135	Plantación pino	Laminar y cárcavas	30	1.70-2.7	1.10-1.25
	9	549929	1656985	1142	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	10	549869	1657015	1129	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	11	549851	1656976	1134	Bosque encino	Laminar	-	-	-
	12	549790	1656984	1147	Bosque encino	Laminar	-	-	-
	13	549745	1656994	1155	Bosque encino	Laminar	-	-	-
	14	549689	1656984	1168	Bosque encino	Laminar	-	-	-
	15	549593	1656980	1171	Bosque encino	Laminar	-	-	-
	16	549540	1656965	1164	SAF	Laminar	-	-	-
	17	549485	1656948	1175	Bosque encino	Laminar	-	-	-
	18	549450	1656891	1157	Bosque encino	Laminar	-	-	-
	19	549383	1656826	1158	Bosque encino	Laminar	-	-	-
	20	549340	1656750	1160	Bosque encino	Laminar	-	-	-
	21	549286	1656714	1130	Bosque encino	Laminar	-	-	-

Continuación cuadro 23A

Camina- miento	Punto observación	Coordenadas GTM		Altura (m.s.n.m.)	Cobertura vegetal	Tipo de erosión o combinación	Erosión en cárcavas		
		X	Y				Longitud (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)
19	1	548451	1656771	1169	Bosque encino	Laminar	-	-	-
	2	548447	1656710	1136	Bosque encino	Laminar	-	-	-
20	1	548401	1656656	1110	Bosque de protección	Laminar	-	-	-
	2	548466	1656624	1130	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	3	548457	1656644	1130	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	4	548429	1656643	1121	Plantación pino	Laminar	-	-	-
21	1	548394	1656643	1108	Bosque de protección	Laminar	-	-	-
	2	548468	1656705	1146	Bosque de protección	Laminar	-	-	-
	3	548479	1656575	1113	Bosque encino	Laminar	-	-	-
	4	548526	1656599	1109	Bosque encino	Laminar y cárcavas	20	0.60-0.70	0.55-0.64
							12	0.62-0.70	0.44
22	1	548352	1656614	1117	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	2	548339	1656631	1122	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	3	548324	1656636	1126	Plantación pino	Laminar	-	-	-
23	1	548303	1656625	1124	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	2	548257	1656559	1144	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	3	548252	1656527	1150	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	4	548280	1656465	1141	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	5	548242	1656430	1158	Plantación pino	Laminar	-	-	-
24	1	548085	1656683	1231	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	2	548056	1656726	1233	Plantación pino	Laminar	-	-	-
	3	548056	1156748	1240	Plantación pino	Laminar	-	-	-
25	1	548632	1656525	1093	Bosque encino	Laminar	-	-	-

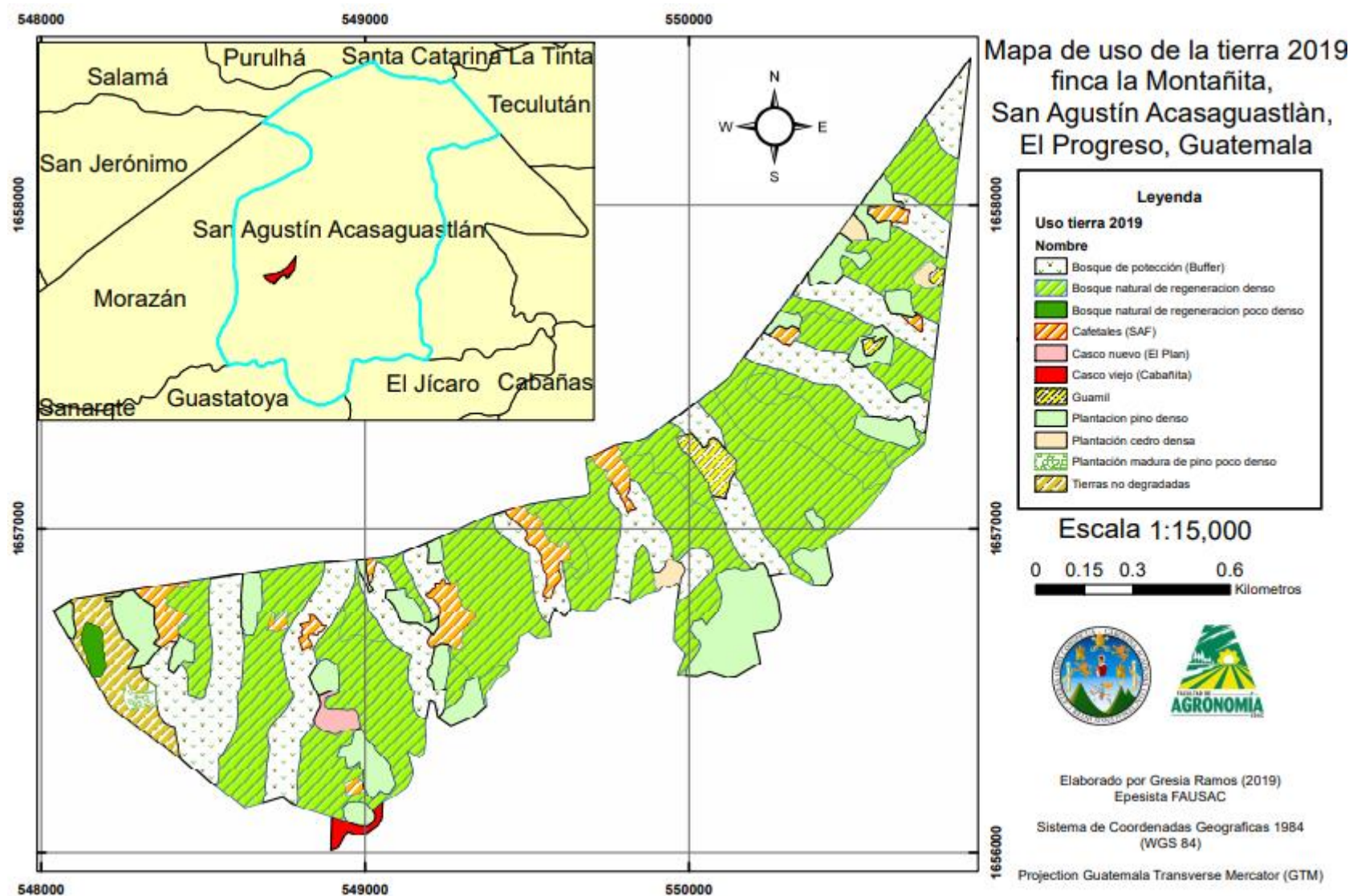
	2	548659	1656448	1081	Bosque encino	Laminar	-	-	-
	3	548704	1656449	1088	Bosque encino	Laminar	-	-	-
	4	548719	1656534	1109	Bosque encino	Laminar	-	-	-
	5	548799	1656559	1109	Bosque encino	Laminar	-	-	-
	6	548644	1656279	1032	Bosque encino	Laminar y cárcavas	55	0.60-1.10	0.425-0.46
	7	548639	1656308	1035	Bosque encino		6	0.2	0.25
26	1	550765	1658021	1150	Bosque encino	Laminar y cárcavas	21	0.50-0.62	0.51-0.72
	2	550756	1658094	1166	Bosque encino	Laminar y cárcavas	17	0.45-0.75	0.30-0.47

Fuente: elaboración propia, 2019.



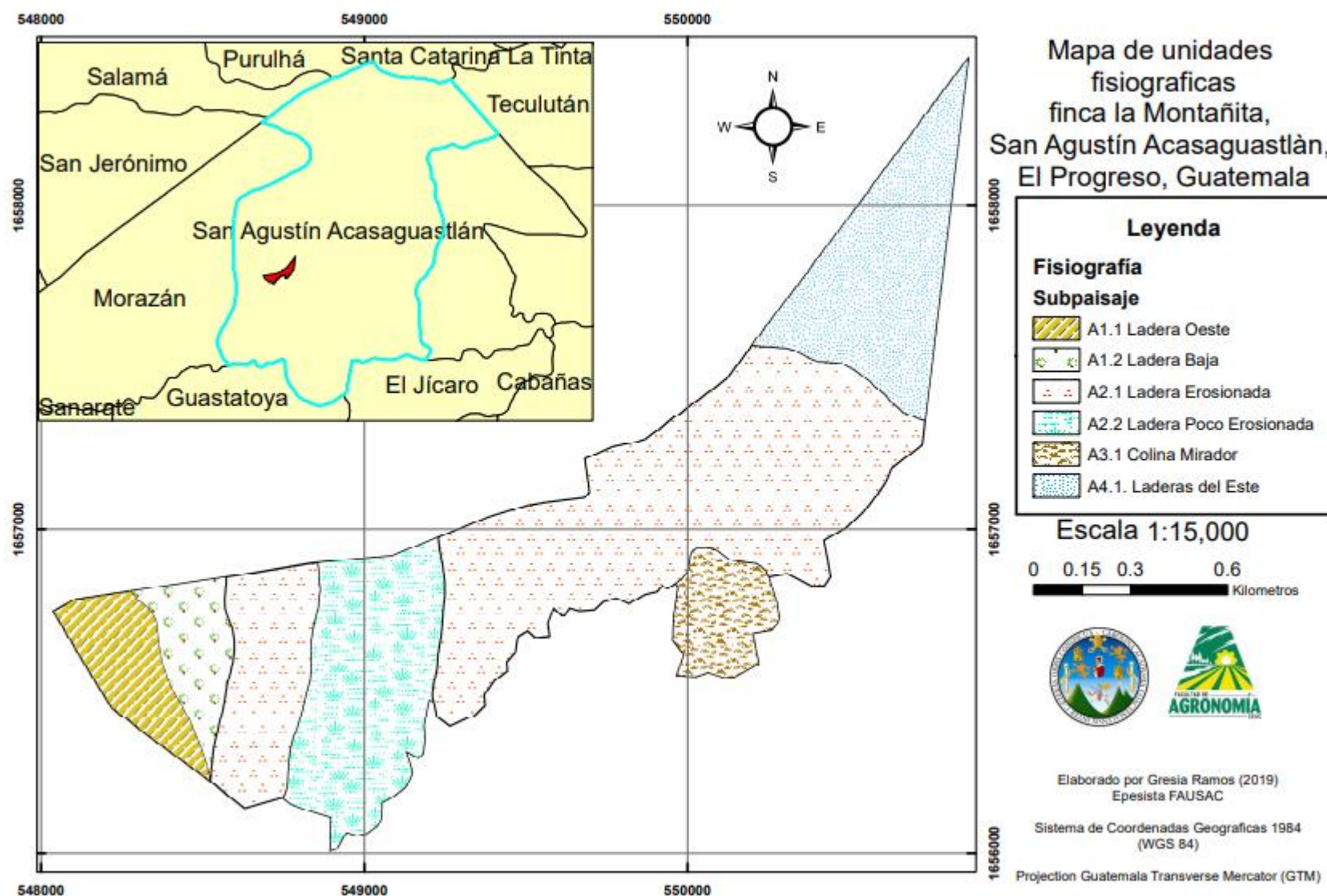
Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 28A. Mapa de pendientes finca La Montañita, año 2019.



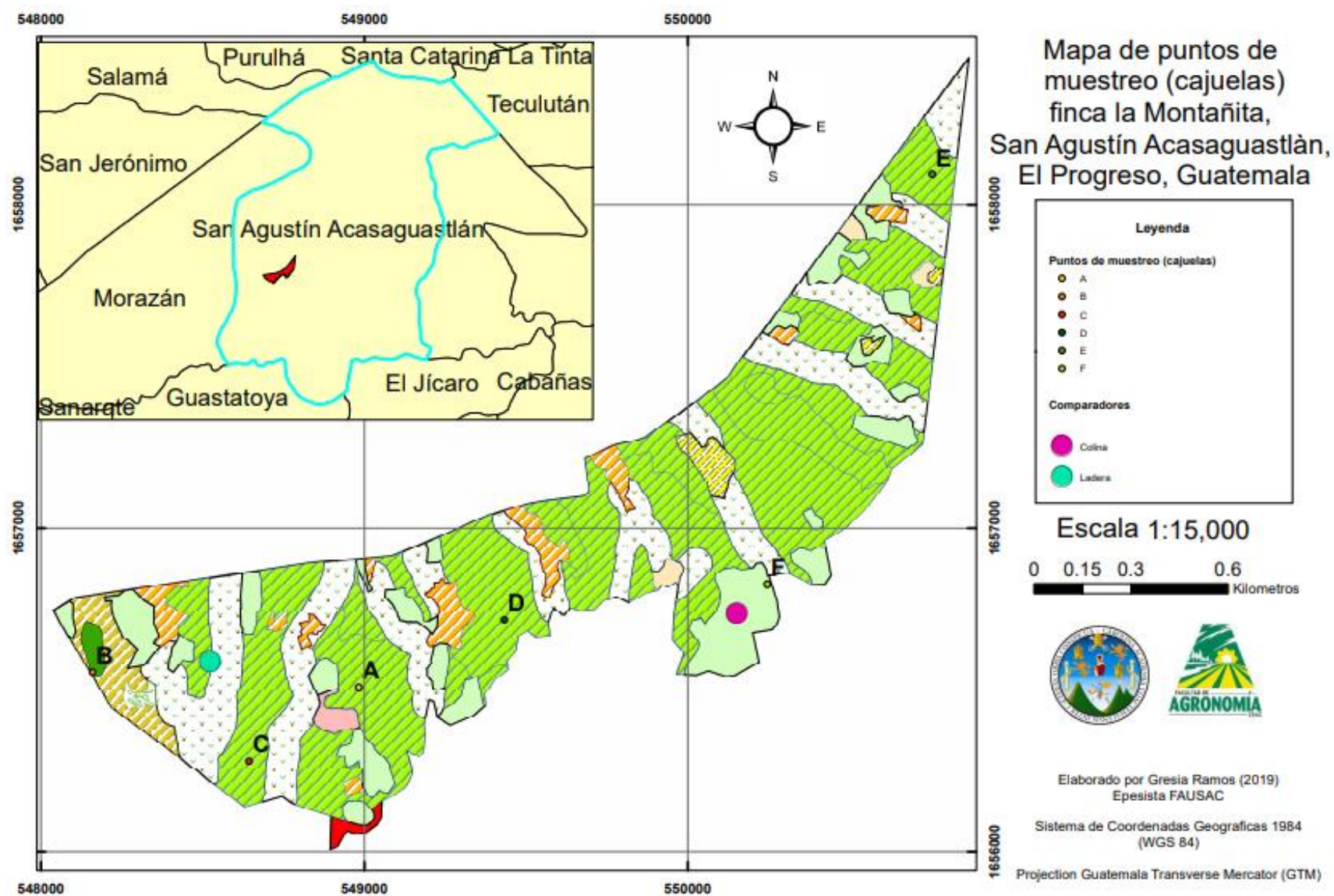
Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 29A. Mapa de uso de la tierra 2019 de la finca La Montaña, año 2019.



Fuente: Canel Ramírez , 2018.

Figura 30A. Unidades fisiográficas sector A de la finca La Montañita, año 2019.



Fuente: elaboración propia 2019.

Figura 31A. Mapa de ubicación de puntos de muestreo (cajuelas), año 2019.

Cuadro 24A. Ubicación de cárcavas dentro de la finca La Montañita.

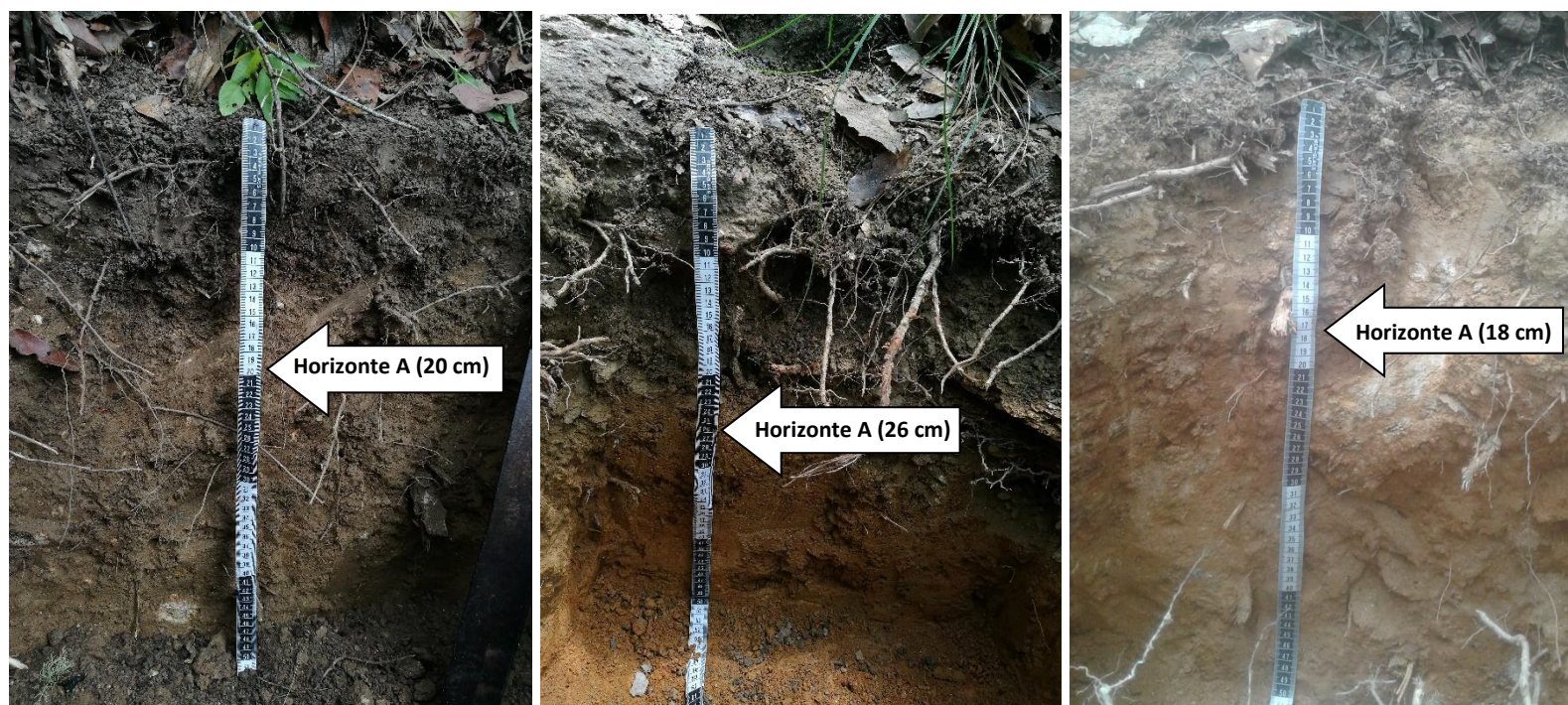
Cárcavas	Coordenadas geográficas			Código
Punto	x	y	z	
1	90°02'44.85"	14°58'37.76"	999	1,1
2	90°02'43.80"	14°58'40.05"	1028	1,1
3	90°02'39.33"	14°58'41.36"	1013	1,3
4	90°02'41.79"	14°58'48.10"	1089	1,4
5	90°02'41.68"	14°58'46.92"	1083	1,5
6	90°02'03.67"	14°58'51.84"	1092	7,1
7	90°01'58.30"	14°59'00.29"	1070	7,6
8	90°01'43.12"	14°59'33.22"	1097	11,4
9	90°02'08.64"	14°59'14.37"	1211	16,10
10	90°02'07.16"	14°58'59.09"	1068	17,1
11	90°02'07.16"	14°58'59.09"	1068	17,2
12	90°02'07.14"	14°58'57.92"	1074	17,3
13	90°02'06.67"	14°58'56.24"	1084	17,4
14	90°02'26.41"	14°58'57.49"	1138	18,1
15	90°02'26.83"	14°58'59.06"	1117	18,1
16	90°02'03.59"	14°59'02.87"	1128	18,6
17	90°02'04.28"	14°59'03.31"	1122	18,7
18	90°02'05.06"	14°59'03.55"	1135	18,8
19	90°02'55.57"	14°58'53.82"	1109	21,4
20				21,4
21	90°02'51.60"	14°58'41.65"	1032	25,6
22	90°02'51.84"	14°58'42.32"	1035	25,7
23	90°01'40.50"	14°59'38.34"	1150	26,1
24	90°01'40.78"	14°59'40.65"	1166	26,2

Fuente: elaboración propia, 2019.

Cuadro 25A. Información de cajuelas de acuerdo a cada toposecuencia.

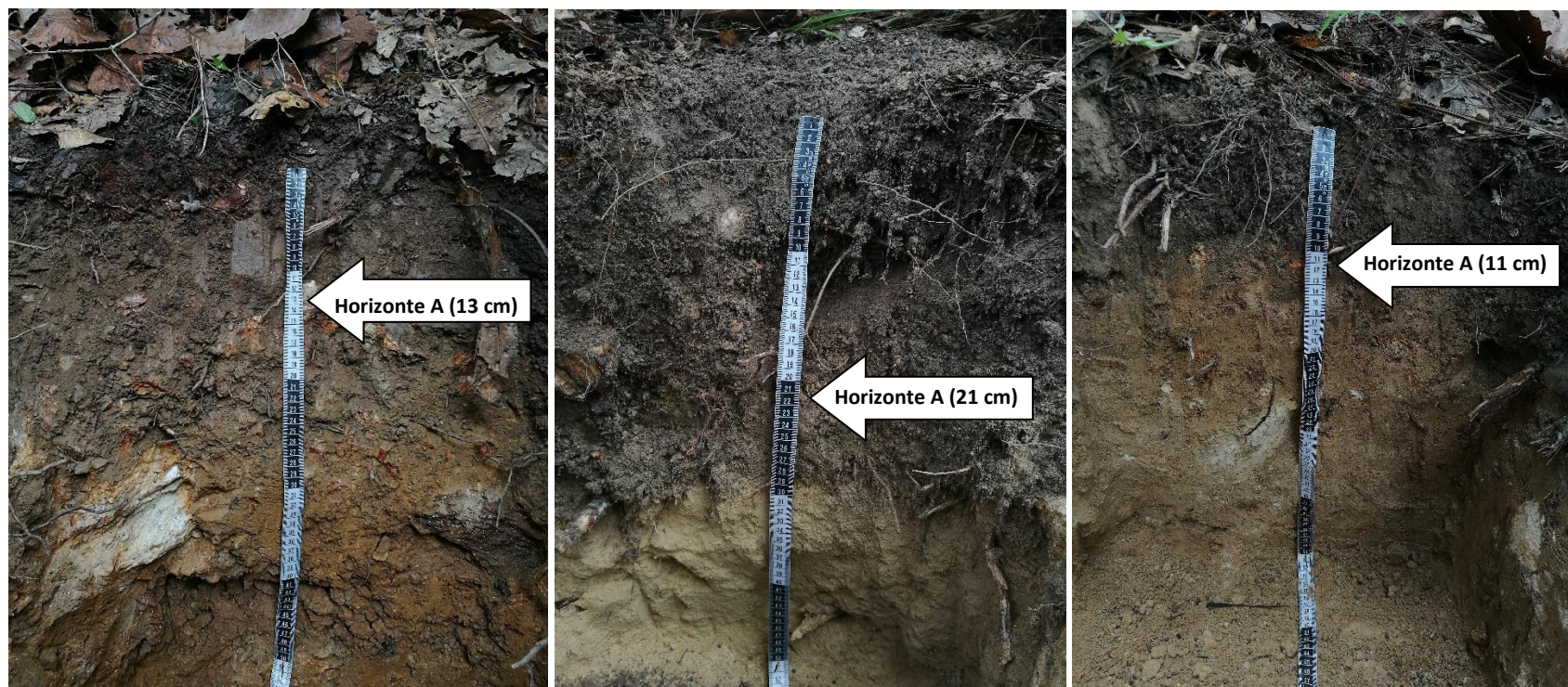
Toposecuencia	Punto (cajuela)	Porcentaje pendiente (%)	Horizonte A (cm)	Porcentaje M. O	pH	Porcentaje arcilla	Uso de la tierra
W-E	8	45	0-20	1.64	5.5	12.18	Bosque de encino
	9	25	0-26	2.1	4.5	16.38	Bosque de encino
	11	28	0-18	1.81	4.2	20.58	Bosque de encino
	15	41	0-13	4.12	4.1	11.06	Bosque de encino
	19	37	0-21	3.62	4.4	11.2	Bosque de encino
	20	24	0-11	3.42	4	11.34	Bosque de encino
SW	10	32	0-13	3.47	5.5	18.48	Plantación de pino
	11	28	0-18	1.81	4.2	20.58	Bosque de encino
	12	18	0-20	2.83	4.8	14.28	Bosque de encino
SE	22	13	0-35	0.24	5.39	13.72	Bosque de encino
	7	24	0-14	2.5	4.3	20.28	Bosque de encino
	17	22	0-17	2.54	4.7	9.02	Bosque de encino
NE	21	23	0-18	2.3	4.2	9.26	Bosque de encino
	6	16	0-20	1.5	3.9	15.03	Bosque de encino
	20	24	0-11	3.42	4	11.34	Bosque de encino

Fuente: elaboración propia, 2019.



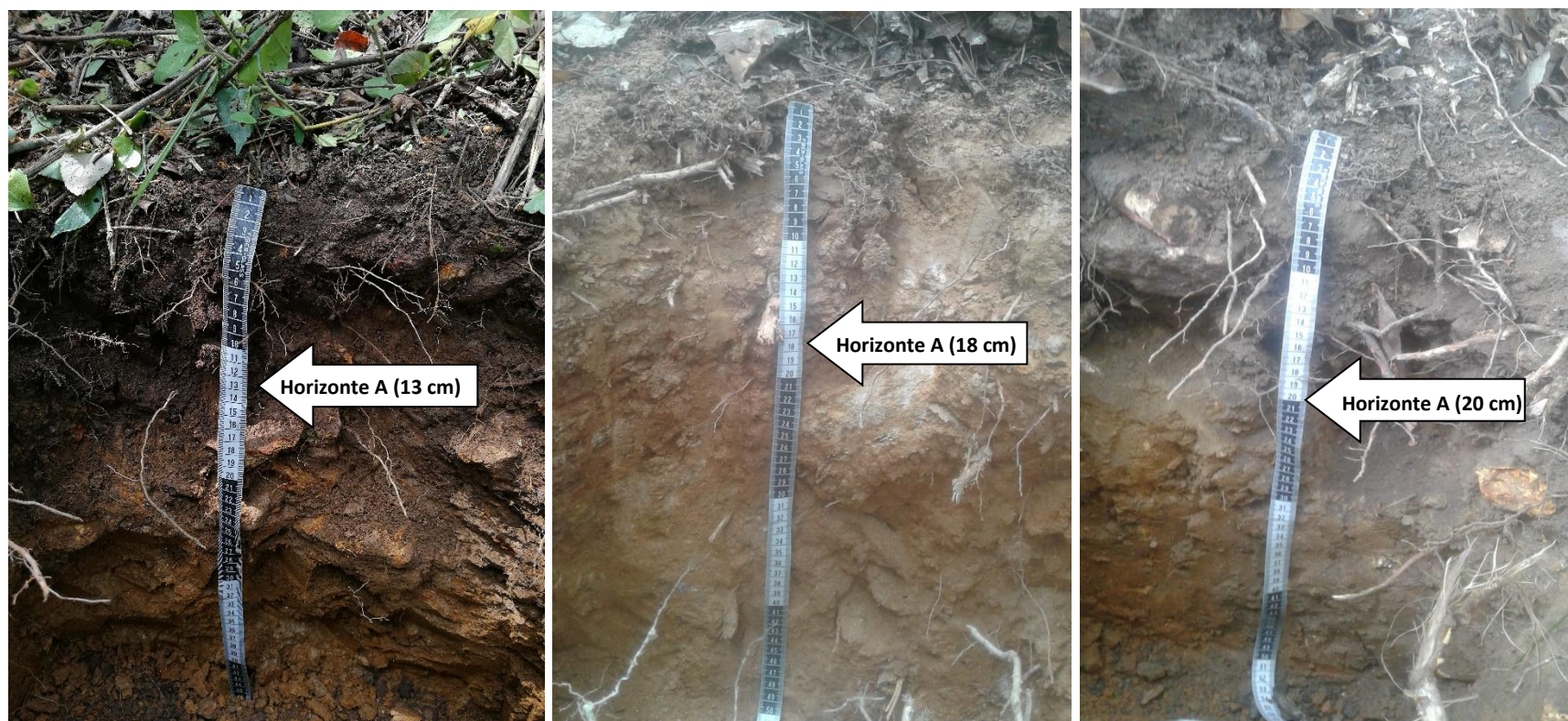
Fuente: elaboración propia, año 2019.

Figura 32A. Grosor de horizonte A de cajuelas 8, 9 y 11 de izquierda a derecha de la toposecuencia W-E.



Fuente: elaboración propia, año 2019.

Figura 33A. Grosor de horizonte A de cajuelas 15, 19 y 20 de izquierda a derecha de la toposecuencia W-E.



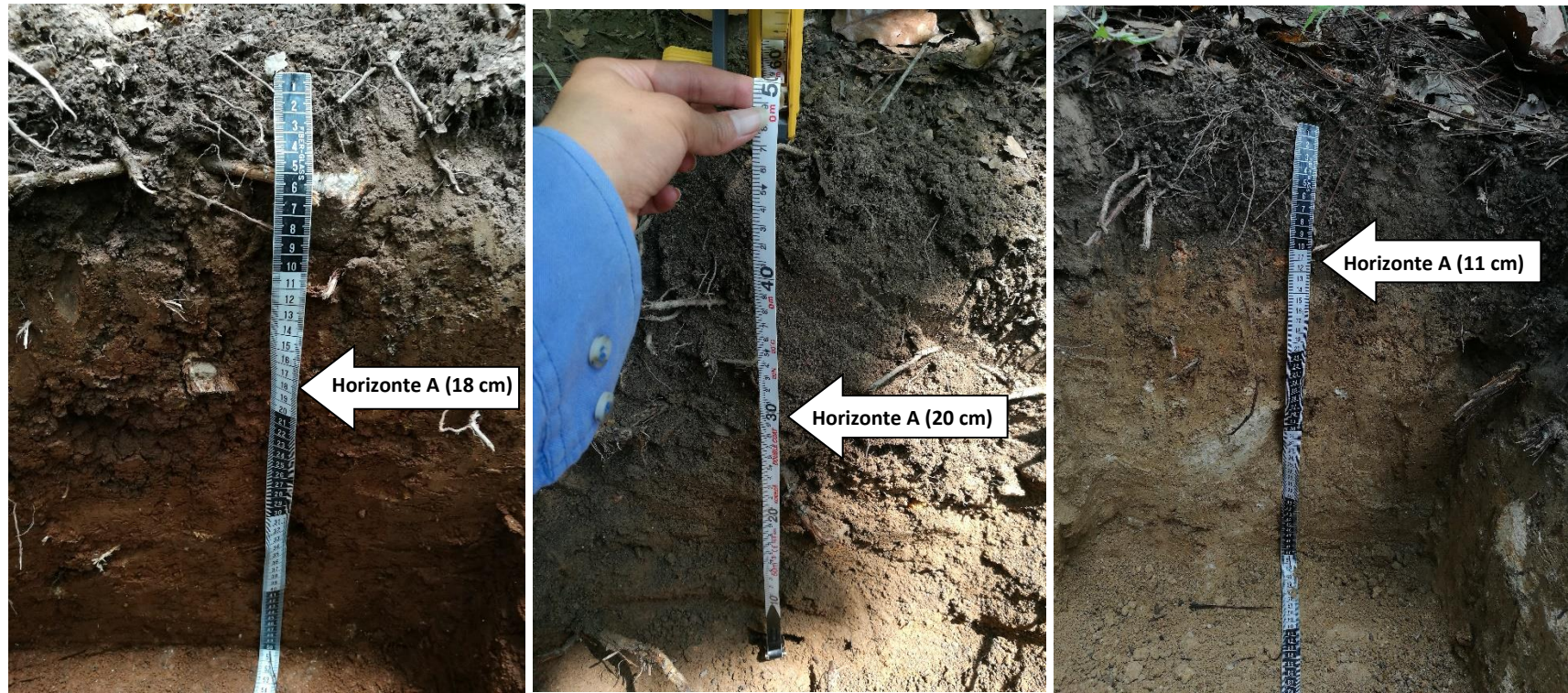
Fuente: elaboración propia, año 2019.

Figura 34A. Grosor de horizonte A de cajuelas 10, 11 y 12 de izquierda a derecha de la toposecuencia SW.



Fuente: elaboración propia, año 2019.

Figura 35A. Grosor de horizonte A de cajuelas 22, 7 y 17 de izquierda a derecha de la toposecuencia SE.



Fuente: elaboración propia, año 2019.

Figura 36A. Grosor de horizonte A de cajuelas 21, 6 y 20 de izquierda a derecha de la toposecuencia NE.

Cuadro 26A. Propuesta de acciones y proyectos de acuerdo a los medios para disminuir la pérdida de suelo por erosión hídrica en la finca La Montañita.

Medio	Acción	Proyectos
Existencia de manejo forestal para plantaciones incentivadas de pino (<i>Pinus oocarpa</i>)	Brindar el manejo adecuado según lo requieran las plantaciones de pino	Elaboración y ejecución de plan de manejo forestal para pino (<i>Pinus oocarpa</i>)
	Monitoreo del crecimiento y productividad forestal de las plantaciones de pino	Establecimiento de parcelas permanentes de monitoreo (PPM)
	Divulgación del manejo forestal a las comunidades colindantes a la finca	Elaboración y ejecución de plan de extensión comunitario enfocado en el aprovechamiento sostenible de las plantaciones forestales de pino a las comunidades de Conacaste, La Montañita y Aguahiel.
Existencia de manejo forestal para bosque de regeneración de encino (<i>Quercus sp</i>)	Conocimiento de la diversidad de encinos (<i>Quercus sp</i>) dentro de la finca	Elaboración de estudio de identificación de especies de encino (<i>Quercus sp</i>)
	Brindar el manejo adecuado según lo requieran los rodales de encino (<i>Quercus sp</i>)	Elaboración y ejecución de plan de manejo forestal para encino (<i>Quercus sp</i>)
	Monitoreo del crecimiento y productividad forestal de los rodales de encino	Establecimiento de parcelas permanentes de monitoreo (PPM) en bosque de encino
	Divulgación del manejo forestal a las comunidades colindantes a la finca	Elaboración y ejecución de plan de extensión comunitario enfocado en el aprovechamiento sostenible del bosque de encino
Conservación de los bosques de ribera	Aumentar la cobertura vegetal en los bosques de ribera	Repoblación de especies en las zonas desprovistas de cobertura vegetal
Implementación de prácticas de conservación de suelos	Identificación de las áreas dentro de la finca que requieran prácticas de conservación de suelo	Elaboración y ejecución de un plan de implementación de prácticas de conservación de acuerdo a las áreas que lo requieran
Conocimiento de la magnitud del problema de la erosión hídrica	Estimar la pérdida de suelo por erosión hídrica	Establecimiento de parcelas de escorrentía

Fuente: elaboración propia, año 2019.

Cuadro 27A. Proyecto: elaboración y ejecución de plan de manejo forestal para pino (*Pinus oocarpa*).

	Objetivo	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Fin	Brindar manejo forestal sostenible a las plantaciones de pino de la finca	Brindar manejo forestal sostenible a las 26 plantaciones de pino de la finca.	Documento del plan de manejo forestal.	Las autoridades de la ENCA mantienen interés en el manejo forestal de las plantaciones de pino.
Propósito	Establecer las acciones técnicas que permitan el aprovechamiento de las plantaciones de pino	Aumentar al menos 30% la producción de madera de pino.	Registro de producción de madera.	Existe interés por parte del personal administrativo de la finca para ejecutar el plan de manejo forestal.
Componentes	1. Elaboración de inventario forestal. 2. Regulación de la corta 3. Definición de los tratamientos intermedios silvícolas y la corta final. 4. Definición del método silvícola para renovar la plantación forestal	1. Inventario forestal de las 25 plantaciones de pino. 2. Porcentaje de madera a extraer el cual dependerá del volumen de los raleos. 3. Aplicación de tratamientos intermedios y corta final a las 25 plantaciones de pino. 4. Renovar el 100% de las plantaciones de pino.	1. Documento de inventario forestal. 2. Registros de producción. 3. Boleta de control de aplicación de tratamientos intermedios y corta final de acuerdo a la planificación establecida. 4. Documento de método silvícola utilizado para la renovación de las plantaciones.	-
Actividades	1.1. Implementación de censo o muestreo de acuerdo a las condiciones de cada plantación de pino para la elaboración del inventario forestal. 2.1. Labores que conlleva la corta anual permisible. 3.1. Realización de limpieas, cortas de liberación, cortas de mejoramiento, cortas de saneamiento y salvamento, podas, raleo y corta final. 4.1. Renovación de la plantación forestal por medio del método silvicultural bosque alto o bosque bajo.	1.1. Costo de elaboración de inventario forestal por el regente (Q. 300/ha) y 3 jornales/ha para la recopilación de información del inventario forestal (Q. 120/jornal) 2.1. 10 jornales/ha para las labores de corta anual permisible (Q. 120/jornal) 3.1. 30 jornales/ha para actividades de limpieas, cortas de liberación, cortas de mejoramiento, cortas de saneamiento y salvamento, podas, raleos y corta final (Q. 50/jornal) 4.1. 25 jornales/ha para la renovación de las plantaciones forestales (Q. 60/jornal)	Libro contable	-

Fuente: elaboración propia, año 2019.

Cuadro 28A. Proyecto: establecimiento de parcelas permanentes de monitoreo (PPM) en plantaciones de pino (*Pinus oocarpa*).

	Objetivo	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Fin	Cuantificar el rendimiento de las plantaciones de pino	Obtención de tabla de rendimiento en volumen.	Tabla de rendimiento en volumen	Las autoridades de la ENCA poseen interés en mantener un control de rendimiento de las plantaciones de pino
Propósito	Realizar mediciones periódicas para conocer el crecimiento y desarrollo de las plantaciones de pino	Realizar una medición anual durante el mes de octubre a diciembre	Informe del registro de datos anuales	Existe interés por parte del personal administrativo de la finca en el establecimiento de PPM
Componentes	1. Establecimiento de las parcelas permanentes de monitoreo (PPM) 2. Recopilación de información en las PPM 3. Mantenimiento de las PPM	1. Establecimiento de cinco parcelas de monitoreo de 500 m ² 2. Recopilación de información por lo menos durante 5 años 3. Costo de mantenimiento de las parcelas (Q. 120/jornal)	1. Registro de la información de cada PPM 2. Libro contable	Personal capacitado en el establecimiento y mediciones en las PPM
Actividades	1.1. Definición de la forma, tamaño y número de PPM 1.2. Reconocimiento y medición del área de cada PPM 1.3. Demarcación y señalamiento de las PPM 1.4. Numeración y marcaje de árboles 2.1. Determinación de las variables a medir y recopilación de información 3.1. Limpieza, elaboración de brechas corta fuego de las PPM	1.1. Intensidad de muestreo de 1% para determinar el número de PPM 1.2. 1 jornal/parcela (Q. 80/jornal) 1.3. 1 jornal/parcela para el señalamiento de la misma (Q. 80/jornal) 1.4. 2 jornales/parcela (Q. 120/jornal) 2.1. 1 jornal/parcela para la recopilación de las variables de interés (Q. 120/jornal) 3.1. 1 jornal/parcela para la realización de limpieza y elaboración de brechas corta fuego (Q. 120/jornal)	1. Registro de información de cada PPM 2. Libro contable	Disponibilidad de recuso económico para el establecimiento, recopilación y mantenimiento de las PPM

Fuente: elaboración propia, año 2019.

Cuadro 29A. Proyecto: elaboración y ejecución de plan de extensión comunitario enfocado en el aprovechamiento sostenible de las plantaciones forestales de pino a las comunidades de Conacaste, La Montañita y Aguahiel.

	Objetivo	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Fin	Sensibilización de la población para poder realizar aprovechamiento de las plantaciones de pino incentivadas de la finca	Comunitarios que apoyan el aprovechamiento de las plantaciones de pino	Resultado de encuestas realizadas a comunitarios	La ENCA posee interés en la sensibilización de los comunitarios previo al aprovechamiento forestal de sus plantaciones de pino
Propósito	Realizar actividades de extensión comunitaria enfocadas en el aprovechamiento sostenible de las plantaciones de pino	El 60% de los comunitarios participan en las actividades	Informe del documento de las actividades del plan de extensión comunitario realizadas	Los comunitarios están de acuerdo con cada una de las actividades de extensión a realizar
Componentes	1. Socialización del plan de extensión comunitario 2. Sensibilización de las comunidades por medio de actividades teórico-prácticas	1. 5 jornales para la socialización del plan de extensión (Q. 120/jornal) 2. Realización bimestral de las actividades de extensión previo a realizar los aprovechamientos respectivos	Listado de comunitarios interesados en las actividades de extensión	Los comunitarios poseen interés en participar en las actividades de extensión
Actividades	1.1. Presentación del plan de extensión comunitario a los miembros del COCODE de las comunidades Conacaste, La Montañita y Aguahiel 1.2. Organización de los comunitarios que deseen participar en las actividades de extensión programadas 2. 1. Realización de charlas sobre la importancia de plantaciones de pino incentivadas de la finca, (aspectos legales y aspectos de manejo técnico) 2.2. Realización de talleres sobre el manejo y aprovechamiento de las plantaciones de pino y la transformación de su madera para diversos usos	1.1. El 20% de los comunitarios de cada una de las comunidades de interés participan en las actividades programadas	Listado de comunitarios que participan en las actividades	Los comunitarios mantienen el interés en participar en las actividades de extensión propuestas

Fuente: elaboración propia, año 2019.

Cuadro 30A. Proyecto: elaboración de estudio de identificación de especies de encino (*Quercus sp*) en el sector A de la finca La Montañita.

	Objetivo	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Fin	Elaborar una base de datos de acuerdo a la diversidad de encinos presente en la finca	Base de datos de al menos 46 hectáreas de encino durante el primer año	Documento de base de datos	Las autoridades de la ENCA poseen interés en conocer la diversidad de encinos en las 92 hectáreas de la finca
Propósito	Identificar las diversas especies de encinos presentes en la finca	Al menos cinco especies diferentes de encino identificadas	Boletas de campo	La administración de la finca considera necesario el estudio de diversidad de encinos
Componentes	1. Fase de gabinete I 2. Fase de campo 3. Fase de gabinete II	1. 5 jornales de 8 horas c/u 2. 50 jornales de 8 horas c/u 3. 10 jornales de 8 horas c/u	Libro contable	Se dispone de recurso económico necesario para la identificación de las especies de encino
Actividades	1.1. Recopilación de información de estudios realizados en la finca 1.2. Búsqueda de bases de datos nacionales e internacionales de encinos 1.3. Preparación de insumos (boletas de campo, cámara fotográfica, GPS, prensa botánica, bolsas plásticas, tijeras, otros) 2.1. Elaboración de parcelas de vegetación 2.2. Recolecta de muestras (follaje, frutos, flores, otros) 3.1. Determinación de especies de encinos de acuerdo a claves botánicas u otros 3.2. Herborizado de muestras de encino 3.3. Elaboración de informe con la base de datos de diversidad de encinos	1.1. Costo de recopilación de información (Q. 120/jornal) 1.2. Costo de búsqueda de bases de datos nacionales e internacionales (Q. 120/jornal) 2.1. Costo de elaboración de parcelas y recolecta de muestras (Q. 120/ jornal) 3.1. Costo determinación de especies de encinos (Q. 300/ jornal) 3.2. Costo de elaboración de herborizados 3.3. Costo de elaboración de informe (Q. 300/jornal)	1.1. Facturas 2.1. Libro contable 3.1. Facturas	-

Fuente: elaboración propia, año 2019.

Cuadro 31A. Proyecto: elaboración y ejecución de plan de manejo forestal para encino (*Quercus sp.*).

	Objetivo	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Fin	Brindar manejo forestal sostenible al bosque de encino de la finca	Brindar manejo forestal sostenible por lo menos al 50% del bosque de encino de la finca	Documento de plan de manejo forestal	Las autoridades de la ENCA mantienen el interés por el manejo forestal del bosque de encino de la finca
Propósito	Establecer acciones técnicas al bosque de encino para su aprovechamiento	Aumentar 35% la obtención de madera para la producción de carbón	Registro de producción de madera	El manejo forestal del bosque de encino es una actividad primordial para el personal administrativo de la finca
Componentes	1. Elaboración del inventario forestal 2. Elaboración del plan de salud forestal 3. Regulación de corta 4. Definición de los tratamientos intermedios silvícolas y de la corta final 5. Definición del método silvícola para la recuperación o renovación del bosque de encino	1. Inventario forestal de al menos 42 ha de bosque de encino 2. Plan de salud forestal de al menos 42 ha de bosque de encino 3. Porcentaje de madera a extraer de acuerdo al volumen de los raleos 4. 4 jornales/ha para la aplicación de tratamientos intermedios silvícolas y corta final 5. Recuperación de al menos el 50% de las hectáreas de encino bajo manejo forestal	1. Documento de inventario forestal 2. Cronograma de actividades del plan de salud forestal 3. Registro de producción 4. Boleta de control de aplicación de tratamientos intermedios y corta final 5. Documento de método silvícola a utilizar para la recuperación de rodales de encino	-
Actividades	1.1. Implementación de censo o muestreo de acuerdo a las condiciones del bosque de encino 2.1. Programación y realización de quemas prescritas, brechas corta fuego, medidas de prevención, control y erradicación de plagas forestales 3.1. Labores de aprovechamiento de acuerdo a la regulación de la corta 4.1. Realización de limpieas, cortas de liberación, cortas de mejoramiento, cortas de saneamiento y salvamento, podas, raleo y corta final	1.1. Costo de censo o muestreo (Q. 300/ha) 2.1. Costo de elaboración de quemas prescritas, brechas corta fuego, medidas de prevención, control y erradicación de plagas forestales (Q. 500/ha) 3.1. 3 jornales/ha para las labores de aprovechamiento forestal (Q. 120/jornal) 4.1. Costo de realización de limpieas, cortas de liberación, cortas de mejoramiento, saneamiento, salvamento y corta final (Q. 120/jornal) 5.1. 4 jornales/ha para las actividades de recuperación forestal (Q. 120/jornal)	1. Libro contable 2. Facturas	-

	5.1. Recuperación del bosque de encino por medio del método silvicultural bosque alto o bosque bajo			
--	---	--	--	--

Fuente: elaboración propia, año 2019.

Cuadro 32A. Proyecto: establecimiento de parcelas permanentes de monitoreo (PPM) en bosque de encino.

	Objetivo	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Fin	Realizar estimaciones en cuanto a la producción volumétrica de madera en el bosque de encino de la finca	Obtención de una tabla volumétrica para bosque de encino	Volumen de madera producida (m ³)	Las autoridades de la ENCA poseen interés en mantener un control de rendimiento del bosque de encino de la finca
Propósito	Cuantificar el rendimiento de madera del bosque de encino	Realizar una medición anual durante el mes de octubre a diciembre	Informe del registro de datos anuales	Existe interés por parte del personal administrativo de la finca en el establecimiento de PPM en bosque de encino
Componentes	1. Establecimiento de las parcelas permanentes de monitoreo (PPM) 2. Recopilación de información en las PPM 3. Mantenimiento de las PPM	1. 20 parcelas establecidas para las 92 ha de bosque de encino 2. Recopilación de información por lo menos durante 5 años 3. Actividades de mantenimiento dos veces al año	1. Registro de la información de cada PPM 2. Libro contable	-
Actividades	1.1. Definición de la forma, tamaño y número de PPM 1.2. Reconocimiento y medición del área de cada PPM 1.3. Demarcación y señalamiento de las PPM 1.4. Numeración y marcaje de árboles 2.1. Determinación de las variables a medir y recopilación de información	1.1. Intensidad de muestreo de 1% para determinar el número de PPM 1.2. Superficie de 500 m ² a 1,000 m ² para cada parcela 1.3. Costo de señalamiento de las PPM (Q. 60/jornal) 1.4. Costo de numeración y marcaje de árboles (Q. 120/jornal) 2.1. Costo de la recopilación de las variables de interés (Q. 120/jornal)	1. Boleta de registro de datos de cada PPM 2. Libro contable	-

	3.1.Limpieza, elaboración de brechas corta fuego de las PPM	3.1. Costo de limpieza y elaboración de brechas corta fuego (Q. 125/jornal)		
--	---	---	--	--

Fuente: elaboración propia, año 2019.

Cuadro 33A. Proyecto: elaboración y ejecución de plan de extensión comunitario enfocado en el aprovechamiento sostenible del bosque de encino.

	Objetivo	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Fin	Sensibilización de la población para poder realizar actividades de manejo en el bosque de encino	Comunitarios que apoyan el aprovechamiento del bosque de encino	Resultado de encuestas realizadas a comunitarios	La ENCA posee interés en la sensibilización de los comunitarios previo al aprovechamiento del bosque de encino de la finca
Propósito	Realizar actividades de extensión comunitaria enfocadas en el aprovechamiento sostenible del bosque de encino	El 60% de los comunitarios participan en las actividades	Informe del documento de las actividades del plan de extensión comunitario realizadas	Los comunitarios están de acuerdo con cada una de las actividades de extensión a realizar
Componentes	1. Socialización del plan de extensión comunitario 2. Sensibilización de las comunidades por medio de actividades teórico-prácticas	1. Costo de socialización del plan de extensión (Q. 120/jornal) 2. Realización bimestral de las actividades de extensión previo a realizar los aprovechamientos respectivos	Listado de comunitarios interesados en las actividades de extensión	Los comunitarios poseen interés en participar en las actividades de extensión
Actividades	1.1. Presentación del plan de extensión comunitario a los miembros del COCODE de las comunidades Conacaste, La Montañita y Aguahiel 1.2. Organización de los comunitarios que deseen participar en las actividades de extensión programadas 2.1. Realización de talleres sobre el manejo y aprovechamiento del bosque	1.1. Costo de presentación del plan de extensión a miembros de COCODE de las comunidades a sensibilizar (Q. 120/jornal) 1.2. Al menos el 70% de los comunitarios muestran interés en participar en las actividades	1. Libro contable 2. Listado de comunitarios que participan en las actividades	Los comunitarios mantienen el interés en participar en las actividades de extensión propuestas

	de encino y productos maderables y no maderables del mismo	2.1. El 60% de los comunitarios participan en las actividades		
--	--	---	--	--

Fuente: elaboración propia, año 2019.

Cuadro 34A. Proyecto: repoblación de especies en las zonas desprovistas de cobertura vegetal.

	Objetivo	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Fin	Recuperación de la cubierta vegetal en los bosques de ribera	El 50% del área desprovista de cobertura vegetal es recuperada	Mapa de cobertura vegetal bosques de ribera	La ENCA posee interés en la repoblación de las zonas desprovistas de cobertura vegetal en los bosques de ribera
Propósito	Realizar una repoblación de especies en las zonas desprovistas de cobertura vegetal en los bosques de ribera	40 jornales para las actividades de repoblación vegetal	Libro contable	La repoblación de las zonas desprovistas de cobertura vegetal en los bosques de ribera es de importancia para el personal administrativo de la finca
Componentes	1. Identificación de las áreas a intervenir 2. Selección de las especies a utilizar	1. 5 jornales para la identificación de las zonas a intervenir 2. 65 jornales para la selección de especies y otras actividades	Libro contable	El personal administrativo de la finca mantiene el interés por la repoblación de especies vegetales en bosques de ribera
Actividades	1.1. Recorrido a los bosques de ribera dentro de la finca 2.1. Estudio florístico a nivel de bosque y sotobosque 2.2. Propagación de las especies a utilizar 2.3. Establecimiento de especies en los sitios seleccionados para la repoblación	1.1. Costo del recorrido a los bosques de ribera (Q. 200/jornal) 2.1. Costo elaboración de estudio florístico (Q. 200/jornal) 2.2. Costo de propagación de especies a utilizar (Q. 150/jornal) 2.3. Costo de establecimiento de especies en los sitios seleccionados (Q. 120/jornal)	1. Libro contable 2. Facturas	Las especies a utilizar para la repoblación se adaptan a las condiciones del área

Fuente: elaboración propia, año 2019.

Cuadro 35A. Proyecto: elaboración y ejecución de un plan de implementación de prácticas de conservación de acuerdo a las áreas que lo requieran.

	Objetivo	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Fin	Contribuir a la reducción de pérdida de suelo por escorrentía superficial	Reducir 10% la pérdida de suelo por erosión hídrica	Tasa de erosión hídrica (Ton/ha/año)	Las autoridades de la ENCA poseen interés en la conservación del suelo de la finca
Propósito	Implementar prácticas de conservación de suelo	Implementar prácticas de conservación de suelo al menos en el 50% del área de la finca durante el primer año	Boletas de registro	Para el personal administrativo de la finca la conservación de suelos es una actividad de importancia a realizar
Componentes	1. Análisis de la erosión hídrica dentro de la finca 2. Elaboración del plan de las prácticas de conservación a utilizar 3. Implementación de las prácticas de conservación en campo	1. 10 jornales para el análisis de la erosión hídrica 2. 2 jornales para la elaboración del plan de prácticas de conservación a utilizar 3. 170 jornales para la implementación de prácticas de conservación en campo	Libro contable	-
Actividades	1.1. Ubicación de los tipos y grados de erosión hídrica dentro de la finca 2.1. Elaboración de propuesta de prácticas de conservación a utilizar 3.1. Instalación de gaviones para el control de profundidad en cárcavas 3.2. Cabeceo de cárcavas con piedra para la reducción de la longitud de las cárcavas 3.3. Elaboración de surcos al contorno 3.4. Construcción de zanjas de bordo 3.5. Elaboración de barreras muertas y barreras vivas	1.1. Costo de ubicación de los tipos de erosión y sus grados (Q. 300/jornal) 2.1. Costo de elaboración de propuesta de prácticas de conservación (Q. 600/jornal) 3.1. Costo de instalación de gaviones (Q. 120/jornal) 3.2. Costo de cabeceo de cárcavas con piedra (Q. 120/jornal) 3.3. Costo de elaboración de surcos al contorno (Q. 120/jornal) 3.3. Costo de construcción de zanjas de bordo (Q. 120/jornal) 3.5. Costo de elaboración de barreras muertas y barreras vivas (Q. 120/jornal)	Libro contable	-

Fuente: elaboración propia, año 2019.

Cuadro 36A. Proyecto: establecimiento de parcelas de escorrentía.

	Objetivo	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Fin	Estimar la pérdida de suelo por erosión hídrica dentro de la finca	Pérdida de suelo expresada en Ton/ha/año	Informe final de la pérdida de suelo	Las autoridades de la ENCA poseen interés en estimar la pérdida de suelo por erosión hídrica dentro de la finca
Propósito	Establecer parcelas de escorrentía en diferentes usos de la tierra	Establecimiento de 4 parcelas de escorrentía en los usos de la tierra más representativos dentro de la finca	Coordenadas y mapa de ubicación de las parcelas	El personal administrativo de la finca considera necesaria la estimación de la pérdida de suelo por erosión hídrica para tomar medidas al respecto
Componentes	1. Instalación de las parcelas de escorrentía 2. Mantenimiento de las parcelas de escorrentía 3. Medición de las variables de interés	1. 10 jornales para la instalación de las parcelas 2. 5 jornales para el mantenimiento de las parcelas dos veces al año 3. 180 jornales para la recopilación de datos en cada evento de lluvia mayor a 10 mm	1. Libro contable 2. Calendario con las fechas correspondientes para realizar el mantenimiento de las parcelas 3. Boleta de registro de datos	No existe alteración de las parcelas por parte de comunitarios, eventos climáticos, otros
Actividades	1.1. Ubicación, limpieza del área e instalación de las parcelas 1.2. Instalación del sistema colector 2.1. Limpieza de las parcelas y cuidados al equipo que la conforman 3.1. Determinación del escurrimiento superficial 3.2. Determinación de la cantidad de suelo erosionado	1.1. Costo de limpieza e instalación de parcelas (Q. 120/jornal) 1.2. Costo de instalación de sistema colector (Q. 120/jornal) 2.1. Costo de limpieza y cuidados de las parcelas (Q. 120/jornal) 3.1. Costo de toma de variables (Q.70/jornal)	Libro contable	-

Fuente: elaboración propia, año 2019.

Cuadro 37A. Resumen financiero de acuerdo a la propuesta de proyectos.

Proyecto	Actividad	Costo por unidad	Cantidad total	Costo total (Q)
Elaboración y ejecución de plan de manejo forestal para pino (<i>Pinus oocarpa</i>)	Implementación de censo o muestreo de acuerdo a las condiciones de cada plantación de pino para la elaboración del inventario forestal	660.00/ha	25.39 ha	16,757.40
	Labores que conlleva la corta anual permisible	1,200/ha	25.39 ha	30,468.00
	Realización de limpias, cortas de liberación, cortas de mejoramiento, cortas de saneamiento y salvamento, podas, raleo y corta final	1,400/ha	25.39 ha	35,546.00
	Renovación de la plantación forestal por medio del método silvicultural bosque alto o bosque bajo	1,500/ha	25.39 ha	28,085.00
Establecimiento de parcelas permanentes de monitoreo (PPM) en plantaciones de pino (<i>Pinus oocarpa</i>)	Definición de la forma, tamaño y número de PPM	800/parcela	5	4,000.00
	Reconocimiento y medición del área de cada PPM	80/parcela	5	400.00
	Demarcación y señalamiento de las PPM	80/parcela	5	400.00
	Numeración y marcaje de árboles	240/parcela	5	1,200.00
	Determinación de las variables a medir y recopilación de información	120/parcela	5	600.00
	Limpieza, elaboración de brechas corta fuego de las PPM	120/parcela	5	600.00
Elaboración y ejecución de plan de extensión comunitario enfocado en el aprovechamiento sostenible de las plantaciones forestales de pino a las comunidades de Conacaste, La Montañita y Aguahiel.	Presentación del plan de extensión comunitario a los miembros del COCODE de las comunidades Conacaste, La Montañita y Aguahiel	120/jornal	5	600.00
	Organización de los comunitarios que deseen participar en las actividades de extensión programadas	120/jornal	7	840.00
	Realización de charlas sobre la importancia de plantaciones de pino incentivadas de la finca, (aspectos legales y aspectos de manejo técnico)	120/jornal	30	3,600.00
	Realización de talleres sobre el manejo y aprovechamiento de las plantaciones de pino y la transformación de su madera para diversos usos	120/jornal	37	4,440.00
Elaboración de estudio de identificación de especies de encino (<i>Quercus sp</i>) en el	Recopilación de información de estudios realizados en la finca	120/jornal	2	
	Búsqueda de bases de datos nacionales e internacionales de encinos	120/jornal	2	

sector A de la finca La Montañita	Preparación de insumos (boletas de campo, cámara fotográfica, GPS, prensa botánica, bolsas plásticas, tijeras, otros)	120/jornal	1	
	Elaboración de parcelas de vegetación	120/jornal	30	3,600.00
	Recolecta de muestras (follaje, frutos, flores, otros)	120/jornal	20	2,400.00
	Determinación de especies de encinos de acuerdo a claves botánicas u otros	300/jornal	5	1,500.00
	Herborizado de muestras de encino	300/jornal	3	900.00
	Elaboración de informe con la base de datos de diversidad de encinos	300/jornal	2	600.00
Elaboración y ejecución de plan de manejo forestal para encino (<i>Quercus sp</i>)	Implementación de censo o muestreo de acuerdo a las condiciones del bosque de encino	300/ha	42	12,600.00
	Programación y realización de quemas prescritas, brechas corta fuego, medidas de prevención, control y erradicación de plagas forestales	500/ha	42	21,000.00
	Labores de aprovechamiento de acuerdo a la regulación de la corta	360/ha	42	15,120.00
	Realización de limpieas, cortas de liberación, cortas de mejoramiento, cortas de saneamiento y salvamento, podas, raleo y corta final	480/ha	42	20,160.00
	Recuperación del bosque de encino por medio del método silvicultural bosque alto o bosque bajo	480/ha	42	20,160
Establecimiento de parcelas permanentes de monitoreo (PPM) en bosque de encino	Definición de la forma, tamaño y número de PPM	-	-	5,000.00
	Reconocimiento y medición del área de cada PPM	600/parcela	20	12,000.00
	Demarcación y señalamiento de las PPM	60/parcela	20	1,200.00
	Numeración y marcaje de árboles	120/parcela	20	2,400.00
	Determinación de las variables a medir y recopilación de información	120/parcela	20	2,400.00

	Limpieza, elaboración de brechas corta fuego de las PPM	125/parcela	20	2,500.00
Elaboración y ejecución de plan de extensión comunitario enfocado en el aprovechamiento sostenible del bosque de encino	Presentación del plan de extensión comunitario a los miembros del COCODE de las comunidades Conacaste, La Montañita y Aguahiel	120/jornal	5	600.00
	Organización de los comunitarios que deseen participar en las actividades de extensión programadas	120/jornal	7	840.00
	Realización de talleres sobre el manejo y aprovechamiento del bosque de encino y productos maderables y no maderables del mismo	120/ha	30	3,600.00
Repoblación de especies en las zonas desprovistas de cobertura vegetal	Recorrido a los bosques de ribera dentro de la finca	200/jornal	5	1,000.00
	Estudio florístico a nivel de bosque y sotobosque	200/jornal	20	4,000.00
	Propagación de las especies a utilizar	150/jornal	20	3,000.00
	Establecimiento de especies en los sitios seleccionados para la repoblación	120/jornal	20	2,400.00
	Ubicación de los tipos y grados de erosión hídrica dentro de la finca	300/jornal	10	3,000.00

Elaboración y ejecución de un plan de implementación de prácticas de conservación de acuerdo a las áreas que lo requieran	Elaboración de propuesta de prácticas de conservación a utilizar	600/jornal	2	1,200.00
	Instalación de gaviones para el control de profundidad en cárcavas	120/jornal	30	3,600.00
	Cabeceo de cárcavas con piedra para la reducción de la longitud de las cárcavas	120/jornal	30	3,600.00
	Elaboración de surcos al contorno	120/jornal	35	4,200.00
	Construcción de zanjas de bordo	120/jornal	35	4,200.00
	Elaboración de barreras muertas y barreras vivas	120/jornal	40	4,800.00
Establecimiento de parcelas de escorrentía	Ubicación, limpieza del área e instalación de las parcelas	120/jornal	3	360.00
	Instalación del sistema colector	120/jornal	7	840.00
	Limpieza de las parcelas y cuidados al equipo que la conforman	120/jornal	5	600.00
	Determinación del escurrimiento superficial y determinación de la cantidad de suelo erosionado	70/jornal	180	12,600.00

Fuente: elaboración propia, año 2019.

Cuadro 38A. Calendarización de proyectos.

No.	Proyecto	Años									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Elaboración y ejecución de plan de manejo forestal para pino (<i>Pinus oocarpa</i>)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2	Establecimiento de parcelas permanentes de monitoreo (PPM)	x	x	x	x	x					
3	Elaboración y ejecución de plan de extensión comunitario enfocado en el aprovechamiento sostenible de las plantaciones forestales de pino a las comunidades de Conacaste, La Montañita y Aguahiel.	x	x	x							
4	Elaboración de estudio de identificación de especies de encino (<i>Quercus sp</i>)	x	x	x							
5	Elaboración y ejecución de plan de manejo forestal para encino (<i>Quercus sp</i>)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
6	Establecimiento de parcelas permanentes de monitoreo (PPM) en bosque de encino	x	x	x	x	x					
7	Elaboración y ejecución de plan de extensión comunitario enfocado en el aprovechamiento sostenible del bosque de encino	x	x	x							
8	Repoblación de especies en las zonas desprovistas de cobertura vegetal	x			x			x			x
9	Elaboración y ejecución de un plan de implementación de prácticas de conservación de acuerdo a las áreas que lo requieran	x	x	x					x	x	
10	Establecimiento de parcelas de escorrentía	x					x				

Fuente: elaboración propia, año 2019.

3. CAPÍTULO III. INFORME DE SERVICIOS REALIZADOS EN LA FINCA LA MONTAÑITA, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, GUATEMALA. C.A.



3.1. PRESENTACION

El Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía, se realizó en la finca La Montañita, propiedad de la Escuela Nacional Central de Agricultura -ENCA- la cual se dedica a contribuir al desarrollo del país por medio de la formación de estudiantes en las carreras de perito agrónomo y forestal.

Esta finca se encuentra en el municipio de San Agustín Acasaguastlán, departamento de El Progreso y es utilizada para llevar a cabo actividades netamente académicas, pues la mayor cantidad de su área se encuentra ocupada por bosques de regeneración de encino, plantaciones de pino y bosques de galería. De acuerdo a lo anterior, en la finca La Montañita se realizan actividades prácticas que permiten a los estudiantes de la carrera de perito forestal desarrollar habilidades en cuanto al manejo de las masas forestales.

Sin embargo, debido a la vocación forestal del área, las autoridades de la ENCA designaron actividades específicas con diferentes enfoques, es decir, con un enfoque social de acuerdo a las relaciones de la finca con las comunidades colindantes y un enfoque interno en cuanto al manejo del recurso forestal. Respecto al enfoque social, este se centra en la realización de actividades de extensionismo como apoyo a las comunidades El Conacaste, La Montañita, Aguahiel y Comaja; esto debido a que la ENCA como propietario legal de la finca La Montañita posee un papel importante en el entorno social en relación con dichas comunidades.

Con base en lo anterior, con el objetivo de crear lazos sociales con las comunidades antes mencionadas, se realizaron actividades de extensionismo como talleres de concientización sobre la conservación del bosque, siembra de semillas de macadamia y su debido trasplante en los domicilios de los comunitarios interesados que participaron en dicha actividad; también se brindó apoyo en la capacitación académica de estudiantes del grado de tercero básico de las comunidades Conacaste, Aguahiel y Comaja para su preparación previo al examen de preselección de la ENCA, ya que dicha casa de estudios ofrece cada año becas de estudio para jóvenes y señoritas interesados en la formación agrícola y forestal.

Finalmente, respecto al enfoque interno, una de las actividades priorizadas fue la elaboración del diagnóstico fitosanitario de las plantaciones de pino de la finca, pues de acuerdo a observaciones realizadas en las masas forestales se había obtenido aviso de la posible presencia de gorgojo de pino (*Dendroctonus sp*). Por lo anterior, el monitoreo en las plantaciones forestales permitió corroborar la presencia de gorgojo de pino, así como también, identificar otros agentes causales que provocan anomalías en el desarrollo y crecimiento de los árboles.

3.2. SERVICIO 1: PRODUCCIÓN DE COMPOST PARA LA PREPARACIÓN DE SUSTRATO PARA LA SIEMBRA DE SEMILLA DE MACADAMIA (*Macadamia integrifolia*) EN BOLSA EN EL VIVERO DE LA FINCA LA MONTAÑITA, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, GUATEMALA

3.2.1. Objetivos

A. General

Aprovechar los residuos vegetales y animales del sector A de la finca La Montañita para la producción de compost.

B. Específico

1. Aprovechar los residuos vegetales y animales del sector A de la finca La Montañita para la producción de compost.

3.2.2. Metodología

1. Preparación del terreno previo a la instalación de la compostera:
Se eliminaron las plantas arvenses previo a instalar la compostera en el área previamente definida.
1. Construcción de compostera:
La compostera se conformó por dos cajones, cada uno con las siguientes dimensiones: 1.85 m de longitud, 1.72 m de ancho y 1 m de altura. La estructura fue elaborada con lepas o residuos de madera de pino la cual fue ubicada en un terreno cercano al área conocida como el Plan del sector A de la finca, pues es allí donde se encuentra la mayor cantidad de residuos animales provenientes del ganado mular.
2. Recolección de residuos orgánicos:
Se recolectaron principalmente residuos provenientes de estiércol del ganado mular de la finca, así como también, residuos de hojas de las diversas especies vegetales que se encontraban cercanas al área donde se colocó la compostera.
3. Preparación del material para producción de compost:
Se colocó primeramente una capa de estiércol mular, seguidamente de una capa de material vegetal conformado por hojas de especies como encino, pino, así como también, de plantas arvenses cercanas al área de la compostera. Sobre esta capa de material

orgánico vegetal se colocó otra capa de estiércol mular; seguidamente se colocó otra capa de material vegetal, para posteriormente colocar otra capa de estiércol mular y finalmente una última capa de material vegetal. Es importante mencionar que cada una de las capas fue suficientemente humedecida. Así también, se desmenuzó con ayuda de un machete y azadón tanto los residuos vegetales como de origen animal para facilitar así la descomposición de los mismos.

4. Monitoreo de la humedad y aireación:

Se realizó un riego semanal desde la incorporación del material hasta su cosecha, a excepción de los días de la época lluviosa para evitar el exceso de humedad. También se realizó un volteo semanal del material previo a humedecer el mismo, para que con esto se mantuviera oxigenado; además, cada uno de los volteos realizados contribuyeron a la aceleración de la descomposición de los materiales. De acuerdo a Quinatoa (2012), el monitoreo de humedad y aireación son esenciales, por lo que se debe asegurar mantener la humedad entre 40% y 60% y permitir la oxigenación del material para el adecuado funcionamiento y desarrollo de los microorganismos.

5. Cosecha de compost:

El proceso de composteo finalizó cuando se observó que tanto el estiércol como el material vegetal se encontraban totalmente homogenizados y no se distinguía uno del otro; para esto fueron necesarios 97 días, desde la incorporación de los materiales hasta la obtención del compost.

6. Preparación de la mezcla de suelo y compost para el llenado de bolsas:

Para esto se realizó el cernido del compost obtenido, así como también del suelo, para posteriormente elaborar la mezcla 1:1, es decir, que se agregó la misma cantidad de suelo como de compost. Esta mezcla se homogenizó por medio de volteos sucesivos.

7. Llenado de bolsas:

Las bolsas utilizadas fueron de 6''*8''*3, a las cuales se les incorporó la mezcla previamente preparada evitando dejar espacios vacíos en la misma.

8. Limpieza de las semillas de macadamia:

Previo a esta actividad, fue necesario colocar sobre un nylon las semillas para que su pericarpio fuera secado con ayuda del sol y facilitara su retiro de las semillas. Posteriormente, las semillas fueron colocadas en agua con la finalidad de retirar aquellas que flotaran, pues se asumió que poseían algún daño físico que dificultara su germinación.

9. Escarificación de la semilla:

Las semillas seleccionadas fueron sumergidas en agua por cuatro días consecutivos para facilitar que emergiera el embrión. Esto se hizo dos días antes de la siembra.

10. Siembra de las semillas:

Fueron colocadas a una profundidad aproximada de dos veces su tamaño dentro de las bolsas que fueron llenadas previamente con sustrato.

11. Colocación de bolsas en bancal

Luego de la siembra, se procedió a colocar las bolsas en un bancal de 0.80 m de ancho y 10 m de longitud.

12. Mantenimiento de bolsas con semilla de macadamia:

El manteniendo consistió en proporcionar dos riegos semanales a las semillas y realizar dos veces el desmalezado por mes.

3.2.3. Resultados



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 37. Plantas de macadamia en bolsa.

Como se sabe, existen diversos beneficios para el suelo al momento de utilizar compost, algunos de los beneficios según Román *et al.* (2013) son: mayor retención de la humedad, reducción al riesgo de erosión, aporte de macro nutrientes como NPK y micronutrientes, mejora la capacidad de intercambio catiónico, aporte de microorganismos, entre otros. En este caso, para la elaboración del sustrato es importante la incorporación de materia orgánica para que dicho sustrato posea una estructura adecuada que permita la retención de humedad por un tiempo determinado, además de brindar nutrientes a las plantas previo a su trasplante al área definida.

En relación a la producción de compost dentro de la finca, se obtuvo un total de 0.62 m³, el cual fue utilizado para la elaboración del sustrato correspondiente. Así también, con el sustrato elaborado fue posible el llenado de 160 bolsas para la siembra de semillas de macadamia como se observa en la figura 37, actividad que fue apoyada por parte de los comunitarios de la aldea Conacaste como parte de las actividades de extensión comunitaria planificadas. Es importante mencionar que el porcentaje de semillas germinadas a los 26 días después de la siembra fue de 30%, lo cual permitió obtener únicamente 41 plántulas de macadamia.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 38. Trasplante de plantas de macadamia en áreas seleccionadas en los hogares de los comunitarios que participaron en la actividad.

A cada uno de los comunitarios que participaron en esta actividad, se les proporcionó 3 plantas de macadamia en bolsa, las cuales fueron trasplantadas en áreas definidas por los mismos en cada uno de los hogares correspondientes como se observa en la figura 38. Las indicaciones para la preparación del área de trasplante, así como también sobre el cuidado de las plantas fueron indicadas durante la entrega de las mismas.

3.2.4. Evaluación

El compost elaborado fue utilizado para preparación del sustrato y llenado de 135 bolsas de 6``\*8``*3 utilizadas para la siembra de semilla de macadamia, que posteriormente fueron trasplantadas en áreas disponibles en los hogares de los comunitarios que participaron en la actividad. Es importante mencionar que debido al bajo porcentaje de germinación se recomienda utilizar otro método de escarificación de la semilla de macadamia para obtener mayor cantidad de plántulas para una siguiente actividad.

3.2.5. Bibliografía

1. Quinatoa Medina, M. J. (2012). *Estandarización del proceso de producción de compost con fines comerciales utilizando tres fuentes de inóculo con la Asociación Santa Catalina del Cantón Píllaro*. (Tesis Ing. Agr., Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Agronómica: Cevallos, Ecuador). Consultado 6 marzo 2019. <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2463/1/Tesis-31agr.pdf>
2. Román, P; Martínez, M; Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina*. Santiago de Chile, Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 112 p. Consultado 6 marzo 2019. <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>




3.3. SERVICIO 2: REALIZACIÓN DEL DIAGNÓSTICO FITOSANITARIO EN PLANTACIONES DE PINO (*Pinus oocarpa*) FINCA LA MONTAÑITA, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, GUATEMALA

3.3.1. Objetivos

A. General

Proveer de recomendaciones técnicas para el monitoreo, manejo y registro de enfermedades en los recursos forestales de la finca La Montañita.

B. Específico

1. Realizar un diagnóstico fitosanitario en los rodales de pino (*Pinus oocarpa*) de la finca.

3.3.2. Metodología

Fase de recopilación de información y preparación de insumos previo al monitoreo en campo:

1. Revisión cartográfica de la finca: esto consistió en la revisión cartográfica de los rodales de pino de la finca. Esto con el objetivo de conocer la ubicación, cantidad, características de cada rodal. Así pues, se contabilizaron 26 rodales en total.
2. Definición del tamaño y forma de la unidad de muestreo: se utilizaron parcelas de 500 m². Las parcelas fueron circulares, ya que de acuerdo a McRoberts *et al.* estas parcelas son más recomendables ya que requieren puntos de control únicos: los centros de la parcela. Además, presentan menor relación perímetro/superficie lo que conlleva tomar menos decisiones según determinados árboles pertenezcan o no a la parcela.
3. Cálculo de número de parcelas fitosanitarias para levantamiento de información en campo: el número de parcelas puede calcularse con base a la intensidad de muestreo, para lo cual INAB (2018) hace referencia a la siguiente ecuación, generalmente utilizada para la elaboración de inventarios forestales; sin embargo puede utilizarse para determinar el número de parcelas fitosanitarias considerando la intensidad de muestreo:

$$Np = \frac{Am}{Tp}$$

$$Am = \frac{Im}{100} * At$$

Donde:

N_p = número de parcelas a levantar.

A_m = área muestreada (hectáreas)

T_p = tamaño de la parcela (hectáreas)

I_m = intensidad de muestreo (%)

A_t = área total del bosque (hectáreas)

Sin embargo, el tamaño de la parcela también dependerá de los recursos con los que se disponga en el momento y el objetivo de estudio (Cordón 2019), por lo que en este caso, para realizar el diagnóstico fitosanitario en la finca se decidió realizar una parcela fitosanitaria con base en la sugerencia de la experiencia del profesional que brindó asesoría para dicho estudio, quién también consideró la disponibilidad de insumos y mano de obra para establecer el número de parcelas por rodal.

4. Definición del tipo de muestreo a utilizar: este fue no probabilístico o a juicio, el cual de acuerdo a López Bautista y Gonzáles Ramírez (2007) consiste en la selección de la muestra con base en la experiencia de una persona con la población. Así también, Cordón (2019) menciona que los muestreos dirigidos en muestreo con enfoque fitosanitario permite localizar las plagas forestales de manera eficiente.
5. Elaboración de boleta de campo: esta consideraba la recopilación de la siguiente información: número de parcela, nombre de la parcela de acuerdo al nombre del rodal asignado, especie de pino, coordenadas GTM, altitud sobre el nivel del mar, número de plantas enfermas, número de plantas muertas, síntomas observados en campo y posible agente causal.
6. Preparación del equipo básico para el muestreo de plagas y enfermedades:
Se realizaron las gestiones necesarias para la obtención del siguiente equipo:
 - Hielera
 - Frascos con alcohol isopropílico al 70%
 - Pinzas y agujas de disección
 - Tubos Eppendorf
 - Bolsas plásticas de tamaño “arroba”
 - GPS
 - Navaja, machete y metro
 - Boleta de campo y lápiz

Además, para la delimitación de la parcela fitosanitaria y la obtención de las muestras se utilizó el siguiente equipo: cinta diamétrica, cinta métrica, brújula, GPS, aerosol para marcar los árboles, machete y tijeras corta ramas.

Monitoreo en campo

1. Ubicación de parcela fitosanitaria: para esto fue necesario realizar un recorrido en cada rodal, tratando de abarcar la mayor cantidad de área posible. Esto con el objetivo de identificar síntomas en los individuos y dirigir el muestreo en dicha área del rodal.
2. Toma, preservación, identificación y traslado de muestras para su análisis en laboratorio: en cada parcela fitosanitaria se realizó una inspección visual detenida en el fuste, follaje, conos u otro que mostrara un patrón anormal en cada individuo de la parcela. Al momento de identificar algún síntoma se tomaba la muestra respectiva; estas muestras eran vegetales y/o insectiles. En caso de las muestras vegetales, se procuró que fueran frescas y abundantes y en el caso de las muestras insectiles, eran colocadas con la pinza y aguja de disección en tubos Eppendorf según la especie del insecto y la ubicación en el árbol de donde se encontró.

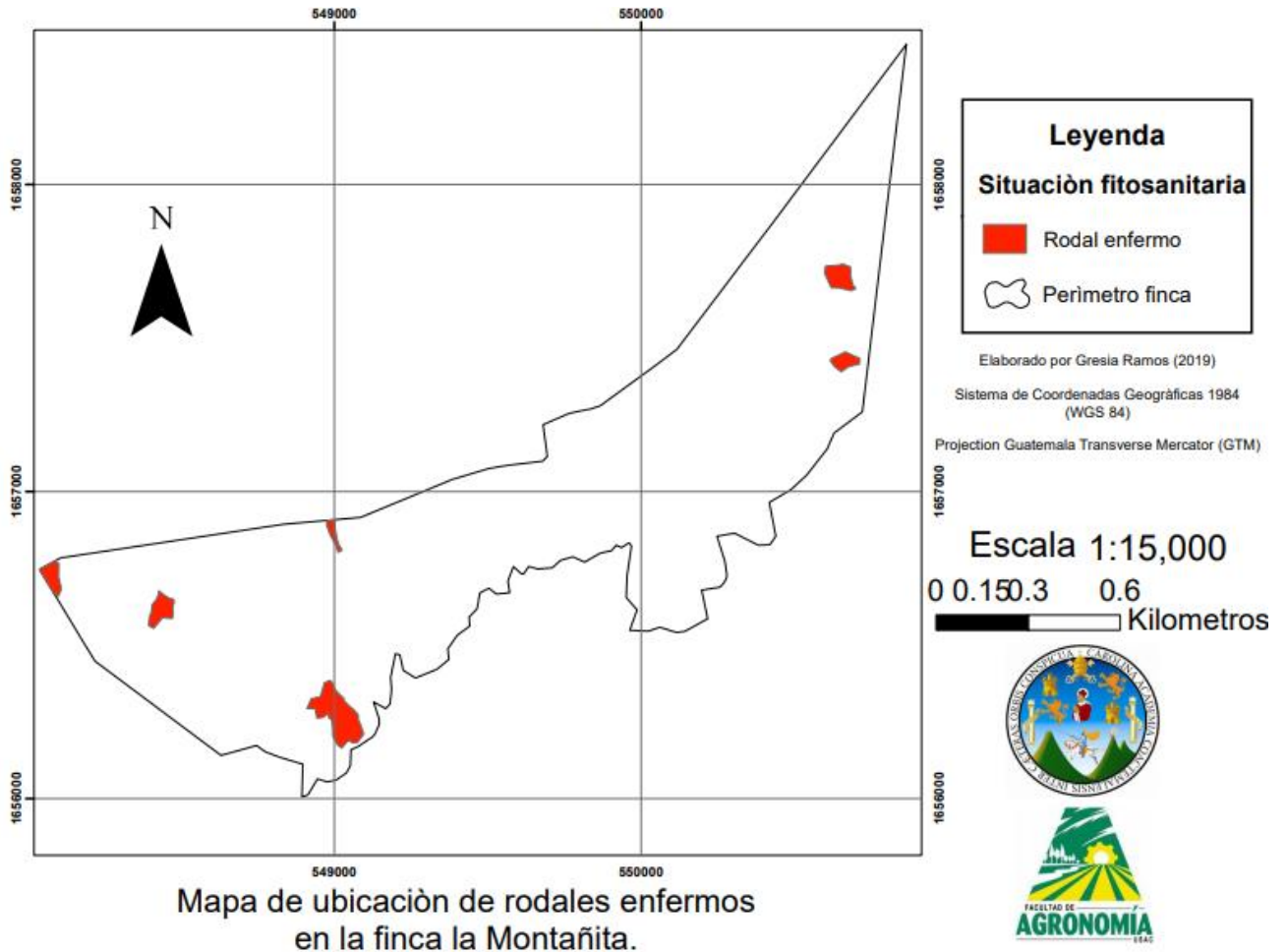
Cada muestra fue identificada de acuerdo al nombre del rodal, así como también las coordenadas de la parcela fitosanitaria de donde fueron obtenidas, asegurándose de colocarlas dentro de la hielera para su posterior traslado al laboratorio entomológico de la ENCA en donde también se identifican agentes fitopatógenos.

Previo a la entrega de las muestras vegetales al laboratorio, se preparó cada una de ellas en cámara húmeda para permitir el desarrollo de estructuras que facilitaran la identificación del signo o posible agente causal.

3. Análisis de resultados de laboratorio y elaboración del informe y recomendaciones: luego de enviar las muestras vegetales e insectiles, se recibieron los resultados de las mismas con los agentes causales. Con esta información se procedió a cartografiar las parcelas en donde se identificaron enfermedades y con ello realizar las recomendaciones correspondientes para el monitoreo y control de las mismas.

3.3.3. Resultados

A continuación, en la figura 39 se presenta la ubicación de los rodales enfermos de acuerdo al monitoreo realizado en campo:



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 39. Ubicación de rodales enfermos dentro de la finca La Montañita.

Cuadro 39. Resultados de rodales que presentaron síntomas en el follaje de acuerdo al diagnóstico fitosanitario realizado.

No. Parcela	Nombre del rodal	Coordenadas			Volumen (m ³)	Número plantas enfermas	Número plantas muertas	Síntomas observados en campo	Agente (s) causal (es)
		x	y	z					
1	El Pony	550637	1657715	1050	36.34	1	0	Cono deforme y moteado en acículas	<i>Pestalotia spp</i>
2	Antonio	548975	1656865	1100	1.44	7	0	Acículas moteadas, estructuras blancas en follaje	<i>Dothistroma sp</i> y <i>Lophodermium</i>
3	El Limón	550632	1657396	1042	92.04	1	0	Acículas amarillas	<i>Pestalotia sp</i>
4	El Plan	548961	1656328	1036	3.83	3	3	Los árboles enfermos presentaban moteado en acículas. Los árboles muertos presentaban galerías en la corteza y termitas vivas.	<i>Pestalotia spp</i>
5	Don Chilo	548475	1656641	1050	5.78	28	2	Los árboles enfermos presentaban acículas moteadas (amarillamiento) y los árboles muertos presentaron en su corteza termitas vivas	<i>Dothistroma sp</i> y <i>Lophodermium</i>
6	Las Agujas	548064	1656734	1228	3.85	9	3	Los árboles enfermos presentaban acículas moteadas y los árboles muertos presentaban galerías en la corteza y termitas vivas	<i>Dothistroma sp</i> y <i>Lophodermium</i>

Fuente: elaboración propia, 2019.

En la figura 39, se puede observar seis rodales de pino enfermos dentro de la finca de acuerdo al monitoreo realizado en campo, mostrando parte de los resultados en el cuadro 39. En este caso se presentan únicamente resultados de los agentes patógenos que provocan anomalías en el funcionamiento fisiológico de la planta y que a su vez son expresados por algunos síntomas, como los que se observaron en el follaje de las plantas de pino en los rodales monitoreados, expresados como moteados y amarillamiento en las acículas. Con base en lo anterior, los principales agentes causales de acuerdo a los resultados obtenidos del laboratorio son: *Pestalotia spp*, *Dothistroma sp* y *Lophodermium spp*.

Respecto al género *Dothistroma*, es conocido como tizón de banda roja, que es un hongo que afecta las acículas de la planta, ocasionando síntomas iniciales expresados en manchas cloróticas en la acícula, que posteriormente se torna de color amarillo a rojizo-marrón y finalmente color marrón causando la muerte de la misma. Las acículas infectadas propician el ambiente necesario para la esporulación del hongo, lo cual ocurre durante el tiempo húmedo o mojado y se dispersan por medio de la salpicadura de la lluvia, manteniendo la afección en el árbol en cualquier edad. Los fascículos infectados caen prematuramente, causando daños severos en arboles debido a su efecto defoliador, disminuyendo en la planta el potencial fotosintético debilitándola y haciéndola susceptible a otras plagas. (Morales 2009)

Por otra parte, el género *Lophodermium* también es un tizón que afecta generalmente a diversas especies de pino sometidos a condiciones desfavorable para su crecimiento y desarrollo, provocando defoliaciones severas en árboles débiles, ocasionando problemas en el crecimiento de los mismos. Los síntomas se identifican fácilmente en las acículas ya que se tornan de color rojo a marrón pálido en arboles de diferentes edades, por lo que en plantas muy pequeñas puede ocasionar la muerte. (Morales 2009)

En relación al género *Pestalotia*, puede ocasionar daños tanto a plántulas hasta árboles adultos debido a su alta capacidad de reproducción y alta eficiencia de diseminación. Los primeros síntomas suelen ser pequeños puntos oscuros rodeados por tejido clorótico ligeramente oscuro presentes en la punta de las acículas o en la base; posteriormente ocurre necrosis en el tejido ocasionando la muerte de la acícula, la cual permanece adheridas al árbol; este patógeno puede predisponer a las plantaciones a ataques de otros patógenos. (Morales 2009)

Con base en lo anterior, el monitoreo de plagas y enfermedades en plantaciones forestales es de importancia para identificar los agentes causales que ocasionan anomalías en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Este monitoreo puede considerarse como una estrategia preventiva para las masas forestales.

De acuerdo a la información anterior, se presenta a continuación las recomendaciones respectivas a considerar:

1. Incorporar a manejo forestal las áreas forestales dentro de la finca.
2. Realizar las actividades de saneamiento de las áreas donde sea necesario.
3. Establecer parcelas permanentes de monitoreo cuyo enfoque sea fitosanitario dentro de las áreas forestales de la finca.
4. Brindar capacitación al personal de campo en el reconocimiento de síntomas de posibles enfermedades forestales y toma de muestras para su posterior traslado al laboratorio.
5. Establecer rutas de monitoreo de acuerdo a la cartografía y los caminos naturales dentro de la finca para obtener información de la situación fitosanitaria de la finca.
6. Elaborar una boleta específica para la recopilación de información en campo para el monitoreo de enfermedades.

3.3.4. Evaluación

Se realizó el diagnostico fitosanitario en 25 rodales de pino, de los 26 rodales totales dentro de la finca. Así también, en cada rodal se realizó una parcela fitosanitaria, obteniendo un total de 25 parcelas que permitieron determinar que en seis rodales se encontraba principalmente tres agentes patógenos de acuerdo al monitoreo en campo. Con base en la información obtenida en el diagnostico se brindaron seis recomendaciones enfocadas en el manejo silvicultural de las masas forestales, continuidad de monitoreo de plagas y enfermedades forestales y finalmente el enfoque a la capacitación del personal de campo.

3.3.5. Bibliografía

1. Cordón, P. (2019). *La parcela fitosanitaria: Una herramienta estratégica al servicio de la administración forestal riesgo físico y fitosanitario*. Guatemala: s.e.
2. Instituto Nacional de Bosques, Guatemala (INAB). (2018). *Manual técnico de planificación de inventarios forestales por medio de sistemas de información geográfica -SIG-*. Guatemala: INAB. Consultado 16 septiembre 2020.
<https://www.marn.gob.gt/Multimedios/13171.pdf>
3. López Bautista, E. A.; Gonzáles Ramírez, B. H. (2007). *Muestreo estadístico*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Centro de Telemática.
4. McRoberts, R., Tomppo, E., & Czaplewski, R. (2013). *Diseños de muestreo de las evaluaciones forestales nacionales*. In Antología de conocimiento para la evaluación de los recursos forestales nacionales. Estados Unidos de América: Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) / Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/national_forest_assessment/images/PDFs/Spanish/KR2_ES__4_.pdf
5. Morales Payes, G. R. (2009). *Plan de manejo general para las principales plagas que afectan plantaciones de pino en Peten (Pinus caribaea Morelet var hondurensis) establecidas dentro del programa de incentivos forestales -PINFOR- Guatemala*. (Tesis Inga. Agra., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 161 p. Consultado 9 oct. 2020.
[http://www.repositorio.usac.edu.gt/9005/1/Tesis Glenda Rossana Morales Payés.pdf](http://www.repositorio.usac.edu.gt/9005/1/Tesis%20Glenda%20Rossana%20Morales%20Payes.pdf)




3.5. SERVICIO 3. TALLER DE CONCIENTIZACIÓN SOBRE LA CONSERVACIÓN DEL BOSQUE A LOS COMUNITARIOS DE LA ALDEA CONACASTE, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, GUATEMALA

3.5.1. Objetivos

A. General

Concientizar a los comunitarios de la aldea Conacaste respecto a la conservación del bosque para fomentar el uso sostenible del mismo.

B. Específicos

1. Motivar a los habitantes de la aldea Conacaste a plantar especies de cedro (*Cedrela odorata*) y/o madrecaao (*Gliricidia sepium*) en áreas como cercos y otros espacios disponibles en sus hogares.

3.5.2. Metodología

1. Organización de la actividad:

Se coordinó una reunión con el COCODE de la aldea Conacaste para programar una fecha y hora específica para que asistieran los comunitarios en el salón comunal de la aldea.

2. Preparación del material didáctico y otros:

Se preparó un documento que contenía un resumen sobre conceptos y aspectos importantes a explicar a los comunitarios, entre los cuales se encuentran los siguientes: bosque, plantación, bienes y servicios del bosque, el bosque y comunidades en Guatemala. En este documento también se incluyeron actividades dinámicas para motivar la participación de los comunitarios; algunas de dichas actividades fueron elaboradas con el apoyo de una guía de aprendizaje elaborada por FAO (2018)

También se prepararon marcadores, pliegos de papel manila y lapiceros para su utilización por parte de los comunitarios.

3. Preparación del salón comunal

Con la autorización correspondiente por parte de los miembros del COCODE se procedió a limpiar el salón comunal a manera de prepararlo previo a la realización del taller.

4. Realización del taller:

Se dio la bienvenida a cada uno de los participantes, realizando una breve explicación sobre el objetivo del taller, así como también, sobre los siguientes conceptos: bosque, plantación, bienes y servicios del bosque, el bosque y comunidades en Guatemala. Posteriormente, se solicitó a los participantes que formaran equipos de 8 integrantes, obteniendo como resultado 3 equipos conformados por hombres y 4 equipos conformados por mujeres.

Una de las primeras actividades dinámicas realizadas, fue la actividad llamada “Conociendo el bosque” la cual consistió en brindar a cada equipo un pliego de papel manila, para que plasmaran por medio de dibujos o palabras algunos bienes y servicios que el bosque proporciona a las comunidades; cada equipo explicó sus ideas y opiniones a los demás equipos. Luego de esta actividad, se preparó una mesa en la cual había algunos ejemplos de productos provenientes del bosque, para que los equipos pudieran observar cada uno de ellos, entre los cuales se encontraban: miel de abejas, flores, frutos, agua, leña y madera.

La tercera actividad realizada durante el taller fue la actividad denominada “Los pequeños agricultores necesitan terrenos de pastoreo”, la cual consistió en relatarles el siguiente caso: hace dos años una pareja de agricultores acabaron con un área boscosa para pastar su ganado, pero debido a la deforestación que ocasionaron, la tierra de dicha área ahora está seca y no crece más hierba. Los agricultores ahora solo cuentan con tres vacas las cuales les producen leche, pero ellos temen perder el dinero que recibirán por la leche debido a que las vacas ya no tienen nada que comer en el terreno donde se encuentran, por lo que están solicitando a la comunidad Conacaste que les permitan acceder a un nuevo terreno boscoso perteneciente a dicha comunidad para sembrar pastos y que sus vacas puedan alimentarse y seguir produciendo leche. Con la información anterior, se brindó un pliego de papel manila a cada uno de los equipos para que pudieran plasmar sus ideas sobre la decisión que tomarían respecto a la solicitud de los agricultores a la comunidad Conacaste; cada equipo compartió su opinión acerca de su decisión a los demás equipos.

La última actividad realizada durante en taller fue la denominada “Historia de Hojancha”, la cual consistió en relatarles lo siguiente:

Hojancha es un cantón perteneciente a la provincia de Guanacaste, cuya colonización inicio en 1910. A partir de 1930 el crecimiento poblacional permitió la producción de granos básicos, así como también, la producción de cabezas de ganado. Sin embargo, en 1940 y 1960 la ganadería se convirtió en una de las actividades productivas de mayor importancia. Esto permitió un cambio severo en cuanto al uso de la tierra en el cantón, conllevando a una severa deforestación provocada por la ganadería. Los efectos de la

deforestación no tardaron en afectar a la población y esto adunado a la caída de los precios de la carne en 1960 conllevó a la emigración del 57% de la población total de Hojancha. Así también, dicha deforestación hizo que en 1976 se contara con tan solo un 2% de reserva forestal respecto al área total de Hojancha.

Con la información anterior, se planteó la siguiente pregunta a los equipos para que cada uno le diera respuesta: ¿Qué hicieron los comunitarios del cantón de Hojancha luego de la pérdida de sus bosques?

5. Motivación a los comunitarios para plantar árboles en sus hogares o terrenos disponibles: Previo a la despedida de los participantes del taller, se informó que se tienen disponibles plantas de cedro (*Cedrela odorata*) y madrecaao (*Gliricidia sepium*) para que sean sembradas en cercos u otras áreas disponibles en sus hogares, por lo que se les solicitó que escribieran su nombre en el listado correspondiente para determinar la cantidad de plantas a solicitar a las autoridades de la finca La Montañita.

3.5.3. Resultados



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 40. Realización del taller en salón comunal y entrega de plantas de cedro y madrecaao a comunitarios.

Como se observa en la figura 40, la cantidad total de participantes en el taller fueron 27 personas, de las cuales 11 personas (6 mujeres y 5 hombres) asistieron a la entrega de plantas de cedro (*Cedrela odorata*) y madrecaao (*Gliricidia sepium*) para plantarlos en los cercos de sus hogares u otros espacios disponibles en el mismo. Se le brindó a cada uno de ellos un total de 10 plantas de cedro y 10 plantas de madrecaao. Es importante

mencionar que previo a la entrega de las plantas se realizó una breve explicación sobre los beneficios proporcionados por cada una de las especies.

Es importante mencionar que, de acuerdo a comentarios de los comunitarios, el área dentro de la finca, así como también las áreas colindantes, han ocurrido diversos eventos como incendios forestales que han contribuido a la pérdida de la cobertura forestal en el área. Además de esto, la extracción de leña para su utilización como combustible para consumo familiar y otros usos, han contribuido de manera directa en la deforestación en el área, por lo que los comunitarios están conscientes de la degradación de los recursos naturales de los cuales disponen, lo cual influyó para que presentaran interés y participaran en el taller realizado.

3.5.4. Evaluación

En el taller realizado sobre concientización de la conservación de bosques, se obtuvo una participación de 27 comunitarios de la aldea Conacaste. Sin embargo, únicamente 11 personas asistieron a la entrega de plantas de cedro (*Cedrela odorata*) y madrecaao (*Gliricidia sepium*) que a su vez fueron plantados en áreas disponibles en los domicilios de las personas interesadas que asistieron a dicha actividad. Es importante continuar con estas actividades para lograr mayor participación de los comunitarios de la aldea.

3.5.5. Bibliografía

1. Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia (FAO). (2018). *Descubriendo los bosques*. Roma, Italia; FAO. Consultado 9 oct. 2020. <http://www.fao.org/3/I8560ES/i8560es.pdf>.

 Rolando Barrios

3.6. SERVICIO 4. PREPARACIÓN ACADÉMICA DE ESTUDIANTES DE TERCERO BÁSICO DE LA ALDEA EL CONACASTE, AGUAHIEL, LA MONTAÑITA Y COMAJA, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, PREVIO A LOS EXÁMENES DE PRESELECCIÓN DE LA ENCA

3.6.1. Objetivos

A. General

Brindar los conocimientos básicos a los estudiantes de las aldeas Conacaste, Aguahiel, La Montañita y Comaja para los exámenes de preselección de la ENCA.

B. Específicos

1. Brindar clases magistrales a los estudiantes de las aldeas mencionadas anteriormente, proporcionando los conocimientos básicos con base a la guía de estudio de Química y Matemática elaboradas por el personal encargado de admisiones de la ENCA, previo al examen de preselección.

3.6.2. Metodología

1. Promulgación de la información a las autoridades de cada comunidad: se realizó una reunión con cada uno de los miembros del COCODE correspondiente a cada comunidad con el objetivo de informarles el proyecto de preparación académica dirigida a estudiantes de tercero básico que presentaran interés en estudiar una carrera relacionada al ámbito agrícola o bien forestal.
2. Promulgación de la información en los establecimientos educativos a nivel básico de las comunidades correspondientes: se organizó una visita a cada establecimiento de acuerdo a cada comunidad luego de haber obtenido la autorización respectiva por los directores de los establecimientos. Durante la visita se brindó información relacionada a las carreras de Perito Agrónomo y Perito Forestal las cuales ofrece la ENCA, así como también se brindó información respecto a los requisitos para participar en el proceso de preselección de la ENCA. Posteriormente, se motivó a los estudiantes interesados en participar en las clases magistrales que se estarían impartiendo en la finca La Montañita los días sábados en horarios de 8 am a 12 pm.

Por otra parte, se aprovecharon otras reuniones que se realizaban en los establecimientos educativos con los padres de familia de los estudiantes de tercero básico, para que estuvieran enterados del proyecto de preparación académica y para que pudieran motivar a sus hijos a participar en el mismo.

3. Reunión con estudiantes interesados y padres de familia en la finca La Montañita: esto se realizó con la finalidad de dar a conocer las oportunidades que brinda la ENCA cada año, a estudiantes que posean los requisitos necesarios para optar a una beca de estudios. Se realizó una presentación audio visual durante la cual también se mostró un video en dónde se explica de manera resumida la vida de un estudiante en la ENCA para que los estudiantes interesados en optar a una beca de estudios aumentaran el interés a las carreras de perito forestal y perito agrónomo que dicha institución ofrece a nivel diversificado. Así también, se brindó información sobre los requisitos que cada estudiante debía cumplir para inscribirse al examen de preselección a realizarse en el mes de noviembre del año 2019, en las instalaciones de las diversas sedes disponibles a nivel nacional.

Finalmente se presentaron las fechas y horarios correspondientes a cada una de las clases magistrales a impartirse en las instalaciones de la finca, para que los estudiantes pudieran organizarse y poder asistir a las mismas.

4. Solicitud de material didáctico y guías de estudio de matemática, química y biología al personal encargado de admisiones ENCA: por medio de una nota enviada por correo electrónico a las autoridades de la ENCA, fue posible obtener materiales como marcadores de pizarra, una pizarra, cartulinas, lápices, lapiceros, almohadilla para pizarrón, entre otros materiales para impartir las clases magistrales. Además de lo anterior, también se obtuvieron las guías de estudio de matemática, química y biología, las cuales fueron entregadas a cada estudiante interesado en participar en el proceso de preparación académica previo al examen de preselección de la ENCA.
5. Realización de clases magistrales: se dio inicio a las clases magistrales en el mes de mayo y finalizaron en el mes de octubre. Dichas clases fueron impartidas en el salón de la finca La Montañita. Cada sábado se impartía una materia en particular debido a que los estudiantes preferían recibir una sola materia y no las cuatro materias en un solo día ya que comentaron que les generaba mayor confusión y dificultad asimilar temas totalmente diferentes.

A continuación, en el cuadro 40 se presentan los temas vistos en relación a la materia de química:

Cuadro 40. Contenido de guía de estudio química

Tema	Contenido
Definiciones básicas de química	Masa, peso, elemento, molécula, materia, sustancias puras (simples y compuestos) y mezclas. Estados de la materia, propiedades de la materia.
Sistema internacional de medidas	Densidad, volumen y temperatura, factores de conversión.
Tabla periódica de elementos	Símbolos, periodos, grupos o familias, propiedades características de los elementos (metales alcalinos y alcalinotérreos), mol y número de Avogadro.
Teoría atómica	Estructura atómica, configuración electrónica.

Fuente: Muñoz Afre, 2018.

En relación al contenido de matemática, se apoyó con los temas observados en el cuadro 41:

Cuadro 41. Contenido de guía de estudio matemática

Tema	Contenido
Números enteros	Recta numérica, números opuestos, valor absoluto de un número entero, orden de los números enteros, propiedades de los números enteros y jerarquía operativa.

Fuente: (ENCA 2018)

6. Programación de visita a las instalaciones de ENCA con los aspirantes que participaron en las clases magistrales: esta visita fue programada con las autoridades de la ENCA con el objetivo de que los estudiantes aspirantes de las comunidades colindantes a la

finca La Montañita pudieran conocer las instalaciones de la escuela, es decir, laboratorios, salón de cómputo, áreas de producción agrícola y forestal, áreas residenciales, áreas de recreación, clínica médica, biblioteca, entre otras áreas. Previo a iniciar la visita, se tuvo una conferencia con las autoridades de la ENCA quienes dieron la bienvenida y palabras de motivación para los estudiantes, para que dieran su mayor esfuerzo para estudiar y aprobar los exámenes de preselección. Esta visita tuvo una duración de 2 días, por lo que los aspirantes tuvieron la oportunidad de vivir la experiencia de permanecer internados y conocer el sistema educativo de la ENCA.

3.6.3. Resultados



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 41. Estudiantes que participaron en las clases magistrales

Durante las clases magistrales para la preparación del examen de preselección de la ENCA asistieron 19 estudiantes, de los cuales 16 eran hombres y 3 mujeres como se observa en la figura 41. De la comunidad La Montañita asistieron 2 mujeres y 1 hombre, mientras que de la comunidad Comaja asistió únicamente 1 mujer; de la comunidad el Conacaste asistieron 2 hombres, mientras que de la comunidad Aguahiel asistieron 13 hombres. Durante las primeras tres clases magistrales se observó que todos los estudiantes no participaban al momento de hacer cuestionamientos, lo cual cambió durante el resto de las clases magistrales ya que se motivaba a los estudiantes a participar y a cuestionar el contenido que se les estaba impartiendo, aunque generalmente este contenido era totalmente desconocido por ellos.

Como se mencionó anteriormente, la mayor cantidad del contenido no solo de química sino de matemática y de biología, era desconocido por los estudiantes, lo cual dificultaba su comprensión. Por lo anterior, se realizaron hojas de trabajo con ejercicios para que los estudiantes pudieran practicar lo visto durante lo explicado en clase. Aun así, se observó que seguían presentando dificultad en resolver ejercicios específicos, en especial, los relacionados a estequiometría con aspectos de masa, volumen, densidad, entre otros. También los temas relacionados a la estructura atómica y la configuración electrónica eran difíciles de asimilar.

Finalmente, de acuerdo a los resultados obtenidos de los estudiantes aspirante que fueron preparados académicamente para el examen de preselección, se conoció que únicamente 3 de los 19 estudiantes habían aprobado dicho examen. Estos estudiantes pertenecen a la aldea Aguahiel, quienes se presentaron posteriormente al examen propedéutico de la ENCA, en el cual se seleccionan definitivamente a los estudiantes que tendrán la oportunidad de adquirir conocimientos en el tema agrícola y pecuario, o bien, forestal, de acuerdo a las dos carreras que ofrece la escuela.

3.6.4. Evaluación

Se brindó apoyo en preparación académica a 19 estudiantes de las aldeas Conacaste, Aguahiel, Comaja y La Montañita, de los cuales 16 eran hombres y 3 mujeres. Dicha preparación académica fue realizada con base en las guías de química y matemática respectivas, cuyo contenido fue cubierto un 90%. Esta preparación consistió en reforzar conocimientos relacionados a temas de química y matemática previo a la realización del examen de preselección de la ENCA. Finalmente, del total de estudiantes que asistieron a las clases magistrales únicamente 3 hombres aprobaron el examen de preselección.

3.6.5. Bibliografía

1. Escuela Nacional Central de Agricultura, Guatemala (ENCA). (2018). *Texto de apoyo de matemáticas para aspirantes que participan en el examen de preselección*. Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala: ENCA. Consultado 18 ago. 2020.
https://www.enca.edu.gt/wp-content/uploads/2019/11/TEXTO_DE_APOYO_MATEMATICAS.pdf
2. Muñoz Afre, L. (2018). *Texto de apoyo de ciencias naturales “Química” para aspirantes que participan en el examen de preselección*. Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala: Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA).



Rolando Barrios



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



REF. Sem. 52/2020

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: "DIAGNÓSTICO DE LA PÉRDIDA DE SUELO POR EROSIÓN HÍDRICA EN LA FINCA LA MONTAÑA, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLAN, EL PROGRESO, GUATEMALA, GUATEMALA, C.A."

DESARROLLADO POR LA ESTUDIANTE: GRESIA DALAL RAMOS SOLÓRZANO

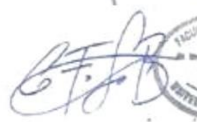
CARNE: 201502847

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Guillermo Santos
Dr. Marvin Salguero Barahona
Dra. Gricelda Lily Gutierrez Álvarez

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


Dr. Marvin Salguero Barahona
ASESOR ESPECÍFICO


Dra. Gricelda Lily Gutierrez Álvarez
DOCENTE- ASESOR EPS


Ing. Agr. Carlos Fernando López Búcaro
DIRECTOR DEL IIA

CFLB/nm
c.c. Archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
COORDINACIÓN AREA INTEGRADA –EPS–



Ref. SAIEPSA.07.2021

Guatemala, 29 de enero de 2021

TRABAJO DE GRADUACIÓN: DIAGNÓSTICO DE LA PÉRDIDA DE SUELO POR EROSIÓN
HÍDRICA, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA FINCA
LA MONTAÑITA, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL
PROGRESO, GUATEMALA, C.A.

ESTUDIANTE: GRESIA DALAL RAMOS SOLÓRZANO

No. CARNÉ 201502847

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

“DIAGNÓSTICO DE LA PÉRDIDA DE SUELO POR EROSIÓN
HÍDRICA, EN LA FINCA LA MONTAÑITA, SAN AGUSTÍN
ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, GUATEMALA, C.A.”

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Guillermo Santos

Dr. Marvin Salguero Barahona

Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez

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

“Id y Enseñad a Todos”

Vo. Bo. Ing. Agr. M.A. Pedro Peláez Reyes
Coordinador Area Integrada – EPS



cc.archivo
PPR/azud



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



No. 06.2021

Trabajo de Graduación:	"DIAGNÓSTICO DE LA PÉRDIDA DE SUELO POR EROSIÓN HÍDRICA, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA FINCA LA MONTAÑITA, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, GUATEMALA, C.A."
Estudiante:	Gresia Dalal Ramos Solorzano
Carné:	201502847

"IMPRÍMASE"

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
DECANO

