

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**REALIZADO EN LA UNIDAD DE PLANIFICACIÓN GEOGRÁFICA Y GESTIÓN DE RIESGOS
UPGGR-MAGA Y EN LA MICROCUENCA DEL RÍO COCOYÁ ACATENANGO,
CHIMALTENANGO, GUATEMALA**

DEYSI AMARILIS YOC PÉREZ

GUATEMALA, MAYO 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**REALIZADO EN LA UNIDAD DE PLANIFICACIÓN GEOGRÁFICA Y GESTIÓN DE RIESGOS
UPGGR-MAGA Y EN LA MICROCUENCA DEL RÍO COCOYÁ ACATENANGO,
CHIMALTENANGO, GUATEMALA**

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

POR

DEYSI AMARILIS YOC PÉREZ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERA AGRÓNOMA EN
RECURSOS NATURALES RENOVABLES
EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADA

Guatemala, mayo de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR MAGNÍFICO

Lic. Carlos Estuardo Gálvez Barrios

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. MSc. Francisco Javier Vásquez Vásquez
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Marino Barrientos Gacía
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Oscar René Leiva Ruano
VOCAL CUARTO	Br. Lorena Carolina Flores Pineda
VOCAL QUINTO	P. Agr. Josué Antonio Martínez Roque
SECRETARIO	Ing. Agr. MSc. Edwin Enrique Cano Morales

Guatemala, mayo de 2011

Guatemala, mayo de 2011

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros,

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el Trabajo de Graduación realizado en la “Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgos –UPGGR- del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA-, Guatemala”, 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”

Deysi Amarilis Yoc Pérez

ACTO QUE DEDICO A:

A DIOS, ser supremo que me permitió llegar hasta aquí.

A MIS PADRES, por decidir darme la vida, por su apoyo incondicional en mis decisiones y por ser el mejor ejemplo de que los sueños se cumplen si confiamos en Dios.

A MIS ABUELOS, Andrés Yoc (QEPD), Eusebia Faustina Rodríguez (QEPD), Arturo Pérez Soto por sus consejos y cuidados; muy especialmente a mi abuelita Lubia Berges de Pérez (QEPD) mujer de éxito que con sus ejemplos me enseñó que los valores morales hacen a una persona de respeto.

A MI ESPOSO, Wilson López por compartir su vida conmigo, por darme su apoyo y amor incondicional y por ser el padre de mi hijo.

A MI HIJO, mi tesoro, el motivo por el cual vivo cada día, Rolandito Sebastián López Yoc, que con su inocencia me permitió encontrarle otro concepto a la vida.

A MIS HERMANOS, Aroldo y Joel Yoc, que con su inmadurez me dieron la fuerza para poder salir adelante, Belgica Yoc por su cariño y confianza en mí.

A MIS TIOS, Carmelina Yoc, Benjamin Yoc, Angelita Yoc, Oralia Yoc, Zoila Yoc, Liverman Yoc (QEPD) y Arturo Pérez Berges, por su apoyo y consejos; Patricia Pérez de Roque y Francisco Roque muy especialmente por su cariño y por cuidar siempre mi integridad con sus consejos.

A MIS PRIMOS, Silvana, Rashelita, David, Javier, Amy, Cristian, Mateo, por su cariño; a Charito, Susana Carolina, José, Rebeca, Patricia Polanco y Beberly por que más que mis primos fueron como mis hermanos.

A MIS AMIGOS, muy especialmente a Jeny, Regina y Dunia que mas que amigas fueron parte de mi familia y a todos los que compartieron conmigo en el INMEBP, en la ENCA y en la FAUSAC

TRABAJO DE GRADUACION QUE DEDICO

A DIOS, porque todo lo podemos en Cristo que nos fortalece (Fil. 4:13)

A MI PATRIA, Guatemala por ser el país de la eterna primavera que me inspira a trabajar con orgullo.

A MI PUEBLO, Poptún, la ciudad de los pinos, donde inició mi formación educativa.

A LA ENCA, por ser el pilar que me ayudó a madurar como persona y a ser independiente para poder lograr mis metas.

A LA FAUSAC, por darme los conocimientos para poder ser parte del gremio agrícola.

A LA USAC, que me dio la oportunidad de ser una profesional para servir al pueblo de Guatemala.

A MIS PADRES, por su amor incondicional.

A MI ESPOSO E HIJO, por ser la razón de mi vivir.

A MI ABUELITA, por su fuerza para salir adelante.

A MIS HERMANOS, que fueron mi inspiración durante el tiempo de estudio.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme culminar mi carrera profesional.

A mi familia, mis padres porque gracias a ellos nunca me faltó nada; a mis hermanos que siempre han cuidado de mí; a mi esposo por permitirme terminar de cumplir mis metas, a mi hijo, por inspirarme a seguir adelante y a la familia López Camey, por apoyarme en la etapa final de mi carrera profesional.

A mis asesores MSc. Hugo Tobías y PhD. Marvin Salguero, por su confianza y apoyo en la realización de este documento.

A mis catedráticos Ing. Edwin Cano, Ing. Francisco Vásquez, Ing. Jorge Robles, Ing. Jonathan Reynoso, Ing. Mónica Aldana, Ing. Edgar Franco, Ing. Juan José Castillo, Ing. Juan Herrera, por compartir sus conocimientos y su amistad.

A la Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgos UPGGR-MAGA, por permitirme finalizar mi formación académica como profesional.

Al pueblo de Guatemala, que con sus impuestos permiten que cada día hayan más profesionales para el desarrollo del país.

INDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
1 CAPITULO I. DIAGNÓSTICO GENERAL DE LA MICROCUENA COCOYÁ, ACATENANGO, CHIMALTENANGO	3
1.1 PRESENTACIÓN	4
1.2 MARCO REFERENCIAL	5
1.2.1 Ubicación de la microcuena	5
1.3 OBJETIVOS	7
1.3.1 General	7
1.3.2 Específicos	7
1.4 METODOLOGIA	8
1.4.1 Primera fase de gabinete	8
1.4.2 Trabajo de campo	8
1.4.3 Fase final de gabinete	9
1.5 RESULTADOS	10
1.5.1 Descripción de las principales características de la microcuena	10
1.5.2 Problemas ambientales	26
1.5.3 Problemas socioeconómicos	27
1.6 CONCLUSIONES	28
1.7 BIBLIOGRAFIA	29
2 CAPITULO II: CUANTIFICACIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA EN LA MICROCUENA DEL RÍO COCOYÁ, ACATENANGO, CHIMALTENANGO	31
2.1 PRESENTACION	32
2.2 MARCO CONCEPTUAL	33
2.2.1 Suelo	33
2.2.2 Erosión	33
2.2.3 Erosión eólica	33
2.2.4 Erosión hídrica	34
2.2.5 Factores que determinan la erosión hídrica	34
2.2.6 Etapas del proceso de erosión hídrica	36
2.2.7 Problemática de la erosión	37
2.2.8 Evaluación de erosión	39
2.2.9 Métodos Directos	39
2.2.10 Métodos Indirectos	39
2.2.11 Manejo de los suelos	63
2.2.12 Principios para desarrollar estrategias sobre el manejo de suelos	65
2.2.13 Metodologías para la Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso	67
2.2.14 Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica a la Erosión	71
2.3 MARCO REFERENCIAL	75
2.3.1 Características geográficas	75
2.3.2 Características socioculturales	75
2.3.3 Características biofísicas	81
2.4 OBJETIVOS	90
2.4.1 Objetivo general	90
2.4.2 Objetivos específicos	90
2.5 METODOLOGIA	91
2.5.1 Estudio de las causa de la erosión hídrica dentro de la microcuena	92
2.5.2 Estimación de la pérdida de suelo por erosión hídrica en el área de estudio	97

CONTENIDO	PÁGINA
2.5.3 Estimación de la lámina de suelo erosionado.....	98
2.5.4 Formulación de lineamientos generales de manejo de la microcuenca, con énfasis en la conservación de suelos.....	101
2.6 RESULTADOS	103
2.6.1 Cálculo de la lámina de erosión	103
2.6.2 Evaluación de diferentes escenarios	109
2.6.3 Análisis de las causas de la erosión de suelos y degradación de la tierra.....	112
2.6.4 Lineamientos generales de manejo	124
2.7 CONCLUSIONES	141
2.8 RECOMENDACIONES	142
2.9 BIBLIOGRAFIA	143
2.10 APÉNDICES	146
3 CAPITULO III. INFORME DE SERVICIOS PRESTADOS A LA –UPGGR-MAGA Y A LAS COMUNIDADES DE LA MICROCUENCA DEL RIO COCOYÁ ACATENANGO CHIMALTENANGO	169
3.1 PRESENTACION 3.....	170
3.2 OBJETIVOS	171
3.2.1 General.....	171
3.2.2 Específicos	171
3.3 Servicio 1: Apoyo a los proyectos de la unidad de planificación geográfica y gestión de riesgos (UPGGR-MAGA)	172
3.3.1 Actividad No. 1.Organización y actualización de información de taxonomía de suelos.	172
3.3.2 Actividad No. 2: Apoyo en la Fase complementaria de campo a los edafólogos del proyecto de taxonomía de suelos	175
3.3.3 Actividad No.3. Apoyo a las actividades del Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica –SIG-MAGA-.....	178
3.4 Servicio 2: apoyar al área de influencia de la microcuenca, con la realización de un estudio de capacidad de uso de la tierra (ecut), con una capacitación del software f-gis y una concientización del recurso bosque.	180
3.4.1 Actividad No. 1: Estudio de capacidad de uso de capacidad de la tierra (ECUT) del municipio de Acatenango, Chimaltenango.....	180
3.4.2 Actividad No. 2: Capacitación a los técnicos de la OMP	191
3.4.3 Actividad No.3. Concientización sobre la Importancia del Recurso Bosque	192
3.5 BIBLIOGRAFIA	199

INDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 1: Coordenadas UTM	5
Cuadro 2: Distribución de la Población por Género y por Poblado.....	10
Cuadro 3: Población Económicamente Activa	11
Cuadro 5: Nivel de Educación	13
Cuadro 5. Servicios básicos.....	19
Cuadro 6. Clasificación de los modelos de erosión del suelo	40
Cuadro 7. Antecedentes de humedad en base a pendiente.....	55
Cuadro 8. Números de curva para complejos hidrológicos de cobertura-suelo para condiciones.....	57
Cuadro 9. Curvas de los números de escorrentía para complejos de suelo cobertura hidrológica para condiciones de humedad antecedente clase II e $I_n=0.2S$ (Sprenger, 1978).	58
Cuadro 10. Límites de precipitación estacional para clases AMC (según el Servicio de Conservación de Suelos de 1972).....	58
Cuadro 11. Tabla de conversión para el número de curva (CN) de Humedad Antecedente para Clases II a Clases AMC I o II (Tomado de Soil Conservation Service 1972).	59
Cuadro 12. Subclase de pendiente de terreno, según metodología LEAM.	61
Cuadro 14. Subclase de erodabilidad del suelo, según metodología LEAM.	62
Cuadro 15. Coordenadas UTM de la microcuenca del río Cocoyá	75
Cuadro 16. Resumen de la correlación simple de las estaciones Atitlán e Icta Alameda.....	103
Cuadro 17. Intensidades de lluvia en 30 minutos (I 30) de las estaciones cercanas y de la microcuenca.....	104
Cuadro 18. Condición de humedad antecedente para cada mes	105
Cuadro 19. Resumen de los valores de K obtenidos para cada unidad de muestreo	106
Cuadro 20. Valores del Factor LS para cada rango de pendiente.....	107
Cuadro 21. Valores de factor C para cada cobertura	108
Cuadro 22. Lámina de erosión por cada unidad de muestreo de suelos según uso de la tierra 2009	108
Cuadro 23. Láminas de erosión que se producen en milímetros con tres diferentes escenarios.....	109
Cuadro 24. Descripción de la leyenda de grupos de manejo.....	130
Cuadro 25. Descripción de lineamientos de manejo.....	131
Cuadro 22A. Factor C para diferentes cantidades de residuo vegetal en ton/ha aplicados a diferentes porcentajes y longitudes máximas de pendientes del terreno.....	149
Cuadro 23A. Factor C para terrenos con cubierta permanente (potreros)	149
Cuadro 24A: Factor C. Para terrenos forestales no cultivados.	150
Cuadro 25A: Factor C para diferentes cultivos	150
Cuadro 26A. Factor P y distancias entre líneas guías en cultivos a nivel según la pendiente del suelo.	151
Cuadro 27A. Factor P y espaciamiento de terrazas cultivo al contorno.	151
Cuadro 28A: Factor P. Ancho máximo de fajas y máximas longitud entre líneas guías a diferentes pendientes en cultivos de fajas al contorno.	151
Cuadro 29A. Matriz de Capacidad de uso de la Tierra para la región "Tierras Altas Volcánicas".	152
Cuadro 30A. Modificaciones a las categorías de capacidad de uso en función de la pedregosidad y el drenaje.	152
Cuadro 31A. Características de las estaciones metereológicas utilizadas	153
Cuadro 32A. Parámetros de ajuste obtenidos mediante optimización no lineal de la estación metereológica ICTA-Alameda	153
Cuadro 33A. Parámetros de ajuste obtenidos mediante optimización no lineal de la estación metereológica Santiago Atitlán.....	153
Cuadro 34A. Clases de humedad antecedente mensuales para cada escenario	154
Cuadro 35A. Volumen de escorrentía y Caudal máximo para cada unidad de muestreo	156
Cuadro 36A. Cálculos para el factor K	157
Cuadro 37A. Cálculos para el factor LS.....	158

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 38A. Cálculos de la lámina de suelo erosionado para el escenario actual (uso 2009)	159
Cuadro 39A. Cálculos de la lámina de suelo erosionado para el escenario ideal (capacidad de uso 2009)	161
Cuadro 40A. Cálculos de la lámina de suelo erosionado para el escenario sin cobertura o con uso intensivo de la tierra	163
Cuadro 41A. Descripción de las 14 unidades de muestreo agrupadas	166
Cuadro 42A. Modificadores de los tipos y subtipos del sistema de clasificación de los suelos con base en su Capacidad-Fertilidad	168
Cuadro 43. Clasificación de pendientes	182
Cuadro 44. Uso de la tierra 2009 para el municipio de Acatenango.....	184
Cuadro 45. Capacidad de uso de la tierra	185
Cuadro 46. Intensidad de uso de la tierra	189
Cuadro 47. Programa utilizado para realizar la actividad:.....	191
Cuadro 48. Programa de la actividad realizada en el instituto	193

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1. Mapa de ubicación política de la microcuenca	6
Figura 2: Distribución de la Población por Género de la microcuenca Cocoyá, Acatenánigo, Chimaltenango	11
Figura 3: Población Económicamente Activa de la microcuenca Cocoyá, Acatenánigo, Chimaltenango.	12
Figura 4: Nivel de Educación de la microcuenca Cocoyá, Acatenánigo, Chimaltenango	14
Figura 5: Precipitación pluvial promedio mensual de la microcuenca Cocoyá, Acatenango, Chimaltenango.....	20
Figura 6. Mapa de clima según Thornwaite de la microcuenca Cocoyá, Chimaltenango.....	21
Figura 7. Mapa de zonas de vida de la microcuenca Cocoyá, Chimaltenango	23
Figura 8. Mapa de geología de la microcuenca Cocoyá, Chimaltenango	24
Figura 8. Escorrentía acumulada Q vs. Precipitación acumulada P de conformidad con el método de número de curva.	50
Figura 9. Solución gráfica de la ecuación 5 mostrando la profundidad de la escorrentía Q como una función de la profundidad de la lluvia P y el número de curva CN (tomado de Soil Conservation Service 1972).....	51
Figura 11. Mapa de series de suelos según el Mapa de Reconocimiento de Suelos en Guatemala	83
Figura 12. Mapa climático de la microcuenca del río Cocoyá de acuerdo con Thornwhaite	89
Figura 13. Esquema metodológico del estudio de la erosión de la microcuenca del río Cocoyá	91
Figura 15. Mapa de uso de la tierra 2009.....	118
Figura 16. Mapa de fisiografía de la microcuenca del río Cocoyá.....	120
Figura 17. Mapa de Capacidad de uso de la tierra, microcuenca del río Cocoyá.....	121
Figura 18. Mapa de Intensidad de uso de la tierra, microcuenca del río Cocoyá	123
Figura 19: Unidades de manejo de la microcuenca del río Cocoyá, Acatenango, Chimaltenango	129
Figura 20A: Determinación del factor LS (metodología USDA)	147
Figura 21A: Nomograma para determinar el factor K en unidades del sistema internacional.....	148
Figura 22. Archivos físicos (Leitz) con boletas de observaciones de campo.....	174
Figura 23. Descripción de la calicata.....	177
Figura 24. Mapa de pendientes del municipio de Acatenango, Chimaltenango	183
Figura 25: Mapa de uso de la tierra 2009 del municipio de Acatenango, Chimaltenango	187
Figura 26: Mapa de capacidad de uso de la tierra	188
Figura 27. Mapa de Intensidad de uso de la tierra	190
Figura 28. Presentación de los temas relacionados al recurso bosque.....	195

FIGURA	PÁGINA
Figura 29. Presentación con las personas adultas de la comunidad	195
Figura 30. Trabajo en grupo con estudiantes	196
Figura 31. Exposición de las conclusiones de cada grupo	197

TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN LA UNIDAD DE PLANIFICACIÓN GEOGRÁFICA
Y GESTIÓN DE RIESGOS UPGGR-MAGA Y EN LA MICROCUENCA DEL RÍO COCOYÁ
ACATENANGO, CHIMALTENANDO, GUATEMALA

RESUMEN

El siguiente trabajo de graduación se realizó como parte del Ejercicio Profesional Supervisado EPS en el período comprendido entre agosto a mayo 2009, con el apoyo de la Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgos del Ministerio de Agricultura UPGGR-MAGA dentro de la microcuenca del río Cocoyá, Acatenango, Chimaltenango, iniciando con un diagnóstico que determinó la situación de los recursos naturales para proponer las actividades a realizar dentro de los servicios y para definir la investigación a trabajar dentro de la microcuenca.

El diagnóstico se describe en el capítulo I, donde se determinó que el principal problema para la microcuenca es la falta de información acerca del manejo de los recursos naturales siendo el más afectado el recurso suelo, pues según la municipalidad en los últimos años se han acumulado sedimentos en los principales ríos, esto debido a la cantidad de suelo que se erosiona. Por tal razón se hizo necesario realizar una investigación para determinar la cantidad de suelo y donde se encuentran las áreas más susceptibles a la erosión hídrica, así como determinar las actividades que se pueden realizar como servicios para disminuir este fenómeno natural.

En el capítulo II, para la investigación de cuantificación de la erosión hídrica, se tomaron en cuenta tres objetivos principales, analizar las causas que provocan la erosión hídrica, estimar la pérdida de suelo por efecto de la erosión hídrica y proponer lineamientos generales de manejo con énfasis en la conservación de suelos.

Se evaluaron conjuntamente tres escenarios de los cuales se puede determinar que hay un escenario actual, donde se presentan los datos de la microcuenca como están en la actualidad, hay un escenario ideal donde se cambiaron los valores de cobertura y prácticas de conservación con la ayuda del estudio de capacidad de uso de la tierra y hay un escenario sin cobertura el cual da láminas de erosión demasiado altas.

Dentro de los resultados, se determinó que la cantidad de suelo que se erosiona actualmente en toda la microcuenca es de 252 ton/ha/año (0.48 mm/ha/año). Los valores más altos son los de las áreas donde hay cultivos limpios como maíz y frijol con 1555.54 ton/ha/año (2.93 mm/ha/año),

pues aunque son áreas pequeñas su uso está siendo intensivo sin prácticas de conservación de suelos; el uso correcto para estas áreas son sistemas agroforestales. Las otras áreas que indican valores altos son las que no tienen cobertura y que se han erosionado por completo hasta quedar sin suelo 683.65 ton/ha/año (1.29 mm/ha/año). Las áreas con cultivo de café también aportan suelo erosionado, pero debido a su composición fisiográfica y al uso de la tierra, los valores no son altos comparados con las áreas donde hay cultivos limpios, pues se erosionan 212.22 ton/ha/año (0.40 mm/ha/año). Se evaluó un escenario con uso correcto y la lámina de suelo que se podría erosionar para toda la microcuenca es de 5.78 ton/ha/año (0.011 mm/ha/año), que disminuye considerablemente sin llegar a cero, pues en condiciones naturales, el suelo se pierde pero en cantidades no considerables. A diferencia de hacer un uso intensivo de la tierra donde la lámina de suelo que podría erosionarse en 10 años es de 1824.78 ton/ha/año (3.44 mm/ha/año), que llevaría a la pérdida del recurso como tal.

Se establecieron las principales causas de la erosión siendo estas, la tenencia de la tierra, la falta de asistencia técnica para informar a los pequeños agricultores acerca del tema de la conservación de suelos, la fisiografía del área con pendientes mayores al 50%, influenciada por un relieve montañoso proveniente del volcán de Acatenánigo indicando que son tierras con una capacidad de uso para actividades forestales de producción y protección.

Dentro de los lineamientos planteados, se tomaron dos líneas de trabajo, una de ellas es el manejo del aspecto socioeconómico que incluye dos programas, uno es promover actividades de información sobre la erosión hídrica y otro de los programas es disminuir la presión sobre la tierra, con diversificación de cultivos, promoción de técnicas de agricultura orgánica y algunos huertos familiares en áreas aptas.

Para el capítulo III se describieron los servicios prestados a la Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgos UPGGR-MAGA, que se dividieron en 3 actividades, siendo éstas: Organización y actualización de información de taxonomía de suelos; Apoyo en la fase complementaria de campo del proyecto de taxonomía; Apoyo a las actividades del laboratorio de sistemas de información geográfica SIG-MAGA. También se apoyó al área de influencia de la microcuenca, con la realización de 3 actividades siendo éstas: un estudio de capacidad de uso de la tierra ECUT, el municipio de Acatenango; una capacitación del software f-gis a los técnicos de la oficina municipal de planificación OMP y una concientización del recurso bosque a las comunidades cercanas a la microcuenca con una actividad de reforestación.

1 CAPITULO I. DIAGNÓSTICO GENERAL DE LA MICROCUENA COCOYÁ, ACATENANGO,
CHIMALTENANGO

1.1 PRESENTACIÓN

Guatemala es un país que cuenta muchos recursos naturales aunque con el paso del tiempo, estos recursos han disminuido, ya que el uso no ha sido correcto y esto debido a varios factores, pero el principal es la falta de un plan de manejo integrado para estos recursos naturales.

Para plantear actividades de manejo, se hace necesario realizar primero un diagnóstico, que indique el estado actual de los recursos naturales y el uso que se les ha dado durante el paso del tiempo.

El lugar de estudio es la microcuenca del río Cocoyá, que se encuentra ubicada dentro del municipio de Acatenago, Chimaltenango; donde técnicos de la municipalidad indicaron que aún no se han realizado estudios acerca de los recursos naturales dentro de esta microcuenca, por lo que se hace necesario realizar un diagnóstico general de los recursos naturales, para identificar los principales problemas dentro de la microcuenca.

Aunque no hay un diagnóstico, los pobladores mencionan que el río Cocoyá en los últimos años, ha tenido problemas con arrastre de sedimentos, que puede ocurrir por el tipo de material volcánico y sin agregación del cual están compuestos los suelos y por la falta de cobertura en lugares con altas pendientes, esto puede corroborarse con el mapa de cobertura y con el mapa de geología de suelos.

La zona de la microcuenca no se observa con mucha población, pero si se observa que hay una concentración de ésta en la partes más planas de la microcuenca, estos datos obtenidos del censo poblacional de Instituto Nacional de Estadística INE 2002.

A continuación también se describe la metodología utilizada para obtener la información en la realización del diagnóstico general de la microcuenca.

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 Ubicación de la microcuenca

La microcuenca del río Cocoyá se encuentra ubicada en el municipio de Acatenánigo, departamento de Chimaltenango, dentro de las siguientes coordenadas UTM:

Cuadro 1: Coordenadas UTM

Latitud	Longitud
730981	1616112
730981	1604107
720007	1604137
720007	1616112

Dentro de éstas coordenadas, se encuentran algunos poblados del municipio de Acatenango, Pueblo Nuevo, San Antonio Nejapa, Finca La Española, Los Planes, Chimichabal, Laguneta, Los Pajales, y Los Pajales 2. La microcuenca limita al norte con Patzicía, al sur con Alotenango, al este con otros poblados de Acatenango y al Oeste con San Miguel Dueñas. El acceso a la microcuenca es por la carretera asfaltada interamericana CA-1 que conecta a la microcuenca con Acatenango y Patzún, que es la carretera que llega hasta la ciudad de capital (IGN, 2006).

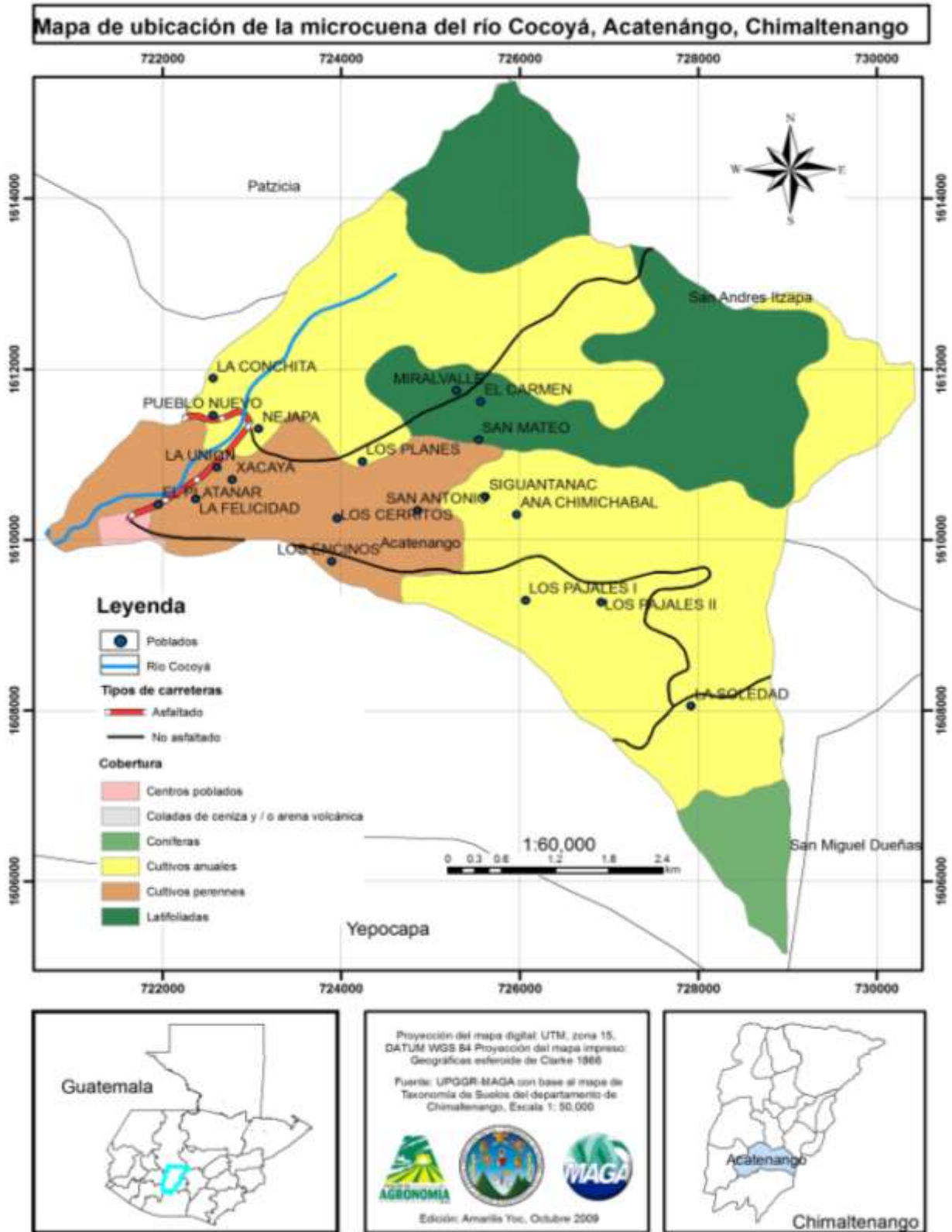


Figura 1. Mapa de ubicación política de la microcuenca

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

Realizar el diagnóstico general de la microcuenca del río Cocoyá, para identificar el estado actual de la microcuenca.

1.3.2 Específicos

- Conocer las características socioeconómicas de la microcuenca, para tener una idea general de la población que hace uso de los recursos de la microcuenca.
- A través del diagnóstico conocer los recursos naturales que conforman la microcuenca, y el uso que se les ha dado.
- Con los resultados del diagnóstico, describir la problemática dentro de la microcuenca.

1.4 METODOLOGIA

1.4.1 Primera fase de gabinete

A. Recopilación de Información

- a. Para elegir la microcuenca a trabajar se utilizó el método desarrollado por Otto Pfafstetter (1989), para el Departamento Nacional de Obras de Saneamiento (DNES) de Brasil utilizando cuencas de nivel 8, del mapa de cuencas de la República de Guatemala, del año 2008, realizado por MAGA, UPGGR. (Memoria técnica, cuenca).
Luego de elegir la microcuenca, se realizó la delimitación con la hoja topográfica de Chimaltenango (hoja No. 2059 IV) y se ubicaron la coordenadas dentro de las cuales se encontraba la microcuenca.
- b. Luego de tener el área de estudio, se buscó información sobre el municipio y los poblados que abarcan la microcuenca, utilizando información de estudios realizados en el área principalmente tesis. Esta información se consultó en el Centro de Documentación e Información Agrícola –CEDA-. Para la información socioeconómica, se consultó en el Instituto Nacional de Estadística –INE- y en la monografía del municipio de Acatenánigo proporcionada por la municipalidad.
- c. Para la información de biofísica se realizaron los mapas de ubicación, clima según Thornthwite, serie de suelos según simmons, geología y zonas de vida (Holdrige), utilizando las capas generadas para el país a escala 1: 250,000, en el programa ArcGis 9.2 (UPGGR – MAGA). Donde la metodología para realizarlos fue hacer cortes de las capas para la microcuenca, por lo que solo se editaron los mapas para la microcuenca

B. Localización geográfica

Se ubicó la microcuenca con la ayuda de la hoja topográfica utilizando el programa Arc-Gis 9.2, donde se verificaron los límites con las ortofotografías aéreas a escala 1:20,000 (número de ortofotos 7,12,13,16,18 y 23 de la hoja topográfica 2059IV).

1.4.2 Trabajo de campo

A. Reconocimiento del área

Se realizó un reconocimiento de la microcuenca, para la verificación de los límites y del cauce del río, para esta actividad, una persona de la municipalidad fue el guía durante todo el recorrido,

quien iba indicando que poblados se encontraban dentro de la microcuenca así como los principales problemas ambientales y socioeconómicos.

B. Recopilación de Información Primaria

Para la recopilación de esta información, se realizó una visita a la municipalidad y se solicitó una reunión con las personas que integran la OMP (Oficina Municipal de Planificación), a quienes se les hizo una pequeña entrevista para enlistar los principales problemas dentro de la microcuenca. Además de esto, se realizó un recorrido en los poblados de la microcuenca, y se consultó con las personas cuales podrían ser las causas de los problemas encontrados.

1.4.3 Fase final de gabinete

A. Tabulación de datos

Luego de recopilar toda la información, se ordenó para poder dividir las características socioeconómicas y biofísicas, de manera de seleccionar los datos más importantes para el diagnóstico y que servirán para la identificar los principales problemas dentro de la microcuenca.

1.5 RESULTADOS

1.5.1 Descripción de las principales características de la microcuenca

A. Características socioeconómicas

a. Demografía

i. Población total y por género

Según el IX censo poblacional, VI de habitación del 2002, el área de influencia de la microcuenca está influenciada por un total de 7461 personas distribuidas de la siguiente manera.

Cuadro 2: Distribución de la Población por Género y por Poblado

POBLADO	CATEGORIA	HOMBRES	MUJERES	POBLACION TOTAL
ANA CHIMICHABAL	CASERIO	27	26	53
CASERIO EL MIRADOR	ALDEA	50	41	91
EL PLATANAR	FINCA	81	69	150
EL POTRERITO	COLONIA	7	8	15
LA FELICIDAD	FINCA	37	44	81
LA SOLEDAD	FINCA	172	175	347
LA UNION	FINCA	7	10	17
LOS ENCINOS	FINCA	15	16	31
LOS PAJALES I	ALDEA	276	305	581
LOS PAJALES II	ALDEA	600	574	1174
LOS PLANES	ALDEA	903	955	1858
NEJAPA SAN ANTONIO	ALDEA	1072	1054	2126
POBLACION DISPERSA	OTRA	46	37	83
PUEBLO NUEVO	CASERIO	363	387	750
SIGUANTANAC	FINCA	4	7	11
XACAYA	CASERIO	43	50	93
TOTAL		3703	3758	7461

Fuente: INE 2002

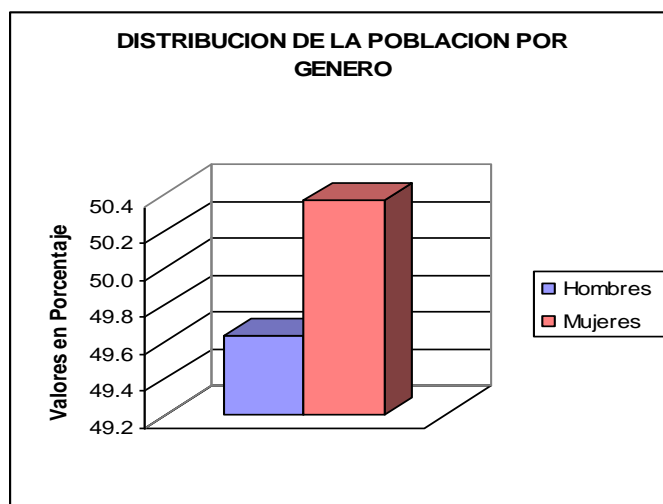


Figura 2: Distribución de la Población por Género de la microcuenca Cocoyá, Acatenánigo, Chimaltenango

Como se observa en el cuadro 2, la población total de influencia dentro de la microcuenca es de 7,461 personas con valores en porcentaje el 49.6% de la población equivale a hombres y 50.4% equivale a mujeres, esto demuestra que aunque el valor de las mujeres es más alto que el de los hombres, no hay una diferencia significativa para indicar que son más mujeres que hombres.

ii. Población Económicamente Activa

Cuadro 3: Población Económicamente Activa

POBLADO	Población Económicamente Activa		
	Hombres	Mujeres	Total
ANA CHIMICHABAL	14	0	14
CASERIO EL MIRADOR	25	7	32
EL PLATANAR	39	19	58
EL POTRERITO	5	1	6
LA FELICIDAD	27	7	34
LA SOLEDAD	101	5	106
LA UNION	3	3	6
LOS ENCINOS	10	3	13
LOS PAJALES I	153	10	163

LOS PAJALES II	311	22	333
LOS PLANES	425	62	487
NEJAPA SAN ANTONIO	488	70	558
POBLACION DISPERSA	21	5	26
PUEBLO NUEVO	185	38	223
SIGUANTANAC	3	1	4
XACAYA	24	6	30
TOTAL	1834	259	2093

Fuente: INE 2002

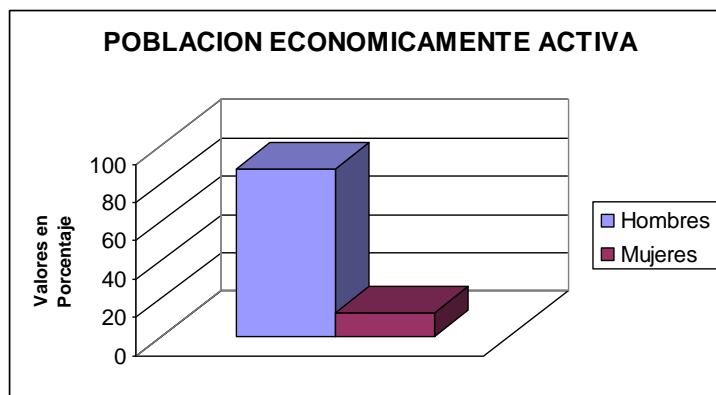


Figura 3: Población Económicamente Activa de la microcuenca Cocoyá, Acatenánigo, Chimaltenango.

En el cuadro 3, se puede observar que la población económicamente activa son 2093 personas, de un total de 7461 personas; también se puede observar que el 80% de la PEA son hombres y el otro 20% son mujeres. Esto demuestra que el hombre es quien lleva la economía del hogar y la mujer es quien se dedica a actividades de la casa.

iii. Densidad de Población

El área de la microcuenca comprende 38.6 km² y la población total de influencia es de 7461 personas lo que nos da un dato de 193 personas por kilómetro cuadrado.

b. Educación

El nivel de educación se describe con el analfabetismo, pues para los fines de esta investigación es necesario saber si saben escribir y leer para proponer actividades de capacitaciones con el objetivo de mejorar el uso de los recursos naturales.

Cuadro 5: Nivel de Educación

POBLADO	NIVEL DE EDUCACION		
	ALFABETA	ANALFABETA	TOTAL
ANA CHIMICHABAL	22	18	40
CASERIO EL MIRADOR	47	27	74
EL PLATANAR	43	72	115
EL POTRERITO	0	12	12
LA FELICIDAD	46	20	66
LA SOLEDAD	177	81	258
LA UNION	5	6	11
LOS ENCINOS	11	15	26
LOS PAJALES I	335	106	441
LOS PAJALES II	606	314	920
LOS PLANES	860	553	1413
NEJAPA SAN ANTONIO	1331	361	1692
POBLACION DISPERSA	32	29	61
PUEBLO NUEVO	355	214	569
SIGUANTANAC	7	2	9
XACAYA	74	4	78
TOTAL	3951	1834	5785

Fuente: INE 2002

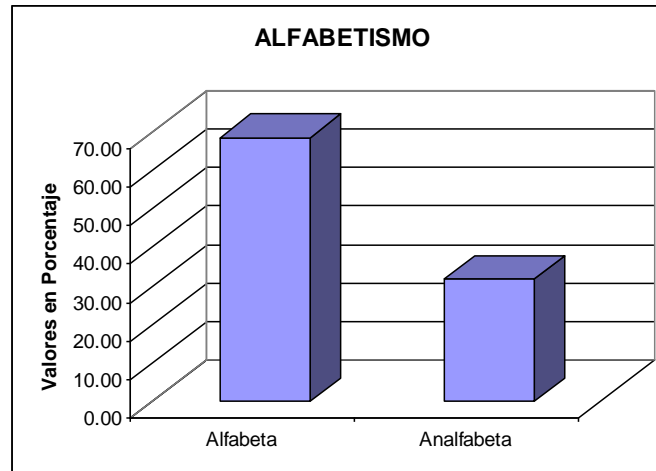


Figura 4: Nivel de Educación de la microcuenca Cocoyá, Acatenánigo, Chimaltenango

En el cuadro 5 se puede observar que de un total de 5785 personas, más de la mitad son alfabetas que equivale a un 65% (figura 5), y el resto de la población son analfabetas. Teniendo un nivel medio de alfabetismo.

El municipio de Acatenánigo no solo en la cabecera sino en todas las aldeas, cuenta con establecimientos educativos oficiales, privados y por cooperativa. Los niveles que están comprendidos son:

- PRE-PRIMARIA,
- PRIMARIA,
- BÁSICOS (en la cabecera y en 4 aldeas)
- DIVERSIFICADO. (Solo la cabecera)

En el nivel Pre-primario, la población escolar atendida es de hasta un 25% y la población no atendida que es del 75%, se debe en su mayoría a que los padres de familia no envían a sus hijos a esta edad por costumbre, ignorancia y porque esperan hasta mandarlos a la Escuela Primaria directamente (Municipalidad Acatenango)

En el nivel primario, se atiende un 50% y el 50% no es atendido por falta de recursos económicos e ignorancia por parte de los padres de familia. (Municipalidad Acatenango)

Se puede decir que en el nivel básico se atiende hasta un 50% y el 50% no asisten por falta de recursos económicos, a esa edad ya ayuda al sostenimiento de la familia. (Municipalidad Acatenango)

En el nivel diversificado, se atiende el 25% y el otro 75% no es atendido porque no pueden asistir por falta de recursos económicos y porque la carrera que se imparte es única, siendo esta Perito Contador en el Instituto por Cooperativa municipal de Educación Media (ICEM) y otra parte que se va a otros lugares a seguir sus estudios ya sea al departamento la ciudad u otro municipio. (Municipalidad Acatenango)

b. Organización Social

i. Comités

Existen en las aldeas y caseríos del municipio organizaciones de desarrollo local, que se encuentran agrupadas entre las que se pueden mencionar los Consejos Comunitarios de Desarrollo, los cuales velan por que las necesidades de cada una de las comunidades sean mitigadas, a través de las gestiones a la municipalidad y otras instituciones como FONAPAZ, FIS, FOGUAVI, FODIGUA, MAGA, entre otras; de la misma manera en diferentes de ellas se encuentran las agrupaciones de mujeres las cuales su función es participar en los cuidados de la salud e integridad nutritiva de los niños y de la familia en general. (Municipalidad Acatenango, 2006)

ii. Organizaciones Institucionales

Coordinación Técnica Administrativa (CTA.), Ministerio De Educación Pública, (MINEDUC) Epesistas de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), Centro de salud del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), Comisión Nacional para la Reducción de desastres (CONRED), Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), Instituto Técnico de Capacitación y Productividad (INTECAP), Tribunal Supremo Electoral (TSE), ONG`s como Acción Ciudadana, Fundación Centroamericana de Desarrollo (FUNCEDE), Fundación Cristiana Para Los Niños y Ancianos SGO, Fundación Guatemalteca para el Desarrollo Carroll Behrhorst, Sistema Integral de Asistencia en Salud (SIAS). (Municipalidad Acatenango, 2006)

iii. Cooperativas

Existe una llamada “Cooperativa cafetalera RL” que se dedica a la compra de café maduro y la exportación de café pergamino ubicada en el casco urbano y otras dos mas en el área rural siendo ellas El Pensativo en aldea los Planes y otra en aldea El socorro con el mismo nombre de la aldea. (Municipalidad Acatenango, 2006)

c. Tenencia de la Tierra

Casi el 100% de las tierras que abarca la microcuenca, son privadas, y de calidad propia, principalmente sobre la montaña del socó. También hay grandes extensiones comunales que se encuentran principalmente en las faldas del volcán de Acatenango y pequeños parcelamientos agrarios. (Lira, Sosa 2003)

d. Actividades productivas

i. Producción agrícola

La principal actividad económica la constituye la agricultura la que es considerada en un alto porcentaje de ocupación y los principales cultivos son Café que se produce en 15 comunidades y todas las fincas siendo considerada como el cultivo principal, maíz (*Zea mays*) que es la dieta alimenticia de un 100% de las comunidades, frijol (*Phaseolus vulgaris*) en menor porcentaje, aguacate (*Persea americana*) considerado como un cultivo fuerte ya que es de exportación a los diferentes mercados de la capital y departamento y hortalizas en menor escala como la zanahoria (*Daucus carota*), repollo (*Brásoca oleraceae var. Capitata*), coliflor (*Brásica oleraceae var. botrytis*), arveja (*Pisum sativum*), rábano (*Raphanus sativus*), remolacha (*Beta vulgaris*) y otras, hiervas como culantro, quiletes (macuy o hierba mora), apio, chipilines, etc. y en algunas aldeas altas árboles frutales como durazno (*Prunas pérsica*), manzana (*Malus pumila Millar, Gard*) y ciruela (*Prunus doméstica*), pero en un 35% aproximadamente (Municipalidad Acatenango, 2006).

ii. Producción pecuaria

En baja escala está constituida por ganado bovino, y especies menores como cerdos aves, producción que generalmente es destinada a la venta en el mercado local y en menor escala para el consumo familiar (Municipalidad Acatenango, 2006).

iii. Producción artesanal

Tejidos de algodón, cestería, petates sopladores arcillaría, cerería, teja y ladrillo de barro (Municipalidad Acatenango, 2006).

e. Comercio

En esta actividad se incluye a personas que se dedican a realizar transacciones de compra y venta local aprovechando los días de mercado que son domingo, martes y sábado. En su mayoría de comercios viven en Acatenango, pero hay de los ambulantes que provienen de otros lugares cercanos como Patzicia, Yepocapa, Chimaltenango y otros pueblos que traen su producto al municipio (Municipalidad Acatenango 2006).

Existe en el municipio una fuerte cantidad de tiendas y en el casco urbano se encuentran la cantidad de 60 las que abastecen a las de las aldeas; 05 farmacias, 05 marranerías, 05 carnicerías, 05 pollerías, 01 hospedaje, 04 comedores, 02 cafeterías, 06 zapaterías, 03 ferreterías, 07 almacenes de ropa, 03 almacenes de ventas varias o novedades, 01 almacén de electrodomésticos y aparatos eléctricos, 02 librerías, 07 ventas de licores, 05 talleres de estructuras metálicas, 03 talleres de mecánica, 01 pinchazo, 01 gasolinera, 01 sala de belleza, 03 peluquerías, 01 venta de lubricantes (Municipalidad Acatenango, 2006).

Existen otros comerciantes específicos del producto principal como lo es el café, en época de cosecha, muchos aprovechan las compras de café en cereza para entregarlos o venderlos a los beneficios, comprándolos ellos a los pequeños productores. (Municipalidad Acatenango, 2006)

f. Lugares turísticos

Entre Acatenango y la aldea el Socorro existe un lugar encantador visto unos metros antes del puente sobre el río Xaya, esta además el balneario Agua Caliente que es uno de los lugares turísticos de la población, además entre Acatenango y El Socorro se puede cruzar por una vereda con el nombre del extravió del puente del Brujo logrando apreciar una vista majestuosa de la naturaleza que posee el municipio, a unos dos kilómetros del municipio también se encuentra otro atractivo como lo es el balneario la Pampa ubicado en la Aldea con el mismo nombre, de la misma forma se encuentra otro en la misma población en el lugar denominado colonia San Carlos (Municipalidad Acatenango, 2006).

g. Infraestructura física y servicios

i. Vías y medios de comunicación

Existen varios caminos de terracería que comunican al municipio de Acatenango con otros lugares de la república:

- La carretera de Acatenango a Chimaltenango vía Patzún que es la más inmediata a la ciudad capital, con carretera asfaltada.
- De Acatenango al departamento de Sacatepéquez ingresando por el municipio de San Miguel Dueñas hacia la ciudad de Antigua Guatemala, carretera que actualmente es de terracería.
- La carretera que comunica al municipio con la costa sur o carretera del pacífico pasando por San Pedro Yepocapa y Santa Lucía Cotzumalguapa.
- La carretera que parte de Acatenango hacia Pochuta desviándose por las fincas partiendo en el entronque del agua caliente. Estando transitada hasta la finca Buena Vista.

La red vial interna del municipio es de terracería, caminos empedrados y veredas, las cuales se encuentran en su mayoría transitables, únicamente en verano. Presentando mayor problemática de comunicación:

- Ruta Departamental RD.CHM-05, que comunica el casco urbano con las aldeas, Pajales I, Pajales II, La Soledad y el Campamento. Así como al municipio de San Pedro Yepocapa y al Departamento de Sacatepéquez.
- Ruta que comunica el casco urbano con Aldea el Socorro y fincas aledañas y al vecino municipio de San Miguel Pochuta.
- Camino que comunica el Casco Urbano con la Aldea Nueva Concepción y vía alterna para el municipio de San Pedro Yepocapa.
- Caminos que han sido obstruidos en varias ocasiones, por la topografía accidentada, tipo de suelo y falta de infraestructura vial adecuada. Por lo que requieren mayor atención vial, durante la época lluviosa.

ii. Servicios básicos

Los servicios básicos con los que cuenta el municipio de de Acatenango son: el agua potable, alcantarillado y letrinas, que se distribuyen de la siguiente manera:

Cuadro 5. Servicios básicos

Servicio/población	Urbana	Rural
Agua potable	98%	95%
Alcantarillado	90%	50%
Letrinas	99%	70%

Fuente: INE 2002

iii. Vivienda

Se pudo constatar que la calidad de vivienda en el municipio y comunidades se puede decir que es la siguiente:

- Buena 20%
- Regular 30%
- Mala 50%

B. Características biofísicas

a. Clima

i. Temperatura

Las temperaturas medias fluctúan entre los 9.4°C y los 17°C. La temperatura más baja es la de 9.4°C que se presentan en la parte alta del volcán y que pueden llegar hasta los 7°C. La temperatura máxima puede llegar hasta los 26°C, pero se mantiene en los 17°C, que se presentan en el área ubicada entre la montaña del Socó y el volcán de Acatenango. (Lira, Sosa 2003)

ii. Precipitación

Según una estación cercana a la microcuenca (finca San Diego Buena Vista), la precipitación pluvial es de alrededor de 1,800 mm anuales. Marcándose la época lluviosa desde el mes de mayo hasta el mes de octubre, donde llueven 268 mm. mensuales, siendo junio y septiembre los meses más lluviosos, donde llueve alrededor de 380 mm.; la época seca se marca en los siguientes seis meses, donde llueven 42 mm mensuales aproximadamente, siendo los meses más secos diciembre, enero y febrero.



Figura 5: Precipitación pluvial promedio mensual de la microcuenca Cocoyá, Acatenango, Chimaltenango

iii. Viento

Los vientos predominantes son los alisios, con dirección de Noreste a Sureste; con un promedio de 25 km/hr de los meses de enero a junio y mínimos promedios de 13.5 km/hr de junio a diciembre. Aunque se dan máximos de 40 a 50 km/hr en los meses de noviembre y diciembre. (Lira Sosa, 2003).

iv. Clima según Thornwaite

El clima de la microcuenca es templado y frío entre los meses de diciembre a febrero, marcándose dos épocas en el año: época seca y época lluviosa (figura 4).

Marcándose dos tipos de clima: frío en la parte alta que corresponde a las aldeas de: Pajales I y II, la Soledad, el Campamento y Caserío el Tesoro y templado en el resto de la población.

v. Altitud

La altura oscila dentro de los 2500 a 7000 pies de altura sobre el nivel del mar,

vi. Humedad relativa

La humedad relativa dentro de la microcuenca tiene un rango de entre el 70 y 80%, pues su condición de humedad es de húmedo y subhúmedo, abarcando en un 90% la condición de subhúmedo y en un 10% la condición de húmedo.

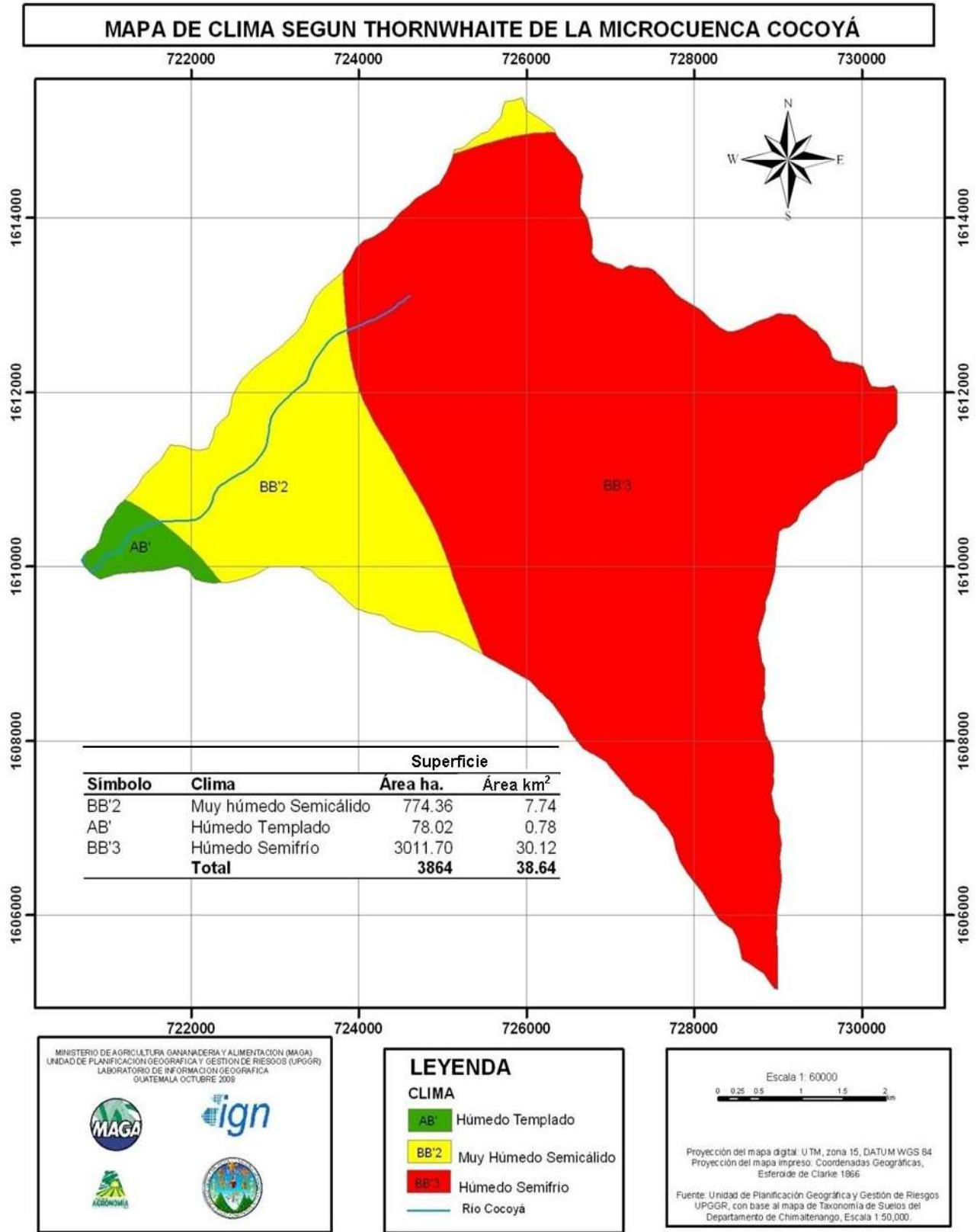


Figura 6. Mapa de clima según Thornwaite de la microcuenca Cocoyá, Chimaltenango

b. Zonas de vida

Las zonas de vida presentes en la microcuenca son dos: Bosque húmedo montano bajo subtropical en donde la vegetación natural que es típica, está representada por rodales de *Quercus spp.* en asocio con *pinus pseudostrobus* y *pinus montezumae* además el uso adecuado es fitocultural forestal. La otra zona de vida es Bosque húmedo Subtropical templado que está dominado por una vegetación de *pinus oocarpa*, *curatella americana*, *Quercus spp.* *Byrsonimis*, *Crasifolia* y el uso adecuado para estas zonas es netamente de manejo forestal. Este es el bioma de la ladera meridional, que existe gracias a la exposición del área al influjo del océano Pacífico.

c. Fisiografía y geología

- Fisiografía

La microcuenca se encuentra dentro de la región fisiográfica de las Tierras Altas Volcánicas. Lo que se denomina Tierras Altas Volcánicas, comprende principalmente lo que se conoce como altiplano, el cual toma en cuenta tanto la porción occidental y central, así como la que se localiza al oriente guatemalteco. Estas tierras se encuentran parcialmente en los Departamentos de San Marcos, Quetzaltenango, Totonicapan, Sololá, Chimaltenango, Sacatepequez, Guatemala, Jalapa, Santa Rosa, Zacapa, Chiquimula, Jutiapa.

Cerros y Montañas: Entre estos encontramos el cerro Sanay, Cerro Campana, y una parte de la montaña del socó.

Volcanes: dentro de la microcuenca se encuentra una parte del volcán de Acatenango, lo que hace que su vista y paisaje sea único, y por este motivo sea visitado por varios turistas mayormente en la época de verano.

- Geología

Desde el punto de vista geológico, comprende especialmente el Terciario Volcánico, en donde se incluye Rocas Volcánicas sin dividir y en algunos casos depósitos volcánicos del cuaternario. Se ha involucrado en esta región, algunas tierras sobre materiales Intrusivos, principalmente Granitos y Dioritas, que se encuentran principalmente al norte de San Marcos, al Norte de Totonicapan y en las proximidades del cauce del río Motagua en la parte nororiental del país. Lo anterior se da como consecuencia de las evidencias encontradas en similitud de condiciones climáticas y por razones de mapeo a la escala de trabajo que se utilizó en la delimitación de cada una de las regiones.

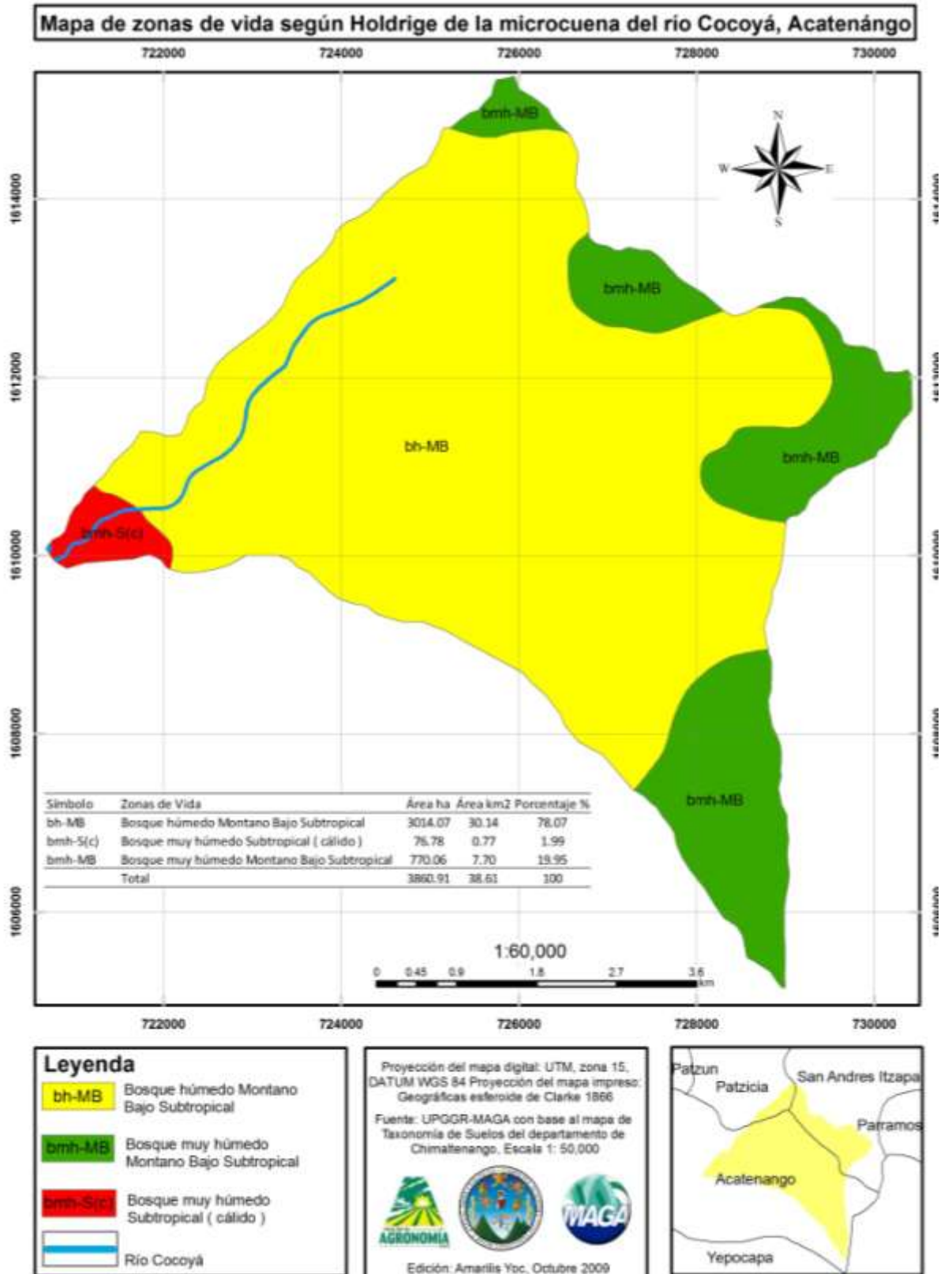
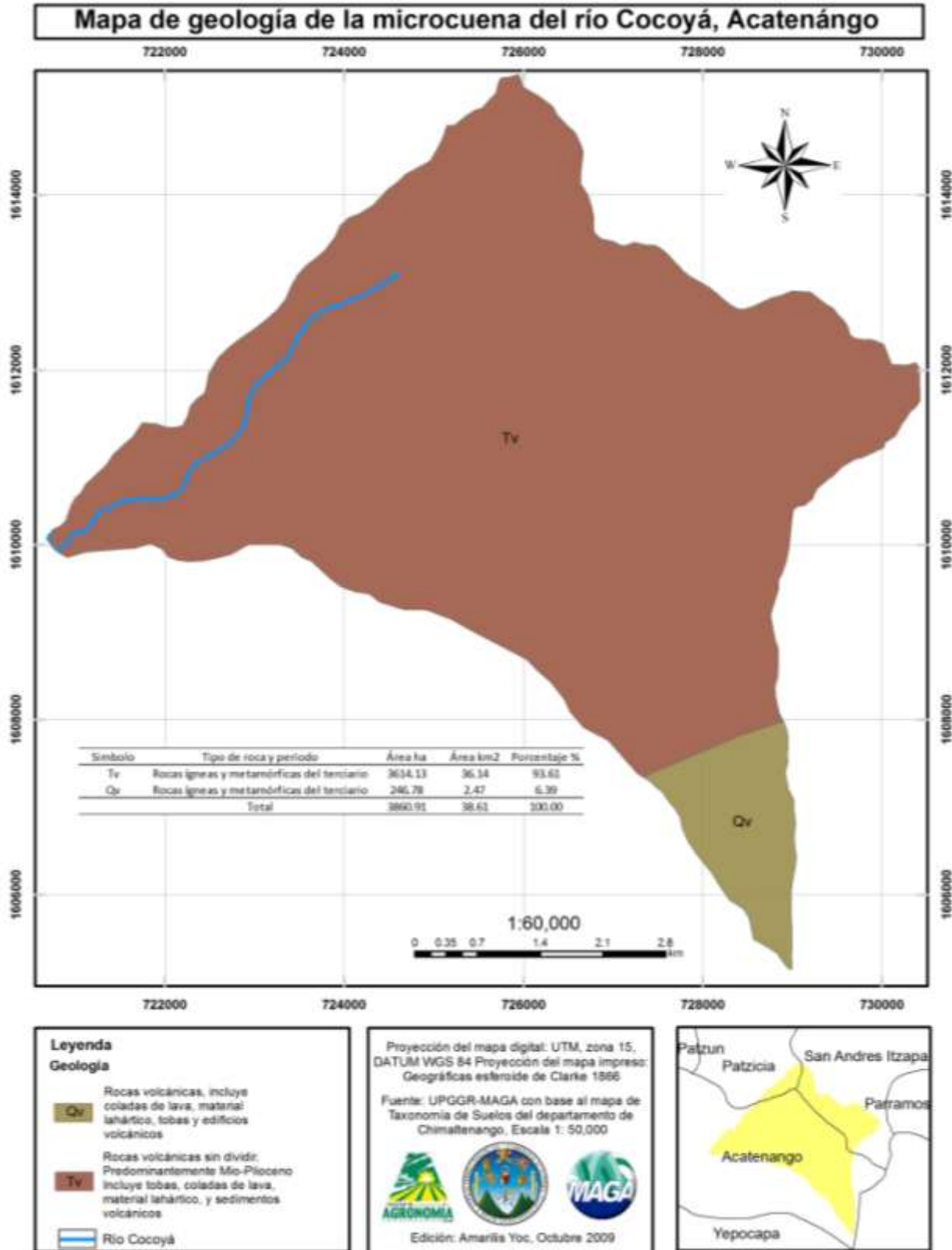


Figura 7. Mapa de zonas de vida de la microcuena Cocoyá, Chimaltenango



Fi

gura 8. Mapa de geología de la microcuenca Cocoyá, Chimaltenango

d. Suelos y Tierras

Suelos existentes

Los suelos predominantes dentro de la microcuenca son de origen volcánico y topografía accidentada. Estos suelos contienen material compuesto de arcilla alófana y rocas volcánicas, ya que los órdenes de suelos que dominan son entisoles y andisoles.

La microcuenca por su condición geográfica de encontrarse en las faldas del volcán de Acatenango y en la montaña del Socó, su material geológico esta compuesto por pómez, tobas y arcillas alófanas, que son originarios de materiales volcánicos del período cuaternario y terciario.

Uso de la Tierra

La actividad que más área ocupa dentro de la microcuenca, es la agricultura limpia anual que abarca el 55% del área total o 2127 ha. Siendo los cultivos más frecuentes el maíz, frijol y algunas hortalizas pero muy pocas, que únicamente los utilizan para consumo.

La segunda actividad es de latifoliadas que ocupa 1039 ha. y un 27% del área total, ubicada en una parte de la montaña del socó que es un área protegida.

El café que es la actividad más importante por su comercialización, ocupa el 14.4% del área total que son 557 ha y se encuentran ubicadas cerca a los poblados en las orillas del cauce del río.

Aparte del bosque de latifoliadas también hay una pequeña parte de coníferas que se encuentra en las faldas del volcán de Acatenango y que al igual que la montaña del Socó es un área protegida y ocupa el 3% del área total que equivale a 129 ha.

El resto del área está ocupada por los poblados y únicamente son 0.6 % del área total que son 9.4 ha., lo que nos indica que la población se encuentra concentrada en una pequeña parte de la microcuenca, y que es en las partes planas.

e. Fauna

En la fauna encontramos venados (*Masama americana*), (en las lejanías de la población y casualmente), ardillas (*Eutamia sibiricus*), tacuacines (*Didelphys marsupialis*), armados (*Dasyus novemcinctus*), coyotes (*Canis latrans*), etc. La alimentación es más que todo domestica; provee carne para el consumo familiar y para la venta es casi nula.

1.5.2 Problemas ambientales

A. Bosque

Uno de los principales problemas expresado por el técnico forestal de la municipalidad, es la deforestación que hay en el área. Debido a que se encuentra dentro de un área protegida, el cuidado del recurso bosque es muy importante, pero a pesar de esto, las autoridades no han podido frenar la tala ilegal de árboles que se realiza principalmente en el inicio de las faldas del volcán, Los Pajales I y Los Pajales II, en donde se han talado árboles cercanos al cauce del río, lo que ha provocado deslizamientos de materiales y azolvamiento de los mismos en el cauce del río, logrando con esto la pérdida del cauce natural del río.

Para este problema, la municipalidad, ha organizado algunos talleres de concientización acerca del bosque y algunas actividades de reforestación donde participan niños y personas adultas.

B. Suelo

Los suelos dentro de la microcuenca, son suelos jóvenes poco desarrollados, compuestos principalmente por materiales volcánicos, por lo que son suelos muy sueltos. A pesar de que la principal actividad agrícola es el café, hay varios lugares donde también hay agricultura, que es principalmente en las laderas donde las pendientes son bastante pronunciadas y no se hacen prácticas de conservación, lo que da como resultado, una pérdida de suelo. Este problema también fue mencionado por el técnico forestal de la municipalidad, mencionando que muchas veces este suelo cierra el cauce del río, provocando desbordamientos y además también ocurren muchos deslaves, producto de la poca adherencia del suelo, ya que está compuesto por arenas principalmente.

Debido a que no cuentan con información precisa de cuanto es lo que se pierde de suelo, y donde están las áreas más susceptibles, aún no se han tomado medidas para disminuir la pérdida del suelo.

C. Recurso hídrico

La microcuenca del río Cocoyá forma parte de una de las fuentes de agua que se incorpora al río Xayá Pixcayá, que por su importancia en el abastecimiento de agua, éste se encuentra poco contaminado, principalmente por desechos de pulpa de café que las fincas productoras desechan en el río, aunque cabe mencionar que no todas las fincas desechan sus restos de pulpa de café en el río. Por tal razón, el 95% de la población que abarca la microcuenca, tiene agua potable y tan solo 10% de ésta población, padecen de enfermedades gastrointestinales. Por lo que el recurso se

encuentra disponible, sin embargo se hace necesario que el uso y manejo de este recurso no se deje sin importancia y que se siga manteniendo con la misma manera evitando la pérdida del recurso con el paso del tiempo.

Dentro de los principales problemas ambientales que se presentan dentro de la microcuenca, es el uso no sostenible de los recursos naturales, ya que debido a la deforestación de la parte alta de la microcuenca, se marca un problema bien alarmante que es la pérdida de suelo, pues además de perder el recurso como tal, también provoca el asolvamiento del río en la parte baja de éste, permitiendo de esta forma que el recurso no esté disponible para una producción agrícola constante.

1.5.3 Problemas socioeconómicos

Dentro de la información socioeconómica el 80% de la PEA son hombres, lo que indica que el hombre es el encargado de llevar la comida a la casa, también se determinó que hay 193 personas por km², concentradas en una pequeña área urbana y el resto de tierra son propiedades privadas principalmente con cultivo de café, los cultivos de subsistencia no ocupan tanta área como el café pero se encuentran en laderas que no son aptas para estas actividades, esto debido a que los agricultores tienen áreas pequeñas para cultivar, pues la mayor parte tierra la ocupa el café de fincas privadas de muy pocos dueños. Por tal razón el uso de la tierra no es el correcto en toda el área pues se están degradando los suelos en esas pequeñas áreas donde el uso es de agricultura con cultivos tradicionales, ya que por ser cultivos de subsistencia es difícil para los agricultores dejar de cultivarlos.

1.6 CONCLUSIONES

- Uno de los problemas identificados, aunque no el más fuerte es la deforestación dentro del área protegida del volcán de Acatenánigo, en el cual se inició con actividades de concientización para disminuir el efecto dentro del área.
- Entre las principales características socioeconómicas de la población, está la densidad poblacional, siendo esta de 193 personas por kilómetro cuadrado, lo que nos indica una alta densidad, debido a que estas personas no se encuentran distribuidas en toda el área de la microcuenca, pues se encuentran concentradas en la parte plana de ésta, lo que hace que la producción de sus cultivos la realicen en las partes inclinadas de la microcuenca y con esto provocando un uso excesivo del suelo, pues debido a sus características de no agregación por el material volcánico, este se erosiona con facilidad permitiendo la pérdida del recurso.
- Además de las características socioeconómicas y biofísicas, que indican que el recurso suelo se está perdiendo, no hay un dato exacto de la lámina de suelo, por lo que se hace necesario determinarlo para poder plantear actividades que reduzcan la pérdida del recurso.

1.7 BIBLIOGRAFIA

1. FAO, IT; IITA (Instituto Internacional de Agricultura Tropical, NG). 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de los suelos. Roma, Italia. 234 p.
2. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2002. Censos nacionales de XI de población y VI de habitación. Guatemala. 1 CD.
3. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 2006. Mapa topográfico de la república de Guatemala: hoja Chimaltenango, no. 2059-IV. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
4. Lira Sosa, ER. 2003. Diagnostico general de los municipios de Zaragoza, Patzicía, San Andrés Itzapa, Acatenango y Chimaltenango. Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 97 p.
5. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2006. Mapas temáticos de la república de Guatemala a escala 1:250,000. Guatemala. 1 CD.
6. Municipalidad de Acatenango, Acatenango, Chimaltenango, GT. 2006. Monografía del municipio de Acatenango, Chimaltenango, Guatemala. Guatemala. 22 p.

2 CAPITULO II: CUANTIFICACIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA EN LA MICROCUENCA DEL
RÍO COCOYÁ, ACATENANGO, CHIMALTENANGO

QUANTIFICATION OF WATER EROSION IN THE COCOYÁ RIVER BASIN, ACATENANGO,
CHIMALTENANGO

2.1 PRESENTACION

La erosión hídrica es un proceso presente en todos los suelos de manera natural sin intervención del hombre, el suelo, en esos casos, se pierde tan lentamente que suele ser repuesto por los procesos naturales de descomposición y regeneración. Por lo que la pérdida de suelos y la creación de nuevos suelos se mantienen en equilibrio. (FAO,1983). Cuando se hace un mal uso de la tierra, la erosión va en aumento, y causa problemas como desertización de los suelos, lo cual afecta gravemente la producción agropecuaria, pues los suelos en esta condición no permiten su utilización.

A nivel mundial, para finales del siglo, se perdían 10 millones de hectáreas anualmente, lo que equivale a 0.7% del área que se cultiva, es un dato bastante alarmante y que en la actualidad ha aumentado, pues el área para cultivos se ha incrementado, con un uso intensivo y en algunos casos sin un manejo adecuado. En los suelos de Guatemala, como en otros lugares, la erosión es un fenómeno presente, principalmente en suelos sin cobertura, con altas pendientes y sin un manejo adecuado. Según el mapa de erosión para el país (MAGA, 2006), más del 50% del área total presenta erosión, aunque en diferente grado, la erosión si es un problema. La microcuenca del río Cocoyá se encuentra en un lugar con relieve muy accidentado, pues se ubica en las faldas del volcán de Acatenango, y el material originario es volcánico principalmente rocas ígneas y metamórficas del período terciario y cuaternario, de manera que es un material sin agregación que se erosiona con facilidad.

Con el objetivo de disminuir la erosión hídrica dentro de la microcuenca del Río Cocoyá, se hace necesario realizar un estudio para determinar la cantidad de suelo que se pierde por causa de la erosión, así como determinar los factores que influyen para que este fenómeno ocurra. La metodología que se utilizó para la cuantificación de la lámina de erosión hídrica, es la de Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Modificada –EUPSM-, que a pesar de ser un método indirecto, proporciona valores muy cercanos a la realidad. Además de cuantificar la erosión se analizaron, de manera general, las causas que dan origen a este fenómeno, tanto biofísicas como socioeconómicas y políticas, de tal manera que permitan proponer lineamientos generales de manejo que reduzcan estas causas, a través de actividades de conservación de suelos. De manera que al obtener un valor acerca de la lámina de suelo que se pierde es más fácil concientizar a aquellas personas que aún no están informadas sobre el problema que causa la erosión.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

La tierra es un área geográfica que comprende el ambiente incluyendo el clima, relieve, hidrología y vegetación, entre sus componentes se encuentran las actividades humanas, es un concepto amplio que incluye al mismo suelo (Tobías, 2006).

La degradación de la tierra es casi siempre un proceso complejo en que se distinguen rasgos distintivos que contribuyen a la pérdida de la capacidad productiva. Conviene dividirlos en dos grandes categorías:

- Erosión y remoción real debidas al viento (erosión eólica) y al agua (erosión hídrica).
- Pérdida de fertilidad a causa de cambios químicos, físicos o biológicos.

Para este caso, como el tema a estudiar es acerca de la erosión hídrica, solamente se describirá de forma general el tema de erosión eólica, y de forma más específica el tema de la erosión hídrica para tener una perspectiva más amplia del tema (FAO, 1984).

2.2.1 Suelo

Según Fassbender (1982), el suelo es un sistema natural desarrollado a partir de una mezcla de minerales y restos orgánicos bajo la influencia del clima y del medio, se diferencia en horizontes y suministra, en parte, los nutrimentos y el sostén que necesitan las plantas, al contener cantidades apropiadas de aire y agua. Este concepto fue para el siglo pasado, sin embargo para el presente siglo el concepto es muy parecido ya que para Tobías (2006), el suelo es un cuerpo natural formado a partir de materiales minerales y orgánicos que cubren parte de la superficie terrestre, contienen materia viva y pueden soportar vegetación natural y en algunos casos han sido transformados por actividad humana (Tobías, 2006).

2.2.2 Erosión

La erosión es un proceso natural por el cual las corrientes de agua o el viento arrastran parte del suelo de unos puntos a otros. Es un proceso biofísico muy útil, porque, permite que se desplacen materiales de unos suelos a otros que recuperan fertilidad con estos aportes. La erosión es un problema ambiental cuando se acelera, con lo cual los materiales perdidos no se recuperan en las zonas erosionadas y en las zonas que reciben los aportes no son aprovechados o se pierden, o cuando por causas ajenas al propio medio aparece en puntos que no deberían de erosionarse (FAO, 1984).

2.2.3 Erosión eólica

Inicia cuando el viento sopla a unos 20 kilómetros por hora (km/hr). Se ha calculado que en la región de las Grandes Llanuras de los Estados Unidos algunas tormentas de polvo removieron durante los años treinta hasta 300 millones de toneladas de tierra (incluyendo suelo agrícola) y que se depositaron no menos de 38 toneladas por kilómetro cuadrado (km²). El viento se lleva las partículas más finas y fértiles y deja donde estaban las partes más gruesas y la arena. El análisis de los materiales transportados por las tormentas de polvo en los Estados Unidos ha indicado que esos materiales contenían diez veces más materia orgánica, nueve veces más nitrógeno, diecinueve veces más ácido fosfórico y 45 por ciento más potasa que el material arenoso dejado atrás (FAO, 1984).

2.2.4 Erosión hídrica

A. Tipos de Erosión Hídrica

La erosión laminar, que es la remoción más o menos uniforme del suelo de toda la superficie de la tierra, resulta a menudo poco perceptible, aún cuando ocurre a una velocidad bastante rápida, sobre todo si la tierra se cultiva frecuentemente. A la erosión laminar sigue por lo común la erosión en surcos, que abre pequeños canales de algunos centímetros de profundidad, en terrenos donde hay concentración de agua. Estas formaciones desaparecen con el cultivo de los campos por carecer de suficiente profundidad. De ahí que en ocasiones puede pasar desapercibido el hecho de que se esté produciendo una grave erosión y que toda la capa superficial del terreno está adelgazándose. Por último, la erosión en cárcavas supone el ensanchamiento y la profundización de los canales que son ya tan grandes que resultan infranqueables en el cultivo normal. Puede considerarse que la erosión hídrica consta de dos partes: la primera, la separación de las partículas del suelo, y la segunda, el transporte o remoción de las mismas por escorrentía. Los principales factores biofísicos que rigen la velocidad de la erosión hídrica (llamados a veces variables de control) son los que se mencionan a continuación (FAO, 1984).

2.2.5 Factores que determinan la erosión hídrica

A. Clima

Son cuatro los aspectos principales relacionados con el clima, que afectan el desarrollo de la erosión hídrica, ellos son: lluvia, temperatura, energía solar y viento (López, 1998).

El volumen, la intensidad y la distribución de las lluvias son determinantes de la acción erosiva de éste elemento climático sobre el suelo, de la velocidad de escorrentía y de las pérdidas de suelo que se generan. Es así, que una lluvia, aún cuando sea prolongada puede no causar mayores

daños por erosión si su intensidad es baja, lo mismo puede decirse de una lluvia intensa de extremadamente corta duración; que podría no causar mayores pérdidas de suelo, ya que no genera suficiente agua para producir escorrentía, por lo contrario si la lluvia es muy intensa y con un tiempo prolongado se tiene como impacto grandes pérdidas de suelo.

Cuando la intensidad y duración del evento pluvial son altos, entonces ambos, escorrentía y erosión, se manifiestan como serios problemas, lo cual es especialmente cierto en zonas sin cubierta vegetal, o sea, desprovistas de protección.

B. Suelo

Los tipos de suelo, el desnivel y la cobertura del suelo, al impartirles mayor o menor resistencia a así como las condiciones físicas y químicas singularizan el comportamiento de cada suelo expuesto a condiciones similares de pendientes, lluvia y cubierta vegetal (Suárez, 1979).

López, (1998) señala que los efectos de las propiedades del suelo sobre la erosión hídrica se manifiestan de dos formas: a) la condición de la superficie del suelo, representada por su porosidad. b) El contenido de humedad del suelo al momento de ocurrir la lluvia, entre las cuales se encuentran la estructura, textura, mineralogía de las arcillas y contenido de materia orgánica, los cuales son cementantes.

La consecuencia de la erosión, no es solamente el arrastre de cierta cantidad de suelo, ella ejerce también una acción selectiva sobre los elementos constitutivos del suelo. Esto es lo que se llama "erosión de la fertilidad", la cual se manifiesta en una modificación de las propiedades físicas y propiedades químicas del suelo principalmente (Suárez, 1979).

C. Topografía

El grado, longitud y uniformidad de la pendiente son las características topográficas de mayor influencia en el desarrollo de los procesos erosivos. El tamaño y la cantidad de material que el agua puede arrastrar o llevar en suspensión depende de la velocidad con que esta fluye, la cual, a su vez, es una resultante de: el grado y longitud de la pendiente del terreno. (López, 1998).

- Grado de la Pendiente

El grado de la pendiente del terreno es usualmente más importante que la longitud con respecto a la severidad de la erosión. La erosión crece rápidamente con relación al grado de la pendiente del terreno y se observa algunas veces un aumento considerable de las pérdidas de suelo por muy débil que sea el crecimiento de la misma (Revolorio, 1993).

- Longitud de la Pendiente

El efecto de la longitud de la pendiente varía considerablemente por el tipo de suelo, en suelos de buena permeabilidad, pendientes de mayor longitud producen menor escorrentía que pendientes cortas, pues hay mayor oportunidad para que el agua se infiltre, dependiendo de la humedad del suelo. Los terrenos con pendientes moderadas de gran longitud pueden sufrir una mayor erosión que los que tienen pendientes mayores, pero de poca longitud. (López, 1998).

D. Cobertura Vegetal

La cubierta vegetal es la mejor defensa natural de un terreno contra la erosión. Toda planta, desde la más minúscula hierba, hasta el árbol mas corpulento, defiende el suelo de la acción perjudicial de las lluvias en forma y proporción diferentes (López, 1998).

Un suelo cubierto por una vegetación permanente, pasto o bosque, no muestra prácticamente señales de erosión, puede haber escorrentía si la pendiente es fuerte, pero las pérdidas de suelo son nulas. Experimentos realizados en la microcuenca del río Itzapa, demostraron que el pasto protege al suelo en mayor porcentaje que el maíz, el cual protege 55 por ciento más que si el suelo no tuviera ninguna cubierta vegetal, con pérdidas de 4.3 toneladas por hectárea por año para el pasto, y de 23.8 toneladas por hectárea por año para el maíz (Santos 1996).

2.2.6 Etapas del proceso de erosión hídrica

Indica que toda la superficie terrestre, exceptuando los desiertos y las regiones polares cubiertas por los suelos, el suelo está sujeto a la erosión por efecto del agua cuando no tiene una cubierta vegetal que la proteja durante las lluvias. Las cuales, cuando son muy intensas y caen sobre terrenos en declive dedicados a cultivos limpios, o sobre lugares desnudos de las praderas de las montañas, gran cantidad de tierra valiosa puede perderse en poco tiempo por causa de la erosión hídrica (Suárez, 1979).

A. Desprendimiento

Es la etapa donde se realiza el desprendimiento del suelo por acción del impacto de las gotas de lluvia en su superficie, esta etapa tiene especial importancia en el estado en que se encuentre la cubierta vegetal. Suelos sin cubierta vegetal están sujetos a mayor desprendimiento que aquellos que se encuentran cubiertos por vegetación en su superficie. La textura es otro factor importante a considerar, ya que suelos arenosos están sujetos a mayor desprendimiento que los arcillosos (Ortíz, citado por López 1998)..

B. Arrastre o transporte

Este es provocado por el escurrimiento superficial del agua de lluvia que no logra infiltrarse en el suelo. Los factores que influyen o determinan esta etapa son: el escurrimiento superficial, la pendiente del terreno y la textura (Suárez, 1979).

C. Deposición

Sánchez citado por López (1998), indica que este proceso se presenta cuando la capacidad de arrastre del agua ya no es suficiente para continuar el transporte y se da el hundimiento del material en suspensión (suelo erosionado), lo cual ocurre al presentarse cambios de pendiente o algún obstáculo que disminuya la velocidad del agua de escurrimiento.

El proceso de desprendimiento y arrastre de las partículas de suelo, involucra pérdidas de nutrientes, cambio en propiedades físicas del suelo, disminución de la capacidad de infiltración y retención de humedad. Además de asolvatamiento como proceso de deposición de las partes bajas y aéreas de almacenamiento de aguas.

2.2.7 Problemática de la erosión

La erosión, es uno de los problemas ambientales que más preocupa a los científicos, productores, gobernantes y ciudadanos. Sus consecuencias son catastróficas y buena prueba de ello es el crecimiento de los desiertos y áreas no productivas. La erosión una vez ha alcanzado el punto culminante de su evolución, es prácticamente irreversible a escala humana; conseguir que un desierto vuelva a ser suelo fértil es una tarea de siglos o milenios. En cambio conseguir que los suelos fértiles se vuelvan eriales cuesta muy poco, basta una lluvia no excesivamente fuerte sobre una ladera desprovista de vegetación para que el proceso de la erosión se inicie.

La erosión, es especialmente preocupante porque afecta a uno de los elementos básicos para la vida, la fertilidad de los suelos. El suelo, es el lugar sobre el que se desarrollan la mayor parte de las actividades humanas y es el lugar sobre el que se asientan las plantas en general, que son la base de nuestra alimentación. Los daños que la erosión produce en el suelo son también peligrosos porque disminuyen su capacidad para retener agua y recargar los acuíferos de los que nos abastecemos. Además, la presencia de suelos erosionados en proceso de erosión aumenta el riesgo de las riadas e inundaciones que aumenta el volumen del suelo y otros daños causados en nuestra región.

Según el análisis ambiental general del Altiplano Occidental (Gálvez, 2,000), para Guatemala el 63% de los suelos del país son “altamente susceptibles a la erosión”, particularmente en el Altiplano Occidental son evidentes los problemas de erosión generalizada donde actúan sinérgicamente los factores siguientes: agricultura de minifundio en tierras de ladera intensamente sobreutilizadas, sustitución de bosques remanentes, suelos poco profundos con pronunciadas pendientes y régimen de lluvias como una variable. Al menos el 70% de las tierras de la región tienen un relieve altamente inclinado (mayor de 60% de pendientes). Desde 1987 Leonard, estimó que entre 25 y 35% de la superficie del país de Guatemala estaba seriamente degradada por la erosión. Se estima que se pierden entre 20 y 300 toneladas por hectárea por año de suelos en tierras con cubierta forestal y entre 700 y 1100 toneladas por hectárea por año en regiones desprovistas de vegetación.

La cuenca de Chixoy ha sido muy estudiada, estimándose una tasa de erosión de 800 y 1110 toneladas por hectárea por año, bajo los patrones de uso de la tierra allí imperantes. El suelo erosionado, es transportado, generando azolvamientos en los cauces de los ríos, principalmente El Samalá, Naranjo y Ocosito. En general, los procesos de erosión y sedimentación limitan la posibilidad de construir embalses, pues reducen su vida útil. Las tierras erosionadas en algunos casos quedan inhabilitadas, salvo cuando se hacen grandes esfuerzos de laboreo. Según Gálvez, (2000) al menos dos estudios Azurdia, (1984) y Tobias (1995), reportan cifras de transporte de sedimentos en cuencas del Altiplano Occidental. Para el río Chixoy se reporta un transporte de 760 toneladas por kilómetro cuadrado por año y para el río Samalá 689 toneladas por kilómetro cuadrado por año. Como referencia, se reporta que la cantidad de sedimentos que reporta el río Villalobos (cuenca deforestada) es de 1170 toneladas por kilómetro cuadrado por año y el río San Pedro (cuenca forestada) de 2.3 toneladas por kilómetro cuadrado por año. En general, para contrarrestar la erosión en sí y los efectos nocivos que ella produce, se deben promover medidas

no estructurales, tales como el ordenamiento del territorio en función de la capacidad de uso de las tierras, la restauración de sitios degradados, la zonificación, entre otras.

2.2.8 Evaluación de erosión

Para la evaluación de la erosión, hay métodos directos e indirectos, y para cada una de estas clasificaciones se presentan diferentes metodologías, las cuales se describen a continuación.

2.2.9 Métodos Directos

Según Dunne citado por FAO (1979), el método más confiable para cuantificar las pérdidas de suelo, es el análisis directo de las pérdidas de suelo bajo distintas condiciones de cobertura en períodos de varios años. A continuación se citan algunos métodos usados para medir la degradación del suelo:

- Observaciones y mediciones directas: Parcelas de escorrentía, clavos y roldanas, corcholatas y estaciones.
- Uso de técnicas de sensores remotos.
- Modelos matemáticos.
- Evaluación mediante métodos paramétricos.

2.2.10 Métodos Indirectos

Los métodos indirectos se utilizan para hacer una aproximación a la lámina real de suelo que se pierde por erosión hídrica, existen varias formas de determinar esta lámina, a continuación se describen las más utilizadas.

A. Modelos de erosión del suelo

Los modelos se definen como representaciones simplificadas de un sistema real, su importancia radica, entre otros aspectos, en la simulación y generación de escenarios, predicción de los fenómenos físicos, sobre todo los de frecuencia rara, a corto, mediano y largo plazo. Asimismo, a través de los modelos se pueden obtener relaciones de causa-efecto, sin haber realizado cambios en los sistemas reales Oropeza, citado por Taboada (2003).

Los modelos de erosión del suelo juegan un papel importante para planificar medidas antierosivas del suelo para conservar el recurso agua y en las evaluaciones de las fuentes no puntuales, incluyendo evaluación e inventario de la carga de sedimentos, planificar y diseñar obras de conservación para el control de los sedimentos y para el avance de estudios científicos. Los

monitoreos y mediciones de la erosión del suelo *in-situ* son caros y demandan mucho tiempo, por lo que los modelos matemáticos de erosión son en muchos casos la única herramienta para evaluar la erosión (Taboada, 2003).

En general, todos los modelos existentes pueden relacionarse con unos de los siguientes tres grupos:

- a. Los modelos de erosión que calculan solo la pérdida de suelo, utilizando principalmente la ecuación universal de pérdida de suelo sin ninguna consideración para los procesos de transporte y depositación.
- b. Los modelos de erosión basados en ecuaciones empíricas, y que, en la mayoría de los casos, utilizan también una modificación de la ecuación universal de pérdida de suelo para calcular la pérdida de suelo. Adicionalmente, los procesos de transporte y depositación son simulados, basados en la información topográfica.
- c. Los modelos de erosión de procesos orientados, los cuales simulan los efectos de las gotas de lluvia, escurrimiento laminar y otros procesos. El transporte y la depositación son calculados también mediante la información topográfica (EROSION 3-D, WEPP) (Deinlein y Bohm, 2000, citado por Taboada, 2003).

De manera global, los modelos de erosión se clasifican en:

Cuadro 6. Clasificación de los modelos de erosión del suelo

<i>Modelos paramétricos</i>	
Erosión laminar y en surcos	USLE (Wischmeier y Smith)
	RUSLE (Renard et al, 1997)
Erosión en cárcavas	servicio de Conservación de suelos (USA)
Erosión en zonas inundadas	(Thompson, 1964).
	MUSLE (Williams, 1975).
<i>Modelos de solución Analítica</i>	
Erosión laminar y en surcos	Ecuación de continuidad o de conservación
	de masa del sedimento (Meyer y Wischmeier)
	GUESS: Ecuaciones de Saint-Venant
	WEPP (Nearing et al 1989)

	EURO-SEM (Morgan et al1992)
<i>Modelos de solución numérica</i>	
	KINEROS (Woolhiser et al 1990)
	SEDLOAD (Lopes, Vicente, 1994)

Fuente: Taboada,2003.

1). Modelos paramétricos (empíricos)

Relacionan los factores ambientales y de manejo directamente con la pérdida de suelo o producción de sedimentos a través de relaciones estadísticas (Taboada, 2003).

2). Modelos de solución analítica (físicos): Los modelos físicos describen matemáticamente los procesos de erosión de desprendimiento, transporte y deposición, y a través de los soluciones de las ecuaciones que describen estos procesos proporcionan estimaciones de pérdida de suelo y producciones de sedimentos de áreas con uso de suelo específico (Taboada, 2003).

- Modelo WEEP

El modelo WEEP está basado en procesos físico-hidráulicos y de erosión para calcular la pérdida de suelo, el escurrimiento superficial y la entrega de sedimentos en forma diaria, esta toma en cuenta laderas y cuencas pequeñas. El modelo incluye nueve componentes los cuales son: i) clima, ii) escurrimiento superficial, iii) erosión, iv) infiltración, v) balance de agua, vi) crecimiento de planta, vii) descomposición de residuos, viii) labranza y consolidación y ix) procesos de invierno. Estos componentes trabajan a través de cuatro entradas: i) clima, ii) pendiente, iii) suelo y iv) planta/manejo (Taboada, 2003).

3). Modelos de solución numérica.

Un ejemplo de este modelo se describe a continuación:

- Modelo SEDLOAD

Este programa presenta la información procesada en columnas, el programa fue diseñado de forma modular para así permitir que más ecuaciones sean agregadas fácilmente. El programa compara aquellas cargas de sedimentos calculadas con diferentes ecuaciones de transporte de partículas. (Taboada, 2003).

B. Ecuación Universal de la Pérdida de Suelo (EUPS)

La EUPS, desarrollada por Wischmeir y Smith (1958), es un modelo que permite estimar la erosión anual promedio a largo plazo para combinaciones específicas de condiciones físicas y de manejo. Está diseñada para ser utilizada en el campo por técnicos y planificadores; es de fácil utilización e incluye sólo factores cuyos valores para un sitio específico pueden ser determinados a partir de los datos disponibles. En su desarrollo se sacrificaron detalles particulares y refinamientos en pro de la utilidad práctica. Aunque se aplica a pendientes uniformes, puede adaptarse a pendientes irregulares en cuanto a la forma, el suelo y el manejo de los cultivos (Foster y Wischmeier, 1974).

a. Descripción del modelo EUPS

El método de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) ha permitido estimar las pérdidas por efecto de la erosión hídrica tipo laminar en diferentes partes del mundo, dada la facilidad de su aplicación (Arana, 1992). La ecuación de pérdida de suelo está definida por:

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

Donde:

R = Factor de erosividad de las lluvias.

K = Factor de erodabilidad del suelo.

L = Factor de longitud de pendiente.

S = Factor de grado de pendiente.

C = Factor de cobertura vegetal.

P = Factor de prácticas de conservación de suelos.

La cantidad estimada de pérdida de suelos por unidad de superficie, expresada en las unidades seleccionadas para el factor K y para el período seleccionado para el factor R generalmente está dado en toneladas por hectárea por año.

b. Erosividad de la lluvia (Factor R)

El valor numérico usado para el factor R en la ecuación universal de suelo, debe cuantificar el efecto que causa el impacto de las gotas de lluvia y también debe proveer información relativa a la cantidad y tasa de escorrentía como para ser asociada con la lluvia (Arana, 1992).

Cuando los factores de la ecuación universal de pérdida de suelo mantienen constantes las pérdidas de suelo en los campos de cultivos, son directamente proporcionales al parámetro de la tormenta (aguacero) identificado como "EI". La suma de los valores de "EI" para diferentes tormentas en un período dado representa una medida numérica del potencial erosivo de las lluvias para tal período. El promedio anual total de los valores de I para diferentes tormentas en una localidad particular representa el índice de erosividad de la lluvia para tal lugar (Paez y Rodríguez, 1989).

Las lluvias menores de 12.7 milímetros muy separadas con un intervalo de tiempo de 6 horas, pueden omitirse para el cálculo del índice de erosividad (Wischmeier, 1958).

Las gotas de agua aumentan la erosión con la intensidad. El término EI, es una interacción estadística que refleja cómo la energía total y el pico de intensidad son combinados en cada tormenta particular. La energía de una tormenta es función de la cantidad de lluvia y de todas las intensidades que compongan dicha tormenta. El tamaño promedio de las gotas de lluvia se incrementa con la intensidad y la velocidad final de las gotas de una lluvia aumenta con el tamaño de las gotas. Dado que la energía de una masa en movimiento es proporcional al cuadro de la velocidad, la energía de la lluvia tiene relación directa con la intensidad de la lluvia (Arana, 1992).

c. Erodabilidad del suelo (Factor K)

El significado del término "erodabilidad del suelo", difiere del término "erosión del suelo". La tasa de erosión del suelo (A), en la ecuación de pérdidas de suelo, puede ser influenciada más por la pendiente del suelo, longitud de pendiente, características de la lluvia, cobertura y el manejo del cultivo, que por las propiedades inertes al suelo. Sin embargo, un determinado tipo de suelo puede erodarse más fácilmente que otro, cuando todos los factores se mantienen constantes. Estas diferencias causadas por las propiedades del suelo mismo se refieren a la erodabilidad del suelo (Arana, 1992).

El factor de erodabilidad del suelo (factor K) es un valor cuantitativo determinado experimentalmente. Para un suelo particular, es la tasa de suelo perdido por índices de erosión medido en una parcela estándar (22.13 metros de largo y 9% de pendiente), y para determinar su valor es necesario contar con información de las características físicas del suelo tal como textura, estructura, permeabilidad y contenido de materia orgánica. Con esta información se determinan el de este factor utilizando el nomograma de Wischmeier (Wischmeier, 1958).

d. Factor de manejo de cobertura vegetal (Factor C)

El factor de manejo de cobertura se obtiene de la relación de la cantidad de suelo perdido bajo un determinado cultivo y la pérdida de suelo en áreas desnudas, labradas en direcciones paralelas a la pendiente. Este factor mide las combinaciones de los efectos de todas las interrelaciones de las variables cobertura y manejo (Arana, 1992).

e. Factor de prácticas de conservación (Factor P)

El factor P en la USLE es la relación que hay entre las pérdidas de suelo que ocurren en un suelo bajo una determinada práctica de conservación de suelo y las pérdidas de suelo que ocurren en la misma área sin prácticas de conservación (Arana, 1992).

C. Cálculo de la EUPS

La lámina se determina aplicando la siguiente ecuación que está integrada por los factores descritos anteriormente:

$$A = R * K * LS * C * P *$$

Donde:

A = pérdida media anual del suelo (ton/ha/año)

R = factor de erosividad de la lluvia

K = factor de erodabilidad del suelo

L = factor de longitud de pendiente

S = factor de grado de pendiente

C = factor de cobertura vegetal

P = factor de prácticas de conservación de suelo

a. Cálculo de R (Erosividad)

El valor numérico usado para el factor R en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo -EUPS-, debe cuantificarse el efecto que causa el impacto de las gotas de lluvia, en otras palabras refleja el potencial de la lluvia de causar erosión. El factor R se calcula para un evento individual.

Para determinar “EI” 30 de la lluvia es necesario contar con los datos pluviográficos existentes de la zona.

El factor EI_{30} está en función de la intensidad máxima de lluvia en 30 minutos consecutivos y la energía cinética por evento de lluvia.

Para determinar la intensidad máxima en 30 minutos por evento de lluvia se busca la parte de la curva en el pluviograma que tenga mayor pendiente, en una porción de tiempo equivalente a 30 minutos consecutivos. El resultado obtenido se multiplica por 2 para expresar los datos en milímetros por hora.

No todas las precipitaciones pluviales tienen carácter erosivo, se desprecian todas aquellas lluvias iguales o menores de 13 milímetros, siempre y cuando estén separadas por intervalos de 6 horas.

La energía cinética se calcula a través del registro pluviométrico diario, los cuales se dividen en segmentos donde se asume que la intensidad es uniforme. De cada segmento del pluviograma se calcula la intensidad (I) en milímetros por hora.

Con la siguiente ecuación se calcula la energía cinética unitaria para cada segmento de lluvia que tenga intensidad uniforme:

$$e = 0.119 + 0.0873 \log I$$

Donde:

e = energía cinética unitaria

Log = logaritmo de base 10

I = Intensidad expresada en mm/h de cada uno de los segmentos. Si la intensidad excede 76 milímetros por hora (mm/h) se toma la energía cinética directamente como 0.283.

Posteriormente se calcula la energía de cada tramo con intensidad uniforme, multiplicando la energía unitaria por la lámina caída en cada segmento.

Todas las energías de cada tramo de lluvia se suman, y se obtiene la energía global por evento de lluvia, que multiplicada por la intensidad en 30 minutos, en milímetros por hora, de los valores de EI para cada evento de lluvia.

Los valores de EI de la estación lluviosa por un período de 15 a 20 años, se suman y se obtiene una medida, la cual es el factor R utilizado en el modelo matemático USLE expresado en MiliJoules por milímetro por hectárea por hora ($Mj * mm/ha * hr$)

b. Cálculo de K (Erodabilidad)

La erodabilidad del suelo expresa la susceptibilidad del suelo a ser erosionado, refleja las diferencias en tasas de erosión atribuidas a las propiedades intrínsecas del suelo. Existen modelos para predecir el factor K, de los cuales el más ampliamente utilizado es el nomograma de erodabilidad (Apéndice 2), el cual refleja que las propiedades del suelo relacionadas más estrechamente con la erodabilidad son: porcentaje de limo más arenas muy finas, porcentaje de materia orgánica, estructura del suelo y permeabilidad. Con los datos ordenados, se utiliza el nomograma de la siguiente manera: se localiza el valor del porcentaje de limo más arena muy fina, que se marca en la escala de 0 a 100% ubicada en el eje de las Y. Luego se localiza el porcentaje de materia orgánica en una escala de 1 a 4%. Se sigue una línea continua para ubicar el valor de estructura, extendiendo la línea de una tabla a otra. Por último, se ubica el valor de permeabilidad siguiendo la línea continua, la cual concluye en el valor del factor K.

$$K = (\text{ton} / \text{ha}) * ((\text{ha} / \text{MJ}) * (\text{hr} / \text{mm}))$$

c. Cálculo de LS

Este factor es adimensional, expresa la relación matemática entre la pérdida de suelo, que se espera que sea obtenida con una longitud y gradiente de la pendiente cualquiera en un lote dado, y la que se esperaría en la condición arbitrariamente elegida de 22 metros de largo y 9% de pendiente.

Factor pendiente LS:

$$LS = 10.8 \text{ sen } \alpha + 0.03 (X / 22.13) \text{ m si } S < 9\%$$

$$LS = 16.8 \text{ sen } \alpha - 0.05 (X / 22.13) \text{ m si } S \geq 9\%$$

Donde:

$$m = B / (1+B)$$

X = longitud de pendiente del campo en metros

$$B = (\text{sen } \alpha / 0.0896) / (3.0(\text{sen } \alpha)0.08 + 0.56)$$

α = ángulo de la pendiente en grados

d. Determinación de C (cobertura)

El factor de cobertura se obtiene de la relación de la cantidad de suelo perdido bajo un determinado cultivo y la pérdida de suelo en áreas desnudas labradas en dirección paralela a la pendiente. Este factor mide las combinaciones de los efectos de todas las interrelaciones de las variables, cobertura y manejo.

Para determinar dicho factor existen cuadros (Apéndice 3), en donde va a depender de las combinaciones de cobertura (estado particular del cultivo, crecimiento y desarrollo de la cobertura).

e. Determinación de P (Prácticas de conservación)

El factor P en la EUPS, es la relación que hay entre las pérdidas de suelo que ocurren en el suelo bajo una determinada práctica de conservación de suelos y las pérdidas de suelo que ocurren en la misma área sin prácticas de conservación. Para determinar este factor también se utiliza el Apéndice 3, donde hay valores de P en base a las prácticas de conservación que se estén practicando dentro del área, que previamente se verificaron en el campo.

D. Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Modificada (EUPSM)

Se han propuesto varias modificaciones de la EUPS para diversas aplicaciones. Se describieron modificaciones para mejorar la estimación de los valores de R para una región en la explicación del factor de erosividad por precipitación pluvial. La mayor parte de las modificaciones adicionales son extensiones que tratan de aplicar la EUPS a la predicción sobre la producción de sedimentos.

Según Williams y Berndt (1976), citado por Motta, 1999; modificaron la EUPS para predecir la producción de sedimentos en las cuencas acuíferas:

$$Y = 11800 (Q qp)^{0.56} KCPLS$$

En donde:

Y = producción de sedimentos en una tormenta individual, en kg.

Q = volumen de drenaje durante una tormenta, en m³.

qp = tasa máxima de escorrentía en m³/seg.

KCPLS = según se definen en la EUPS.

El coeficiente se obtuvo adaptando la ecuación de los datos de Texas y Nebraska (Williams, 1975). Se consideró que no era necesaria una proporción de depósito de sedimentos cuando el término de la energía de la precipitación pluvial de la EUPS fue sustituida por el término de escorrentía según se indica en la ecuación anterior. La aplicación de esta ecuación requería evaluaciones de los términos K, C, P y LS que eran diferentes a los métodos especificados para la EUPS (Williams y Berndt, 1972).

Para el cálculo de los factores Q y qp, hay diferentes metodologías, a continuación se describe la metodología de la Curva Número y la metodología LEAM.

a. Método del Número Curva (Q y qp)

Para cuencas de drenaje donde no ha sido medida la escorrentía, el método del número de curva puede ser usado para estimar la profundidad de escorrentía directa a partir de la profundidad de la lluvia, dando un índice descriptivo de las características de la respuesta de la escorrentía. El método del número de curva fue originalmente desarrollado para condiciones prevalecientes en los Estados Unidos Americanos por el Servicio de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service 1964-1972). Desde entonces este ha sido adaptado para condiciones en otros lugares del mundo. Aunque algunos centros de investigaciones regionales han desarrollado criterios adicionales, el concepto básico es todavía ampliamente usado por todo el mundo. De aquí en adelante, escorrentía significa implícitamente escorrentía directa (ILRI, 1995)

b. Derivación de relaciones empíricas

Cuando los datos de precipitación y escorrentía acumuladas de larga duración y alta intensidad sobre pequeñas cuencas de drenaje son plotados, ellos muestran que la escorrentía solamente empieza después de que alguna precipitación se ha acumulado, y que la curva se aproxima asintóticamente a una línea recta con una pendiente de 45 grados. El método del número de curva está basado en estos dos fenómenos. La acumulación inicial de la precipitación representa: intersección, almacenamiento en depresiones e infiltración antes del inicio de la escorrentía y es llamado abstracción inicial. Después de que la escorrentía ha iniciado, alguna de la lluvia adicional se pierde, principalmente en la forma de infiltración y esta es llamada retención real.

Con precipitaciones crecientes, la retención real también incrementa un valor máximo, la retención potencial máxima real.

Para describir esta curva automáticamente, Soil Conservation Service -SCS- asume que el índice de retención potencial máxima real fue igual al índice de la escorrentía real escorrentía potencial máxima, la última es lluvia menos abstracción inicial. En forma matemática, esta relación empírica es:

$$\begin{aligned} F &= S - Q && \text{ecuación (1)} \\ S &= P - I_a \end{aligned}$$

Donde:

F = Retención actual en milímetros (mm)

S = Retención potencial máxima en milímetros (mm)

Q = Profundidad acumulada de la escorrentía en milímetros (mm)

P = Profundidad acumulada de la precipitación en milímetros (mm)

I_a = Abstracción inicial en milímetros (mm)

La figura 1, muestra la relación de arriba para ciertos valores de la abstracción inicial y retención potencial máxima. Después que la escorrentía ha iniciado, toda la lluvia adicional llega a ser escorrentía o retención real (p. ej. La retención real es la diferencia entre lluvia menos abstracción inicial y escorrentía).

$$F = P - I_a - Q \quad \text{ecuación (2)}$$

Cambiando las ecuaciones 1 y 2 se produce:

$$\begin{aligned} Q &= (P - I_a)^2 && \text{ecuación (3)} \\ P - I_a &+ S \end{aligned}$$

Para eliminar la necesidad de estimar ambas variables I_a y S.

En la ecuación 3, un análisis de regresión fue hecho sobre la base de datos registrados de precipitación y escorrentía en pequeñas cuencas de drenaje. Los datos mostraron una gran cantidad de dispersión (Soil Conservation Service 1972). Se encontró la siguiente relación promedio:

$$I_a = 0.2S \quad \text{ecuación (4)}$$

Combinando las ecuaciones 3 y 4 se produce

$$\begin{aligned} Q &= \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} && \text{para } P > 0.2S && \text{ecuación (5)} \end{aligned}$$

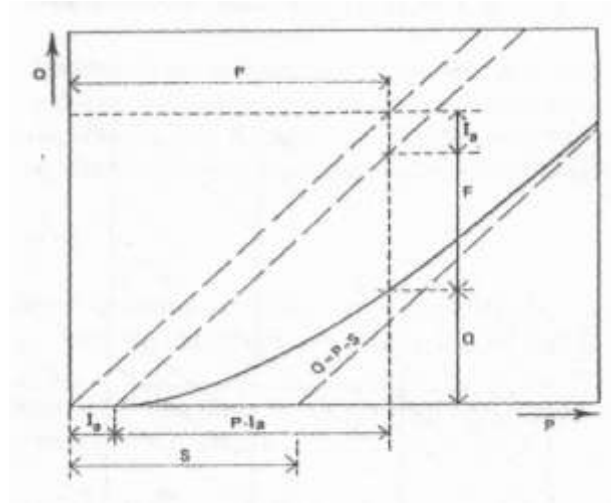


Figura 8. Escorrentía acumulada Q vs. Precipitación acumulada P de conformidad con el método de número de curva.

La ecuación 5 es la relación de precipitación y escorrentía usada en el método del número de curva, esto permite la estimación de la profundidad de la escorrentía a partir de la profundidad de lluvia, dando el valor de la retención máxima potencial de S. Esta retención potencial máxima representa principalmente la infiltración que ocurre después que la escorrentía ha ocurrido. Esta infiltración es controlada por el índice de transmisión en el perfil del suelo o por la capacidad de almacenamiento de agua en el perfil, cualquiera que sea el factor limitante.

La retención potencial máxima S ha sido convertida con el método de número de curva –CN- en orden de efectuar operaciones de interpolación, promedio y ponderación lo más lineal posible. Esta relación es:

$$CN = \frac{25400}{254 + S} \quad \text{despejando para "S" (retención potencial máxima)} \quad S = \frac{25400 - 254}{CN}$$

Como la retención potencial máxima S puede variar teóricamente entre cero e infinito, la figura 2 muestra la solución gráfica de la ecuación 5, indicando valores de la profundidad de escorrentía Q como una función de la profundidad de lluvia P para ciertos valores seleccionados del número de curva. Para áreas pavimentadas por ejemplo, S será cero y CN será 100; toda la precipitación llegará a transformarse en escorrentía. Para suelos predominantes planos y altamente permeables S, llegará a infinito y el valor de CN será cero; toda la precipitación se infiltrará y no habrá escorrentía. En cuencas de drenaje, la realidad estará en alguna parte en estos dos criterios.

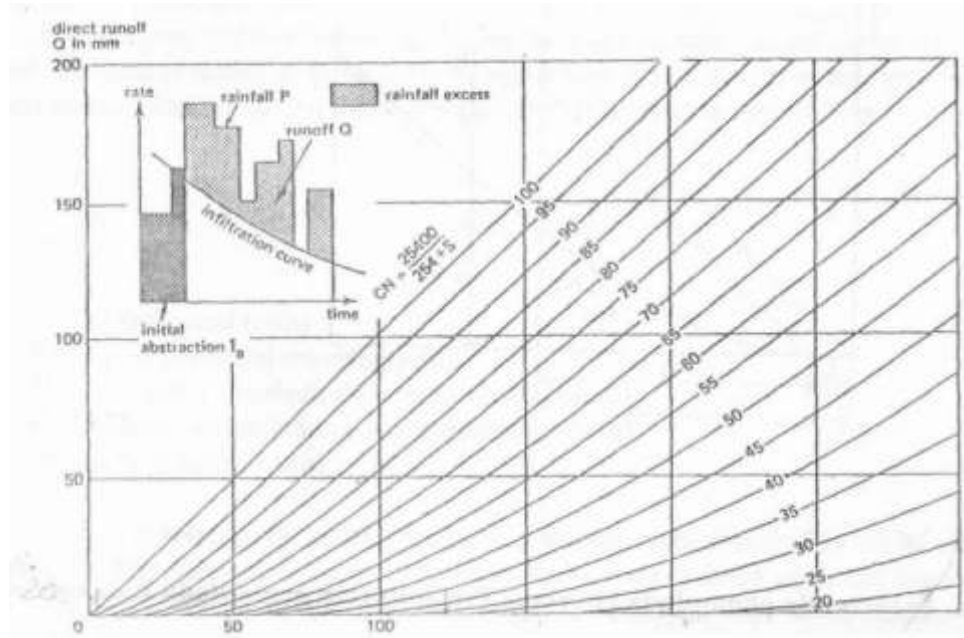


Figura 9. Solución gráfica de la ecuación 5 mostrando la profundidad de la escorrentía Q como una función de la profundidad de la lluvia P y el número de curva CN (tomado de Soil Conservation Service 1972)

c. Factores que determinan la CN

El CN es un parámetro adimensional e indica las características de la respuesta de escorrentía de una cuenca de drenaje. En el método número de curva, este parámetro es vinculado con el uso de la tierra, prácticas de tratamiento, condiciones hidrológicas, grupo hidrológico del suelo y condiciones antecedentes de la unidad del suelo en la cuenca de drenaje.

- Uso de la Tierra

El uso de la tierra representa las condiciones superficiales en una cuenca de drenaje y está relacionado al grado de cobertura. En el método de SCS se distinguen las siguientes categorías.

Barbecho es el uso de la tierra agrícola con el más alto potencial de escorrentía a causa de que la tierra está desnuda.

Cultivos en Hileras son cultivos de campo plantados en hileras suficientemente distanciados, que la mayor parte del suelo superficial está expuesto directamente a la precipitación.

Pequeños granos plantados en hileras tan cerradas que la superficie del suelo no está directamente expuesta a la precipitación.

Legumbres plantadas en forma intensiva o praderas rotativas son plantadas tanto en hileras cerradas como sembradas al voleo. Esta clase de cobertura generalmente protege el suelo durante todo el año.

Las praderas son tierras nativas usadas para pastoreo, mientras que los pastizales son tierras protegidas del pastoreo y generalmente se utilizan como graneros para conservar heno.

Los bosques son generalmente arboledas pequeñas aisladas, usadas para uso de las granjas.

- Tratamientos o prácticas de manejo en relación a las condiciones hidrológicas

El manejo de las tierras se aplica principalmente a los usos de tierra agrícola; este incluye prácticas mecánicas tales como nivelación de terrazas y prácticas de manejo tales como rotación de cultivos, control de pastoreo o rozas.

Las rotaciones son secundarias planeadas de cultivos (cultivos en hileras, pequeños granos y legumbres plantadas en forma intensiva o praderas rotativas).

Hidrológicamente, las rotaciones varían de pobres a buenas, cultivos en hileras, granos pequeños y barbecho. Las rotaciones buenas generalmente contienen legumbres o gramas sembradas intensivamente.

Para el control de pastoreo y roza (los pastos en general y los bosques), las condiciones son clasificadas como pobres, medianas y buenas. Los pastizales son clasificados como pobres cuando el pastoreo es pesado y menos de la mitad del área es cubierta. Como medianos, cuando el pastoreo no es pesado, y entre la mitad y tres cuartas partes del área es cubierta; y como buena, cuando el pastoreo es ligero y más de tres cuartas partes del área está cubierta. Los boques son clasificados como pobres, cuando son pastoreados pesadamente o rozados regularmente como medianos cuando son pastoreados pero no son rozados, y, como buenos, cuando son protegidos del pastoreo.

- Grupos hidrológicos del suelo

Las propiedades del suelo son influenciadas fuertemente por la escorrentía. En el método del SCS, estas propiedades son representadas por parámetros hidrológicos: i) la tasa mínima de infiltración obtenida para un suelo desnudo después de un prolongado humedecimiento. ii) La influencia de la condición superficial (tasa de infiltración) y iii) el horizonte (tasa de transmisión) del suelo son por lo tanto incluidas. Este parámetro, que indica el potencial de escorrentía del suelo, es la base cualitativa de la clasificación de los cuatro grupos. Los grupos hidrológicos de suelos, definidos por el SCS son:

GRUPO A: Suelos que tienen altas tasas de infiltración aún cuando son bastante humedecidos y una tasa de transmisividad del agua. Ejemplos son arenas o gravas profundas y bien o bastante drenadas.

GRUPO B: Suelos que tienen moderadas tasas de infiltración cuando son bastante humedecidos y una moderada tasa de transmisividad del agua. Ejemplos son suelos profundos o moderadamente profundos, moderadamente a bien drenados con textura, mediana a fina.

GRUPO C: Suelos que tienen bajas tasas de infiltración cuando son bastante humedecidos y una baja tasa de transmisividad del agua. Ejemplos son suelos con un estrato que impide el movimiento del agua hacia abajo o suelos con texturas moderadamente finas a finas.

GRUPO D: Suelos que tienen tasas muy bajas de infiltración cuando son bastante humedecidos y una tasa muy baja de transmisividad del agua. Ejemplos son suelos arcillosos con un alto potencial de expansión, suelos con un nivel freático permanentemente alto, suelos con una capa de arcilla en o cerca de la superficie, o suelos someros sobre material casi impermeable.

- Condición de antecedentes de humedad

La condición de la humedad del suelo en la cuenca de drenaje antes que la escorrentía ocurra es otro factor importante que influencia el valor final de CN. En el método del número de curva, la condición de humedad del suelo es clasificada en tres clases de condición antecedente de humedad, clases de condiciones de humedad antecedente –AMC-:

AMC I: Los suelos en la cuenca de drenaje son secos prácticamente, (por ejemplo el contenido de humedad del suelo se encuentra al punto de marchitez permanente).

AMC II: Condiciones medias.

AMC III: Los suelos en las cuencas de drenaje están prácticamente saturados por precipitaciones por ejemplo el contenido de humedad del suelo, se encuentra a capacidad de campo).

Estas clases están basadas sobre los 5 días de precipitación antecedente (por ejemplo la precipitación total acumulada que precede a la escorrentía bajo consideración). En el método original del SCS, una distinción es hecha entre la estación de dormancia y la estación de desarrollo para permitir diferencias por evapotranspiración.

d. Estimando el valor de CN

Para determinar el valor apropiado de CN, varias tablas pueden utilizarse. Primeramente, hay tablas que relacionan el valor CN al uso de la tierra o cobertura, prácticas de manejo, condiciones hidrológicas y grupos hidrológicos de suelos. Estas cuatro categorías juntas, son llamadas el complejo hidrológico de suelo – cobertura. La relación entre el valor de CN y las diversas coberturas de suelo del complejo hidrológico suelo–cobertura son usualmente dadas para condiciones promedio, por ejemplo, condiciones antecedentes de humedad Clase II. En segundo lugar, hay una tabla para convertir el valor de CN cuando sobre la base de los datos de 5 días de lluvia la condición de humedad antecedente debe ser clasificada como Clase I o III. (ILRI, 1995)

e. Complejo hidrológico suelo – cobertura

Para las condiciones de los Estados Unidos Americanos, SCS relacionó el valor de CN a varios complejos hidrológicos de suelo–cobertura. El cuadro 2 muestra esta relación para condiciones promedio (por ejemplo condiciones antecedentes de humedad Clase II). En adición al cuadro 2, el Servicio de Conservación de Suelos (1972) preparó tablas similares para Puerto Rico, California y Hawaii. Rawls y Richardson (1983) prepararon una tabla que cuantifica los efectos de la conservación de labranza en el valor numérico de Curva. Jackson y Rawls (1981) presentaron una tabla de número de curvas para un rango de categorías de cobertura de la tierra que pudo ser identificada por imágenes de satélite (ILRI, 1995).

Todas las tablas mencionadas anteriormente para determinar los números de curva tienen en común que la pendiente no es uno de los parámetros.

La razón es que para las condiciones de los Estados Unidos de América, las tierras cultivadas tienen una pendiente menor de 5% y este rango no influencia el NC para cualquier gran extensión. Sin embargo, bajo las condiciones del Este Africano, por ejemplo, las pendientes varían mucho más. Cinco clases para cualificar la pendiente fueron por lo tanto introducidas (Sprenger, 1978 según ILRI, 1995).

Cuadro 7. Antecedentes de humedad en base a pendiente

Antecedentes de Humedad	Pendiente %	
I	< 1%	Áreas planas
II	1 – 5%	Áreas ligeramente onduladas
III	5 – 10%	Áreas bastante onduladas
IV	10 – 20%	Áreas inclinadas
V	> 20%	Áreas muy inclinadas

Fuente: ILRI, 1995

La categoría o cobertura fue ajustada para las condiciones del Este Africano combinado con las condiciones hidrológicas. En el cuadro 4 se muestran los números de curvas para estos complejos hidrológicos suelo y cobertura.

Con la ayuda de cuadros 3 y 4, y con alguna experiencia, uno puede estimar el número de curva para una cuenca de drenaje específica. El procedimiento a seguir es como se describe a continuación:

Asignar un grupo hidrológico de suelo para cada unidad de suelos encontrada en la cuenca de drenaje y preparar un mapa de grupos hidrológicos de suelos; hacer una clasificación del uso de la tierra, manejo y condiciones hidrológicas en la cuenca de drenaje de acuerdo con el cuadro 3 ó 4, y preparar un mapa de uso de la tierra; describir los principales complejos de suelo y cobertura por superposición de los mapas del uso de la tierra y de grupos de suelos; y, calcular el valor de CN medio ponderado de acuerdo a las áreas que ellos representan.

f. Clase de condición de humedad antecedente

Usando los cuadros 3 y 4 obtenemos el valor promedio ponderado de CN para una cuenca de drenaje con condiciones promedio (por ejemplo condiciones antecedentes de humedad Clase II). Para determinar qué clase de AMC es la más apropiada para la cuenca de drenaje bajo

consideración, tenemos que usar los registros originales de la lluvia. La lluvia de diseño que fue seleccionada en el análisis de frecuencias usualmente se encuentra entre dos eventos históricos de lluvia. El promedio del total de la lluvia histórica de los 5 días procede esos dos eventos determinando la Clase de AMC. El cuadro 5 muestra los límites correspondientes de lluvia para cada una de las tres clases de AMC. Las columnas 2 y 3 dan los valores a los cuales ellos son usados bajo las condiciones de los Estados Unidos Americanos, especificados para dos estaciones. La columna 4 da los valores bajo las condiciones del Este Africano; ellos son los valores de las categorías estacionales de la columna 2 y 3. Cuando, de acuerdo al cuadro 5, la clase AMC no es la clase II, el número de curva como es determinado del cuadro 2 ó 3 debe ser ajustado de acuerdo con el cuadro 6.

Cuadro 8. Números de curva para complejos hidrológicos de cobertura-suelo para condiciones antecedentes de humedad clase II y la = 0.2 (Tomado de: Soil Conservation Service 1972)

Uso de la Tierra o Cobertura	Prácticas de manejo	Condiciones Hidrológicas	Grupo Hidrológico de Suelo			
			A	B	C	D
Barbecho	Hileras rectas	Pobre	77	86	91	94
Cultivos en hilera	Hileras rectas	Pobre	72	81	88	91
	Hileras rectas	Bueno	67	78	85	89
	Curvas	Pobre	70	79	81	88
	Curvas	Bueno	65	75	82	86
	Curvas /Terrazas	Pobre	66	74	80	82
	Curvas /Terrazas	Bueno	62	71	78	81
Granos Pequeños	Hileras rectas	Pobre	65	76	84	88
	Hileras rectas	Bueno	63	75	83	87
	Curvas	Pobre	63	74	82	85
	Curvas	Bueno	61	73	81	84
	Curvas /Terrazas	Pobre	61	72	79	82
	Curvas /Terrazas	Bueno	59	70	78	81
Legumbres plantadas en forma intensiva o praderas rotativas	Hileras rectas	Pobre	66	77	85	89
	Hileras rectas	Bueno	58	72	81	85
	Curvas	Pobre	64	75	83	85
	Curvas	Bueno	55	69	78	83
	Curvas /Terrazas	Pobre	63	73	80	83
	Curvas /Terrazas	Bueno	51	67	76	80
Pastos en hilera		Pobre	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
		Bueno	39	61	74	80
	Curvas	Pobre	47	67	81	88
	Curvas	Regular	25	59	75	83
	Curvas	Bueno	6	35	71	79
Prados (permanente)		Bueno	30	58	71	78
Bosques (para uso de la finca)		Pobre	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
		Bueno	25	55	70	77
Granja (dependencias)			59	74	82	86
Carreteras de tierra			72	82	87	89
Carreteras de polvo			74	84	90	92

Fuente: ILRI 1995

Cuadro 9. Curvas de los números de escorrentía para complejos de suelo cobertura hidrológica para condiciones de humedad antecedente clase II e $I_n=0.2S$ (Sprenger, 1978).

Uso de la Tierra o Cobertura	Pendientes	Grupo Hidrológico de Suelo			
		A	B	C	D
Campos de arroz en los pantanos o manglares	I	0	0	3	5
	II	0	5	8	10
	III	5	10	13	15
	IV				
	V				
Pastura o campos en buenas condiciones hidrológicas	I	33	55	68	74
	II	39	61	74	80
	III	42	64	77	83
	IV	44	66	79	85
	V	45	67	80	86
Bosques en pobres condiciones hidrológicas	I	39	60	71	77
	II	45	66	77	83
	III	49	70	81	87
	IV	52	73	84	90
	V	54	75	86	92
Pasturas o campos en malas condiciones hidrológicas	I	63	74	81	84
	II	68	79	86	89
	III	71	82	89	92
	IV	73	84	91	94
	V	74	85	92	95

Fuente: ILRI 1995

Cuadro 10. Límites de precipitación estacional para clases AMC (según el Servicio de Conservación de Suelos de 1972)

Clase de Condición de Humedad Antecedente AMC	Precipitación antecedente en 5 días de duración (mm)		
	Estación latente	Estación de desarrollo	Media
I	< 13	< 36	< 23
II	13 – 28	36 – 53	23 - 40
III	> 28	> 53	> 40

Fuente: ILRI 1995

Cuadro 11. Tabla de conversión para el número de curva (CN) de Humedad Antecedente para Clases II a Clases AMC I o II (Tomado de Soil Conservation Service 1972).

CN	CN	CN	CN	CN	CN
AMC II	AMC I	AMC III	AMC II	AMC I	AMC III
100	100	100	58	38	76
98	94	99	56	36	75
96	89	99	54	34	73
94	85	98	52	32	71
92	81	97	50	31	70
90	78	96	48	29	68
88	75	95	46	27	66
86	72	94	44	25	64
84	68	93	42	24	62
82	66	92	40	22	60
80	63	91	38	21	58
78	60	90	36	19	56
76	58	89	34	18	54
74	55	88	32	16	52
72	53	86	30	15	50
70	51	85	25	12	43
68	48	84	20	9	37
66	46	82	15	6	30
64	44	81	10	4	22
62	42	79	5	2	13
60	40	78	0	0	0

Fuente: ILRI 1995

g. Estimaciones de la profundidad de la escorrentía directa

Una vez que el valor final del CN ha sido determinado, la profundidad de la escorrentía directa puede ser calculada. Esto puede hacerse en dos formas:

1. Gráficamente, usando la profundidad de la precipitación de diseño en la figura 9 y leyendo el intercepto en el valor final CN.
2. Numéricamente, usando la ecuación 6 para determinar la retención potencial máxima S y substituyendo este valor de S y la profundidad de la precipitación de diseño en la ecuación 5.

Áreas Planas

En áreas planas, el problema es remover cierta profundidad de agua superficial excesiva en un período de tiempo determinado económicamente. Aplicando el método del número de curvas para diferentes duraciones de precipitación de diseño se producirán las profundidades correspondientes de la escorrentía directa. Estos valores, en efecto, representan estratos de agua estancada que son la base para la determinación de la capacidad de los sistemas de drenaje superficial.

E. Metodología LEAM para evaluar la erosividad del suelo

Esta metodología necesita primeramente extractos de información sobre taxonomía de suelos, esta información es usada para definir las categorías de riesgo de erosión dentro de términos cuantitativos y operacionales (Manrique, sf).

La EUPS, según Armstrong presenta una desventaja en la dificultad de obtener algunos de los datos que necesita, especialmente en aéreas con insuficientes datos, por ejemplo, el factor S presenta una desventaja en la dificultad de obtener algunos de los datos que necesita, especialmente en aéreas con insuficientes datos, por ejemplo, el factor de erosividad de la lluvia (factor R), es probablemente uno de los parámetros que más cuesta obtener.

a. Metodología para determinar el riesgo de erosión

La erodabilidad del suelo está definida por tres características, principales. A) pendiente, B) el riesgo de erosividad de la lluvia, y, C) la erodabilidad del suelo. Cada una de estas es subdividida en otras características (Manrique, citado por Motta1998).

- Factor topográfico o de pendiente:

El factor topográfico o de pendiente, en el sistema LEAM, es la fórmula de McCool, misma que utiliza el sistema EUPS (Manrique, citado por Motta1998).

Tomando en cuenta los valores de LS, se encuentra la clasificación de subclase de pendiente, que se observa en el cuadro 12.

Cuadro 12. Subclase de pendiente de terreno, según metodología LEAM.

CLASE DE PENDIENTE	FACTOR TOPOGRAFICO (LS)	PORCENTAJE DE PENDIENTE
S1 Baja	0-2	0-10
S2 Moderada	2-4	10-20
S3 Alta	4-6	20-30
S4 Muy alta	Mayor que 6	Mayor que 30

Fuente: Manrique, sf.

- Riesgo de la Erosividad de las Lluvias:

El valor de erosividad de las lluvias, está basado en el índice Modificado de Fournier (FI); el cual se define así:

$$FI = \Sigma (MR)^2 / AR$$

Donde:

FI = índice de Fournier

MR = milímetros de lluvia mensual

AR = milímetros de lluvia anual

Este valor de FI, guarda una estrecha relación con el factor R utilizado en la USLE ($r^2 = 0.83$ y 0.72 respectivamente (Manrique, sf.).

Con el valor de FI, se puede ingresar el cuadro 8 para determinar la subclase de riesgo de erosividad de las lluvias.

Cuadro 13. Subclase de erosividad de las lluvias, según la metodología LEAM

CLASE DE EROSIVIDAD	RIESGO DE EROSIVIDAD	VALOR DE FI
RR1	Muy poca	Menor que 50
RR2	Poca	50-100
RR3	Moderada	100-200
RR4	Alta	200-300
RR5	Muy alta	Mayor que 300

Fuente: Manrique, sf.

- Erodabilidad del suelo:

Este factor puede ser determinado por características físicas del suelo. El nomograma de Wischmeier (1958) (Apéndice 2) ha sido usado en estos estudios para calcular el factor del valor K.

Las clasificaciones en el sistema LEAM, basados en los valores del factor K. obtenido en las diferentes unidades de suelos se muestran en el cuadro 14.

Cuadro 14. Subclase de erodabilidad del suelo, según metodología LEAM.

CLASE DE ERODABILIDAD	RIESGO DE ERODABILIDAD	RANGOS DE K
K1	Muy bajo	0.001-0.010
K1	Bajo	0.010-0.020
K3	Moderado	0.020-0.030
K4	Moderadamente alto	0.030-0.040
K5	Alto	0.040-0.050
K6	Muy alto	Mayor de 0.050

Fuente: Manrique, sf.

- Forma de establecer el método

El método LEAM es simple y está arreglado en 2 categorías: Clase y subclase. La clase, indica el grado de riesgo potencial de erosión, y la subclase, indica las limitaciones de cada clase (Manrique, sf.).

En total hay 5 clases de erodabilidad y un gran número de subclases; dentro de la clase E1 se encuentran 9 subclases, las clases 2, 3, 4 y 5, tienen 24, 30, 30, y 18 subclases respectivamente (Manrique, sf.).

El sistema LEAM ha sido utilizado en suelos de Hawaii con diferentes clases de erodabilidad, con precipitaciones pluviales menores a 1000 milímetros por año, así como en Mali, en el este de África (Manrique, sf.).

La evaluación de pérdida de suelo usando LEAM, correspondió en forma cercana a los valores obtenidos promedio de USLE, indicando así, que LEAM obtiene datos confiables de riesgo de erosión en términos cuantitativos y operacionales (Manrique, sf.).

El método LEAM es utilizado para realizar estimaciones de riesgo potencial de erosión combinando la taxonomía de suelos. La evaluación de riesgo potencial de erosión de mayores características de la tierra cuando se obtiene de un estudio de suelos. Los datos obtenidos por medio de LEAM, proveen información básica para varios tipos de suelos y proporciona un riesgo de erosión específico para cada uno, así como las limitaciones asociadas con cada uno. (Manrique, sf.).

2.2.11 Manejo de los suelos

El objetivo principal del manejo de suelos para la agricultura es crear condiciones edafológicas favorables para el buen crecimiento de los cultivos, la germinación de las semillas, la emergencia de las plantas jóvenes, el crecimiento de las raíces, el desarrollo de las plantas, la formación del grano y la cosecha (FAO, 2000).

Las condiciones edafológicas deseables son:

- A. Condiciones físicas (tamaño de agregados, humedad y temperatura) que favorezcan la germinación de las semillas. El tamaño óptimo de los agregados varía con el tamaño de las semillas y debería ser de tal tamaño que haya un contacto máximo entre el suelo y la semilla para facilitar el movimiento de humedad del suelo a la misma sin sufrir falta de oxígeno; un exceso o falta de humedad y temperaturas extremas limitan seriamente la germinación (FAO, 2000).
- B. Estructura superficial, que no impida la emergencia de las plantas jóvenes. La presencia de costras fuertes restringe la emergencia de las plántulas; además, hay interacciones entre el espesor, la composición y el contenido de humedad de la costra y su fuerza, y entre el tamaño de la semilla, el tipo de cultivo, la profundidad de siembra y el vigor de la semilla (FAO, 2000).
- C. Estructura, porosidad y consistencia del suelo, en la primera capa que favorezcan el crecimiento inicial de la planta joven y de las raíces. Suelos arcillosos con agregados grandes y duros, y suelos arenosos que forman estructuras masivas y duras cuando se secan (“suelos duros”) retrasan el crecimiento inicial de los cultivos (FAO, 2000).
- D. Estructura, tamaño y continuidad de los poros en el subsuelo que permitan la libre penetración y desarrollo de las raíces. La presencia de capas compactadas originadas por las labranzas, u horizontes compactados debido a procesos naturales de compactación, restringen la penetración de las raíces y el volumen de suelo que las mismas pueden explorar para absorber humedad y nutrientes. Además, debilitarán la capacidad de enraizamiento y fijación de muchos cultivos (FAO, 2000).
- E. Un suministro adecuado y oportuno de nutrientes que coincida con la demanda del cultivo durante todo el ciclo de crecimiento. El sistema de manejo debería maximizar el reciclaje de

los nutrimentos dentro del perfil y dentro de la finca, y minimizar la pérdida de nutrimentos por procesos naturales o por el manejo. La meta del sistema de manejo de nutrimentos debería aceptar que los únicos nutrimentos que se pierden de los suelos son aquellos que se exportan de la finca con las cosechas (FAO, 2000).

- F. Una alta saturación de la capacidad efectiva de cationes intercambiables (CECI) con aluminio o manganeso, sales, o un exceso de sodio a niveles tóxicos para muchos cultivos; existe, sin embargo, mucha variación en la tolerancia de los cultivos a los mismos (FAO, 2000).
- G. Un suministro adecuado y oportuno de humedad al cultivo durante todo su ciclo, y especialmente durante las etapas críticas del mismo. Un exceso de humedad en la etapa inicial del cultivo puede ser perjudicial para muchos cultivos, y viceversa su falta en las etapas más sensibles al déficit de humedad como la floración y la formación de grano pueden disminuir seriamente los rendimientos. Durante la cosecha, un exceso de humedad puede reducir el rendimiento debido al vuelco y a la pudrición del grano; además, en suelos mojados las cosechadoras pueden degradar la estructura y la porosidad del suelo. (FAO, 2000)
- H. Un suministro adecuado y oportuno de oxígeno a las raíces del cultivo y a los microorganismos del suelo. Condiciones de mal drenaje o drenaje deficiente causan una falta de oxígeno en el suelo debido a que el mismo se difunde unas 10000 veces más lentamente a través del agua que a través del aire y de ese modo no puede satisfacer las demandas de oxígeno de las raíces ni de los microorganismos. La falta de oxígeno resulta en trastornos fisiológicos que afectan la absorción de nutrimentos por las plantas y en la producción de toxinas a causa de procesos de reducción microbiológica (FAO, 2000).
- I. Una alta actividad biológica en el suelo, la diversidad de la fauna y de los microorganismos, y especialmente la población de la macrofauna, es muy importante para sostener la productividad de los suelos. La macrofauna tiene influencia sobre la porosidad del suelo y la incorporación y humificación de los residuos orgánicos (FAO, 2000).
- J. Condiciones estables para el área de cultivo, para que estos no sean perjudicados por inundaciones, erosión hídrica o vientos fuertes. Las inundaciones pueden causar daños

físicos a los cultivos y una disminución en la tasa de difusión de oxígeno dentro del suelo. La erosión hídrica disminuye la fertilidad de los suelos y puede causar la pérdida de terreno por el desarrollo de cárcavas o deslizamientos de tierra. Los vientos fuertes pueden causar daños a los cultivos, y pérdidas de hojas y flores. Además, pueden acentuar los déficit de humedad al incrementar las tasas de evaporación y resultar en la erosión eólica. En épocas frías, la combinación de bajas temperaturas con vientos fuertes produce el efecto de temperaturas aún más bajas debido al efecto del enfriamiento, causando procesos fisiológicos adversos a los cultivos (FAO, 2000).

2.2.12 Principios para desarrollar estrategias sobre el manejo de suelos

Según FAO (2000) hay nueve principios generales que se deberían considerar como lineamientos básicos para desarrollar estrategias sobre los sistemas de manejo de suelos:

I. Aumentar la cobertura de los suelos

Es el principio más importante en el manejo sostenible de suelos porque conlleva múltiples beneficios.

II. Aumentar la materia orgánica del suelo

Este principio está estrechamente relacionado con el principio anterior de aumentar la cobertura, porque al incrementar la cobertura del suelo con materiales orgánicos se incrementa el contenido de materia orgánica de los horizontes más superficiales. Es más difícil aumentar el contenido de materia orgánica de los horizontes inferiores, y especialmente de los horizontes de subsuelo.

III. Aumentar la infiltración y la retención de humedad

Los efectos beneficiosos de aumentar la infiltración y la retención de humedad de los suelos son: Disminuir el déficit de humedad en los cultivos, incrementar el rendimiento y la producción de biomasa del cultivo, y, reducir la escorrentía.

IV. Reducir la escorrentía

Los efectos beneficiosos de la reducción de la escorrentía son reducir la pérdida de suelo, agua, nutrimentos, fertilizantes y pesticidas; esto resulta en menor erosión de la parcela y menor contaminación ambiental aguas abajo; y aumentar el agua disponible para el cultivo, y con ello la producción de grano y de biomasa.

V. Mejorar las condiciones de enraizamiento.

Los efectos beneficiosos producidos por la mejora en las condiciones de enraizamiento son:

- a. Mejorar el desarrollo y crecimiento de las raíces y por eso la absorción de nutrimentos y agua por las plantas.
- b. Reducir las probabilidades de que los cultivos sufran una sequía.

VI. Mejorar la fertilidad química y la productividad.

Los efectos beneficiosos causados por la mejora de la fertilidad química y la productividad de los suelos son:

- a. Incrementar la producción del rendimiento;
- b. Incrementar la producción de la biomasa del cultivo; mayores producciones de follaje y de raíces del cultivo darán más residuos, y por lo tanto una mayor cobertura al suelo y una devolución mayor de materia orgánica al mismo.

VII. Reducir los costos de producción

Los efectos positivos de las reducciones en los costos de producción son: Incremento en la rentabilidad neta y sistemas de producción más sostenibles.

VIII. Proteger las parcelas

Se deben proteger las parcelas de los efectos de las inundaciones, la erosión hídrica, los vientos fuertes, la erosión eólica, y los deslizamientos de tierra. Los vientos fuertes pueden provocar no solamente problemas de erosión eólica sino también problemas en la aplicación oportuna de los herbicidas e insecticidas.

IX. Reducir la contaminación del suelo y del ambiente.

Los principios para reducir la contaminación de los suelos y del ambiente son:

- Aplicar el manejo integrado de plagas y de malezas en lugar de usar pesticidas; reemplazar en lo posible el uso de pesticidas tóxicos con pesticidas no tóxicos, o preferentemente con pesticidas biológicos o botánicos.
- Capacitar a los agricultores sobre la forma correcta de manejar los compuestos químicos para uso agrícola.
- Aplicar los fertilizantes en forma fraccionada según las necesidades del cultivo y la capacidad de retención de nutrimentos del suelo para evitar la pérdida de estos en las aguas superficiales y subterráneas.

- Aplicar las prácticas de conservación de suelos para reducir al mínimo las cantidades de sedimentos y pesticidas en las aguas superficiales y subterráneas.
- Supervisar la calidad de las aguas subterráneas y superficiales que servirá como pauta y base de datos para la práctica eficaz del manejo de los suelos.

2.2.13 Metodologías para la Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso

A. Metodología del departamento de Estados Unidos (USDA,1985)

Esta metodología se basa en clasificar las tierras en ocho clases, las primeras cuatro clases son apropiadas para cultivos y las otras cuatro clases no son apropiadas para cultivos, a continuación se describe cada una de ellas.

a. Tierras apropiadas para cultivos y otros usos.

Clase I. Tierras con pocas limitaciones que restringen su uso.

Clase II. Tierras que tienen algunas limitaciones que reducen la selección de plantas o requieren moderadas prácticas de conservación de suelos.

Clase III. Tierras que tienen severas limitaciones que reducen la selección de plantas o requieren prácticas especiales de conservación de suelos.

Clase IV tierras que tienen muy severas limitaciones que restringen la selección de plantas y requieren de un cauteloso cuidado de manejo.

b. Tierras con limitaciones en su uso, generalmente no apropiadas para cultivo.

Clase V. Tierras que no presentan erosión o muy pequeña, pero que tienen otras limitaciones no prácticas de removerse, que limiten el uso continuo y prolongado de pastos.

Clase VI. Tierras con severas limitaciones, que las hacen generalmente no utilizables para cultivos; pero son apropiadas para praderas, pastizales, bosques maderables o alimento para vida silvestre y cubierta vegetal.

Clase VII tierras que tienen muy severas limitaciones que los hacen restringen su uso principalmente para pastoreo, bosque maderable o vida silvestre.

Clase VIII tierras y paisajes (geofomas) que no reportan beneficios locales tangibles su mejor uso será para mantenimiento de hábitats de vida silvestre, protección de cuencas altas y recreación.

- Metodología de clasificación de tierras por capacidad de uso para Guatemala (INAB, 2000)

Esta metodología divide las tierras en siete clases de capacidad de uso (INAB, 2000), se mencionan a continuación:

- i. Agricultura sin limitaciones (A): Áreas con aptitud para cultivos agrícolas como monocultivos o asociados en forma intensiva o extensiva y no requieren o, demandan muy pocas, prácticas intensivas de conservación de suelos (INAB, 2000).
 - ii. Agricultura con mejoras (Am): Áreas que presentan limitaciones de uso moderadas, para su cultivo se requieren practicas de manejo y conservación de suelos así como medidas agronómicas relativamente intensas y acordes al tipo de cultivo establecido (INAB, 2000).
 - iii. Agroforestería con cultivos anuales (Aa): Áreas con limitaciones de pendiente y/o profundidad efectiva del suelo, donde se permite la siembra de cultivos agrícolas asociados con árboles y/o con obras de conservación de suelos y prácticas o técnicas agronómicas de cultivo (INAB, 2000).
 - iv. Sistemas silvopastoriles (Ss): Áreas con limitaciones de pendiente y/o profundidad, drenaje interno que tienen limitaciones permanentes o transitorias de pedregosidad y/o drenaje. Permiten el desarrollo de pastos naturales o cultivados y/o asociados con especies arbóreas (INAB, 2000).
 - v. Agroforestería con cultivos permanentes (Ap): Áreas con limitaciones de pendiente y profundidad, aptas para el establecimiento de sistemas de cultivos permanentes asociados con árboles (aislados, en bloques o plantaciones, ya sean especies frutales y otras con fines de producción de madera y otros productos forestales) (INAB, 2000).
 - vi. Tierras forestales para producción (F): Áreas con limitaciones para usos agropecuarios; La sustitución del bosque por otros sistemas conllevaría a la degradación productiva de los suelos (INAB, 2000).
 - vii. Tierras forestales de protección (Fp): Áreas con limitaciones severas en cualquiera de los factores limitantes o modificadores; apropiadas para actividades forestales de protección o conservación ambiental exclusiva. Son tierras marginales para uso agrícola o pecuario intensivo. Tienen como objetivo preservar el ambiente natural, conservar la biodiversidad, así como las fuentes de agua (INAB, 2000).
- Metodología de clasificación de tierras del centro científico tropical para Costa Rica (CCT, 1995)

Se define como clase un grupo de tierras que presenta condiciones similares en el grado relativo de las limitaciones para su uso potencial, así como en la probabilidad de sufrir daños cuando es utilizada. Para los propósitos de esta metodología, se reconocen diez clases de uso bien diferenciadas, vale aclarar que estas clases de uso son totalmente independientes y propias a este

sistema de clasificación, y no tienen relación con ningún otro sistema existente. Las clases de capacidad de uso se definen como sigue:

Clase I. Dentro de esta clase incluyen tierras con pocas o ninguna limitación para el desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias o forestales adaptadas ecológicamente a la zona. Las tierras de esta clase se encuentran sobre superficies planas o casi planas, con erosión sufrida nula, con suelos muy profundos, de textura media en el suelo y de moderadamente gruesa a moderadamente fina en el subsuelo, sin piedras, sin problemas por toxicidad y salinidad, drenaje bueno, sin riesgo de inundación, en zonas de vida de condición húmeda, período seco moderado y sin efectos adversos por neblina y viento.

Clase II. Las tierras de esta clase presentan leves limitaciones que solas o combinadas reducen la posibilidad de elección de actividades o se incrementan los costos de producción debido a la necesidad de usar prácticas de manejo y conservación de suelos.

Clase III. Las tierras de esta clase presentan limitaciones moderadas solas o combinadas, que restringen la elección de los cultivos o se incrementan los costos de producción. Para desarrollar los cultivos anuales se requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y agua.

Clase IV. Las tierras de esta clase presentan fuertes limitaciones, solas o combinadas, que restringen su uso a vegetación semipermanente y permanente. Los cultivos anuales se pueden desarrollar únicamente en forma ocasional y con prácticas muy intensivas de manejo y conservación de suelos y aguas, excepto de climas pluviales, donde este tipo de cultivo no es recomendable.

Clase V. Las tierras de esta clase presentan severas limitaciones para el desarrollo de cultivos anuales, semipermanentes, permanentes o bosque, por lo cual su uso se restringe para pastoreo o manejo de bosque natural.

Clase VI. Las tierras ubicadas dentro de esta clase son utilizadas para la producción forestal, así como cultivos permanentes tales como frutales y café, aunque estos últimos requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y aguas. Sin embargo, algunas especies forestales como la Teca (*Tectona grandis*) y Melina (*Gmelina arborea*) en plantaciones puras no son adecuadas para las pendientes de esta clase, debido a que aceleran los procesos de erosión de

suelos, por lo que se recomienda este tipo de uso sólo en relieves moderadamente ondulados a ondulados.

Clase VII. Las tierras de esta clase tienen severas limitaciones por lo cual sólo se permite el manejo forestal en caso de cobertura boscosa; en aquellos casos en que el uso actual sea diferente al bosque, se procurará la restauración forestal por medio de la regeneración forestal por medio de la regeneración natural.

Clase VIII. Estas tierras no reúnen las condiciones mínimas para actividades de producción agropecuaria o forestal alguna. Las tierras de esta clase tienen utilidad sólo como zonas de preservación de flora y fauna, protección de áreas de recarga acuífera, reserva genética y belleza escénica.

Clase IX. Tierras que no permiten un uso sostenido de cultivos y pastos pero que sí son aptas para la producción extensiva y permanente de maderas y otros productos forestales de bosques naturales manejados técnicamente sin deterioro de la capacidad productiva de la tierra.

- Sistema de clasificación de capacidad de uso de la tierra propuesto por T.C. SHENG. (Sheng, 1976)

Este sistema consta de ocho clases de capacidad de uso que disminuye en intensidad hasta protección absoluta. Se considera en esta clasificación, las características del suelo en cuanto a profundidad y pendiente del terreno principalmente (Sheng, 1976). Las clases de capacidad de uso son:

C1 (Tierra Cultivable uno): Tierras cultivables que no requieren o requieren muy pocas medidas intensivas de conservación de suelos, en las cuales es posible la mecanización en los distintos procesos productivos. Incluye tierras con pendientes hasta de 12.3%, con suelos profundos y de buen drenaje (Sheng, 1976).

C2 (Tierra Cultivable dos): Tierras cultivables con medidas intensivas de conservación de suelos, en las cuales también es factible la mecanización en los distintos procesos productivos. Abarca tierras que presentan desde 12.3 % a 26.8% de pendiente, con buena estabilidad geológica, suelos moderadamente profundos, o sea mayor de 50 cm. de profundidad, con poca o bien ninguna erosión superficial, y sin ninguna limitación climática (Sheng, 1976).

C3 (Tierra Cultivable tres): Tierras cultivables con medidas intensivas de conservación de suelos, en las cuales no es posible la labranza mecanizada. Son tierras con pendientes de 26.8% a 36.4%, suelos desde poco profundos a profundos (Sheng, 1976).

C4 (Tierra Cultivable cuatro): Tierras poco susceptibles de cultivar que requieren de medidas muy intensivas de conservación de suelos, las prácticas de cultivo deben ser manuales. Son tierras con pendientes de 36.4% a 46.63% de pendiente, suelos moderadamente profundos a profundos y buena estabilidad geológica, moderada a alta erosión potencial y poca o bien ninguna limitación climática (Sheng, 1976).

P: (Tierras para Praderas): Aquí se agrupan tierras que presentan limitaciones permanentes o transitorias, como pedregosidad, lo cual no permite dedicarles a la agricultura, pero si son apropiadas para dedicarlas al cultivo de pastos. Se encuentran en pendientes menores a 46.63% y sus suelos son poco profundos, con buena estabilidad ecológica, baja susceptibilidad a la erosión y con limitación climática (Sheng, 1976).

AF: (Tierras para Sistemas Agroforestales): Son tierras no aptas para cultivos convencionales pero si es factible el establecimiento de sistemas agroforestales. Abarca tierras con pendientes de 46.63% a 57.7%, con suelos moderadamente profundos a profundos y pocas limitaciones climáticas (Sheng, 1976).

F: (Tierras Forestales): Son tierras que únicamente son apropiadas para actividades forestales de producción y/o protección. Se incluyen dentro de esta clase, terrenos escarpados con pendientes mayores a 46.63%, suelos poco profundos, alta susceptibilidad a la erosión y considerables limitaciones climáticas (Sheng, 1976).

PC (Tierras para pastos de corte o cultivados)

PP (Tierras para pastos de pastoreo o potreros)

FT (Tierras para frutales sobre terrazas de huerto)

FP (Tierras forestales de producción y/o protección)

FC (Tierras forestales para conservación de áreas muy susceptibles a la erosión del suelo)

2.2.14 Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica a la Erosión

González M. (1991), en la revisión que hace a la ecuación universal de la pérdida de suelo, indica que la utilización de sistemas de información geográfica facilita enormemente el cálculo del factor topográfico LS de dicha ecuación (Arana, 1992)

En Costa Rica, Oreomundo R. y Saborio J. (1990), elaboraron el mapa de erosión de la cuenca del río Virilla haciendo uso de la USLE y el sistema ERDAS (Earth Resources Data Analysis System), como una herramienta de automatización de la información. Para automatizar el proceso aplicaron los programas disponibles del sistema ERDAS, indicando que las salidas deseables son mapas sencillos y combinados, así como matrices que dan la posibilidad de clasificar las unidades cartográficas obtenidas (Arana, 1992).

Los mapas básicos de los factores RKLS y C de la USLE, fueron previamente digitados y con esto se creó: el mapa de suelo (factor K), el mapa de relieve (factor LS), y mapa de capacidad de uso (factor C) (Arana, 1992).

Agregan que el factor R no lo calcularon debido a que es único valor para toda la cuenca, mientras que para el factor P asumieron el valor de 1, dado que en la cuenca no se consideran las prácticas de conservación.

Usando la función de sobreposición básico del sistema ERDAS, sobrepusieron automáticamente los mapas y posteriormente clasificaron los resultados en cuatro clases de rango de erosión. (Arana, 1992).

Mediante la imagen Lansat del 6 de febrero de 1986, realizaron un nuevo mapa del uso de la tierra (Factor C), para hacer una comparación y actualización del mapa que se había realizado anteriormente (Arana, 1992).

Las conclusiones de la investigación fueron:

- Con el sistema automatizado se tiene un ahorro del 50% del tiempo que se requiere para hacerlo manual.
- Se disminuye la exactitud por la generalización en cuatro clases ya que el SIG de ERDAS, no permite la multiplicación de los valores sino hay que efectuar las multiplicaciones de las clases informales.

- El trabajar con imágenes de satélite actualizadas, permite un aumento de la subdivisión de clases y una mejor información que se traduce en mejores resultados del modelo (Arana, 1992).

A. Aplicación de Metodología RUSLE con SIG en Argentina

a. Estimación de la pérdida de suelos

Para la estimación de la pérdida de suelo se aplicó la RUSLE, modelo matemático de tipo paramétrico, que integra variables reconocidas como de singular significación en el fenómeno de la erosión hídrica. La ventaja principal de la RUSLE es requerir información más accesible que la USLE, lo que hace más factible su aplicación (Villanueva, Osinaga y Chávez, 2002).

El modelado raster fue realizado directamente con el módulo RUSLE del programa Idrisi Kilimanjaro. Los factores que intervienen en la pérdida de suelos, insumos de base para la aplicación del modelo, fueron:

Factor Erosividad de las lluvias (R): Dado que no se cuenta con registros de Intensidad Máxima en 30 minutos para el área de estudio, se obtuvo una aproximación del factor R para la RUSLE con datos de precipitaciones medias de localidades ubicadas dentro y/o cerca de las cuencas analizadas (FAO, 1978, aceptada en 1992 por USDA; en Villanueva, Osinaga y Chávez, 2002).

Factor Erodabilidad del suelo (K): Debido a que no se dispone de información detallada para los parámetros que condicionan la erodabilidad del suelo (textura, estructura, materia orgánica del horizonte expuesto y la permeabilidad del perfil), se realizó una aproximación a los valores de K en base a las texturas de los suelos (Aplicaciones de RUSLE, SWCS, 1995 en Villanueva, Osinaga y Chávez, 2002).

Factor Topográfico (LS): Representa el efecto interaccionado del largo (L) y el grado de la pendiente (S). En Idrisi Kilimanjaro, el módulo RUSLE calcula automáticamente este factor, introduciendo el MDE y especificaciones sobre el largo máximo de la pendiente, intervalos para el grado de la pendiente y para el aspecto (orientación de laderas). Si no se dispone de este módulo, es posible estimar el factor LS por medios gráficos o analógicos a nivel de cuencas y subcuencas (Mármol, 1999) o por medio de operadores de superficie y funciones trigonométricas en aproximaciones raster (nivel de detalle: píxel).

Factores Cobertura (C) y Prácticas de Manejo o Conservación (P): Los valores de C se obtienen de tablas de diversos autores que consideran tanto el tipo como el porcentaje de cobertura (citadas por Porta Casanellas, López Acevedo Reguerín y Roquero De Laburu, 1999; Vich, 1999; Mármol, 1999; Villanueva, Osinaga y Chávez, 2002).

El factor P es considerado 1, cuando no existen o no es posible espacializar, prácticas de control de erosión ni de manejo de las actividades productivas.

El modelado hidrológico resulta una herramienta digital altamente eficiente para el trabajo con aproximaciones raster de los SIG. Los métodos que pueden ser aplicados para la estimación de las diferentes variables hidrológicas son diversos, pero en todos los casos pueden ser planteados como procesos integradores de capas temáticas para el modelado.

Los modelos que resultaron con mejores ajustes para la región del NO argentino, en el marco de nuestras investigaciones, fueron: Modelos climáticos: regresiones simples y múltiples entre variables climáticas y topográficas (altitud y latitud), con ajustes parciales por orientación del relieve y vegetación.

Estimación de escurrimiento y caudales máximos: aplicación del método de CN con adaptaciones para trabajo al nivel de píxel (como mínima unidad de cuenca), en contexto SIG. Acumulación de los valores de escurrimiento y caudal calculados para los píxeles, con módulo runoff de Idrisi Kilimanjaro.

B. Predicción de pérdida de suelos: aplicación de la RUSLE, en sistemas de aproximación raster (cada factor representado por una capa temática).

La principal ventaja de trabajar con modelos digitales, es la posibilidad de generar mapas raster confiables para las variables hidrológicas, con fines y aplicaciones diversas (estudios de impacto ambiental, simulaciones espacio-temporales, ordenación territorial, modelos de capacidad de acogida para alternativas de uso, gestión de los recursos naturales, predicción de riesgos naturales -inundaciones, procesos de remoción-, cálculo general de obras de arte, planes de control de erosión, etc.). Vale aclarar que, si bien es posible acceder a aproximaciones puntuales con estos modelos hidrológicos, los mismos están basados en métodos generales, desarrollados a nivel de cuencas hidrográficas. Para la proyección de infraestructuras, por ejemplo, deberán complementarse con la aplicación de métodos más rigurosos basados en series temporales y registros puntuales de campo.

2.3 MARCO REFERENCIAL

2.3.1 Características geográficas

A. Ubicación geográfica de la microcuenca

El área de estudio está comprendida dentro de los límites del municipio de Acatenango, Chimaltenango, que se encuentra a 30 kilómetros de la cabecera departamental y a 84 kilómetros de la capital de la república (vía Patzicía) la mayor parte sobre carretera asfaltada. Tiene comunicación vial con los municipios de Yepocapa, Pochuta y otros municipios vecinos.

Está ubicado al Sur del Departamento de Chimaltenango, pero el área específica de estudio es la microcuenca del río Cocoyá, que se ubica en las coordenadas que se presentan en el cuadro 10:

Cuadro 15. Coordenadas UTM de la microcuenca del río Cocoyá

Latitud Norte	Longitud Oeste
730981	1616112
730981	1604107
720007	1604137
720007	1616112

Dentro de estas coordenadas, se encuentran algunos poblados del municipio de Acatenango: Pueblo Nuevo, San Antonio Nejapa, Finca La Española, Los Planes, Chimichabal, Laguneta, Los Pajales 1 y Los Pajales 2.

Limita al norte con la microcuenca del Río El Sitán, ubicada en el Municipio de Patzicía, al sur con la microcuenca del río El Caracol y el Municipio de Alotenánigo, al este con otros poblados de Acatenango y al Oeste con San Miguel Dueñas. El acceso a la microcuenca es por la carretera asfaltada interamericana CA-1 que conecta a la microcuenca con Acatenango y Patzún, que es la carretera que llega hasta la ciudad capital (IGN, 2006).

El área total de la microcuenca, es de 35.6 kilómetros cuadrados y forma parte de la cuenca Xayá-Pixcayá.

2.3.2 Características socioculturales

A. Población

Según el IX censo poblacional y VI de habitación del año 2002, el área de la microcuenca está influenciada por un total de 7461 personas, donde 49.6% de la población equivale a hombres y

50.4% equivale a mujeres, ésto demuestra que aunque el valor de las mujeres es más alto que el de los hombres, no hay una diferencia significativa para indicar que son más mujeres que hombres.

La población económicamente activa –PEA- son 2093 personas, de un total de 7461 personas; también se puede observar que el 80% de la PEA son hombres y el otro 20% son mujeres. Esto demuestra que el hombre es quien lleva la economía del hogar y la mujer es quien se dedica a actividades de la casa.

El área de la microcuenca es de 38.6 kilómetros cuadrados y la población total de influencia es de 7461 personas lo que permite determinar una densidad poblacional de 193 personas por kilómetro cuadrado.

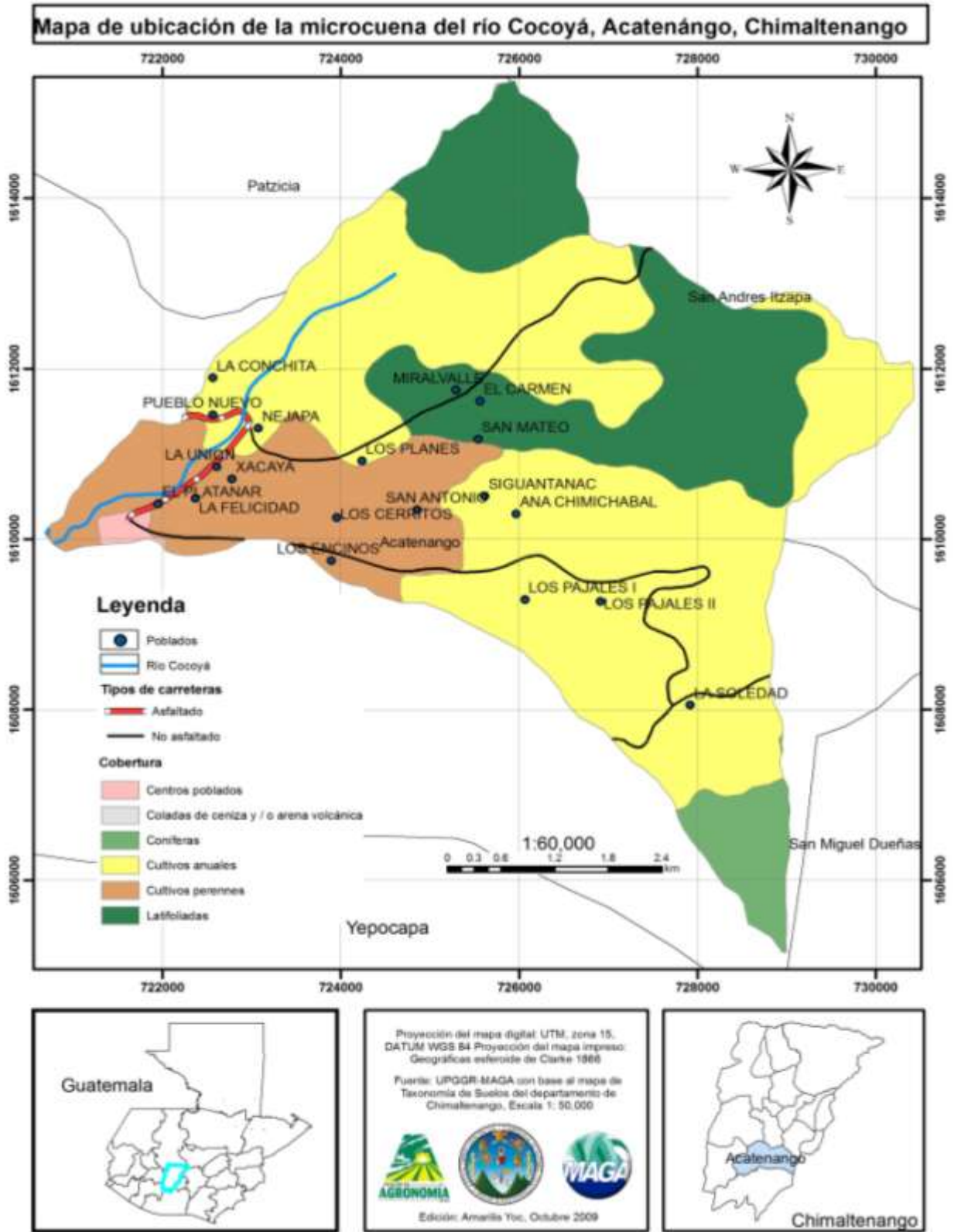


Figura 10. Mapa de ubicación de la microcuenca a nivel Municipal, Departamental y Nacional

B. Organización social

a. Comités

Existen en las aldeas y caseríos del municipio organizaciones de desarrollo local, que se encuentran agrupadas entre las que se pueden mencionar los Consejos Comunitarios de Desarrollo –COCODES-, los cuales velan por la mitigación de las necesidades de cada una de las comunidades a través de las gestiones a la municipalidad y otras instituciones como Fondo Nacional para la Paz –FONAPAZ-, Fondo Internacional Social –FIS-, Fondo Guatemalteco de Vivienda –FOGUAVI-, Fondo de Desarrollo Indígena Guatemalteco –FODIGUA-, Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación –MAGA-, entre otras. En algunas de ellas se encuentran las agrupaciones de mujeres, en las que su función es participar en los cuidados de la salud e integridad nutritiva de los niños y de la familia en general. (Municipalidad Acatenango, 2006).

b. Cooperativas

Existe una llamada “Cooperativa Cafetalera RL” que se dedica a la compra de café maduro y la exportación de café pergamino, ubicada en el casco urbano y otras dos más en el área rural que son: El Pensativo, en la Aldea Los Planes, y la otra en la Aldea El Socorro con el mismo nombre de la aldea (Municipalidad Acatenango, 2006).

c. Instituciones gubernamentales y no gubernamentales

Dentro de las instituciones más importantes dentro del municipio se mencionan las siguientes: Coordinación Técnica Administrativa –CTA-, Ministerio de educación pública –MINEDUC-, Centro de Salud del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social –MSPAS-, Comisión Nacional para la Reducción de desastres –CONRED-, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN-, Instituto Técnico de Capacitación y Productividad –INTECAP-, Tribunal Supremo Electoral –TSE-. Algunas ONG’s como Acción Ciudadana, Fundación Centroamericana de Desarrollo –FUNCEDE-, Fundación Cristiana Para Los Niños y Ancianos –SGO-, Fundación Guatemalteca para el Desarrollo Carroll Behrhorst, Sistema Integral de Asistencia en Salud –SIAS-. Además de estas instituciones que se dedican a la parte social del municipio, también se encuentra la Asociación Nacional de Café –ANACAFE-, que brinda asistencia técnica a los caficultores de la zona (Municipalidad Acatenango, 2006).

C. Actividades productivas

La principal actividad económica la constituye la agricultura la que es considerada en un alto porcentaje de ocupación y los principales cultivos son café (*Coffea arabica*) que se produce en la

mayoría de las comunidades de influencia de la microcuenca, donde el 75% de las personas se dedican a trabajar en el cultivo de café principalmente como jornaleros en las fincas donde se produce este cultivo. El segundo cultivo que se produce pero en mucho menor cantidad es el maíz (*Zea mays*) que es la dieta alimenticia de un 100% de las comunidades, frijol (*Phaseolus vulgaris*) en menor porcentaje, aguacate (*Persea americana*) considerado como un cultivo fuerte ya que es de exportación a los diferentes mercados de la capital y departamento, y, hortalizas en menor escala; en algunas aldeas, en las partes altas árboles frutales como durazno (*Prunus persica*), manzana (*Malus pumila*) y ciruela (*Prunus domestica*). (Municipalidad Acatenango, 2006).

Producción Pecuaria: En baja escala está constituida por ganado bovino, y especies menores como cerdos y aves, producción que generalmente es destinada a la venta en el mercado local y en menor escala para el consumo familiar. (Municipalidad Acatenango, 2006)

Comercio: En esta actividad se incluye a personas que se dedican a realizar transacciones de compra y venta local aprovechando los días de mercado que son domingo, martes y sábado. La mayoría de comercios viven en Acatenango, pero hay de los ambulantes que provienen de otros lugares cercanos como Patzicía, Yepocapa, Chimaltenango y otros pueblos que traen su producto al municipio (Municipalidad Acatenango, 2006).

Existen otros comerciantes específicos del producto principal que es el café, en época de cosecha, muchos aprovechan las compras de café en cereza para entregarlos o venderlos a los beneficios, comprándolos ellos a los pequeños productores. (Municipalidad Acatenango, 2006)

D. Tecnología de producción

Para los cultivos extensivos como maíz y frijol, se utilizan herramientas manuales como azadón y machete, principalmente, que permiten el laboreo del suelo pero de una forma no intensiva.

Algunas herramientas más tecnificadas que se utilizan en algunas fincas de café son barreno para hoyos de siembras nuevas, chapeadoras de pita, motosierra para podas, podadoras de disco para recepas y descopes, bombas para aplicaciones foliares manuales y motorizadas.

En el cultivo de café, la principal especie que se está utilizando y está establecida es la de *Coffea arabica*, que es de donde se derivan las variedades como Borbón, típica, caturra, catuaí, pache,

entre otras; también se utiliza *Coffea canephora*, principalmente la variedad robusta como patrón para injertos de café utilizando el método de injerto reina.

De las prácticas de conservación de suelos que se utilizan en el cultivo de café son principalmente, barreras vivas, barreras muertas, siembras en contorno, cortinas rompevientos, terrazas individuales y continuas, pozos de captación y acequias en caminos; aunque no es una práctica propiamente, pero lo que se busca la reducción del uso de herbicidas para el manejo de malezas, aunque el costo es más elevado, pero ayuda a que las raíces de las plantas que quedan dentro del suelo al quedar vivas sigan reteniendo el suelo, aspecto muy importante si se toma en cuenta, previniendo así el movimiento de partículas de suelo por gravedad. Estas prácticas de conservación se realizan en la mayoría de las fincas donde tienen café certificado pues las empresas certificadoras exigen este tipo de manejo en el cultivo.

Del área total cultivada con café, se tiene con sombra un 99%, esta área ocupa de 7000 a 7500 manzanas, que equivale a aproximadamente a 49 y 52.5 kilómetros cuadrados del municipio de Acatenango.

La principal especie utilizada para sombra es la gravilea (*Grevillea robusta*), aunque hay una tendencia a eliminar surcos de gravilea y resembrar con cushin (*Inga sp*), pero es en pocas fincas, también hay sombras con especies nativas del lugar, en donde no han eliminado el bosque totalmente, en su lugar árboles nativos para las futuras plantaciones.

E. Tenencia de la Tierra

Según monografía del municipio (Municipalidad de Acatenango 2006), el 65% del área de Acatenango son fincas privadas, principalmente de café y el otro 30% es de dueños principalmente de pequeñas parcelas en las áreas aledañas a los centros poblados, también hay una parte del volcán de Acatenango donde las tierras se destinan para la conservación y para áreas comunales, es un área menor al 5% del área total que incluye las faldas del volcán de Acatenango.

2.3.3 Características biofísicas

A. Fisiografía

La microcuenca se encuentra dentro de la región fisiográfica de las Tierras Altas Volcánicas. Lo que se denomina Tierras Altas Volcánicas, comprende principalmente lo que se conoce como Altiplano, el cual toma en cuenta tanto la porción Occidental y Central, así como la que se localiza al Oriente guatemalteco. Estas tierras se encuentran parcialmente en los Departamentos de San Marcos, Quetzaltenango, Totonicapán, Sololá, Chimaltenango, Sacatepéquez, Guatemala, Jalapa, Santa Rosa, Zacapa, Chiquimula y Jutiapa.

La microcuenca se encuentra ubicada en una zona con un relieve de pendientes altas que forman principalmente laderas, además de las laderas también se presentan otras dos formas de relieve que son planos de abanico donde las pendientes son ligeramente inclinadas menores a 7%, y la otra forma de relieve es planos inclinado, el cual tiene pendientes menores a 12%, estas dos formas de relieve últimas, están en menos del 30% del área total, y el otro 70% lo ocupan las laderas que se encuentra en una pendiente de 12% hasta mayor de 75%.

Desde el punto de vista geológico, comprende especialmente el Terciario Volcánico, en donde se incluye Rocas Volcánicas sin dividir y en algunos casos depósitos volcánicos del cuaternario. Se ha involucrado en esta región, algunas tierras sobre materiales intrusivos, principalmente Granitos y Dioritas, que se encuentran principalmente al norte de San Marcos, al Norte de Totonicapán y en las proximidades del cauce del río Motagua en la parte nororiental del país. Lo anterior se da como consecuencia de las evidencias encontradas en similitud de condiciones climáticas y por razones de mapeo a la escala de trabajo que se utilizó en la delimitación de cada una de las regiones.

Algunos poblados que se encuentran dentro de la región de las tierras altas volcánicas, son: San José Ojetenán, Comitancillo, Sibilia, Palestina, Totonicapán, todos los municipios del norte de Sololá, Chimaltenango, San Martín Jilotepeque, Antigua Guatemala, Guatemala, Palencia, Nueva Santa Rosa, Cuilapa, Jalapa, Monjas, Agua Blanca, Esquipulas, Jutiapa, Achuapa y Quezada.

En esta región la mayor parte de las tierras están cubiertas con bosques, cultivos de subsistencia, hortalizas (de consumo nacional y exportación), frutales decíduos.

B. Recurso suelo

Los suelos predominantes dentro de la microcuenca son de origen volcánico y topografía accidentada. Estos suelos contienen en su mayoría material compuesto de arcilla alófana y rocas volcánicas, ya que los órdenes de suelos que dominan son entisoles y andisoles.

Según Simmons et. al. (1959), en el estudio de series de suelos para Guatemala, se identifican dentro de la zona de estudio suelos Pt (Patzicía), Al (Alotenango), Ye (Yepocapa) y CV (cimas volcánicas). A continuación se describe cada uno de éstos suelos. La microcuenca por su condición geográfica de encontrarse en las faldas del volcán de Acatenango y en la montaña del Socó, su material geológico está compuesto por pómez, tobas y arcillas alófanas, que son originarios de materiales volcánicos del período cuaternario y terciario.

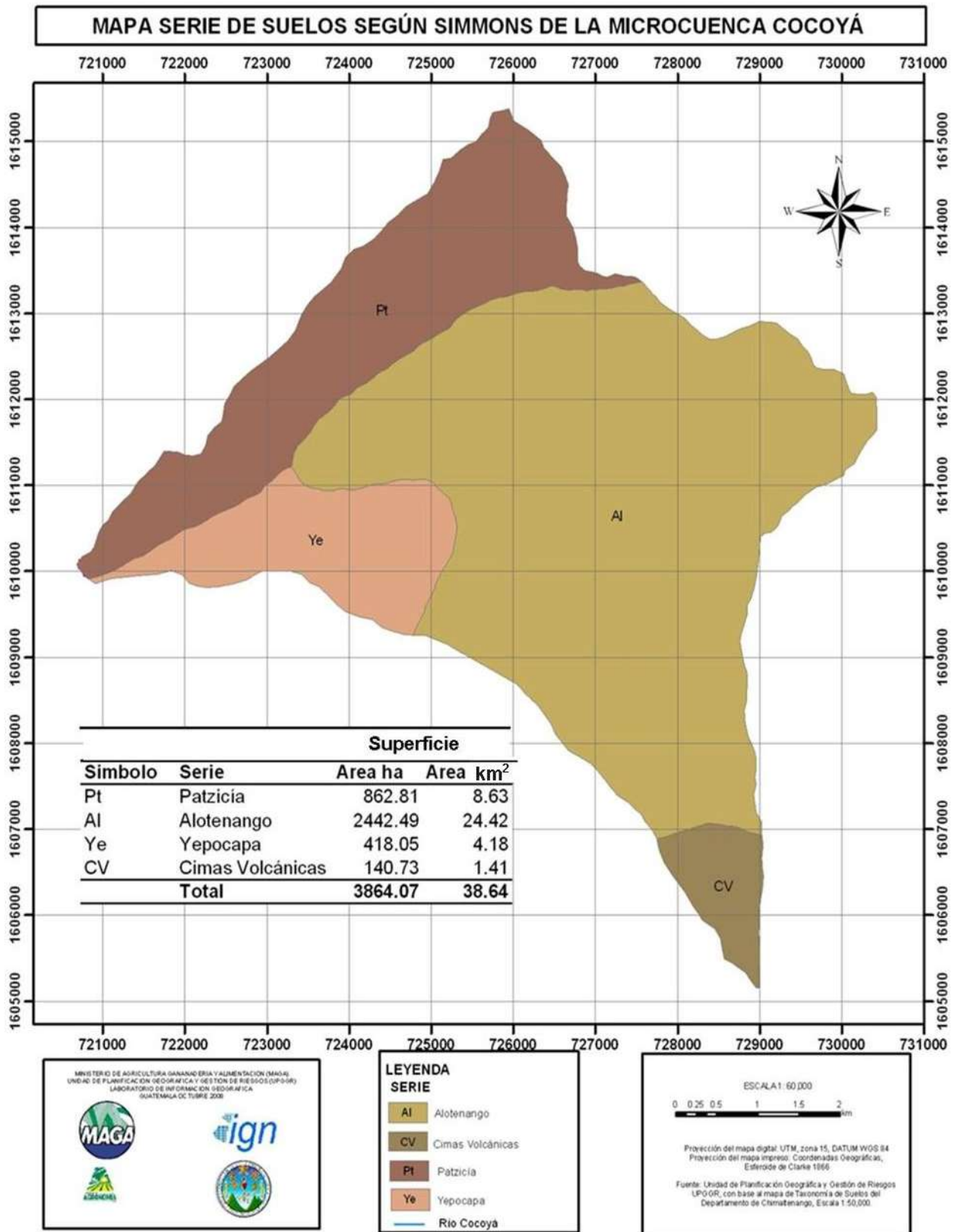


Figura 11. Mapa de series de suelos según el Mapa de Reconocimiento de Suelos en Guatemala

a. Cimas Volcánicas (CV)

Las cimas volcánicas constituyen la clase de terreno que define a los conos de los volcanes. La mayoría de estos suelos consiste en ceniza volcánica o escoria máfica típica, sin modificar y suelta. Ocupan pendientes inclinadas, siendo el ángulo de reposo de este material alrededor del 65%. Todas las áreas están cortadas por barrancos profundos de laderas muy inclinadas. Están desprovistos de vegetación y no tienen uso agrícola.

- Localización y extensión

Las cimas volcánicas se encuentran en los Departamentos de Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango, Quetzaltenango, Escuintla, Sololá y Totonicapán. Estas representan las cimas de los Volcanes Pacaya, Agua, Fuego y Acatánago, Atitlán y Tolimán Cerro Redondo, Santa María y Santiaguito.

b. Suelos Patzicía (Pt)

Los suelos de Patzicía son profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica pomácea que tiene influencias de material máfico en un clima templado húmedo-seco. Ocupan relieves inclinados a altitudes mayores de 1500 metros en la parte Sur Central de Guatemala. Están asociados con los suelos Tecpán y Alotenango, y representan la transición entre éstos. La vegetación natural consiste de bosques de maderas duras con algo de pino (*Pinus sp.*), especialmente en las partes más altas.

Perfil del suelo: Patzicía franco arenoso

El suelo de la superficie, a una profundidad cerca de 30 centímetros, es franco arenoso suelto de color café oscuro. La reacción es ligeramente ácida, pH de 6.0 a 6.5. Contiene algo de material máfico parcialmente intemperizado. El subsuelo, a una profundidad cerca de 80 centímetros, es franco arenoso, friable, café, que es sólo un poco más pesado que el horizonte superior. Carece de estructura y es de reacción ligeramente ácida, pH de 6.0 a 6.5. El subsuelo más profundo, o sustrato, es franco arcilloso de color café amarillento que se asemeja a los suelos profundos Tecpán y Cauqué. Parece probable que las capas superiores han desarrollado de un depósito más reciente y no de un material como éste. Carece de estructura pero es suave y friable. Tiende hacia la ceniza volcánica pomácea relativamente no intemperizada, a una profundidad cerca de 2 metros. La reacción es de mediana a ligeramente ácida, pH alrededor de 6.0.

Uso y recomendaciones

Gran parte está con bosques, pero las cimas de las colinas de las pendientes menos inclinadas están sembradas con maíz y frijol y en las pendientes más altas, se cultiva trigo. El mejor uso es para pastos o para bosques y sólo las áreas menos pendientes deberían ser cultivadas. Debería seguirse una rotación de 3 ó 4 años, que incluya plantas de forraje para corte y una de abono verde que pueda ser usada para pastoreo. Esto presupone el desarrollo de la industria ganadera, ya que se encuentra en una región que se adapta bien a la ganadería y a la industria lechera, la producción de papas también puede ser incrementada. Todas las áreas que no están en bosque deberían ser protegidas por canales para desviar el agua y controlar el pastoreo excesivo, para evitar la erosión.

Topografía y Geología

Ocupan pendientes inclinadas en muchos lugares más del 50% a lo largo de la escarpa entre el Altiplano Central y el Declive del Pacífico. La elevación varía entre 1300 a 2100 msnm. Parecen áreas de suelo erosionado, como los de Tecpán y Cauqué que se han desarrollado sobre depósitos pomáceos.

c. Suelos de Alotenango (Al)

Los suelos de Alotenango son profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica reciente, suelta y de color oscuro. Ocupan pendientes inclinadas y se encuentran a elevaciones entre 750 y 1800 msnm. Se asemeja a los suelos Yepocapa, pero éstos están desarrollados sobre ceniza cementada y ocupan pendientes de una inclinación más suave que los suelos Alotenango. La mayoría de las áreas se encuentran en la falda del volcán de Fuego, pero algunas se encuentran a altitudes medianas en otros volcanes. Casi todo se encuentra libre de piedras, pero en algunas localidades se encuentran rocas de un diámetro mayor de 30 centímetros.

Perfil del suelo: Alotenango Franco arenoso

En algunas áreas vírgenes existe en la superficie una capa parcialmente descompuesta de materia orgánica de 2 a 4 centímetros de espesor, pero en otras que han sido limpiadas o cultivadas, esta capa se ha lavado, quemado o se ha mezclado con el suelo superficial. La reacción es de ligeramente ácida a neutra, pH alrededor de 6.5.

El suelo de la superficie, a una profundidad de 25 o 40 centímetros, es franco arenoso suelto o franco arenoso fino de color café oscuro a café muy oscuro. En algunos lugares, particularmente

en áreas cultivadas, este material no tiene estructura, pero en otros se ha desarrollado una estructura granular poco manifiesta. La reacción es de mediana a ligeramente ácida, pH alrededor de 6.0.

El subsuelo a una profundidad alrededor de 75 centímetros, es franco arenoso suelto de color café a café grisáceo oscuro. En la mayoría de los lugares este material no tiene estructura, pero en otros se ha desarrollado una estructura granular poco manifiesta. La reacción es de mediana a ligeramente ácida, pH alrededor de 6.0.

El subsuelo más profundo, a una profundidad aproximada de 110 centímetros es ceniza volcánica máfica suelta, parcialmente intemperizada de color gris o gris cafésáceo. En casi todos los lugares existe un contenido alto de grava fina y gruesa. La reacción es de mediana a ligeramente ácida, pH alrededor de 6.0.

El substrato es ceniza volcánica o escoria máfica, angular y suelta que varía en textura de menos de 1 milímetro a más de 1 centímetro de diámetro. La reacción es de mediana a ligeramente ácida, pH alrededor de 6.0.

Uso y recomendaciones

Gran parte tiene bosque y maleza, en algunas áreas, en particular las que ocupan pendientes suavemente inclinadas, están sembradas con caña de azúcar y otras con café; las áreas que generalmente está a más de 1300 metros de altura, están sembradas con maíz. Tal vez esté mejor adaptado para la producción de café, pero como es muy erosivo, el plan de siembra debe ser trazado cuidadosamente y las filas de los árboles deben seguir el contorno del terreno. De esta manera se puede evitar la erosión, en particular la de tipo que forma zanjas y se planta café en barreras o al sol, se debe manejar siempre una alfombra de materia orgánica constituida por hojas parcialmente descompuestas sobre la superficie.

d. Suelos de Yepocapa (Ye)

Los suelos de Yepocapa están bien drenados, son de poco a muy profundos, desarrollados sobre ceniza volcánica de color oscuro en un clima cálido húmedo. Ocupan relieves de inclinados a muy inclinados a altitudes medianas en la parte Sur Central de Guatemala. Se asemejan a los suelos Panán y Cojolate pero son menos pedregosos y no tienen un sustrato tan compacto como éstos. La vegetación natural es un bosque decídúo con malezas densas.

Perfil del suelo: Yepocapa franco gravoso

El suelo de la superficie, a una profundidad cerca de 50 centímetros, es franco gravoso, café oscuro a café muy oscuro. Carece de estructura; es moderadamente firme en algunos lugares, pero es fácilmente penetrado por la humedad y las raíces. La reacción es ligeramente ácida, pH 6.0 a 6.5.

El sustrato es ceniza volcánica arenosa de color oscuro, débilmente cementada pero porosa. Hay muy pocas rocas en este material. Esta capa varía en espesor de 20 centímetros a más de un metro y descansa sobre brecha de toba similar al sustrato de los suelos Colojate.

Uso y recomendaciones

Gran parte del área se usa para café, pero un área considerable está en potreros. El maíz y el frijol también son cultivos importantes. Parece ser adecuado para la producción de café y la extensión actual de esta siembra puede aumentarse. Se recomienda el café al sol, pero todas las filas deben estar en curvas a nivel y se deben introducir rotaciones que incluyan pastos o plantas de cobertura.

C. Geología

Se han desarrollado sobre lo que parece ser ceniza volcánica relativamente reciente, que fue expulsada por el volcán de Fuego y tal vez por el Acatenango. Esta ceniza fue depositada en una corriente lamosa (o laha) anterior o de la misma edad. En algunos lugares el material está estratificado, estando estos estratos distribuidos por tamaño de partículas, lo que se verificó probablemente mientras el material caía y no como resultado de la acción del agua.

D. Aspectos Climáticos

El clima de la microcuenca es templado y frío entre los meses de diciembre a febrero, marcándose dos épocas en el año: época seca y época lluviosa.

Las temperaturas medias fluctúan entre los 9.4⁰C y los 17⁰C. La temperatura más baja es la de 9.4⁰C que se presentan en la parte alta del volcán y que pueden llegar hasta los 7⁰C. La temperatura máxima puede llegar hasta los 26⁰C, pero se mantiene en los 17⁰C, que se presentan en el área ubicada entre la montaña del Socó y el volcán de Acatenango.

La humedad relativa dentro de la microcuenca tiene un rango de entre el 70 y 80%, pues su condición de humedad es de húmedo y subhúmedo, abarcando en un 90% la condición de subhúmedo y en un 10% la condición de húmedo.

La precipitación pluvial es de alrededor de 1500 milímetros anuales, de esta cantidad junio y septiembre son los meses más lluviosos, con un promedio mensual de 260 milímetros; de los datos anteriores se distribuyen 175 milímetros promedio en los meses de la época lluviosa, y el resto en la época seca. (Lira, 2003)

Los vientos predominantes son los alisios, con dirección de Noreste a Sudeste; con un promedio de 25 kilómetros por hora de los meses de enero a junio y mínimos promedios de 13.5 kilómetros por hora de junio a diciembre. Aunque se dan máximos de 40 a 50 kilómetros por hora en los meses de noviembre y diciembre (Lira, 2003).

El promedio de exposición solar es de 6.6 horas diarias. En los meses de enero a marzo se registran promedios de 7.5 horas, debido a la ausencia de nubes. Es por ello que en la época lluviosa las horas de insolación se reducen a 4 horas diarias. (Lira, 2003)

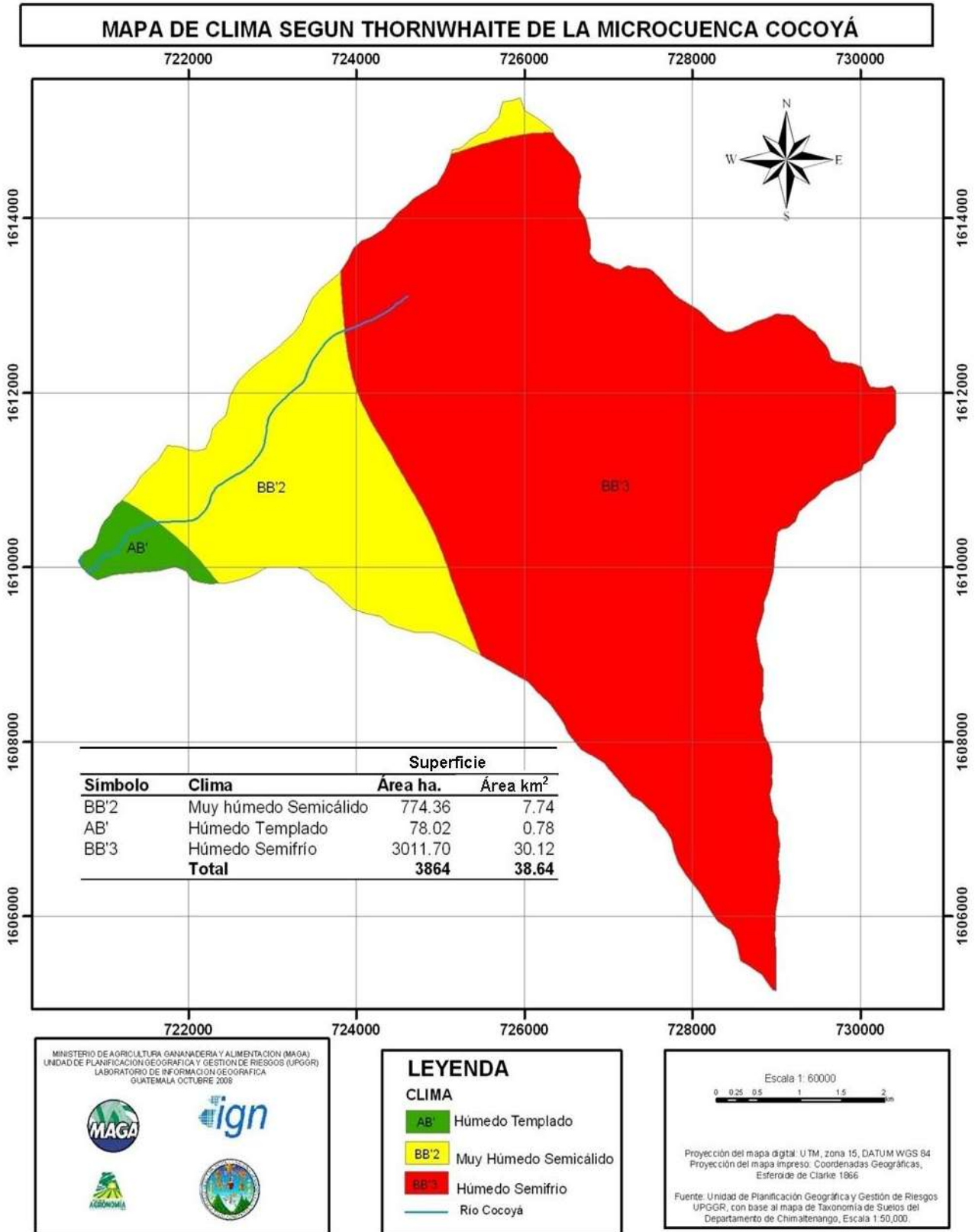


Figura 12. Mapa climático de la microcuenca del río Cocoyá de acuerdo con Thornthwaite

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 Objetivo general

Estimar la pérdida de suelo por efecto de la erosión hídrica para la elaboración de una propuesta general de manejo en la microcuenca del río Cocoyá, Acatenango, Chimaltenango.

2.4.2 Objetivos específicos

- Analizar las causas que provocan la erosión hídrica dentro de la microcuenca.
- Estimar la pérdida de suelo por efecto de la erosión hídrica.
- Formular lineamientos generales de manejo de la microcuenca con énfasis a la conservación del suelo.

2.5 METODOLOGIA

Hay varias metodologías para el cálculo de la erosión hídrica, pero la metodología que se utilizó fue la ecuación universal de pérdida de suelo modificada –EUPSM-, porque la información disponible se adaptaba más a esta metodología, aunque la información climática no es muy consistente, se hicieron varios ajustes a la metodología para adaptarla a la disponibilidad de información. A continuación se muestra un esquema de la metodología utilizada donde se describen para cada objetivo las actividades realizadas.

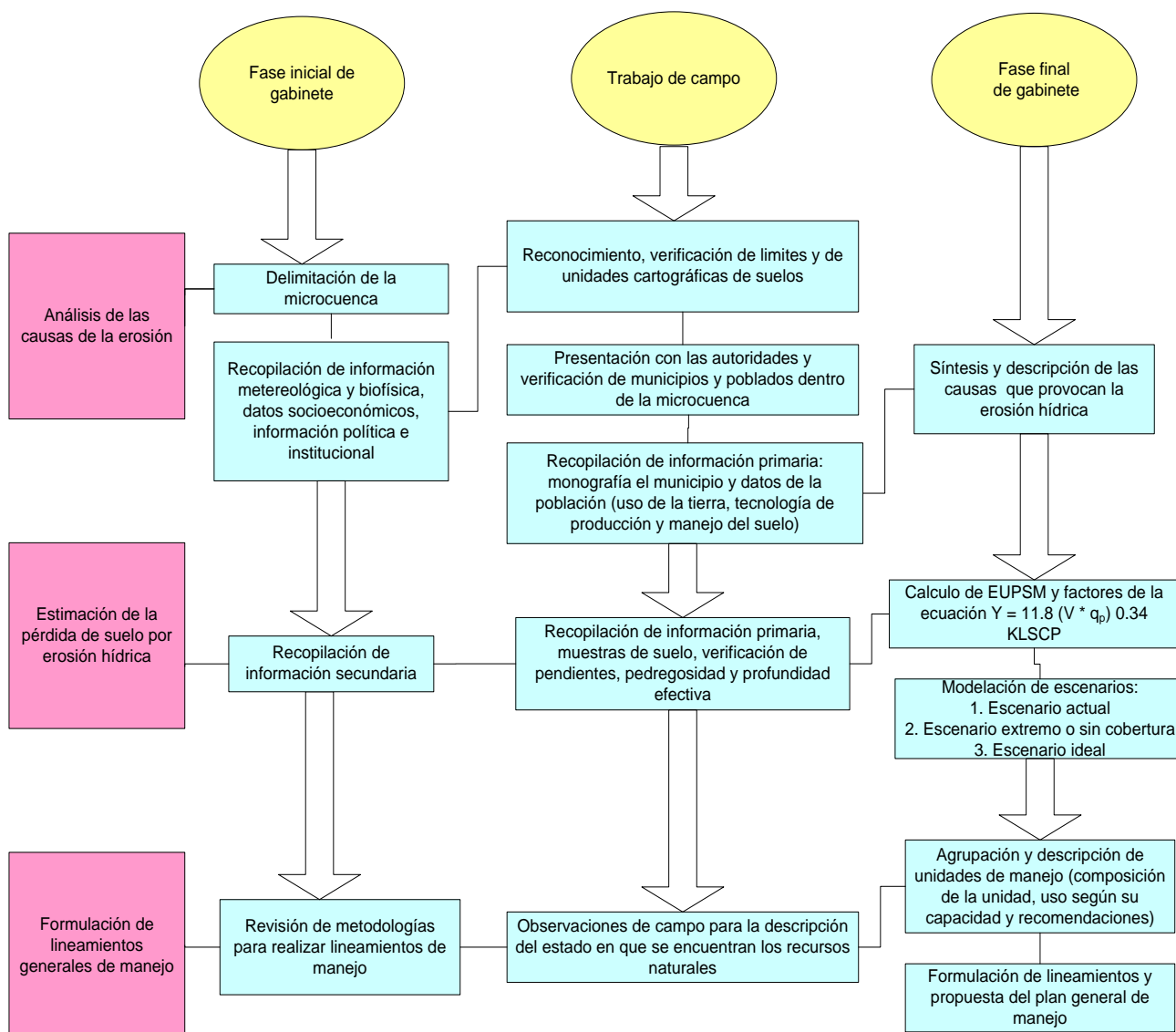


Figura 13. Esquema metodológico del estudio de la erosión de la microcuenca del río Cocoyá

2.5.1 Estudio de las causas de la erosión hídrica dentro de la microcuenca

Para determinar las causas que producen el fenómeno de erosión dentro de la microcuenca, se tomaron en cuenta dos aspectos: Biofísico y socioeconómico. Para cada aspecto se definió una metodología de trabajo.

A. Delimitación de la microcuenca

Para elegir la microcuenca, se utilizó el mapa de cuencas de la República de Guatemala del año 2009, generado por el MAGA-UPGGR, con el método desarrollado por Otto Pfafstetter (1989), para el Departamento Nacional de Obras de Saneamiento –DNES- de Brasil que utiliza cuencas de nivel 8 (MAGA, 2009).

Luego de elegir la microcuenca a trabajar, se realizó la verificación de la línea del parte aguas, y se definieron los límites, con la utilización de la fotointerpretación de las ortofotografías aéreas del área en estudio, a escala 1:20,000 (número de ortofotografías: 7, 12, 13, 16, 18 y 23 de las hojas cartográficas 2059IV).

a. Reconocimiento del lugar y verificación de límites

Se realizaron salidas de campo hacia el área de estudio, donde se solicitó una persona de la municipalidad para hacer un reconocimiento del lugar. Con la ayuda de esta persona se verificaron los límites de la microcuenca, y se delimitó hasta donde llegaba el cauce del río y el área de influencia de la microcuenca con la verificación de los parteaguas.

B. Aspectos Biofísicos

Dentro de esta categoría se tomaron en cuenta los aspectos que más pueden influir en la pérdida de suelo por erosión hídrica. Estos son: el propio suelo, la precipitación pluvial, cobertura y uso de la tierra y la fisiografía. Para tomar en cuenta estos aspectos, se realizaron mapas temáticos de la microcuenca, utilizando el programa Arc-gis 9.2 y trabajando a escala de semidetalle 1:50,000.

a. Mapa de ubicación

El mapa base se generó con la ayuda de las ortofotografías a escala 1:20,000 generadas para el año 2006, y con las capas de caminos, ríos, poblados y cobertura, generados a escala 1:50,000 por la UPGGR-MAGA y la hoja topográfica generada por el Instituto Geográfico Nacional –IGN-.

Con las ortofotografías se fue corrigiendo el mapa de cobertura, haciendo grandes o pequeñas aquellas áreas que no coincidían, además se corrigieron algunas líneas de los poblados; luego de tener el mapa de cobertura y poblados, se agregaron las capas de caminos, ríos y límites municipales, con las cuales se realizó un corte (un clip), de esas capas quedando visible sólo lo que correspondía al área de la microcuenca. Con estos componentes, quedó generado el mapa base a escala 1:50,000.

b. Mapa de clasificación taxonómica de suelos

Este mapa se realizó con la clasificación taxonómica de suelos para el departamento de Chimaltenango, generada para el proyecto de taxonomía de suelos por la UPGGR-MAGA, para el departamento de Chimaltenango. Se seleccionaron las observaciones y las calicatas que se realizaron dentro del área de la microcuenca y luego se realizó el mapa con un corte de la información para la microcuenca, obteniendo de esta forma la clasificación taxonómica del área de estudio para poder analizarla.

c. Mapa de uso de la Tierra

Con el programa Arc-gis 9.2 y las ortofotografías de la microcuenca (7,12,13,16,18 y 23 de las hojas topográficas 2059IV), fue generado el mapa de uso de la tierra, seleccionando las áreas que fueran homogéneas y delimitándolas de tal manera que quedaran polígonos con el mismo uso. Luego de tener los polígonos delimitados, se realizó la clasificación de éstos, utilizando la leyenda del mapa de uso 2006 a escala 1:50,000 generado por la UPGGR-MAGA. También se utilizaron fotografías aéreas de años anteriores para determinar si había habido un cambio de uso de la tierra y con esto analizar si ha creado una influencia en la pérdida de suelo por erosión hídrica.

d. Información Climática

Dentro de esta información únicamente se tomó en cuenta la precipitación anual y mensual, con la que se determinaron los meses más lluviosos y por medio de esto analizar cómo afectaba la precipitación. Los datos de la precipitación se obtuvieron de una estación cercana a la microcuenca, que se ubica en la finca San Diego Buena Vista, Acatenango, pues en el INSIVMEH no cuentan con estaciones meteorológicas cercanas a la microcuenca.

Para la ecuación, es necesario obtener datos de intensidad de lluvia en 30 minutos (I_{30}) y caudal máximo de escurrimiento (qp), por lo que se realizó un análisis de correlación con de los datos de

precipitación de la microcuenca con los datos para estaciones cercanas a la microcuenca, estas estaciones utilizadas como comparadores son estación del ICTA, Alameda ubicada en Chimaltenango y estación de Santiago Atitlán, ubicada en Sololá. El valor de intensidad para cada estación se calculó con los datos generados por el INSIVUMEH en el análisis regional de crecidas, donde ya hay valores para cada estación meteorológica dentro del país. Luego de obtener los datos de la correlación simple y de intensidad de lluvia, se generó una ecuación donde se obtuvo el valor de $Y = I 30$, (para ICTA-Alameda y Santiago-Atitlán). Luego se calcularon los valores de la ecuación para cada estación y se realizó un promedio de las dos ecuaciones para obtener los valores de la microcuenca. Se utilizaron diferentes períodos de retorno que después de evaluarse, y se decidió tomar en cuenta los valores para un período de retorno de 10 años, ya que es un tiempo promedio que no está muy cercano a pasar y que tampoco se aleja de la realidad.

e. Información fisiográfica

A través del programa Arc-gis 9.2 y con el modelo de elevación digital de la microcuenca, se dividió toda el área de la microcuenca en unidades fisiográficas, tomando en cuenta el paisaje, forma del terreno y tipo de relieve.

Elaboración de mapas para el estudio de capacidad de uso de la tierra (INAB)

Para aplicar la metodología INAB, se dividió el área de estudio en unidades fisiográficas utilizando las ortofotografías aéreas y con la ayuda de la fotointerpretación de éstas. Luego de tener las divisiones de unidades fisiográficas, se elaboró el mapa de pendientes, donde se utilizaron los modelos de elevación digital –MED- de la microcuenca (número de modelos de elevación: 7, 12, 13, 16, 18 y 23 de las hojas cartográficas 2059_IV) que están generados a partir de las ortofotografías a escala 1:20,000 con una precisión de 5 metros aproximadamente y se clasificaron las áreas en base al rango de pendientes que utiliza la metodología INAB, que para este caso se utilizaron las 4 clasificaciones de pendientes para las tierras altas volcánicas que es a la región fisiográfica que pertenece la microcuenca.

D. Aspectos socioeconómicos

Los aspectos socioeconómicos se analizaron por medio de recopilación de información primaria y secundaria. Para la primera fase de gabinete, la información recopilada fue secundaria, debido a las fuentes de información utilizadas.

a. Compilación de información secundaria

La información que se utilizó es la de población total, de los poblados que se encontraban dentro del límite de la microcuenca, para analizar el crecimiento poblacional y la influencia que tiene la población sobre el recurso suelo. También se consultó la información del censo agrícola, como los cultivos que se tienen plantados, sistemas de producción y cultivos de subsistencia. Esta información es la generada por el Instituto Nacional de Estadística –INE-.

Otra fuente de información fue la de la municipalidad, donde se solicitó información de estudios previos, pero las autoridades encargadas mencionaron que no contaban con esa información y ellos únicamente proporcionaron la información de la monografía del municipio que es la que está disponible en una página de internet, en donde además de mencionar información histórica y cultural, también menciona los recursos naturales con los que cuenta y los principales problemas que se han presentado en relación a estos.

b. Información política e institucional

Por medio de la municipalidad, se identificaron las instituciones y organizaciones no gubernamentales que están presentes dentro del área y que se relacionan con el tema de los recursos naturales, además se identificaron las organizaciones que han estado con anterioridad y los proyectos relacionados con los recursos naturales que se estén ejecutando y los que ya finalizaron. Esta información se compartió con los pobladores, ya que algunas personas no estaban enteradas de los programas y de las instituciones u organizaciones no gubernamentales que les pueden ayudar.

c. Presentación con las autoridades

Previo a realizar cualquier actividad en el campo fue necesario informar a las autoridades del municipio acerca del proyecto de investigación, para ello, lo primero que se realizó fue una visita a la municipalidad de Acatenango, específicamente a la oficina municipal de planificación y se les informó sobre las actividades a realizar dentro del área de estudio, así como los beneficios a obtener con el tema de investigación. También se les solicitó su apoyo para informar a los alcaldes auxiliares y a los comités de desarrollo comunitario –COCODES-, que se trabajaría en algunas comunidades.

d. Datos para el estudio de capacidad de uso de la tierra (INAB)

Los datos de campo fueron: pedregosidad, drenaje y profundidad efectiva. Para los primeros dos, únicamente se observaron en cada unidad fisiográfica; para la profundidad efectiva se utilizó un barreno. Debido a que estos datos ya fueron generados por el proyecto de elaboración del mapa taxonómico de suelos a escala 1:50,000 de la UPGGR-MAGA, solamente se realizó la verificación de algunas unidades fisiográficas en donde se estableció que era deficiente.

E. Compilación de información primaria

Esta información se obtuvo con las visitas que se realizaron a los pobladores, donde se verificó el uso de la tierra que fue digitalizado a través de las ortofotografías; también se verificaron las pendientes y las unidades fisiográficas, y se tomaron datos de pedregosidad y calidad del drenaje.

Para la obtención de información acerca de los cultivos utilizados, técnicas de producción y principales problemas con el suelo, se realizaron entrevistas indirectas a las personas que se encontraban trabajando. También se les consultó si les han brindado asistencia técnica, de parte de alguna institución, además si tenían conocimiento de la erosión, tanto de sus causas como sus problemas, y el grado de implementación de algunas prácticas de conservación y por qué las habían implementado.

F. Evaluación de datos obtenidos

a. Aspectos Biofísicos

Luego de la visita realizada al área de estudio, fue necesario hacer un análisis comparativo de la información obtenida en el campo con la información generada en el programa Arc-gis 9.2, para realizar las correcciones necesarias, permitiendo que la información fuera válida y consistente.

En el recorrido de campo, se logró determinar que los límites de la microcuenca y las colindancias de ésta eran las correctas, por lo que únicamente se realizó de nuevo el trazado del río.

Se hizo una tabulación de toda la información de los mapas y de la información recolectada en el campo, dejando así estructurado un diagnóstico general de la microcuenca, donde se mencionan los principales recursos naturales con los que cuentan y las características generales del lugar como clima y vegetación, así como las costumbres que practican las personas para el manejo de sus cultivos y los cultivos que utilizan.

También se tabuló la información del sondeo realizado, donde se enlistaron los principales problemas que las personas consideraban importantes.

b. Estudio de capacidad de uso de la tierra

Para generar el mapa de uso preliminar se hizo una sobreposición de los mapas de pendientes y profundidades, dejando para cada unidad fisiográfica un rango de pendiente y un valor de profundidad efectiva.

El mapa final de capacidad de uso de la tierra se generó a través de la adición de los factores modificadores, de pedregosidad y drenaje, a cada unidad de capacidad de uso preliminar.

El mapa de intensidad de uso se generó a través de la comparación del mapa de capacidad de uso de la tierra con el del uso de la tierra para el año 2009, definiendo si la tierra estaba sobreutilizada, subutilizada o utilizada correctamente.

c. Aspectos sociales y políticos

Dentro de estos aspectos, se tomaron en cuenta algunos datos estadísticos de la población obtenidos del censo poblacional 2002, generados por el INE. Algunos datos ya estaban tabulados en la información que se obtuvo de la monografía del municipio y otros se tabularon de la base de datos del INE. Luego se analizó la información, generando algunas conclusiones. También se enlistaron las instituciones gubernamentales y no gubernamentales que están presentes dentro del área. A través del sondeo se pudieron enlistar algunas opiniones de los pobladores de las ventajas y desventajas al tener estas instituciones dentro del área. De esta manera se logró describir los principales problemas sociales y políticos dentro de la microcuenca.

2.5.2 Estimación de la pérdida de suelo por erosión hídrica en el área de estudio

A. Recopilación de Información Secundaria

Se consultaron varios estudios realizados acerca del tema, y en base a esta información se determinó que la metodología a utilizar sería EUPSM, aunque algunos datos serían adaptados a las características del lugar de estudio.

Se utilizó la información de mapas temáticos para analizar los datos a obtener de la ecuación. La información que se utilizó es la del mapa base, donde se ubicaron los poblados que se encuentran dentro de la microcuenca, las carreteras para ubicar las vías de acceso; los ríos o quebradas

presentes dentro de la microcuenca y la cobertura; también se utilizó la información del mapa geológico, para saber cual es material parental que está formando los suelos y realizar un mejor análisis de el proceso de erosión.

El mapa de uso se generó mediante digitalización de las ortofotografías del área de estudio, el cual fue utilizado para calcular el factor "C" de la EUPSM.

El mapa de pendientes del terreno se generó con el modelo de elevación digital y se utilizó para calcular el factor de la pendiente.

En base al mapa de clasificación taxonómica de suelos se analizó el material del que se componen los suelos en toda su estructura, tomando en cuenta características físicoquímicas, las cuales se utilizaron en el cálculo del factor K que toma en cuenta la granulometría (porcentaje de limo, arenas y arcillas), materia orgánica, estructura del suelo y permeabilidad; estos datos se encuentran disponibles en la base de datos de la UPGGR-MAGA.

B. Recopilación de Información Primaria

Los datos de campo para calcular la lámina de suelo que se pierde, son muestras de suelo, que fueron obtenidas de la base de datos generada, por el proyecto de Taxonomía de Suelos de la UPGGR-MAGA, debido a esto no fue necesario tomar muestras en el campo ya que la información ya estaba generada y disponible.

Para la gira de campo se realizó únicamente una verificación de los datos, mediante barrenajes en algunas unidades fisiográficas. De estas muestras tomadas, se utilizaron datos de materia orgánica, textura, estructura y permeabilidad. Aparte de las muestras de suelo también se tomaron datos de profundidad del suelo, pendiente y prácticas de conservación de cada unidad fisiográfica.

2.5.3 Estimación de la lámina de suelo erosionado

Para la estimación de la lámina de suelo se aplicó la ecuación de EUPSM calculado cada uno de los factores que la componen.

La lámina se determinó aplicando la siguiente ecuación:

$$Y = 11.8 (V * qp)^{0.34} KLSCP$$

Donde:

Y = pérdida media anual del suelo (ton/ha/año)

K = factor de erodabilidad del suelo

L = factor de longitud de pendiente

S = factor de grado de pendiente

C = factor de cobertura vegetal

P = factor de prácticas de conservación de suelo

V = Volumen de escurrimiento

qp = escurrimiento máximo instantáneo

C. Estimación de Factores de la Ecuación

i. Determinación de volumen de escurrimiento

Para este valor se utilizó información del uso de la tierra (mapa de uso), textura del suelo y condición hidrológica, que se ingresaron en la siguiente fórmula:

$$V = A * h$$

Donde:

V = volumen de escurrimiento

A = área del evento en metros cuadrados (m²)

h = lámina de esorrentía en metros (m)

$$h = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

$$P + 0.8S$$

Donde:

P = precipitación pluvial

S = Retención potencial máxima (mm)

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

CN = Curva Número

CN_Iif(CN_{II}) = si P < 12.7 mm.

CN_{III}if(CN_{II}) = si P > 38.1 mm.

ii. Determinación de qp (escurrimiento máximo instantáneo)

$$qp = \frac{C * I * A}{360}$$

$$360$$

Donde:

q_p = Caudal máximo de escurrimiento (m^3/seg)

C = Coeficiente escorrentía

I = Intensidad de lluvia mm/hr (para el evento)

A = área de la cuenca (km^2)

$$C = \text{lámina escorrentía } mm (h) / \text{lámina de precipitación}$$

iii. Cálculo de K (Erodabilidad)

Se utilizó el método del nomograma (la forma de utilizar el nomograma se explica en el marco teórico), los resultados obtenidos son con las siguientes dimensionales:

$$k = \frac{\text{ton}}{\text{ha}} * \frac{\text{ha}}{\text{MJ}} \frac{\text{hr}}{\text{mm}}$$

iv. Cálculo de LS

Factor pendiente LS:

$$LS = 10.8 \text{ sen } \alpha + 0.03 (X/22.13)^m \text{ si } S < 9\%$$

$$LS = 16.8 \text{ sen } \alpha - 0.05 (X/22.13)^m \text{ si } S \geq 9\%$$

Donde:

$$m = B/(1+B)$$

X = longitud de pendiente del campo en metros

$$B = (\text{sen } \alpha / 0.0896) / (3.0(\text{sen } \alpha) + 0.56)$$

α = es el ángulo de la pendiente en grados.

v. Determinación de C (cobertura)

Para determinar dicho factor se realizó el mapa de uso 2009 con el que se asignaron valores ya definidos para cada uso (estado particular del cultivo, crecimiento y desarrollo de la cobertura).

vi. Determinación de P (prácticas de conservación)

Para la determinación de este factor se utilizaron unos cuadros (Apéndice 3) donde hay valores de "P" en base a las prácticas de conservación que se estén practicando dentro del área, que

previamente se verificaron en el campo. Cada uno de esos valores que se asigne será un escenario de evaluación.

vii. Modelación de Escenarios

Se realizó la modelación de dos escenarios, además del escenario actual; uno de los escenarios es un escenario ideal donde se incluyen valores del factor “C” para el uso de la tierra según su capacidad y también valores de prácticas de conservación ideales para cada unidad de muestreo en base a la pendiente. Otro escenario es un escenario extremo donde se toman valores para el factor “C” de cultivos limpios sin ninguna práctica de conservación. Se modificaron estos dos factores ya que son los que se pueden modificar pues los demás factores son impredecibles debido a la dinámica de la naturaleza, por lo tanto esos valores quedarán constantes.

2.5.4 Formulación de lineamientos generales de manejo de la microcuenca, con énfasis en la conservación de suelos

A. Revisión de Información

Se revisaron diferentes metodologías para priorizar problemas y realizar los lineamientos de manejo, también se revisaron algunos planes de manejo realizados en áreas cercanas como el plan de manejo para la cuenca Xayá-Pixcayá y para la cuenca Coyolate. Se realizó la planificación del diagnóstico de la microcuenca, priorizando las actividades a realizar en la fase de campo.

a. Diagnóstico general de la microcuenca

Para conocer la situación actual del recurso suelo dentro de la microcuenca se hizo necesario realizar un diagnóstico general, con el que se identificaron problemas relacionados con el tema de la erosión y que auxiliarían a sugerir actividades de conservación dentro de la microcuenca. El diagnóstico se realizó mediante un sondeo dentro del área, con un recorrido y observando los principales problemas, además de una entrevista indirecta con algunos agricultores para complementar la información.

B. Estructuración y elaboración de lineamientos de manejo

Se analizó la información obtenida del diagnóstico con la que se plantearon lineamientos generales para luego formular actividades enfocadas en el uso sostenible de la tierra, sobre la base del estado actual de los recursos y tomando en cuenta la cantidad de suelo que se pierde por erosión hídrica y las áreas más vulnerables a la erosión de la microcuenca.

Los lineamientos de manejo se estructuraron de la siguiente manera:

- a. Unidades de manejo: Para definir las unidades de manejo, se trabajó la metodología de clasificación de suelos por capacidad de fertilidad (Boul et.al. 1976, 1979, 1981), la que toma en cuenta tres niveles de clasificación: tipo, subtipo y modificadores. Para el *tipo* se toma en cuenta la textura del suelo superficial (de 0 a 20 centímetros), el *subtipo* toma en cuenta la textura del suelo subsuperficial (de 20 a 40 centímetros) y los *modificadores* son características fisicoquímicas de las primeras capas del perfil del suelo.
- b. Síntesis de los problemas y causas identificadas en la microcuenca: Para realizar esta actividad, se tomaron en cuenta las causas de la erosión hídrica y su análisis de éstas, que incluyen el origen de estas causas y el efecto negativo que tienen en el suelo. Además de las causas también se tomó en cuenta la lámina de suelo que se erosiona y las áreas que son más susceptibles para identificar los problemas.
- c. Otro aspecto que se tomó en cuenta fue el socioeconómico, pues dentro de la microcuenca pueden realizarse actividades industriales que estén influenciado de alguna forma el proceso de erosión de los suelos; al igual que el crecimiento poblacional, el cual puede estar muy de la mano con las causas de la erosión, ya que conforme aumenta la población, el espacio de tierra se va reduciendo, causando que el uso sea más intensivo.

Todos estos aspectos se analizaron de forma general para determinar las causas y efectos de la erosión dentro de la microcuenca, y con esto plantear actividades para minimizar las causas y disminuir la erosión hídrica. Este análisis se realizó en conjunto por cada unidad de manejo de suelo, analizando las causas y problemas que se producen para cada unidad y de esta forma proponer actividades por unidad de manejo.

- d. Definición de objetivos

Los objetivos se definieron en base a los problemas identificados y a las causas que estos generan, tanto desde el punto de vista biofísico como socioeconómico.

- e. Esquema de los lineamientos de manejo

Se incluyeron propuestas con actividades para la disminución de los problemas causados por la erosión. Estas actividades se propusieron para cada problema identificado, indicando los objetivos y metodología para cada actividad, así también como los resultados esperados para cada actividad. Las actividades se eligieron a través de un análisis de escenarios, evaluando diferentes

prácticas de conservación para el uso del suelo 2009, estos análisis se realizarían para cada poblado que se incluya dentro de la microcuenca, pues los problemas difieren entre poblados.

2.6 RESULTADOS

2.6.1 Cálculo de la lámina de erosión

Para determinar la lámina de suelo que se pierde por la erosión hídrica se aplicaron varios modelos para obtener cada uno de los factores que influye en la pérdida de suelo por erosión hídrica, los resultados obtenidos se describen a continuación.

Cálculo del volumen de escurrimiento (V) y escurrimiento máximo instantáneo (Qp)

Se hicieron los cálculos para cada unidad de muestreo de suelos, teniendo un total de 45 unidades de mapeo, incluyendo tres poblados. Los factores que se determinaron inicialmente fueron el volumen de escurrimiento (V) y el escurrimiento máximo instantáneo (Qp). Se realizaron las comparaciones de las precipitaciones promedio mensuales de cada una de las estaciones con la precipitación pluvial de la microcuenca (estación pluviométrica finca San Diego Buena Vista), con un análisis de correlación lineal simple, se determinó que los datos de ambas estaciones si tienen una correlación lineal simple con los datos de la microcuenca, por lo que se generó la ecuación de cada estación, para calcular los datos de la microcuenca. Luego de calcular el valor de intensidad con las dos ecuaciones, se hizo un promedio de ambos para hacer una aproximación más cercana a la realidad.

Cuadro 16. Resumen de la correlación lineal simple de las estaciones Atilán-Sololá e Icta Alameda-Chimaltenango

ESTACIÓN SANTIAGO ATITLAN		ESTACIÓN ICTA ALAMEDA	
Estadísticas de la regresión		Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.996	Coefficiente de correlación múltiple	0.989
Coefficiente de determinación r^2	0.993	Coefficiente de determinación r^2	0.978
r^2 ajustado	0.902	r^2 ajustado	0.887
Error típico	16.94	Error típico	30.57
Observaciones	12	Observaciones	12

Como se observa en el cuadro anterior, los coeficientes de correlación múltiple son muy cercanos al valor "1" que indican una relación directa entre la precipitación de las dos estaciones evaluadas con la precipitación dentro de la microcuenca. Los valores de r^2 , indican que la precisión de los

datos calculados es de 99 y 97% aproximadamente que indican que se acercan bastante a los datos reales por tal razón se utilizaron ambas estaciones para calcular los datos de la microcuenca.

Cuadro 17. Intensidades de lluvia en 30 minutos (I 30) de las estaciones cercanas y de la microcuenca, para diferentes periodos de retorno Tr

Tr	Estación ICTA- Alameda	Pronóstico Cocoyá	Estación Santiago- Atitlán	Pronóstico Cocoyá	Intensidad promedio
		y= 1.70141359407446X		y= 1.58329810902171X	
	I 30 (mm/hr)	I 30 (mm/hr)	I 30 (mm/hr)	I 30 (mm/hr)	I 30 (mm/hr)
2	51.06	86.88	60.37	95.58	91.23
5	68.06	115.81	71.78	113.65	114.73
10	79.07	134.54	92.00	145.67	140.10
20	80.79	137.47	94.59	149.77	143.62
25	81.29	138.31	93.71	148.37	143.34
30	81.55	138.75	94.24	149.21	143.98
50	82.24	139.93	94.77	150.05	144.99
100	82.85	140.97	95.59	151.35	146.16

Los datos a utilizar son de 10 años de período de retorno, ya que es un tiempo promedio que nos da una probabilidad más cercana a la realidad.

a. Curva número

Luego de tener el dato de intensidad de lluvia en 30 minutos (I 30), se calculó la curva número para cada unidad de mapeo, esto se realizó utilizando datos de uso de la tierra (para el año 2009), textura del suelo superficial y precipitación pluvial promedio mensual. Se determinó el grupo hidrológico en base a la textura de cada unidad de muestreo de suelo, teniendo únicamente dos grupos, el A y el B, para el primero se incluyen los suelos muy arenosos y para el segundo se incluyeron las texturas medianas a finas.

Con el grupo hidrológico y con la cobertura, se determinó el valor de la curva número para una condición de humedad antecedente II que es media como se explica en el marco teórico; pero se corrigió con los datos de precipitación de la microcuenca, definiendo si pertenecían a otra condición de humedad antecedente (AMC). Estos datos se hicieron mensuales, para luego ponderar el valor anual promedio.

Cuadro 18. Condición de humedad antecedente para cada mes

MES	Precipitación pluvial promedio (mm) en el periodo 1977-2009	Cada 5 días	AMC Condición de humedad antecedente
Enero	8.658	1.516	I
Febrero	20.970	2.478	I
Marzo	112304.565	9.043	I
Abril	1233.059	17.435	I
Mayo	1658.353	36.038	II
Junio	4705.714	58.844	III
Julio	1580.207	35.145	II
Agosto	2087.093	40.505	III
Septiembre	5268.372	62.441	III
Octubre	1317.100	31.613	II
Noviembre	124.528	8.344	I
Diciembre	22.353	2.220	I

A. Determinación del volumen de escorrentía

Se calculó la variable "S" retención potencial máxima, utilizando la curva número para cada mes por cada unidad de muestreo de suelos, manteniendo la restricción que si la precipitación es mayor a 0.2S el valor del volumen es cero. Luego de tener 12 valores para cada unidad de muestreo, se hizo un promedio de manera que el valor fuera más cercano a la realidad. Luego se calculó la lámina de escorrentía "h" con el valor de la precipitación mensual promedio y con el valor de "S", que luego se multiplicó por el área de la cuenca (m²), obteniendo como producto el valor correspondiente (m³).

Determinación de $V = A$ (área cuenca) * h (lamina de escorrentía en metros)

$$h = \frac{(P-0.2S)^2}{(P+0.8S)}$$

P= precipitación promedio mensual

S= (25400/CN)-254 para P>0.2S

Determinación de qp

$$qp = C * I * A$$

360

Los valores de área y de intensidad máxima en 30 minutos, fueron constantes para todas las unidades cartográficas de suelos (unidades de muestreo), el único valor que se cambió fue el del coeficiente de escorrentía (C), que era un valor diferente para cada unidad de muestreo (ver apéndices).

B. Cálculo de K (Erodabilidad)

Los datos se obtuvieron a partir de texturas de laboratorio y materia orgánica, teniendo datos para cada unidad de muestreo. Se utilizó el método del nomograma (La forma de utilizar el nomograma se explica en el marco teórico), que da los resultados en:

$$k = \frac{\text{ton}}{\text{ha}} * \frac{\text{ha}}{\text{MJ}} \frac{\text{hr}}{\text{mm}}$$

Los datos se calcularon para cada unidad de muestreo de suelos, pero debido a que varias unidades tenían los mismos valores, se agruparon para hacer un cuadro de resumen que se presenta a continuación:

Cuadro 19. Resumen de los valores de K obtenidos para cada unidad de muestreo

Unidades de muestreo de suelos		(ton/ha) ha/hr MJ/mm
No. De unidad de muestreo	Uso de la tierra (2009)	
1	Cultivos permanentes (café)	0.0154
2	Plantaciones forestales	0.0180
3	Agricultura con cultivos anuales	0.0120
4	Cultivos permanentes (café)	0.0260
5	Bosque latifoliadas	0.0300
6	Bosque mixto	0.0020
7	no suelo	0.017
8	Bosque latifoliadas	0.0118
9	Agricultura con cultivos anuales	0.0300
10	Cultivos permanentes (café)	0.0125
11	Agricultura con cultivos anuales	0.019
12	Cultivos permanentes (café)	0.0260
13	Agricultura con cultivos anuales	0.014
14	Cultivos permanentes (café)	0.008

C. Cálculo de LS

Se utilizaron modelos de elevación digital para clasificar las pendientes utilizando la clasificación de pendientes de USDA, para cada unidad de muestreo y luego se hizo un promedio en base a los rangos de pendientes. Se midió el largo de la pendiente con la ayuda del programa Arc-gis 9.2 midiendo en dirección de la misma.

Factor pendiente LS:

$$LS = 10.8 \text{ sen } \alpha + 0.03 (X/22.13)m \text{ si } S < 9\%$$

$$LS = 16.8 \text{ sen } \alpha - 0.05 (X/22.13)m \text{ si } S \geq 9\%$$

Donde:

$$m = B/(1+B)$$

X = longitud de pendiente en metros (en dirección de la pendiente)

$$B = (\text{sen } \alpha / 0.0896) / (3.0(\text{sen } \alpha) 0.08 + 0.56)$$

α = es el ángulo de la pendiente en grados.

Al igual que el factor k, algunas unidades cartográficas de suelo presentaron valores similares para la longitud de pendiente y porcentaje.

Cuadro 20. Valores del Factor pendiente LS para cada rango de pendiente

% pendiente	Rangos de LS
7-12%	0 - 1.3
12-25%	1.3 - 2.8
25-50%	2.9 - 5.3
50-75%	5.3 - 8.5
Mayor 75%	8.5 - 9.9

D. Determinación de C (cobertura)

Para determinar dicho factor se realizó el mapa de uso de la tierra para el año 2009 (ortofotografías 2006), con el que se asignaron valores ya definidos para cada uso (estado particular del cultivo, crecimiento y desarrollo de la cobertura).

Cuadro 21. Valores de factor C para cada cobertura

Uso de la tierra (2009)	Factor C
Agricultura con cultivos anuales	0.375
Bosque latifoliado (75-100 cobertura)	0.007
Bosque latifoliado (40-70 cobertura)	0.025
Bosque mixto (75-100 cobertura)	0.007
Bosque Coníferas (40-70 cobertura)	0.025
Plantaciones forestales	0.05
Café	0.05
Sistemas silvopastoriles	0.01
Sin cobertura	1

E. Determinación de P (prácticas de conservación)

Para determinar este valor se tomó en cuenta que en ninguna de las unidades de muestreo hay prácticas de conservación de suelo, ya que el bosque es natural y para el café y el maíz tampoco se observaron prácticas de conservación en el trabajo de campo realizado, por lo que el valor para este factor fue 1 asumiendo ninguna práctica de conservación.

Lámina de erosión para cada unidad de muestreo

Se aplicó la ecuación obteniendo diferentes valores para cada unidad de muestreo de suelos, a continuación se muestra el cuadro resumido por cada unidad de muestreo.

Cuadro 22. Lámina de erosión por cada unidad de muestreo de suelos según uso de la tierra 2009

Unidades de muestreo		Lámina de suelo erosionada		
Unidad de muestreo	Uso 2009	ton/ha/año	mm/ha/año	Área ha.
1	Cultivos permanentes (café)	23.88	0.05	605.00
2	Plantaciones forestales	22.94	0.04	41.58
3	Agricultura con cultivos anuales	75.61	0.14	34.82
4	Cultivos permanentes (café)	212.22	0.40	256.83
5	Bosque latifoliadas	20.37	0.04	64.10
6	Bosque mixto	0.96	0.00	170.27
7	Sin cobertura	683.65	1.29	105.04
8	Bosque latifoliadas	12.78	0.02	1167.18
9	Agricultura con cultivos anuales	1555.54	2.93	126.051
10	Cultivos permanentes (café)	82.78	0.16	441.84
11	Agricultura con cultivos anuales	420.20	0.79	226.60
12	Cultivos permanentes (café)	27.37	0.05	26.89
13	Agricultura con cultivos anuales	382.17	0.72	320.33
14	Cultivos permanentes (café)	11.49	0.02	212.55
Total		252.28	0.48	3799

Al inicio se tenían datos de 45 unidades cartográficas, pero al hacer el cálculo de los factores de la ecuación, se unieron algunas unidades quedando únicamente 14 unidades de muestreo, ya que tienen las mismas características, y el valor que se quiere saber es el valor total de la lámina de erosión que corresponde a toda la microcuenca, en el apéndice 19A se describe cada una de las 14 unidades de manejo que se agruparon incluyendo los centros poblados como la número 15.

Como se observa en el cuadro 17, el promedio de la lámina de suelo erosionada, es de 252 ton/ha/año, que es igual a decir 0.48 mm/ha/año, lo que nos da un dato alto de suelo erosionado, que principalmente aportan las áreas donde hay cultivos anuales como maíz y frijol, otras unidades que aportan valores altos, son las que no tienen cobertura que es donde se encuentra únicamente el material originario. Las demás unidades también aportan suelo erosionado, pero debido a su composición fisiográfica y al uso que tienen de cultivos permanentes, los valores no son tan altos como los de las otras unidades.

Para estudios anteriores según Azurdia y Tobias, citados por Gálvez (2000), en el altiplano occidental que es a donde pertenece la microcuenca, se han encontrado valores de hasta 1170 ton/km²/ha, de transporte de sedimentos, pues no se toma en cuenta todo ese suelo que se queda en otras unidades debido al arrastre de partículas. En el caso de cuencas reforestadas se tienen valores de 2.3 ton/km²/ha, para eso se simularon escenarios en donde se pudiera tener una idea de cuánto podría disminuir la lámina al realizar una modificación en el uso de la tierra y aplicar prácticas de conservación de suelos.

2.6.2 Evaluación de diferentes escenarios

Se tomaron en cuenta tres posibles escenarios: un escenario actual, un escenario extremo o sin cobertura y un escenario ideal. Los escenarios se diferencian en la modificación del uso de la tierra y las prácticas de conservación, dejando constantes los valores de erodabilidad (K) y pendiente (LS); esto se realizó para determinar con cuál de los tres escenarios se disminuye de manera considerable la lámina de suelo perdida, además de demostrar que con un escenario extremo el recurso podría perderse en poco tiempo, a continuación se describen dichos escenarios:

Escenario actual: para calcular la lámina de erosión de este escenario, se trabajaron las condiciones actuales de la microcuenca, utilizando el uso de la tierra para el año 2009 y las prácticas de conservación observadas dentro del área, dando como resultado la lámina de suelo

que se erosiona en la actualidad (año 2009). En condiciones actuales con el uso para el año 2009, la cantidad de suelo a erosionarse es de 0.47 mm/ha/año.

Escenario extremo o sin cobertura: para este escenario se tomó hipotéticamente un uso intensivo de la tierra donde la mayor parte se estaría utilizando para cultivos intensivos sin ninguna práctica de conservación y manteniendo constantes los valores de erodabilidad (K) y pendiente (LS), es decir los mismos valores que para el escenario actual; obteniendo la lámina de suelo que se pierde si se hiciera un uso intensivo de la tierra o sea, si se estuviera sobreutilizando.

Como se observa en el cuadro 18, para las condiciones extremas, utilizando la tierra de manera intensiva, se pierden 3.4 mm/ha/año ponderado, que es un valor alto comparado con la lámina de suelo que se erosiona en condiciones actuales.

Escenario ideal: para este escenario también se trabajaron valores hipotéticos de uso de la tierra y de prácticas de conservación, asumiendo que el uso de la tierra es el correcto (utilizando el estudio de capacidad de uso de la tierra), al igual que las prácticas de conservación, sin modificar los otros valores de la ecuación, obteniendo la lámina de suelo que se erosiona de forma natural o erosión geológica. Realizando un uso correcto la lámina de suelo erosionable es 0.01mm/ha/año que es un valor muy bajo no considerable.

En los apéndices se presentan los datos modificados de la curva número para cada uno de los escenarios al igual que los datos para calcular la lámina de suelo erosionada.

Se fusionaron en un cuadro todos los datos y se aplicó la ecuación, dando como resultado, un valor de ton/ha/año para cada unidad y luego ese dato se calculó en lámina de suelo en milímetros.

A continuación se presenta el cuadro de resumen de los datos de los dos escenarios más el escenario actual.

Cuadro 23. Láminas de erosión que se producen en milímetros con tres diferentes escenarios

Unidad de muestreo	Lámina de suelo erosionada para escenario actual		Lámina de suelo erosionada para escenario a capacidad de uso		Lámina de suelo erosionada para escenario sin cobertura	
	ton/ha/año	Mm	ton/ha/año	Mm	ton/ha/año	mm
1	23.875	0.045	10.132	0.019	657.013	1.240
2	22.941	0.043	0.083	0.000	823.138	1.553
3	75.609	0.143	0.023	0.000	233.769	0.441
4	212.218	0.400	34.213	0.065	5698.900	10.753
5	20.372	0.038	0.147	0.000	3899.458	7.357
6	0.961	0.002	0.012	0.000	324.964	0.613
7	683.649	1.290	0.049	0.000	686.951	1.296
8	12.778	0.024	0.141	0.000	2544.539	4.801
9	1555.538	2.935	0.483	0.001	4809.415	9.074
10	82.777	0.156	0.181	0.000	2198.924	4.149
11	420.197	0.793	3.379	0.006	1334.916	2.519
12	27.366	0.052	11.585	0.022	781.030	1.474
13	382.168	0.721	17.513	0.033	1214.102	2.291
14	11.492	0.022	2.982	0.006	339.879	0.641
Ponderado	252.282	0.476	5.780	0.011	1824.786	3.443

Para cada unidad de muestreo se determinó un valor de lámina de erosión, y luego se hizo el cálculo para toda la microcuenca, se evaluaron los tres diferentes escenarios obteniendo el valor total de la lámina de suelo erosionada para cada escenario.

Como se observa en el cuadro 18, el valor total para el escenario actual (uso de la tierra en 2009), es de 252 ton/ha/año y 0.48 mm/ha/año, que indica que esa lámina se erosiona siempre y cuando el uso sea el mismo. Al comparar este valor con el del escenario ideal se puede observar que el valor disminuye muy considerablemente pues para este escenario el uso de la tierra se tomó del estudio de capacidad de uso; pero si se compara con el valor del escenario sin cobertura, se puede observar que se incrementa de tal manera que llega a 1821 ton/ha/año y una lámina de 3.44 mm/ha/año, esta lámina es la que se estaría erosionando en 10 años, si el suelo estuviera sin ninguna cobertura.

Los valores del escenario ideal, disminuyen tanto que algunos llegan a cero, pero es principalmente en donde existe cobertura de bosque o cultivos permanentes arbustivos como café, sin embargo en las áreas donde el uso correcto es agricultura con prácticas de conservación, los valores no llegan a cero, pues a pesar de tener un uso correcto siempre hay suelo que se erosiona debido a la erosión geológica, por lo tanto esa lámina no es significativa, ya que son procesos naturales que no se pueden evitar.

2.6.3 Análisis de las causas de la erosión de suelos y degradación de la tierra

Para hacer un análisis de las causas, se sintetizó la información recopilada en el diagnóstico de la microcuenca, con lo que se realizó un resumen de las causas indicando cuales de éstas son las que más afectan en el proceso de erosión del suelo y la degradación de la tierra de tal manera que se tomen en cuenta en los lineamientos de manejo.

A. Socioeconómicas

a. Demografía

La población total dentro de la microcuenca, es de 7461 personas, que se distribuyen principalmente en los poblados de San Antonio Nejapa, Los Planes y Los Pajales I y II, que son los poblados más cercanos de la cabecera departamental. Del 100% del área de la microcuenca, estos poblados ocupan cerca del 2% del área total.

Existe una densidad poblacional de 193 habitantes por kilómetro cuadrado, comparado con la densidad a nivel del país de 132 habitantes por kilómetro cuadrado, el principal problema es que hay muchas personas concentradas en un área pequeña pues los centros poblados únicamente ocupan un 2% del área total que es donde se concentra la mayoría de las personas, por lo que en esas áreas aumenta la presión por la tierra, trayendo como consecuencias, el uso desmedido de los recursos naturales en esas pequeñas áreas.

a. Organización social

Dentro de la microcuenca se encuentran organizaciones que velan por las necesidades de los pobladores, como los Consejos de Desarrollo Comunitario COCODES y la municipalidad, principalmente. Hay organizaciones que apoyan a la salud, integridad de la familia y educación, estas organizaciones son: MINEDUC (Ministerio de Educación), MSPAS (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social), USAC (Universidad de San Carlos de Guatemala) y FONAPAZ (Fondo Nacional para la Paz). También hay organizaciones del gobierno que apoyan a las

actividades agrícolas dentro de la microcuenca, estas organizaciones son el MAGA (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación), quienes se encargan de dar asistencia técnica a algunos productores principalmente con el uso de fertilizantes; está el INTECAP (Instituto Técnico de Capacitación), que se dedica a dar algunas capacitaciones sobre cultivos y formas de mejorar la producción así como otros cursos cortos para formación de jóvenes a nivel medio. Pero la institución con más presencia dentro de la microcuenca es ANACAFE (Asociación Nacional del Café), quienes dan asistencia técnica a los productores de café, debido a que casi el 75% de los caficultores vende el café certificado, dentro de los estándares de certificación; se tiene una política del manejo adecuado del suelo, así como un límite para aplicación de los fertilizantes y un manejo integrado de plagas de manera que el café sea lo más orgánico, aunque no sea certificado como tal; debido a estos estándares de certificación los técnicos de ANACAFE dan asistencia técnica a los agricultores, indicando la manera adecuada de sembrar el cultivo en contorno para evitar la pérdida de suelo por el arrastre de materiales en pendientes muy pronunciadas, también les han dado algunas pláticas sobre acequias de ladera y pequeños pozos de infiltración, con el mismo objetivo de mejorar el manejo del suelo y evitar que se pierda, además de contribuir a la certificación del café. A pesar de que el manejo del suelo es secundario debido a las necesidades de la certificación, es una manera de iniciar la conservación de suelos, dando como resultado un vivo ejemplo que al manejar de forma adecuada el suelo y al realizar prácticas de conservación, éste no se pierde y por el contrario mejora sus características físico-químicas.

b. Tenencia de la tierra

El principal problema dentro de la microcuenca es la forma de tenencia de la tierra, pues como muestran los datos de la municipalidad el 65% son fincas privadas, que están cultivadas con café y donde el manejo de los suelos se realiza de una mejor manera aplicando prácticas de conservación de suelos; pero el otro 30% los dueños son productores quienes cuentan con pequeñas parcelas donde siembran principalmente cultivos de subsistencia como maíz y frijol, sin realizar prácticas de conservación de suelos, debido a la falta de recursos y la falta de educación acerca del manejo adecuado de suelos, ya que para ellos las prácticas de conservación de suelos ocupan espacio que se aprovecha para el cultivo.

A pesar de ser un problema a nivel nacional, la tenencia de la tierra no es excepción en este municipio y se puede observar desde un escenario externo que la presión por los recursos naturales en este caso el suelo, es más intenso cuando una pequeña porción de la tierra se reparte entre muchas personas, debido a la necesidad de sobrevivir las personas no tienen la

capacidad de implementar otras alternativas además de tener espacios tan pequeños que quieren aprovecharlos al máximo.

c. Actividades productivas y tecnologías de producción

La principal actividad económica dentro de la microcuenca, es la agricultura principalmente el café ya que el 75% de las personas se dedican a trabajar en las fincas de café. También se produce el maíz y frijol como parte de la dieta alimenticia y en menor escala se producen cultivos como hortalizas, aguacate y algunos frutales deciduos manzana, durazno y ciruela.

Para los cultivos extensivos se utilizan herramientas convencionales sin aplicar ninguna práctica de conservación de suelo, pero en las áreas con café, se utilizan herramientas menos convencionales, como barrenos para hoyos de siembras nuevas, chapeadoras de pita, motosierra para podas, podadoras de disco para recepas y descopes, bombas para aplicaciones foliares manuales y motorizadas, entre otras; se utilizan dos especies de café, *Coffea arabica* y *Coffea canephora*, de las cuales se trabajan variedades como Borbón, típica, caturra, catuai, pache y la variedad robusta.

Se realizan algunas prácticas de conservación, pero principalmente en el cultivo de café, estas prácticas son barreras vivas y muertas, siembras en contorno, cortinas rompe viento, terrazas individuales y continuas, pozos de captación y acequias en caminos, además de realizar la eliminación de las malezas de forma manual sin la utilización de herbicidas. Esta tecnología de producción y las prácticas de conservación, se practican en el cultivo del café únicamente, ya que debido a que la mayoría de fincas se encuentra certificadas para la exportación de café, tienen que cumplir con algunos estándares de calidad que obligan a estos productores a realizar prácticas de conservación y a utilizar variedades de café que se adapten a las condiciones del lugar sin necesidad de aplicaciones de fertilizantes.

d. Análisis de las causas socioeconómicas

La actividad productiva dentro de la microcuenca es el café, que se produce en la mayoría de fincas y que es la que más aporte económico provee al municipio, además de generar empleo cuando es la época de cosecha. El maíz a pesar de que es parte de la dieta alimenticia, no ocupa tanta área como el café, ya que es un cultivo de subsistencia que únicamente siembran los pequeños agricultores, quienes cuentan con poca área de tierra para sembrar y lo hacen de una manera intensiva, pues necesitan obtener lo máximo de producción para poder sobrevivir. Esto un

problema generado por el latifundio y minifundio que se da a nivel general en el país, pero que este es un claro ejemplo de las consecuencias de éste problema, ya que pocas personas tienen grandes extensiones de tierra que son las que se siembran de café, mientras que muchas personas que se dedican a los cultivos de subsistencia, tienen muy poca área y a veces en terrenos no aptos para la agricultura (laderas), pero no pueden darse el lujo de pensar en conservar, porque es lo único que tienen para sembrar y poder sobrevivir. Por lo tanto el principal problema socioeconómico dentro de la microcuenca, es la tenencia de la tierra.

B. Biofísicas

a. Suelo

Se realizó un análisis de la clasificación taxonómica de los suelos del área de la microcuenca, donde se determinó que los suelos se están formando a partir de materiales no consolidados, provenientes de depositaciones por eventos volcánicos, debido a que la microcuenca se encuentra influenciada por el “volcán de Fuego”. Esta clasificación taxonómica, indica que los suelos dominantes son los Vitric y Typic Hapludands, caracterizados por densidades aparentes bajas, suelos arenosos con mucha gravilla y retención de fósforo, por lo que son suelos jóvenes donde aún se está iniciando su desarrollo y a pesar que son fértiles, el inconveniente es que son muy sueltos y tienden a formar escorrentía que arrastra materiales provocando la pérdida del suelo, esto principalmente donde la cobertura vegetal es escasa y las pendientes son muy pronunciadas. Por todas las características antes mencionadas y los datos calculados, en áreas sin un uso correcto se pueden perder hasta 2.9 mm/ha/año, que es un dato muy alto ya que para que se forme un centímetro de suelo tendrían que pasar alrededor de 60 años, por lo que se demuestra que la erosión si es alta en estas áreas ya que se pierde de manera considerable el suelo.

a. Precipitación pluvial

Los datos de precipitación se obtuvieron de una estación pluviométrica privada ubicada en una finca cercana a la microcuenca (finca San Diego Buena Vista, Acatenango), ya que dentro del área de estudio, no se encontró ninguna estación meteorológica o pluviométrica. Estos datos fueron tomados desde el año 1977 hasta la fecha; para analizar los datos de precipitación, se realizó un promedio de los datos mensuales, desde el año en que se inició el registro, hasta el presente año. Para los datos de evapotranspiración (ETP), se utilizó un promedio de temperaturas mínimas de la estación El Recuerdo que fue la más cercana al área de estudio, donde se tienen datos desde 1989 hasta 1998, a continuación se muestran los resultados en el climadiagrama.

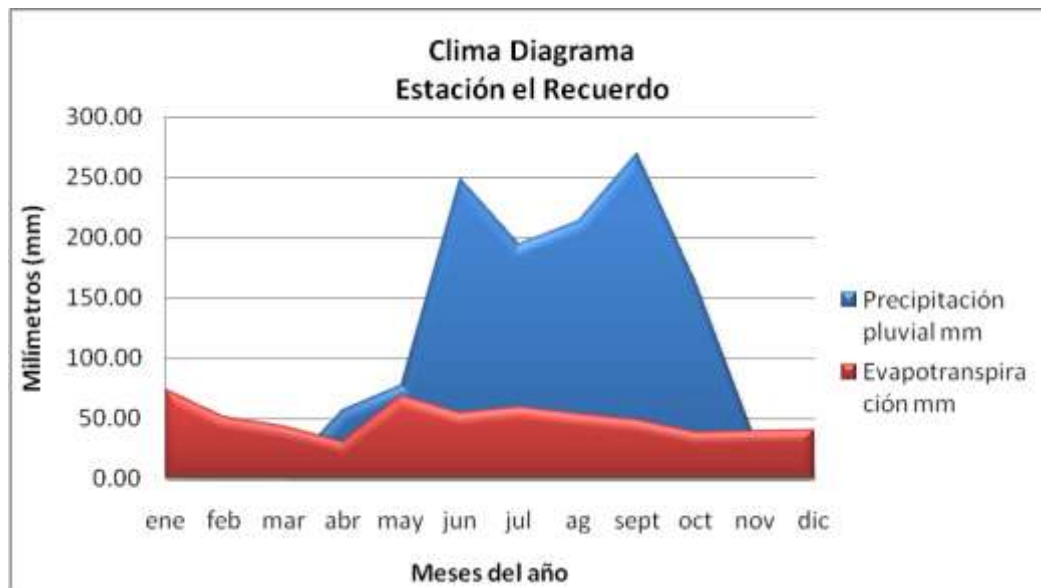


Figura 14. Climadiagrama de la estación meteorológica El Recuerdo, Chimaltenango

Según los datos de precipitación pluvial, la época de máxima precipitación inicia en el mes de mayo, siguiendo un crecimiento hasta julio que es donde se observa un descenso muy irregular, que puede darse por el fenómeno de la canícula. Luego de finalizado el descenso, empieza a subir nuevamente alcanzando su pico más alto en septiembre para volver a descender en noviembre e iniciar el nuevo ciclo. Con esta gráfica únicamente se define una época de influencia de la lluvia que es de mayo a octubre, para los cuales la influencia de la lluvia en la pérdida de suelo es mayor, debido a la escorrentía que se produce, formando surcos que trasladan el suelo a las partes bajas hasta llegar al cauce de la microcuenca.

El efecto de la lluvia sobre el suelo es la escorrentía que se forma cuando la intensidad de lluvia aumente, con los cambios en el fenómeno de la precipitación para los últimos años, se espera que en los siguientes 10 años esta precipitación aumente su intensidad y su duración provocando no solo escorrentía sino también movimientos en masa que es el riesgo más alto y preocupante para estas áreas.

b. Uso de la tierra (cobertura vegetal)

Para analizar este factor biofísico, se realizó el mapa de uso de la tierra del 2009 con la utilización de las ortofotografías aéreas del año 2006.

Además se hizo una etapa de comprobación en el campo, con lo que se generó el mapa de uso de la tierra 2009 para el área de la microcuenca. Los resultados indican que el uso más frecuente

dentro de la microcuenca es el café ocupando 1681 hectáreas equivalentes a 43.56% del área total; le sigue un 627.28 hectáreas de bosque mixto equivalentes a 16.25% del área total; el bosque latifoliado que ocupa un 614.62 hectáreas equivalentes a 15.92% del área total; la agricultura con cultivos anuales principalmente maíz y frijol ocupan 557.33 hectáreas equivalentes a un 14.43% del área total y 219.11 hectáreas ocupadas por bosque mixto abierto que equivale a 5.68% del área total.

A pesar que la mayor parte del área tiene buena cobertura hay un 2.72% del área total que no tiene cobertura y es debido a que estas áreas son misceláneos rocosos y material compuesto por lava en forma de bloques y fragmentos de grava y arena lo que indica que no hay suelo y por lo consiguiente no hay desarrollo de vegetación. La vegetación no ha logrado desarrollarse, debido a las pendientes tan pronunciadas que van desde 50% hasta mayores de 75% y según la serie de suelos de Simmons et. al. (1959), son suelos franco arenosos sueltos con ninguna o poca estructura granular que son propensos al deslave y arrastre de materiales lo que ha propiciado que se formen estas áreas sin suelo y por lo consiguiente sin vegetación.

En la figura 7, el mapa del uso de la tierra, se puede observar que la mayor parte está ocupada por el cultivo de café, que es un uso no intensivo el cual de cierta manera protege al suelo, a diferencia de las áreas de cultivos donde la erosión es alta pero que afortunadamente son muy pequeñas y pueden recuperarse, el resto del área de la microcuenca es ocupada por bosques de diferentes denominaciones, pero que se han mantenido gracias a que son áreas protegidas donde las personas no pueden realizar talas inmoderadas.

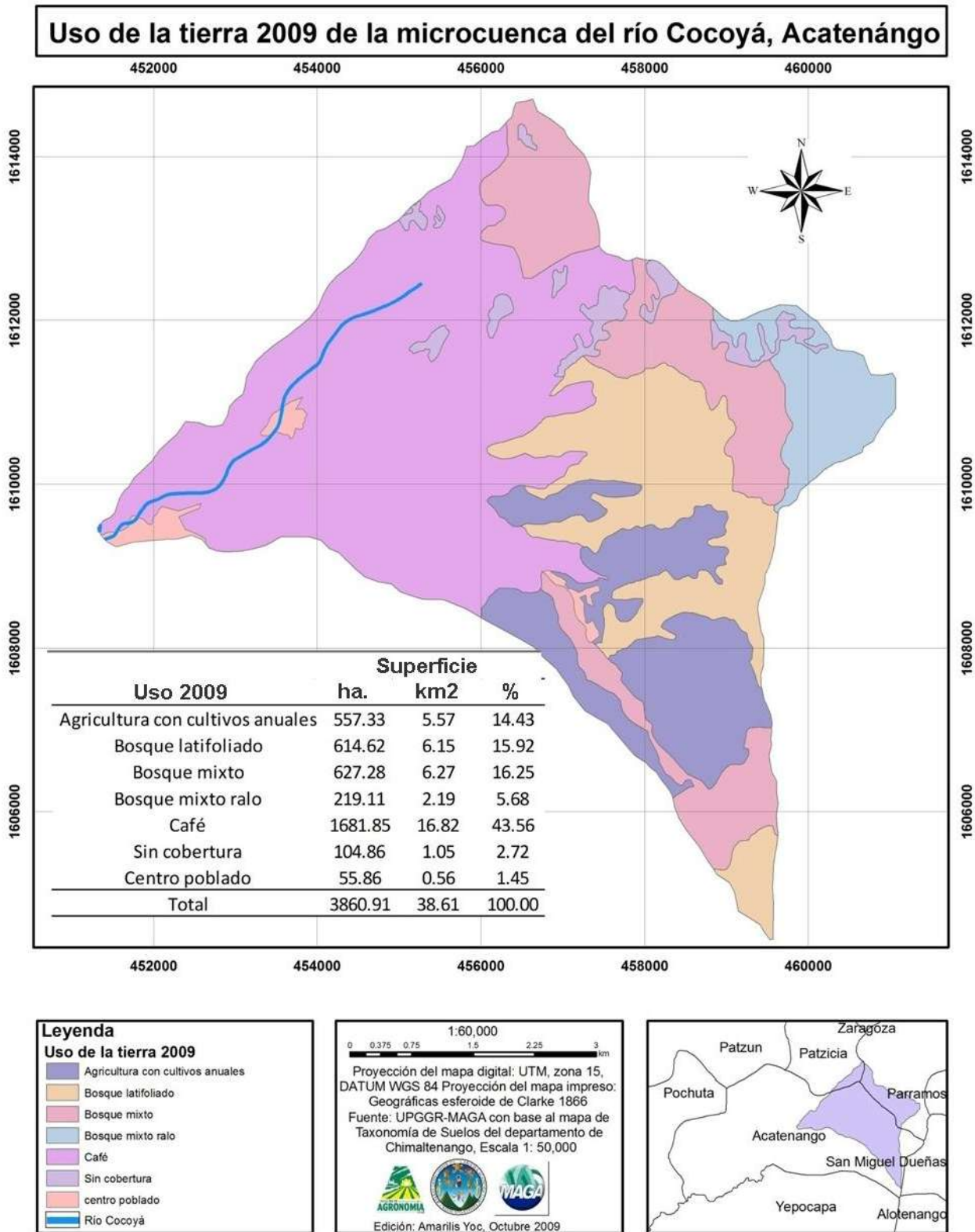


Figura 15. Mapa de uso de la tierra 2009

c. Fisiografía

Se delimitaron las unidades fisiográficas y se tomaron los rangos de pendientes por cada una de las formas del terreno, donde las laderas moderadamente escarpadas son las que más área ocupan, 1868.48 ha. equivalentes a 48.39% del área total que tienen pendientes desde 22% hasta mayores de 55%, por el relieve montañoso que es el que domina. La otra forma del relieve es fuertemente inclinado, que ocupa un 687.83 ha. equivalentes a 17% del área total, que se encuentra en las partes planas entre las montañas, que tienen pendientes de 12% hasta 26%. La forma del terreno de lomas ligeramente escarpadas, ocupa 425.07 ha. equivalente a 11% del área total, con pendientes de 26 a 36% que son pendientes que no dominan el área.

Las otras formas del terreno ocupan pequeñas partes pero que no son las dominantes en el relieve, pero si forman parte y se toman en cuenta; estas formas son: ladera del cono estrato volcán, el estrato volcán, escarpes y cañón.

En general la microcuenca está influenciada por relieve montañoso con pendientes pronunciadas que son mayores al 55%, lo que indica que la el relieve si tiene una influencia directa en la pérdida de suelo por erosión hídrica.

d. Estudio de capacidad de uso de la tierra

- Capacidad de uso

La capacidad de uso predominante dentro del área de estudio, son las tierras forestales y forestales de protección que un 54% y un 11% del área respectivamente, dando un total de 65.92 % del área total (2545.33 ha), indicando la vocación forestal del área de estudio. Las tierras con vocación para sistemas silvopastoriles o agricultura con cultivos permanentes ocupan un 6% y 23.56% respectivamente, dando un total de 29.56% del área total (1141.64). Las actividades agrícolas únicamente ocupan un 4.5% (173.94 ha), del área total, lo que indica que la mayor parte del área de la microcuenca, debería tener un uso orientado a actividades menos intensivas como producción forestal, protección de la biodiversidad y conservación.

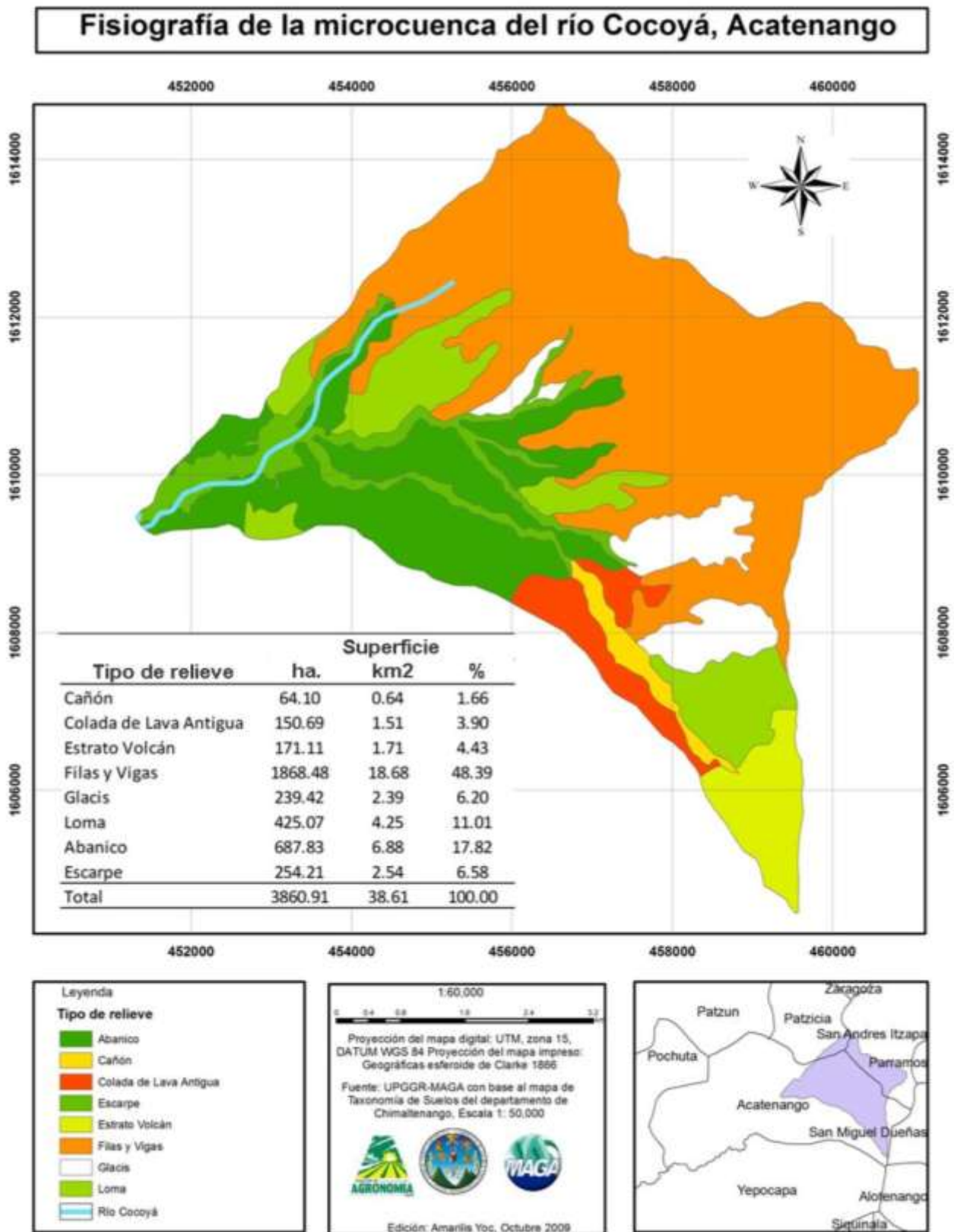


Figura 16. Mapa de fisiografía de la microcuenca del río Cocoyá

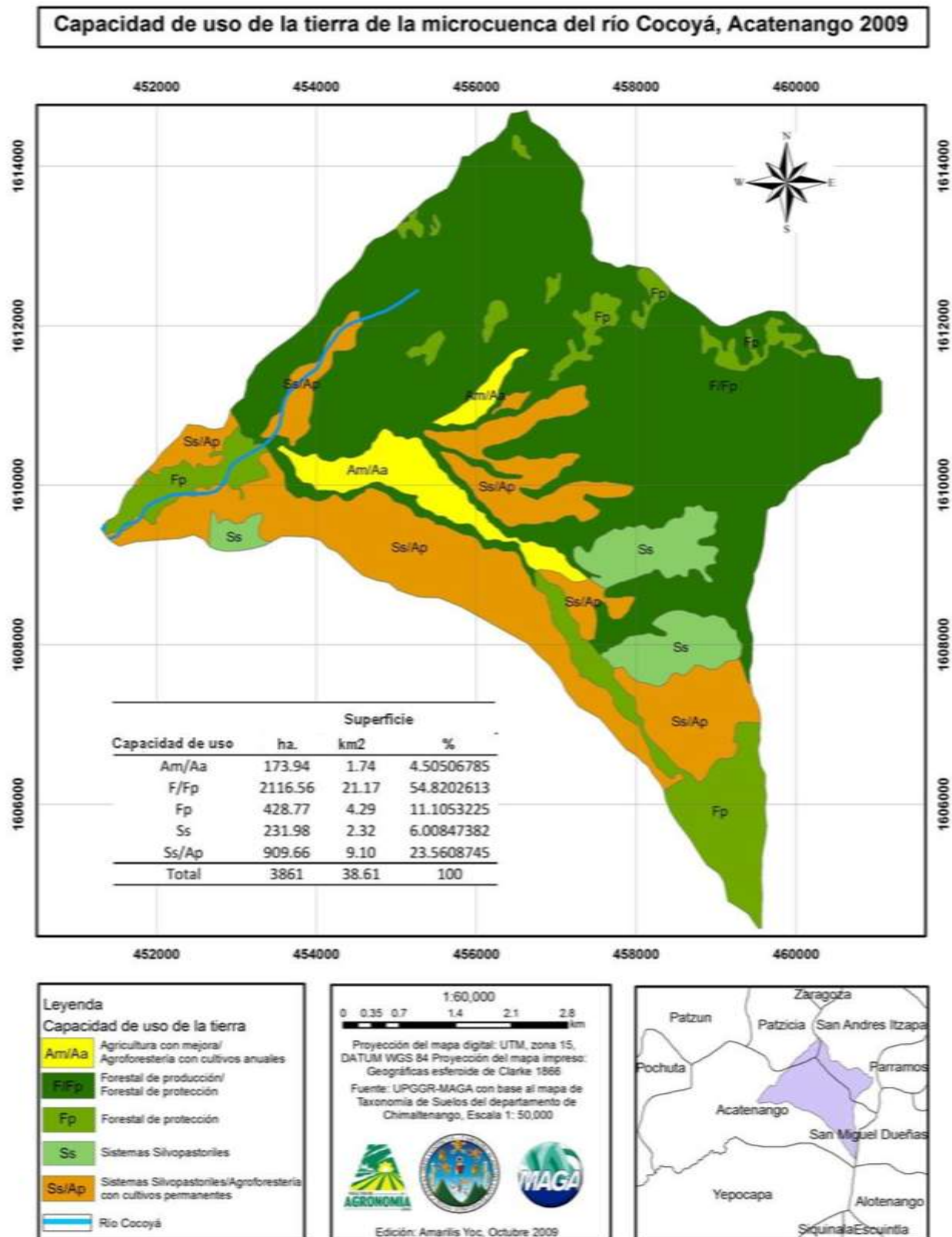


Figura 17. Mapa de Capacidad de uso de la tierra, microcuenca del río Cocoyá

- Intensidad de uso de la tierra

Dentro del área de estudio puede observar que 1860.77 ha. equivalentes a 48.2% del área total de la microcuenca, se encuentra sobre utilizada debido a los pequeños espacios que se utilizan para agricultura intensiva, además de otros lugares donde la pendiente es muy escarpada y se siembra café; aunque hay 1944.29 ha. equivalentes a 50.35% del área total, que se encuentra en un uso correcto, debido al cultivo del café y las reforestaciones con especies arbóreas que se tienen en el lugar que están implementadas en pendientes moderadamente inclinadas y una parte del volcán de Acatenango que por ser área protegida, no ha sido deforestada. Dentro del área de estudio no se encontraron áreas subutilizadas según la metodología.

- Análisis de las causas biofísicas

Dentro de las causas biofísicas, todas Las mencionadas anteriormente, tienen una influencia directa en la pérdida de suelo por erosión hídrica, la taxonomía de suelos indica que están compuestos por texturas gruesas, que a pesar de que no tienen mucha susceptibilidad a erosionarse, por las altas pendientes y por el uso intensivo de la tierra sin ninguna práctica de conservación del suelo, son suelos bastante propensos a la erosión, además de la composición fisiográfica del área, que está compuesta en su mayoría por filas y vigas con laderas mayores de 50 % de pendiente, muy susceptibles a erosionarse; al comparar con la capacidad de uso de la tierra que indica que es para actividades forestales en un 63% aproximadamente, y un uso correcto únicamente para el 53% del área y el resto de la microcuenca, está sobre utilizado, ya que aunque este ocupado por café que es un cultivo permanente, estas tierras deberían utilizarse para producción forestal o protección forestal.

Intensidad de Uso de la Tierra del río Cocoyá, Acatenango 2009

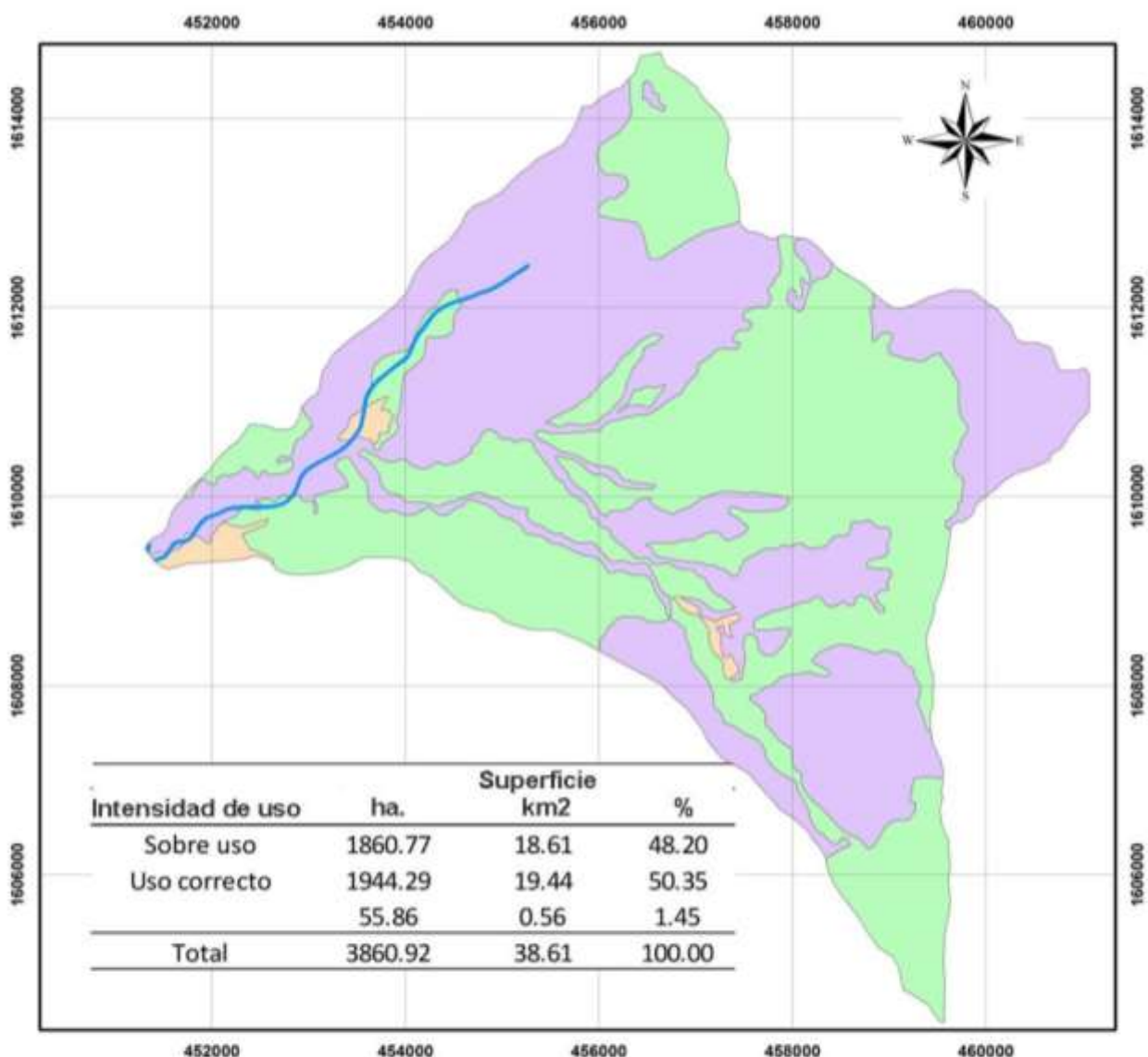


Figura 18. Mapa de Intensidad de uso de la tierra, microcuenca del río Cocoyá

2.6.4 Lineamientos generales de manejo

A. Análisis de la problemática

Se hizo un análisis de la problemática tomando en cuenta los valores de la lámina de suelo que se erosiona y el análisis de las causas socioeconómicas, institucionales y biofísicas.

Dentro de las causas socioeconómicas, se determinó que el principal factor que influye es el cambio de uso de la tierra, que se da por el problema de tenencia de la tierra, ya que pocas personas tienen grandes extensiones de terrenos mientras que la mayoría de agricultores cuentan con pequeñas áreas para poder sembrar cultivos de subsistencia, que se ve reflejado en la lámina de suelo que se pierde, ya que los valores más altos de suelo erosionado están en las áreas de laderas con cultivos anuales maíz y frijol que son los cultivos de subsistencia.

Además del cambio de uso de la tierra que se da en las laderas, también se hace un uso intensivo de éstas, pues son pequeñas áreas que se usan todos los años para la misma actividad de cultivos de subsistencia en donde tampoco se hacen prácticas de conservación de suelos.

Además de la tenencia de la tierra, otro problema que se refleja es la falta de información acerca de la conservación del recurso suelo, pues dentro del área de influencia de la microcuenca no hay una institución que se dedique a proporcionar asistencia técnica con información acerca del tema. Prueba de esto es que no se observaron prácticas de conservación en ninguna de las áreas visitadas de la microcuenca y que en las áreas donde el uso de la tierra es correcto, al evaluar con prácticas de conservación estos valores disminuyen.

En general, la falta de instituciones que puedan ayudar a los agricultores a mejorar la productividad en esas pequeñas áreas y la falta de extensionismo, es lo que hace que no se tenga el uso correcto y no se apliquen las prácticas de conservación de suelos adecuadas.

Para las causas biofísicas, el factor más influyente es la fisiografía del terreno, que tiene pendientes mayores al 50%, está influenciada por un relieve montañoso proveniente de la influencia del volcán de Acatenango, que indica que son tierras con una capacidad de uso para actividades forestales de producción o de protección.

B. Unidades de manejo

Las unidades de manejo se realizaron con la metodología de clasificación de suelos en base a su fertilidad propuesta por BUOL, et. al. (1975), así se agruparon las unidades de muestreo de suelos y en total se agruparon cinco unidades de manejo que se describen a continuación:

Unidad 1: Lx

Tipo: Franco

Modificador: "x" presencia de minerales amorfos alófana

Esta unidad está compuesta por las laderas que componen una pequeña parte de El Ciprés colindando con la montaña del Socó, en dirección noroeste al municipio de Acatenango, donde predomina una pendiente de 50 a 75% y mayor de 75%, respectivamente, como indica la unidad de manejo, son texturas francas, con presencia de abundante alófana como mineral amorfo. A pesar de ser texturas medias, estos suelos presentan su mayor limitante en la pendiente, pues se ubican en pendientes escarpadas que pasan el 50% de gradiente.

Estas laderas se encuentran desprovistas de vegetación y el suelo está descubierto. La lámina de suelo perdido para estas áreas no es alta debido a que son áreas desgastadas donde no se encuentra suelo, pues por procesos geológicos naturales la roca ya ha quedado en la superficie y se han clasificado como áreas de "no suelo". Se recomienda éstas áreas para conservación y propiciar el proceso de desarrollo de vegetación y la formación de suelo sobre la roca descubierta, debe realizarse una reforestación utilizando especies nativas del lugar que se puedan adaptar a estas condiciones naturales.

Como una actividad de seguimiento, se recomienda que estas áreas se mantengan para conservación y que se pueda hacer partícipe a las personas de la comunidad cercana para en un futuro poder convertir bosques energéticos planificados.

Unidad 2: LSx

Tipo: Franco

Subtipo: Arenoso

Modificador: "x" minerales amorfos alófana

Esta unidad está compuesta por las laderas de cerros, lomas y de cañones, conformada por el cerro Chino, cerro Sanai y una parte de la montaña del Socó donde las pendientes van desde 25-50% en algunas lomas hasta 50-75% en las laderas mas inclinadas de los cañones; también hay planos inclinados formados dentro de las áreas inclinadas, donde hay pendientes con rangos 12-

25%. Para todas estas unidades de muestreo, los valores de la lámina que se erosiona, son diferentes, pero a partir de los 20 cm de la superficie del suelo, el componente textural es arenoso, por lo que el manejo se planteará en base a esta variable. Para las áreas de los planos inclinados, que son pendientes de hasta 25%, se recomiendan cultivos permanentes como el café, ya que el escenario ideal serían sistemas silvopastoriles, pero también se puede utilizar café, pues hay una unidad de muestreo de suelo que tiene ese uso y el valor de la lámina que se erosiona disminuye únicamente utilizando prácticas de conservación, por lo que el uso en las otras dos unidades de muestreo, puede ser el de café, que se adapta muy bien a las condiciones del lugar. Para las laderas, el escenario ideal indica que tienen que utilizarse esas áreas para bosque de protección y bosque de producción, aunque algunas áreas están en uso correcto, habría que implementar reforestaciones en las áreas donde no hay bosque y en donde hay cultivos es necesario que se suspenda ese uso, ya que según la lámina de suelo erosionada en esas áreas el valor llega hasta 1700 ton/ha que podrían aumentar hasta 7525 ton/ha en diez años que fue el tiempo para el que se realizó la proyección, pero podría disminuir hasta 0.81 ton/ha si se hace un uso correcto. Para el área del cañón que tiene el uso correcto, solo se recomienda que siga teniendo el mismo uso y que se evite cualquier actividad de producción, pues tiene que utilizarse como un área de conservación.

Unidad 3: SLx

Tipo: Arenoso

Subtipo: Franco

Modificador: "x" minerales amorfos alófana y material gravilloso

Esta unidad está conformada por planos de abanicos (llamados así por su forma que inicia con pendientes inclinadas que se abren con la forma del río para luego terminar en áreas más planas) con inclinación moderada donde hay rangos de pendientes de 12-25%, (Los Planes, Finca El Platanar, Finca La Felicidad, Abanico Los Pajales II, La Conchita, Finca La Soledad Y el centro poblado de Acatenango), también hay laderas de escarpes (Quebrada Siguantucur) y del estrato volcán de Acatenango, donde hay pendientes de 50->75% respectivamente, donde dominan las texturas gruesas en el horizonte superficial y texturas francas para el horizonte subsuperficial, con presencia de minerales amorfos y con más del 35% de gravilla, por lo tanto se agruparon en esta unidad de manejo. En el escenario ideal, para las áreas de abanico, se analizó el uso con cultivos permanentes, el cual disminuyó bastante el valor de la lámina erosionada, llegando hasta 10 ton/ha/año; estas áreas se encuentran con un uso correcto, por lo que únicamente se recomienda hacer prácticas de conservación como acequias de ladera que permitan mejorar la humedad del

suelo, pues por ser arenosos en la superficie, el drenaje es excesivo y la humedad del suelo es deficiente y las acequias pueden funcionar como pequeñas áreas de captación para mantener la humedad y mejorar la producción.

En las laderas de escarpes, también el uso es café, pero en estas áreas si se recomienda implementar bosques de protección, ya que tienen una lámina de suelo que se erosiona de 212 ton/ha/año que en diez años podría perderse 5698 ton/ha/año, pero si se tiene el uso correcto la lámina puede llegar a 34 ton/ha/año. Debido a que el uso no se puede cambiar de forma radical, para evitar que se siga erosionando, se recomienda también realizar acequias de ladera y algunas barreras vivas o muertas que puedan detener el suelo que se erosiona. Para las laderas del estrato volcán, ya que forman parte de un área protegida la cobertura es bosque natural por lo que se recomienda mantener esa vegetación evitando el aprovechamiento, el manejo debe ser únicamente para protección y conservación, de manera de no afectar o intervenir en el equilibrio ecológico del área.

Unidad 4: Sx

Tipo: Arenoso Franco

Subtipo: Arenoso Franco

Modificador: "x" minerales amorfos alófana y material gravilloso

Esta grupo de manejo, se compone por laderas montañosas donde la pendiente es de 50 a mayor de 75% (Cerro Sanai, Parte norte de la montaña el Socó, Cerro Chino, El Ciprés, Final de Quebrada Seca, Los Pajales II, Parcelamiento La Soledad, Finca Miralvalle, Los Pajales I, Ana Chimichabal, Finca San Diego y parte de la Quebrada Siguantucur); que tienen suelos de texturas gruesas pues en la capa superficial y en la capa subsuperficial la textura es arenosa franca presentando material gravilloso mayor al 35%, con fijación alta de fósforo por la presencia de minerales amorfos, donde no hay cobertura en dos unidades de muestreo y hay bosque mixto en una de las unidades, a pesar de esto deben manejarse de la misma manera. Se recomienda implementar el escenario ideal que corresponde a un bosque de protección donde se deben implementar plantaciones forestales y darle un seguimiento a estas áreas de tal manera que se conserven pues lo que se pierde son 62 ton/ha/año pero es por el material sin agregación con poca estructura que se pierde fácilmente por arrastre, por lo tanto es necesario implementar y mantener la cobertura para recuperar esas áreas y evitar el afloramiento del material rocoso. En el área con cobertura boscosa, se recomienda mantenerla y dejarla como un área de conservación aumentando su densidad para evitar que se siga erosionando el suelo.

Unidad 5: S

Tipo: Arenoso

Subtipo: Arenoso

Modificador: "r" material graviloso

Este grupo de manejo se compone de dos unidades de muestreo que pertenecen a laderas de la parte norte del Cerro Sanai donde la pendiente tiene un rango de 50 a >75%, donde no hay cobertura y se clasificó como "no suelo", pues el material que compone estas unidades es únicamente arena que es el material resultante de los eventos volcánicos en el área, donde no hay ningún modificador pues es únicamente material parental ya que cuenta con más del 35% de gravilla. Para estas áreas se recomienda la implementación de reforestación con especies forestales nativas para no disturbar el ambiente y mejorar las condiciones naturales, además de declarar esas áreas de conservación para mejorar la formación del nuevo suelo. Aunque es una unidad muy pequeña de 0.28 ha, se debe intervenir de manera inmediata para evitar su deterioro.

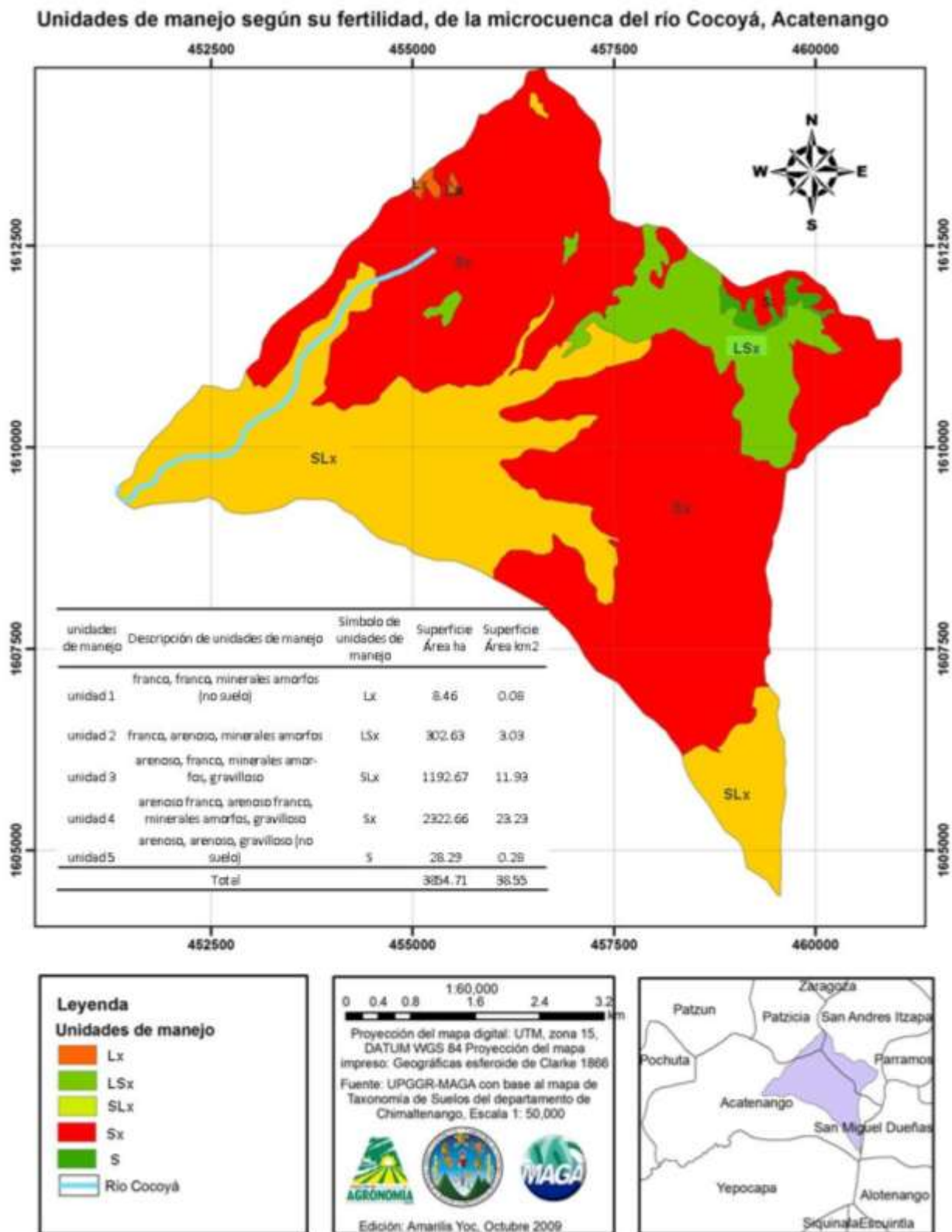


Figura 19: Unidades de manejo de la microcuenca del río Cocoyá, Acatenango, Chimaltenango

Cuadro 24. Descripción de la leyenda de grupos de manejo

UNIDADES DE MANEJO	AREA QUE OCUPA Y UBICACIÓN DENTRO DEL MUNICIPIO DE ACATENANGO	CARACTERISTICAS	LIMITANTES DEL SUELO Y USO DE LA TIERRA	RECOMENDACIONES DE USO Y MANEJO
Unidad 1: Lx	Área: 8.46 ha El Ciprés	Formada sobre las laderas con pendientes desde 50% a mayores del 75%	Suelos con texturas francas y presencia de alófana, donde su principal limitante es la pendiente	Por la pendiente fuertemente escarpada, es recomendable que el uso sea de conservación de la vegetación principalmente. En las áreas donde la vegetación es escasa se recomienda realizar actividades de reforestación y mantenimiento de vegetación de manera inmediata para recuperar estas áreas
Unidad 2: LSx	Área: 302.63 ha Cerro Sanai, Parte noroeste de la montaña El Socó y Cerro Chino	Áreas con relieves fuertemente inclinados, ligeramente escarpados y moderadamente escarpados con un rango de pendiente desde 12% hasta 50%	Son suelos superficiales con texturas francas y arenosa en la capa subsuperficial, con presencia de alófana como modificador.	Debido al poco desarrollo de la capa subsuperficial del suelo y por el relieve inclinado, se recomienda un uso con cultivos permanentes arbustivo y arbóreos como café y que permitan el mínimo laboreo del suelo y que no sean exigentes en cuando a nutrientes, además de soportar bajas cantidades de humedad del suelo pues por tener texturas arenosas los suelos se mantienen secos. Como prácticas de conservación de suelos se recomiendan pozos de infiltración y terrazas individuales para minimizar la lámina de suelo que se erosiona. Para las áreas con pendientes mayores al 50% se recomiendan para conservación de la vegetación ya que aunque tengan una capa superficial de suelo la pendiente impide que se puedan realizar actividades agrícolas.
Unidad 3: SLx	Área: 1192.67 ha Los Planes, Finca El Platanar, Finca La Felicidad, Abanico Los Pajales II, La Conchita, Finca La Soledad, el centro poblado de Acatenango, Quebrada Siguantucur y estrato volcán de Acatenango	Áreas con relieves fuertemente inclinados y fuertemente escarpados	Presentan texturas superficiales arenosas y textura subsuperficial franca, con presencia de alófana y material gravilloso mayor al 35%	En las áreas con relieves inclinados donde la pendiente llega hasta 25% se recomienda el uso de cultivos permanentes arbustivos como café y frutales con deben realizar algunas prácticas de conservación de suelos como surcos en contra de la pendiente y terrazas individuales, además de implementar acequias de ladera y pozos de infiltración. Para las áreas escarpadas donde hay pendientes mayores al 50% se debe de cambiar el uso agrícola por bosques de protección y conservación sin permitir aprovechamientos.
Unidad 4: Sx	Área: 2322.66 ha Cerro Sanai, Parte norte de la montaña el Socó, Cerro Chino, El Ciprés, Final de Quebrada Seca, Los Pajales II, Parcelamiento La Soledad, Finca Miralvalle, Los Pajales I, Ana Chimichabal, Finca San Diego y parte de la Quebrada Siguantucur	Áreas con relieve moderadamente escarpado con pendientes mayores al 50%	Suelos que tienen una capa superficial y subsuperficial compuesta por texturas arenosas francas, con presencia de alófana y material gravilloso mayor al 35%	Esta unidad de manejo no soporta actividades agrícolas por lo que se recomienda utilizar para bosque de producción y protección donde los aprovechamientos deben ser escalonados sin permitir la tala rasa y cubriendo de manera inmediata las áreas aprovechadas.
Unidad 5: S	Área: 28.29 ha Cerro Sanai	Áreas con relieve moderadamente escarpado con pendientes mayores al 50%	Suelos con una capa superficial y subsuperficial con texturas arenosas y material gravilloso mayor al 35%	Su uso debe estar enfocado a la protección y conservación de los bosques implementando reforestación con especies nativas, cercando el área como una reserva natural, de manera inmediata para evitar la disturbación del ambiente y mejorar las condiciones naturales para el desarrollo y evolución del suelo.

D. Lineamientos para el manejo, prevención y reducción de la lámina de suelo erosionada

Para describir los lineamientos se tomaron como base dos líneas de trabajo dividiendo en aspectos socioeconómicos y biofísicos, incluyendo dentro de los socioeconómicos, los legales y políticos.

Cuadro 25. Descripción de lineamientos de manejo

Líneas de trabajo	Programas	Proyectos	
Manejo del Aspecto Socioeconómico	Promover actividades de información sobre la erosión hídrica	Búsqueda de organizaciones que puedan apoyar en el tema de conservación de suelos	
		Implementación de capacitaciones sobre erosión hídrica	
		Programa de extensión sobre técnicas y estructuras de conservación de suelos	
	Disminuir la presión sobre la tierra		Diversificación de cultivos
			Implementación de sistemas agroforestales
			Promoción de técnicas de agricultura orgánica
			Implementación de huertos familiares mejorados en áreas aptas para esta actividad
	Manejo del Aspecto Biofísico	Incentivar la reforestación	Implementación de reforestaciones a través de programas de incentivos forestales
Identificación de zonas de alto riesgo a la erosión y que necesiten estar protegidas			
Inclusión de variedad de especies forestales locales			
Estrategias para evitar la contaminación de los cuerpos de agua			Campañas de limpieza con centros educativos
			Control de los sistemas de drenaje
			Incentivar la conservación de los bosques cercanos a las fuentes de agua

Manejo del aspecto socioeconómico

Anteriormente se describieron los principales problemas encontrados con la ayuda del diagnóstico de la microcuenca donde la tenencia de la tierra, la falta de información y la ausencia de instituciones que promuevan actividades de conservación del recurso suelo, fueron los principales problemas encontrados, para mitigar estos problemas encontrados se propone un programa de manera que se pueda informar a la población sobre el tema de la erosión hídrica, a través del cual se puedan plantear algunos proyectos como la búsqueda de organizaciones e instituciones que

puedan apoyar económicamente y con el personal capacitado, además de implementar capacitaciones sobre la erosión hídrica y programas de extensión sobre técnicas y estructuras de conservación de suelos. Para abordar el problema de tenencia de la tierra, se propone un programa de disminución de la presión sobre la tierra, que se puede iniciar con proyectos accesibles como la diversificación de cultivos, implementación de sistemas agroforestales, promoción de técnicas de agricultura orgánica y la implementación de huertos familiares mejorados, logrando de esta manera que el uso de la tierra sea menos intensivo y aprovechando las pequeñas parcelas con las que cuentan los agricultores, que es donde más suelo se pierde.

a. Promover actividades de información sobre la erosión hídrica

Muchas veces las personas hacen uso de la tierra sin saber que ésta se está degradando y que lo más preocupante es que el suelo que la compone se está perdiendo y es un recurso que para poder renovarse tarda muchos años. Para informar a las personas de la magnitud del problema que causa la erosión hídrica en los suelos es necesario hacerlo a través de reuniones con charlas informativas y actividades de campo que puedan demostrar las causas y efectos de la erosión, así como el problema más importante que es la pérdida del recurso como tal, dejando únicamente la roca descubierta o el material parental, que no permiten el desarrollo de cobertura perdiendo las áreas productivas y disminuyendo la producción de los cultivos.

Además de informar a la población, las reuniones informativas serán la base para que ellos puedan opinar acerca de problemas que observan en los suelos a causa de la erosión, y con esto darles a conocer que los efectos de la erosión pueden ser reversibles siempre y cuando se tomen medidas a tiempo y que la forma de revertirlos es a través de la realización de prácticas de conservación de suelos que permiten la utilización de éstos pero de una forma correcta disminuyendo la pérdida de suelo por erosión hídrica.

Dentro del programa de información sobre la erosión hídrica, se han incluido tres posibles proyectos con los cuales se puede iniciar, éstos se describen a continuación:

- Identificación de las organizaciones que puedan comprometerse a apoyar en el tema de conservación de suelos

Para desarrollar proyectos, es necesario obtener recursos económicos que no se atribuyan únicamente a la municipalidad del municipio, por tal razón se debe realizar una búsqueda de instituciones y organizaciones que están presentes dentro del municipio y que puedan colaborar

con ayuda económica y personal capacitado en el tema como especialistas de las universidades, organizaciones gubernamentales (MAGA, ICTA) y organizaciones no gubernamentales (ANACAFE y cooperativas).

- **Objetivos**

Obtener recursos económicos que ayuden en el desarrollo del proyecto

Incluir otras organizaciones e instituciones que sean constantes en el apoyo con personal capacitado además de la municipalidad.

- **Metodología:**

Informar a las autoridades sobre las actividades a realizar

Antes de realizar cualquier actividad, es necesario reunir a todas las organizaciones comunitarias y municipales para informarles de la actividad que se va a realizar, cuales son los objetivos y metodología y cuáles serán los beneficios para ellos, de tal manera que se puedan interesar en la actividad e involucrarse con apoyo a los temas a realizar.

- **Búsqueda de financiamiento y personal capacitado**

Luego de reunir a las personas de las comunidades y saber que están de acuerdo con las actividades a realizar, se pueden enlistar las organizaciones e instituciones que puedan formar parte del proyecto, realizando solicitudes para reuniones donde se les pueda explicar que ayuda se solicita, si es económica o de personal capacitado y cuál es la probabilidad de que puedan participar dentro de este programa que servirá para mitigar los problemas de la erosión hídrica y de ésta manera un mejor desarrollo del municipio.

- **Presentación de un plan de trabajo a la comunidad**

Luego de saber que organizaciones e instituciones apoyarán el proyecto, se realizará una reunión donde se pueda dar a conocer la planificación de las actividades propuestas a realizarse durante todo el programa, de manera que ellos mismos puedan opinar y discutir acerca de las actividades realizando sugerencias que mejoren el programa.

- **Cronograma de trabajo**

Luego de obtener respuesta de las organizaciones e instituciones, se realizará un cronograma de trabajo enfocado al plan de trabajo, donde ya se incluirán actividades para iniciar con la información del tema de la erosión hídrica.

h. Implementación de capacitación sobre la erosión hídrica

Con el financiamiento obtenido y el personal capacitado, lo siguiente es informar a la población acerca del tema de la erosión hídrica, a través de reuniones para impartir charlas informativas y actividades de campo, con lo cual se necesita de una persona que esté capacitada en el tema y que tenga experiencia en participar con comunidades del área rural.

- *Objetivos*

Informar a la población acerca de la magnitud del problema de la erosión hídrica

Dar a conocer cuáles son las causas y efectos de la erosión hídrica

Permitir a los pobladores que puedan dar sus propias soluciones a los problemas de la erosión hídrica

- *Metodología*

Este proyecto debe llevar una secuencia en los temas a informar, para esto se puede iniciar realizando un cronograma de actividades que tengan una fecha específica para cada tema, que incluya las actividades de campo y que los miembros de la comunidad estén de acuerdo y puedan participar.

Los temas a tratar son en el siguiente orden: “la degradación de los suelos”, “tipos de degradación”, qué es la erosión hídrica?, cómo se produce la erosión hídrica?, Cuáles son las causas y efectos? y Cuáles son las implicaciones económicas?, organizando algunas salidas de campo para demostrar con las parcelas de escorrentía cómo? y cuánto? se pierde de suelo, finalizando el programa con esta actividad para dar inicio al siguiente proyecto.

ii. Programa de extensión sobre técnicas y estructuras de conservación de suelos

Con la concientización sobre la pérdida de suelo por erosión hídrica, lo que sigue es promover el uso correcto en las áreas donde el uso está siendo intensivo y la lámina de suelo que se erosiona va en aumento, que es lo que sucede en las parcelas de pequeños agricultores donde no se realizan prácticas de conservación de suelos.

Para esto se necesitan varias actividades de campo, que se pueden realizar a algunas fincas cercanas donde tienen prácticas de conservación sencillas y hechas de manera artesanal, de tal manera que los pobladores puedan observar que no se necesita realizar un gasto muy alto y que los beneficios son incomparables con el gasto económico.

- **Objetivos:**

Dar a conocer las técnicas y prácticas de conservación de suelos que existen

Aclarar sobre las técnicas y prácticas de conservación de suelos que se pueden realizar dentro del área de la microcuenca

Mostrar a través de parcelas de escorrentía demostrativas la cantidad de suelo que se puede perder sin realizar prácticas de conservación.

- **Metodología:**

Para llevar a cabo este proyecto, se puede iniciar mediante una fase informativa, donde se pueda dar a conocer todas las prácticas de conservación de suelos que existen y para que cultivos se pueden utilizar, siguiendo con información sobre la construcción de las estructuras de conservación de suelos que se pueden realizar dentro del área de la microcuenca que también depende del cultivo a utilizar. Luego de esta fase introductoria a las prácticas de conservación, se pueden realizar salidas de campo donde se pueda observar estructuras de conservación que se utilizan dentro del área de la microcuenca, además de ubicar parcelas de escorrentía para demostrar cuánto suelo se puede perder sin realizar las prácticas de conservación de suelos adecuadas.

Al finalizar la parte de campo se puede realizar una parte final de gabinete, donde se recomiende a cada poblador la estructura de conservación más conveniente para su parcela dependiendo de su cultivo.

iii. Monitoreo y Evaluación del Programa

Para que el programa funcione se tiene que llevar un orden en cada uno de los proyectos, además de involucrar personas que se puedan comprometer a seguir los proyectos, por tal razón, se debe conformar a través de cada consejo comunitario de desarrollo COCODE, de cada aldea, en donde tanto ellos como las organizaciones y entidades participantes puedan hacer una carta de compromiso para llevar a cabo cada uno de los proyectos. Al finalizar el programa la forma de evaluarlo será a través de un las opiniones propias de los pobladores quienes pueden indicar lo positivo que resultó y todos los inconvenientes resultantes, para evitarlos en un futuro.

b. Disminuir la presión sobre la tierra

Por considerarse la tenencia de la tierra un tema muy amplio y que no se puede tratar de manera específica, el programa que se propone es disminuir la presión que existe sobre la tierra, debido a las pequeñas áreas que tienen muchos agricultores y que es donde el uso es más intensivo. Para

este programa se plantean cuatro proyectos con los que se puede iniciar, en donde se pretende un objetivo principal que es el título del programa, siguiendo con la misma metodología para llevarlos a cabo.

- **Objetivos**

Proveer alternativas que eviten el uso intensivo de la tierra

Implementar cultivos que mejoren la situación económica de los pobladores

Utilización de técnicas de agricultura orgánica para disminuir la contaminación por fertilizantes

Mejorar la dieta alimenticia de las familias a través de los huertos familiares mejorados

Dar certeza a la tenencia de la tierra a través de un proyecto catastral

- **Metodología**

Para todos los proyectos la metodología a seguir es la misma, que será a través de la capacitación técnica, llevando un plan ordenado que incluya una parte teórica de cada uno de los proyectos y una parte de campo o experimental donde se pueda llevar a cabo la práctica de cada uno de los proyectos.

- i. **Diversificación de cultivos**

Dentro de este proyecto, se pretende que los agricultores tengan alternativas para evitar el uso intensivo de la tierra, proponiendo otros cultivos como frutales, que se puedan adaptar a las condiciones del suelo y condiciones climáticas de la zona, que además puedan ser factibles económicamente y que no necesiten una inversión alta, evitando de esta manera los cultivos tradicionales. También se pretende la implementación de cultivos tradicionales mejorados (maíz y frijol) que puedan dar mejores cosechas y más ingresos económicos.

- ii. **Implementación de sistemas agroforestales**

La implementación de sistemas agroforestales se debe enfocar principalmente en el manejo de los mismos, ya que muchas veces se realiza el establecimiento pero no se maneja adecuadamente por lo que los resultados no son los esperados, por tal razón, se realizarán capacitaciones acerca de los cultivos y especies forestales que se pueden mezclar y que se pueden adaptar al medio, que brindan un aporte económico suficiente para la familia. Aunque el café funciona como un sistema agroforestal, se pueden incluir otros frutales como aguacate, limón y frutales deciduos (manzana, durazno, pera), con árboles nativos como aliso, pino y ciprés.

iii. Promoción de técnicas de agricultura orgánica

Con el fin de disminuir la contaminación por ecológica por fertilizantes químicos se plantea la utilización de abonos orgánicos para los cultivos, aprovechando los desechos de restos de cosechas o desechos de animales que se pueden mezclar para formar sus propias aboneras y de esta manera disminuir el costo por fertilizantes. Es importante aclarar a los pobladores que los costos se reducen a medida que el tiempo transcurre, ya que no es de inmediato pues al inicio los gastos no se disminuyen considerablemente.

iv. Implementación de huertos familiares mejorados

Los huertos familiares mejorados se plantean con la finalidad de incluir a toda la familia dentro de las actividades diarias, de tal manera que las madres de familia puedan obtener algunas de sus verduras dentro de la casa y de esta manera disminuir el costo de la dieta alimenticia mejorando su calidad de vida. Estos huertos se implementan dentro de la casa en espacios de tierra que no son ocupados o en recipientes grandes como cubetas o cajillas de aguas en donde puedan crecer algunas verduras como rábanos, zanahorias, perejil, cilantro etc, entre otras. Esto se puede implementar a través de entidades como Ministerio de Agricultura MAGA o algunas ONG's y universidades que puedan colaborar en el tema.

v. Propuesta para un proyecto catastral

Esta propuesta se realizará con el objetivo de dar certeza a la tenencia de la tierra, realizando mediciones de los predios para obtener las medidas exactas así como las respectivas colindancias, con lo que se puede generar un mapa donde se indique las dimensiones de las propiedades privadas, áreas que son comunales y áreas donde se concentra la población. Esta propuesta puede ser entregada al registro de información catastral para que puedan proveer capacitación a un técnico municipal que realice la medición de los predios con la ayuda de algunas personas de la comunidad para luego plasmarlos en un mapa donde se verifique la tenencia de la tierra y pueda orientarse a una propuesta de ordenamiento territorial.

vi. Monitoreo y Evaluación del Programa

Los resultados deben evaluarse de manera de tener un control que indique cuantas familias se encuentran en cada uno de los proyectos y obteniendo opiniones positivas y negativas de cada una de las familias involucradas en los diferentes proyectos.

Manejo del Aspecto Biofísico

Dentro de los aspectos biofísicos se dividieron en agua y bosque, para los cuales se promueve un programa del uso sostenible de los recursos naturales promoviendo la recuperación de la cobertura arbórea en las áreas donde el suelo se ha perdido por completo, quedando afloramientos rocosos; para el recurso agua se plantean actividades de limpieza y recuperación de áreas verdes colindantes a los cuerpos de agua, de manera de evitar que el recurso se vaya agotando para las generaciones futuras. Dentro de la oficina municipal de planificación OMP hay una extensión para el área forestal que se dedica a realizar campañas de reforestación y jornadas de limpieza de los cuerpos de agua con la ayuda de las personas de las comunidades quienes se encuentran organizados y son ellos quienes aportan la mano de obra para estas actividades; por tal razón únicamente se va a sugerir a las autoridades municipales que sigan con estas actividades así como la motivación a la población para que sigan colaborando con ellos.

Aunque no es un problema severo la deforestación y la contaminación de los cuerpos de agua, se realizó una propuesta de dos programas y algunos proyectos, que se describirán a continuación.

a. Incentivar la reforestación

Dentro de este programa se plantearon algunos proyectos que pueden disminuir la deforestación aunque no es un problema severo se puede evitar que éste suceda.

- **Objetivos:**

Evitar que la deforestación se convierta en un problema severo para los pobladores

Identificar áreas con alto riesgo a ser erosionadas que necesiten estar protegidas

Diversificación de especies forestales con alto valor económico

- **Metodología:**

Para la implementación de reforestaciones, se tiene un convenio con la municipalidad quienes apoyan con las plantas y los pobladores aportan la mano de obra, esta área que se reforesta es el astillero municipal y algunos alrededores de ríos que pertenecen a tierras comunales, las cuales pueden incluirse en el programa de incentivos forestales PINFOR o programas de protección de cuencas del PARPA, logrando de esta manera que además de tener un valor energético para la población, este pueda costearse a través de los incentivos.

Para la identificación de zonas de alto riesgo a la erosión, se puede realizar a través del presente estudio donde se indica cuales son las áreas desprovistas de vegetación y que se deben incluir en

un programa de conservación de la vegetación, logrando de esta manera identificarlas para proponer un especial cuidado en estas áreas delimitándolas como áreas de protección.

A través de un estudio acerca de las especies endémicas de la región con alto valor económico, se puede determinar que especies pueden utilizarse para obtener mejores ingresos económicos al momento de aprovechar estas especies.

- Monitoreo y evaluación

Se puede realizar a través de un estudio de capacidad de uso de la tierra donde se pueda determinar el porcentaje de área que aún no se encuentra en un uso correcto. Para saber si el programa ha tenido los resultados esperados el uso correcto debe ser mayor al que se registra antes de realizar el programa.

b. Estrategias para evitar la contaminación de los cuerpos de agua

Dentro de este programa se plantearon algunos proyectos que pueden evitar que los cuerpos de agua puedan ser contaminados.

- Objetivos:

Evitar la contaminación de los cuerpos de agua

Optimizar la disponibilidad de agua para los pobladores

Mejorar la calidad de agua disponible para los pobladores

- Metodología:

Las campañas de limpieza se realizan por lo menos dos veces al año con estudiantes de los institutos del municipio, para seguir una metodología, se pueden incluir algunas escuelas para aumentar las limpiezas al año, por lo menos cuatro limpiezas al año para no permitir la acumulación de desechos en los cuerpos de agua.

Para el control de los sistemas de drenaje se puede sugerir la implementación de una planta de tratamientos que no permita la llegada de aguas negras a los cuerpos de agua y de esta manera disminuir la contaminación del agua y mejorar su calidad.

Con la ayuda de algunas charlas informativas por parte del ministerio de ambiente y recursos naturales MARN, se puede incentivar a la conservación de los bosques que se encuentran cercanos a las fuentes de agua.

- Monitoreo y evaluación

Estos proyectos se pueden evaluar a través de realizar análisis de agua de los diferentes cuerpos de agua que hay dentro del municipio, con lo que se puede determinar si la contaminación va en aumento, disminuye o se mantiene. Esta actividad se puede realizar con el apoyo del Centro de Salud del municipio, quienes constantemente realizan estas pruebas en los cuerpos de agua.

2.7 CONCLUSIONES

- Las causas que influyen en la pérdida de suelo por erosión hídrica dentro de la microcuenca son: la tenencia de la tierra, uso intensivo de cultivos de subsistencia (maíz y frijol), la falta de instituciones que puedan brindar asistencia técnica sobre el manejo adecuado de los suelos y la fisiografía del área con relieves escarpados y pendientes mayores al 50% donde la escorrentía es mayor y el arrastre del suelo aumenta.
- El valor promedio del suelo erosionado para toda la microcuenca es de 252.28 ton/ha/año (0.48 mm/ha/año), obteniendo los valores más altos en las áreas desprovistas de vegetación con 1555.54 ton/ha/año (2.93 mm/ha/año). Áreas donde el uso es correcto y la vegetación se mantiene constante el valor disminuye sin llegar a cero 0.96 ton/ha/año.
- Se plantearon líneas de trabajo una para el manejo de las causas socioeconómicas incluyendo programas para disminuir la presión sobre la tierra con actividades sobre información de la erosión hídrica y otra para el manejo de los aspectos biofísicos incentivando a través de concientización sobre la reforestación y proponiendo estrategias para evitar la contaminación de los cuerpos de agua, así como la diversificación de cultivos con agroforestería sin uso de fertilizantes químicos.

2.8 RECOMENDACIONES

- En las áreas donde el valor de la lámina de suelo es más alto, se recomienda actuar de forma inmediata realizando las actividades propuestas en los lineamientos de manejo para evitar la pérdida del recurso por completo y en las áreas donde el uso es correcto se recomienda realizar actividades de motivación para que los agricultores sigan manejando de la misma manera esas áreas.
- Cuando se desee hacer uso de la metodología EUPSM (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Modificada), se recomienda verificar la existencia de una estación meteorológica dentro del área de estudio, para evitar aproximaciones con valores que se alejen de la realidad.
- Para realizar actividades de planificación en el futuro, es recomendable utilizar las características del escenario actual, pues son datos más cercanos a la realidad, además de tratar de manejar como si se quisiera hacer el escenario ideal, para no permitir un escenario extremo sin cobertura y que se pierda el suelo por completo.
- Se recomienda realizar las actividades planteadas en los lineamientos de manejo para las áreas protegidas de la montaña el Socó y del volcán de Acatenango, ya que estas actividades se orientaron con el plan de manejo de cada una de estas áreas, para trabajar en conjunto con el Consejo Nacional de Areas Potegidas (CONAP).

2.9 BIBLIOGRAFIA

1. Arana López, GL. 1992. Análisis espacial para evaluar la erosión hídrica en la subcuenca del río Pensativo, Guatemala. Guatemala. Tesis MSc. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 118 p.
2. Bravo De León, ME. 1988. Estudio preliminar de la erosividad de las lluvias en la república de Guatemala, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 40 p.
3. Buol, SW; Sánchez, PA; Cate, RB. 1975. Clasificación de suelos en base a su fertilidad. *In* Manejo de suelos en la América Tropical. Raleigh, US, North Carolina State University. p. 129-143.
4. FAO, IT; IITA (Instituto Internacional de Agricultura Tropical, NG). 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de los suelos. Roma, Italia. 234 p.
5. FAO, IT; PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, GT). 1984. Directrices para el control de la degradación de los suelos. Roma, Italia. 38 p.
6. FAUSAC (USAC, Facultad de Agronomía, GT). 1995. IV curso de postgrado drenaje agrícola. Holanda, International Institute for Land Reclamation and Improvement. tomo 1, 51 p.
7. Gálvez, J. 2000. Análisis ambiental general del altiplano occidental y del proyecto MIRNA preparado por CODERSA para el Banco Mundial (en línea). Guatemala, 51p. Consultado 10 jun 2010. [http://www.infoiarna.org.gt/media/file/areas/tierra/documentos/nac/\(7\)%20Analisis-ambiental-altiplano-Guatemala.pdf](http://www.infoiarna.org.gt/media/file/areas/tierra/documentos/nac/(7)%20Analisis-ambiental-altiplano-Guatemala.pdf)
8. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 2006. Mapa topográfico de la república de Guatemala: hoja Chimaltenango, no. 2059-IV. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
9. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2000. Manual para la clasificación de tierras por capacidad de uso. Guatemala. 96 p.
10. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2002. Censos nacionales de XI de población y VI de habitación. Guatemala. 1 CD.
11. Kelly, HW. 1983. Mantengamos viva la tierra: causas y remedios de la erosión del suelo. Roma, Italia, FAO. 78 p. (Boletín de Suelos de la FAO no. 50).
12. Kirkby, MJ; Morgan, RPC. 1980. Erosión de los suelos. Traducido por Limusa. US, John Wiley. 369 p.
13. Lira Sosa, ER. 2003. Diagnostico general de los municipios de Zaragoza, Patzicía, San Andrés Itzapa, Acatenango y Chimaltenango. Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 97 p.
14. López, F. 1998. Defensa y recuperación de los suelos agrícolas. Mérida, Venezuela, CIDIAT. 73 p.

15. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2006. Mapas temáticos de la república de Guatemala a escala 1:250,000. Guatemala. 1 CD.
16. _____. 2009. Memoria técnica mapa de cuencas de la república de Guatemala. Guatemala, MAGA, Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgos –UPGGR-. 96 p.
17. _____. s.f. Memoria técnica mapa de taxonomía de suelos del departamento de Chimaltenango. Guatemala, MAGA, Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgos –UPGGR-. 500 p. Sin publicar.
18. Manrique, LA. s.f. Land erodability assesment methodology. Hawai, US, Hawai University. 25 p. Sin publicar. Citado por: Motta Franco, EL. 1999. Estudio de la erosión hídrica del suelo, microcuenca del río Itzapa, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 98 p.
19. McCool, DK; Foster, GR; Weessies, GA. 1989. Slope leght an steepness factor (LS) in the revised universal soil loss equation. Arizona, US, USDA, Agriculture Research Service. Sin publicar. Citado por: Motta Franco, EL. 1999. Estudio de la erosión hídrica del suelo, microcuenca del río Itzapa, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 98 p.
20. Motta Franco, EL. 1999. Estudio de la erosión hídrica del suelo, microcuenca del río Itzapa, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 98 p.
21. Municipalidad de Acatenango, Acatenango, Chimaltenango, GT. 2006. Monografía del municipio de Acatenango, Chimaltenango, Guatemala. Guatemala. 22 p.
22. Paez, ML; Rodríguez, OS. 1989. Factores de la ecuación universal de pérdidas de suelo en Venezuela. Revista Alcance (VE) no. 37:21-31.
23. Revolorio Quevedo, A. 1993. Curso de conservación de suelos. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 27 p. (27)
24. Romo S, JJ. s.f. Prácticas de conservación de suelos. Mérida, Venezuela, CIDIAT. 35 p.
25. Santos, A. 1996. Evaluación del efecto de la cobertura vegetal y la pendiente, en la erosión hídrica de la microcuenca del río Itzapa, fase III. EPSA Investigación Inferencial. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 69 p.
26. Sheng, TC. 1976. Proyecto de clasificación de la capacidad de uso de la tierra orientado hacia su tratamiento. Kingston, Jamaica, PNUD / FAO. 13 p.
27. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.
28. Suarez De Castro, F. 1979. Conservación de suelos. 3 ed. San José, Costa Rica, IICA. 315 p.

29. Taboada, J. 2003. Dinámica de sedimentos en cuencas hidrográficas. Tesis Ing. Irrig. Montecillos, México, Universidad de Chapingo. 179 p.
30. Tobías Vásquez, HA. 2006. Guía para la descripción de suelos. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 78 p.
31. Villanueva, G; Osinaga, R; Chávez, A. 2002. Manual de tecnología de los suelos agrícolas (el uso sustentable de los suelos). Argentina, Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ciencias Naturales. 27 p.
32. Wischmeier, WH; Smith, DD; Umland, RE. 1958. Evaluation of factors in the soil-loss equation. *Agricultural Enggeniring (US)* 39(8):458-462. Citado por: Motta Franco, EL. 1999. Estudio de la erosión hídrica del suelo, microcuenca del río Itzapa, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 98 p.

2.10 APÉNDICES

Figura 20A: Determinación del factor LS (metodología USDA)

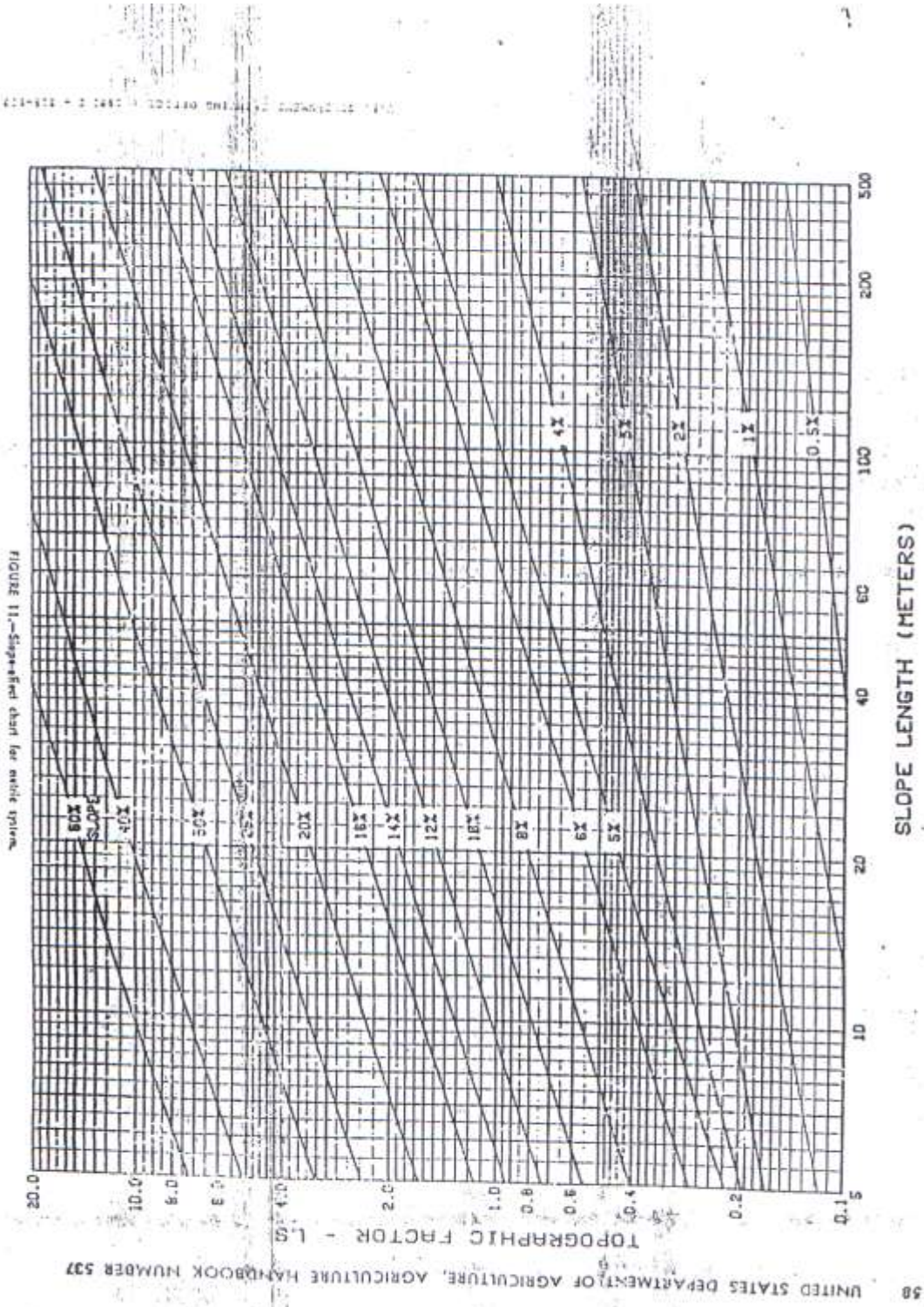


Figura 21A: Nomograma para determinar el factor K en unidades del sistema internacional

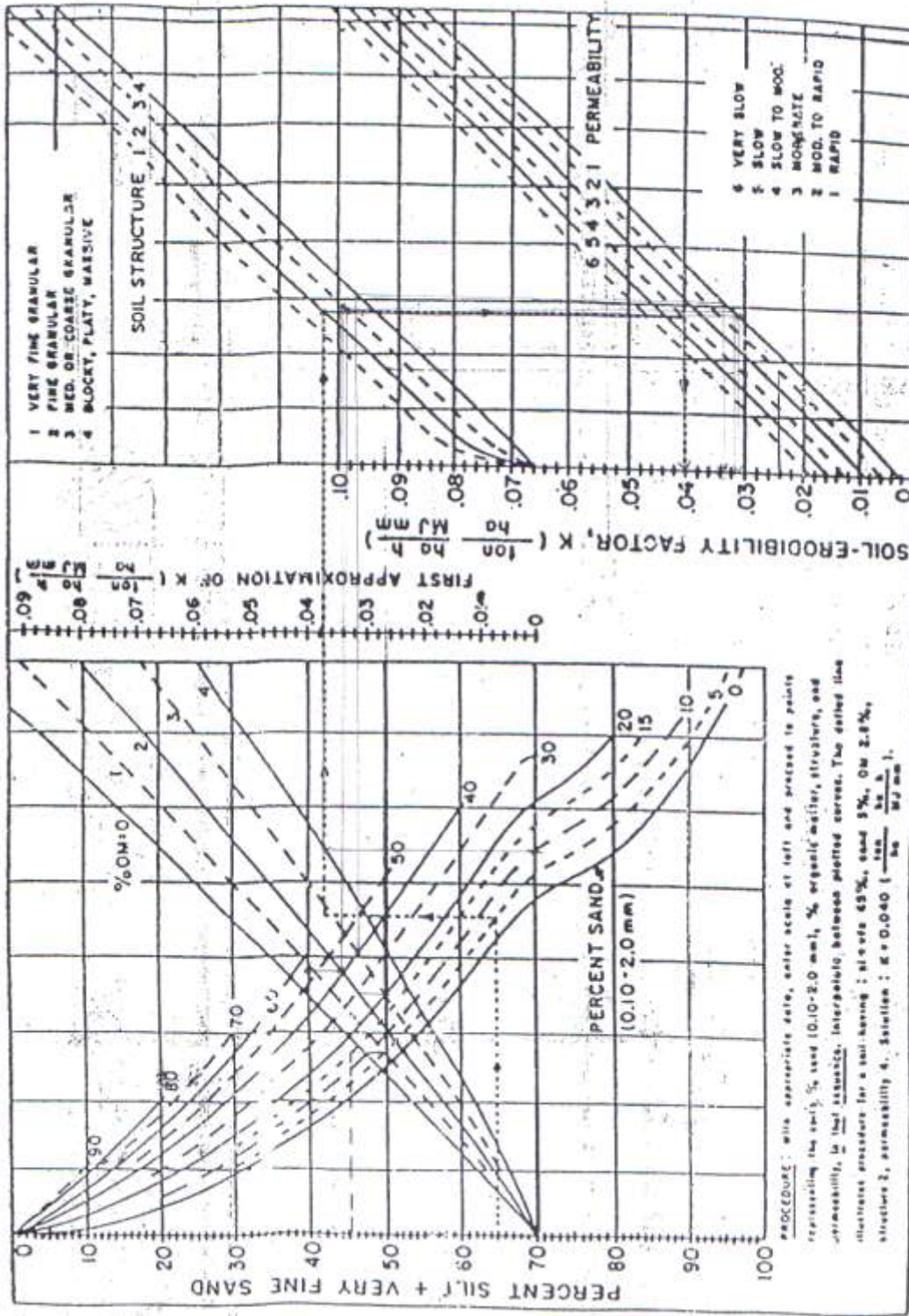


Figure 2. Soil erodibility (K) factor nomograph in SI units.
 (Nomograma del factor de erodibilidad del suelo en unidades del sistema internacional).
 Fuente: Foster et al (1981)

Cuadro 22A. Factor C para diferentes cantidades de residuo vegetal en ton/ha aplicados a diferentes porcentajes y longitudes máximas de pendientes del terreno.

TIPO DE RESIDUO VEGETAL	CANTIDAD ton/ha	PENDIENTE %	LONGITUD MÁXIMA EN m	FACTOR C
Ninguno	0	Todos	--	1.0
Paja o heno	2.47	1-5	61	0.20
Sin eliminación de rastrojo y tirado sobre el suelo	2.47	6-10	30	0.20
Incorporación de rastrojo	3.71	1-5	90	0.12
Incorporación de residuos vegetales con maquinaria	3.71	6-10	46	0.12
	5.0	1-5	120	0.06
	5.0	6-10	60	0.06
	5.0	11-15	46	0.07
	5.0	16-20	30	0.11
	5.0	21-25	25	0.14
	5.0	26-33	15	0.17
	5.0	34-50	10	0.20

Fuente: una guía para la planificación de la conservación de suelo. Manual 537. USDA.1978.

Cuadro 23A. Factor C para terrenos con cubierta permanente (potreros)

CUBIERTA VEGETAL		DENSIDAD DE CUBIERTA VEGETAL					
TIPO Y ALTURA	% DE COBERTURA	% DE CUBIERTA DEL SUELO					
		0	20	40	60	80	95
No apreciable	--	0.45	0.20	0.10	0.042	0.013	0.003
Malezas o arbustos con altura promedio de 50 cm	25	0.36	0.17	0.09	0.038	0.013	0.003
	50	0.26	0.13	0.07	0.035	0.012	0.003
	75	0.17	0.10	0.06	0.032	0.011	0.003
Arbustos con una altura promedio de 2 metros	25	0.40	0.18	0.09	0.040	0.013	0.003
	50	0.34	0.16	0.08	0.030	0.012	0.003
	75	0.28	0.14	0.08	0.036	0.012	0.003
Arbustos con altura promedio de 4 metros	25	0.42	0.19	0.10	0.041	0.013	0.003
	50	0.39	0.18	0.09	0.040	0.013	0.003
	75	0.36	0.17	0.09	0.039	0.012	0.003

Fuente: una guía para la planificación de la conservación de suelo. Manual 537. USDA.1978.

Cuadro 24A: Factor C. Para terrenos forestales no cultivados.

% DEL ÁREA CUBIERTA POR ÁRBOLES	% DEL ÁREA CUBIERTA POR HOJASCA, NO MENOR 5cm	FACTOR
100 – 75	100 – 90	0.0001 – 0.001
70 – 45	85 – 75	0.002 – 0.004
40 – 20	70 – 40	0.003 – 0.009

Fuente: una guía para la planificación de la conservación de suelo. Manual 537. USDA.1978.

Cuadro 25A: Factor C para diferentes cultivos

Bare soil	1
Forest or dense shrub, high mulch crops	0.001
Savanna or prairie grass in good condition	0.01
Overgrazed savanna or prairie grass	0.1
Maize, sorghum or millet: high productivity conventional tillage	0.20 - 0.55
Maize, sorghum or millet: high productivity conventional tillage	0.50 - 0.90
Maize, sorghum or millet: low productivity conventional tillage	0.02 - 0.10
Maize, sorghum or millet: high productivity chisel ploughing into residue	0.12 - 0.20
Maize, sorghum or millet: low productivity chisel ploughing into residue	0.30 - 0.45
Cotton	0.40 - 0.70
Meadow grass	0.01 - 0.025
Soya beans	0.20 - 0.50
Wheat	0.10 - 0.4
Rice	0.10 - 0.20
Groundnuts	0.30 - 0.80
Palm trees, coffee, cocoa with crop cover	0.10 - 0.30
Pineapple on contour; residue removed	0.10 - 0.40
Pineapple on contour; whit surface residue	0.01
Potatoes: rows downslope	0.20 - 0.50
Potatoes: rows across-slope	0.10 - 0.40
Crowpeas	0.30 - 0.40
Strawberries:with weed cover	0.27
Pomegranate: whit weed cover	0.08
Pomegranate: clean-weeded	0.56
Ethiopian tef	0.25
Sugar cane	0.13 - 0.40
Yams	0.40 - 0.50
Pigeon peas	0.60 - 0.70
Mungbean	0.04
Chilli	0.33
Cofee: after first harvest	0.05
Plantains: after establishment	0.05 - 0.01
Papaya	0.21

Fuente: After Wischmeir and Smith (1978); Roose (1977); Singh, Babu and Chandra (1981); Hurni (1987);

Hashim and Wong (1988)

Cuadro 26A. Factor P y distancias entre líneas guías en cultivos a nivel según la pendiente del suelo.

% DE PENDIENTE	VALOR DE P	LONGITUD MÁXIMA EN mm
1 – 2	0.60	120
3 – 5	0.50	100
6 – 8	0.50	60
9 – 12	0.60	45
13 – 16	0.70	20
17 – 20	0.80	15
21 – 25	0.90	10

Fuente: una guía para la planificación de la conservación de suelo. Manual 537. USDA.1978.

Cuadro 27A. Factor P y espaciamento de terrazas cultivo al contorno.

% DE PENDIENTE	MANEJO DEL SUELO	
	AL CONTORNO	EN FAJAS
1 -2	0.40	0.20
3 – 8	0.50	0.25
9 – 12	0.60	0.30
13 – 16	0.70	0.35
17 – 20	0.80	0.40
21 – 25	0.90	0.45

Fuente: una guía para la planificación de la conservación de suelo. Manual 537. USDA.1978.

Cuadro 28A: Factor P. Ancho máximo de fajas y máximas longitud entre líneas guías a diferentes pendientes en cultivos de fajas al contorno.

% DE PENDIENTE	VALOR DE P			ANCHO DE FAJA m	LONGITUD MÁXIMA
	A	B	C		
1 – 2	0.20	0.45	0.60	40	240
3 – 5	0.25	0.38	0.50	30	180
6 – 8	0.25	0.38	0.50	30	120
9 – 12	0.30	0.45	0.60	25	60
13 – 16	0.35	0.52	0.70	25	55
17 – 20	0.40	0.60	0.80	20	40
21 – 26	0.45	0.68	0.90	15	30

Fuente: una guía para la planificación de la conservación de suelo. Manual 537. USDA.1978.

A = Para una rotación de 4 años, con cultivos en hileras y cereales.

B = Para una rotación de 4 años, con dos años cultivo de hileras y dos años cereales.

C = Para fajas alternas con cultivos en hileras y cereales.

Cuadro 29A. Matriz de Capacidad de uso de la Tierra para la región “Tierras Altas Volcánicas”.

PROFUNDIDAD DEL SUELO (cm)	PENDIENTES (%)				
	0 – 12	12 - 26	26 – 36	36 – 55	> 55
>90	A	Am/Aa	Ss/Ap	Ap/F	F/Fp
50-90	A/Am	Am/Aa	Ss/Ap	Ap/F	F/Fp
20-50	Am/Aa	Ss/Ap	Ss/Ap	Ap/F	Fp
<20	Aa	Ss/F	Ss/Fp	Fp	Fp

Fuente: Manual para la clasificación de tierras por capacidad de uso

Modificación de la capacidad de uso de la tierra por los factores modificadores

A continuación se presenta la modificación de la capacidad de uso según el nivel en que se presentan los factores modificadores, pedregosidad y drenaje.

Cuadro 30A. Modificaciones a las categorías de capacidad de uso en función de la pedregosidad y el drenaje.

Categoría sin factores modificadores	PEDREGOSIDAD	DRENAJE	Categoría modificada
A	No limitante	No limitante	A
		Limitante	Am
	Limitante	No Limitante	Ss
		Limitante	Ss
Am	No limitante	No limitante	Am
		Limitante	Ss/Ap
	Limitante	No Limitante	Ss
		Limitante	Ss
Aa	No limitante	No limitante	Aa
		Limitante	Ss/Ap
	Limitante	No Limitante	Ss
		Limitante	Ss
Ss	Limitante	No Limitante	F/Fp
		Limitante	Fp
Ap	No limitante	No Limitante	Ap
	Limitante	No Limitante	F/Fp
F	No limitante	No limitante	F
	Limitante	No Limitante	Fp
<p>CASOS ESPECIALES: En las categorías Ap y F, se considera poco probable la presencia de limitaciones de drenaje; de presentarse la capacidad se modifica hacia Fp.</p> <p>La categoría Ss por definición ya presenta limitaciones de pedregosidad y/o de drenaje, por lo que su grado de manifestación determina que permanezca como Ss o bien se modifique hacia F o Fp.</p>			

Fuente: Manual para la clasificación de tierras por capacidad de uso

Cuadro 31A. Características de las estaciones metereológicas utilizadas

Estación metereológica	Latitud	Longitud	Altitud
ICTA-Alameda, Chimaltenango	143936	904910	1793
Santiago Atitlán, Sololá	143756	911353	1592

Cuadro 32A. Parámetros de ajuste obtenidos mediante optimización no lineal de la estación metereológica ICTA-Alameda

ICTA Alameda	2	5	10	20	25	30	50	100
A	21810	105300	639800	319800	311660	302850	290500	283480
B	35	45	70	65	65	65	65	65
N	1.451	1.701	1.954	1.819	1.812	1.805	1.794	1.787
R2	0.995	0.983	0.987	0.985	0.985	0.985	0.984	0.984

Fuente: Estudio de intensidades de precipitación en Guatemala

Cuadro 33A. Parámetros de ajuste obtenidos mediante optimización no lineal de la estación metereológica Santiago Atitlán

Santiago Atitlán	2	5	10	20	25	30	50	100
A	1280	1001	1190	1160	1020	1015	1010	1008
B	13	12	5	5	4	4	4	4
N	0.812	0.705	0.72	0.705	0.677	0.674	0.671	0.668
R2	0.993	0.986	0.991	0.988	0.987	0.987	0.986	0.986

Fuente: Estudio de intensidades de precipitación en Guatemala

Cuadro 34A. Clases de humedad antecedente mensuales para cada escenario

ESCENARIO ACTUAL				ESCENARIO IDEAL				ESCENARIO SIN COBERTURA				
UM	USO 2006	CN II	CN I	CN III	USO CAPACIDAD DE USO	CN II	CN I	CN III	USO EXTREMO	CN II	CN I	CN III
0	Bosque coníferas	25	12	43	Forestal de protección	25	12	43	INTENSIVO	77	59	89
1	Bosque mixto	25	12	43	Forestal de protección	25	12	43	INTENSIVO	77	59	89
2	Agricultura con cultivos anuales	25	47	83	Cultivos permanentes (café)	55	35	74	INTENSIVO	77	59	89
3	Agricultura con cultivos anuales	25	47	83	Sistemas silvopastoriles	6	2	24	INTENSIVO	77	59	89
4	Agricultura con cultivos anuales	25	47	83	Cultivos permanentes (café)	65	45	83	INTENSIVO	77	59	89
5	Bosque latifoliadas	25	12	43	Forestal de protección	25	12	43	INTENSIVO	77	59	89
6	Cultivos permanentes (café)	25	35	74	Cultivos permanentes (café)	55	35	74	INTENSIVO	77	59	89
7	Agricultura con cultivos anuales	25	47	83	Sistemas silvopastoriles	65	45	83	INTENSIVO	77	59	89
8	Agricultura con cultivos anuales	25	47	83	Sistemas silvopastoriles	6	2	24	INTENSIVO	77	59	89
9	Cultivos permanentes (café)	25	38	76	Cultivos permanentes (café)	55	35	74	INTENSIVO	77	59	89
10	Cultivos permanentes (café)	25	53	86	Cultivos permanentes (café)	69	49	84	INTENSIVO	86	72	94
11	Cultivos permanentes (café)	25	53	86	Cultivos permanentes (café)	69	49	84	INTENSIVO	86	72	94
12	Cultivos permanentes (café)	25	38	76	Cultivos permanentes (café)	55	35	74	INTENSIVO	77	59	89
13	Cultivos permanentes (café)	25	38	76	Cultivos permanentes (café)	55	35	74	INTENSIVO	77	59	89
14	Cultivos permanentes (café)	25	38	76	Cultivos permanentes (café)	55	35	74	INTENSIVO	77	59	89
15	no suelo	25	59	89	Forestal de protección	25	12	43	INTENSIVO	77	59	89
16	no suelo	25	59	89	Forestal de protección	25	12	43	INTENSIVO	77	59	89
17	Cultivos permanentes (café)	25	38	76	Cultivos permanentes (café)	55	35	74	INTENSIVO	77	59	89
18	Cultivos permanentes (café)	25	53	86	Forestal de protección	55	35	74	INTENSIVO	86	72	94
19	no suelo	25	53	89	Forestal de protección	25	12	43	INTENSIVO	77	59	89
20	Cultivos permanentes (café)	25	38	76	Forestal de protección	25	12	43	INTENSIVO	77	59	89
21	no suelo	25	59	89	Forestal de protección	25	12	43	INTENSIVO	77	59	89
22	no suelo	25	59	89	Forestal de protección	25	12	43	INTENSIVO	77	59	89
23	no suelo	25	59	89	Forestal de protección	25	12	43	INTENSIVO	77	59	89
24	Cultivos permanentes (café)	25	38	76	Forestal de protección	25	12	43	INTENSIVO	77	59	89

25	no suelo	25	72	94	Forestal de protección	55	35	74	INTENSIVO	86	72	94
26	no suelo	25	72	94	Forestal de protección	55	35	74	INTENSIVO	86	72	94
27	Bosque mixto	25	12	43	Forestal de protección	25	12	43	INTENSIVO	77	59	89
28	no suelo	25	59	89	Forestal de protección	25	12	43	INTENSIVO	77	59	89
29	Cultivos permanentes (café)	25	53	86	Forestal de protección	55	35	74	INTENSIVO	86	72	94
30	Bosque mixto con plantaciones	25	12	43	Forestal de protección	25	12	43	INTENSIVO	77	59	89
31	Cultivos permanentes (café)	25	38	76	Forestal de protección	25	12	43	INTENSIVO	77	59	89
32	Cultivos permanentes (café)	25	38	76	Cultivos permanentes (café)	55	35	74	INTENSIVO	77	59	89
33	Cultivos permanentes (café)	25	38	76	Cultivos permanentes (café)	55	35	74	INTENSIVO	77	59	89
34	Centro poblado								INTENSIVO			
35	Centro poblado								INTENSIVO			
36	Bosque mixto	25	12	43	Forestal de protección	25	12	43	INTENSIVO	77	59	89
37	Cultivos permanentes (café)	72	53	86	Forestal de protección	55	35	74	INTENSIVO	86	72	94
38	Plantaciones forestales	55	35	74	Forestal de protección	55	35	74	INTENSIVO	86	72	94
39	Bosque mixto ralo	55	35	74	Forestal de protección	55	35	74	INTENSIVO	86	72	94
40	Bosque latifoliadas	25	12	43	Forestal de protección	25	12	43	INTENSIVO	77	59	89
41	Agricultura con cultivos anuales	78	60	90	Forestal de protección	55	35	74	INTENSIVO	86	72	94
42	Centro poblado								INTENSIVO			
43	Cultivos permanentes (café)	72	53	86	Forestal de protección	55	35	74	INTENSIVO	86	72	94
44	Agricultura con cultivos anuales	78	60	90	Forestal de protección	55	35	74	INTENSIVO	86	72	94

Cuadro 35A. Volumen de escorrentía y Caudal máximo para cada unidad de muestreo

Unidades de muestreo		Escenario actual		Escenario ideal		Escenario sin cobertura	
No.UM	USO 2006	Vol m3	Qp m3/seg	Vol m3	Qp m3/seg	Vol m3	Qp m3/seg
0	Bosque coníferas	17160.47	1.36	17160.47	1.36	61993.16	6.14
1	Bosque mixto	34831.90	1.36	34831.90	1.36	125832.20	6.14
2	Agricultura con cultivos anuales	142787.08	5.14	117437.25	4.06	163206.79	6.14
3	Agricultura con cultivos anuales	95515.34	5.14	8128.35	0.34	109174.81	6.14
4	Agricultura con cultivos anuales	109262.50	5.14	107455.79	5.01	124887.93	6.14
5	Bosque latifoliadas	19571.68	1.36	19571.68	1.36	70703.78	6.14
6	Cultivos permanentes (café)	19940.20	4.06	19940.20	4.06	27711.61	6.14
7	Agricultura con cultivos anuales	123163.23	5.14	121126.66	5.01	140776.57	6.14
8	Agricultura con cultivos anuales	57086.03	5.14	4858.02	0.34	65249.79	6.14
9	Cultivos permanentes (café)	261599.15	4.31	249031.02	4.06	346087.42	6.14
10	Cultivos permanentes (café)	132507.16	5.61	127000.16	5.31	158992.77	7.38
11	Cultivos permanentes (café)	72972.43	5.61	69939.70	5.31	87558.21	7.38
12	Cultivos permanentes (café)	31523.90	4.31	30009.38	4.06	41705.12	6.14
13	Cultivos permanentes (café)	74028.56	4.31	70471.97	4.06	97937.44	6.14
14	Cultivos permanentes (café)	22420.87	4.31	21343.70	4.06	29662.11	6.14
15	no suelo	9858.62	6.14	2728.99	1.36	9858.62	6.14
16	no suelo	31201.44	6.14	8636.94	1.36	31201.44	6.14
17	Cultivos permanentes (café)	21911.19	4.31	20858.50	4.06	28987.81	6.14
18	Cultivos permanentes (café)	173537.65	5.61	133380.72	4.06	208224.46	7.38
19	no suelo	9733.86	6.00	2715.27	1.36	9809.08	6.14
20	Cultivos permanentes (café)	130532.53	4.31	47802.84	1.36	172690.42	6.14
21	no suelo	31714.28	6.14	8778.90	1.36	31714.28	6.14
22	no suelo	4594.71	6.14	1271.87	1.36	4594.71	6.14
23	no suelo	15594.17	6.14	4316.66	1.36	15594.17	6.14
24	Cultivos permanentes (café)	25739.78	4.31	9426.27	1.36	34052.92	6.14
25	no suelo	2376.57	7.38	1522.34	4.06	2376.57	7.38
26	no suelo	8111.44	7.38	5195.88	4.06	8111.44	7.38
27	Bosque mixto	98960.83	1.86	88404.88	1.36	319367.55	6.14
28	no suelo	3762.18	6.14	1041.42	1.36	3762.18	6.14
29	Cultivos permanentes (café)	201196.65	5.61	154639.38	4.06	241411.97	7.38
30	Bosque mixto con plantaciones	108421.53	1.36	108421.53	1.36	391678.81	6.14
31	Cultivos permanentes (café)	158416.48	4.31	58014.33	1.36	209580.00	6.14
32	Cultivos permanentes (café)	14237.91	4.31	13553.87	4.06	18836.30	6.14
33	Cultivos permanentes (café)	9265.85	4.31	8820.69	4.06	12258.43	6.14
34	Centro poblado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
35	Centro poblado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36	Bosque mixto	88428.66	1.36	88428.66	1.36	319453.47	6.14
37	Cultivos permanentes (café)	31718.24	5.61	24378.58	4.06	38058.11	7.38
38	Plantaciones forestales	33004.07	4.06	33004.07	4.06	51523.60	7.38
39	Bosque mixto ralo	147919.51	4.06	147919.51	4.06	230921.38	7.38
40	Bosque latifoliadas	14232.74	1.36	14232.74	1.36	51416.55	6.14
41	Agricultura con cultivos anuales	141226.36	6.27	100050.41	4.06	156191.56	7.38
42	Centro poblado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
43	Cultivos permanentes (café)	27161.87	5.61	20876.57	4.06	32591.01	7.38
44	Agricultura con cultivos anuales	39011.91	6.27	27637.60	4.06	43145.85	7.38

Cuadro 36A. Cálculos para el factor K

No. UM	Permeabilidad	%M.O	ESTRUCTURA	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	LIMO+ ARCILLA	FACTOR K
0	RAPIDO	0.91	GRANO SUELTO	87.58	3.33	9.09	12.4	0.0020
1	RAPIDO	2.24	GRANO SUELTO	85.03	11.18	3.79	15.0	0.0020
2	RAPIDO	4.75	GRANO SUELTO	78.28	9.30	12.42	21.7	0.0100
3	RAPIDO	4.53	BLOQUES SUBANGULARES	72.09	12.57	15.34	27.9	0.0140
4	MODERADO	4	BLOQUES SUBANGULARES	63.00	27.0	10.0	37.0	0.0260
5	RAPIDO	2	BLOQUES SUBANGULARES	63.00	27.0	10.0	37.0	0.0300
6	RAPIDO	6	BLOQUES SUBANGULARES	62.92	18.90	18.18	37.1	0.0200
7	MODERADO	4.53	BLOQUES SUBANGULARES	72.09	12.57	15.34	27.9	0.0240
8	RAPIDO	4.75	GRANO SUELTO	78.28	9.30	12.42	21.7	0.0060
9	MODERADO	4	GRANO SUELTO	70.69	13.47	15.84	29.3	0.0100
10	MODERADO	4	GRANO SUELTO	70.69	13.47	15.84	29.3	0.0100
11	RAPIDO	6	BLOQUES SUBANGULARES	62.92	18.90	18.18	37.1	0.0200
12	RAPIDO	6	BLOQUES SUBANGULARES	62.92	18.90	18.18	37.1	0.0200
14	MODERADO	4	GRANO SUELTO	63.00	27.0	10.0	37.0	0.0260
15	MUY RAPIDO	2	GRANO SUELTO	85.00	10.0	5.0	15.0	0.0020
16	RAPIDO	0	GRANO SUELTO	85.00	10.0	5.0	15.0	0.0010
17	MUY RAPIDO	4	GRANO SUELTO	70.69	13.47	15.84	29.3	0.0100
18	RAPIDO	3	BLOQUES SUBANGULARES	59.43	22.91	17.66	40.6	0.0260
19	RAPIDO	0	GRANO SUELTO	63.00	27.0	10.0	37.0	0.0340
20	MODERADO	4.75	GRANO SUELTO	78.28	9.30	12.42	21.7	0.0020
21	RAPIDO	4	GRANO SUELTO	85.00	10.0	5.0	15.0	0.0020
22	RAPIDO	4	BLOQUES SUBANGULARES	63.00	27.0	10.0	37.0	0.0200
23	RAPIDO	4	GRANO SUELTO	85.00	10.0	5.0	15.0	0.0020
24	RAPIDO	4.75	GRANO SUELTO	78.28	9.30	12.42	21.7	0.0020
25	RAPIDO	2	BLOQUES SUBANGULARES	42.00	39.0	19.0	58.0	0.0520
26	RAPIDO	4	BLOQUES SUBANGULARES	42.00	39.0	19.0	58.0	0.0380
27	RAPIDO	0	GRANO SUELTO	85.00	10.0	5.0	15.0	0.0010
28	RAPIDO	2	BLOQUES SUBANGULARES	85.00	10.0	5.0	15.0	0.0020
29	RAPIDO	7.83	GRANO SUELTO	62.96	20.05	16.99	37.0	0.0100
30	RAPIDO	2.35	BLOQUES SUBANGULARES	79.04	9.01	11.95	21.0	0.0180
31	RAPIDO	7.83	GRANO SUELTO	62.96	20.05	16.99	37.0	0.0100
32	RAPIDO	4	GRANO SUELTO	70.69	13.47	15.84	29.3	0.0180
33	RAPIDO	6	BLOQUES SUBANGULARES	62.92	18.90	18.18	37.1	0.0200
34	Centro poblado							
35	Centro poblado							
36	RAPIDO	7.83	GRANO SUELTO	62.96	20.05	16.99	37.0	0.0120
37	RAPIDO	7.83	GRANO SUELTO	62.96	20.05	16.99	37.0	0.0120
38	RAPIDO	4	GRANO SUELTO	70.69	13.47	15.84	29.3	0.0180
39	RAPIDO	2.35	BLOQUES SUBANGULARES	79.04	9.01	11.95	21.0	0.0180
40	RAPIDO	2.35	BLOQUES SUBANGULARES	85.00	10.0	5.0	15.0	0.0100
41	MODERADO	2.35	BLOQUES SUBANGULARES	63.00	27.0	10.0	37.0	0.0300
42	Centro poblado							
43	RAPIDO	7.83	GRANO SUELTO	62.96	20.05	16.99	37.0	0.0180
44	MODERADO	4	GRANO SUELTO	70.69	13.47	15.84	29.3	0.0120
45	RAPIDO	3	BLOQUES SUBANGULARES	59.43	22.91	17.66	40.6	0.0260

Cuadro 37A. Cálculos para el factor LS

No.UM	Rango de pendiente	Pendiente promedio	Longitud de pendiente	α pendiente	$16.8*\text{sen } \alpha$	B	m	$0.05*(x/22.3)$	LS
0	50-75%	62	1271	31.799	8.853	1.725	0.633	0.649	8.203
1	50-75%	62	808	31.799	8.853	1.725	0.633	0.487	8.365
2	25-50%	37	1555	20.304	5.830	1.168	0.539	0.494	5.336
3	12-25%	19	733	10.758	3.136	0.654	0.396	0.200	2.936
4	12-25%	19	3336	10.758	3.136	0.654	0.396	0.364	2.772
5	50-75%	62	3281	31.799	8.853	1.725	0.633	1.183	7.669
6	12-25%	19	273	10.758	3.136	0.654	0.396	0.135	3.001
7	12-25%	19	407	10.758	3.136	0.654	0.396	0.158	2.978
8	25-50%	37	1623	20.304	5.830	1.168	0.539	0.506	5.324
9	12-25%	19	3667	10.758	3.136	0.654	0.396	0.377	2.758
10	7-12%	9	2767	5.143	1.506	0.330	0.248	0.166	1.340
11	12-25%	19	959	10.758	3.136	0.654	0.396	0.222	2.914
12	12-25%	19	1256	10.758	3.136	0.654	0.396	0.247	2.889
13	50-75%	62	226	31.799	8.853	1.725	0.633	0.218	8.635
14	12-25%	19	1335	10.758	3.136	0.654	0.396	0.253	2.883
15	Mayor 75%	75	222	36.870	10.080	1.964	0.663	0.230	9.850
16	50-75%	62	365	31.799	8.853	1.725	0.633	0.295	8.558
17	12-25%	19	571	10.758	3.136	0.654	0.396	0.181	2.955
18	50-75%	62	3411	31.799	8.853	1.725	0.633	1.213	7.640
19	50-75%	62	150	31.799	8.853	1.725	0.633	0.168	8.684
20	25-50%	37	1923	20.304	5.830	1.168	0.539	0.554	5.276
21	Mayor 75%	75	176	36.870	10.080	1.964	0.663	0.197	9.883
22	50-75%	62	217	31.799	8.853	1.725	0.633	0.212	8.641
23	50-75%	62	201	31.799	8.853	1.725	0.633	0.202	8.650
24	25-50%	37	943	20.304	5.830	1.168	0.539	0.377	5.452
25	Mayor 75%	75	123	36.870	10.080	1.964	0.663	0.156	9.924
26	50-75%	62	204	31.799	8.853	1.725	0.633	0.204	8.648
27	50-75%	62	855	31.799	8.853	1.725	0.633	0.505	8.347
28	Mayor 75%	75	86	36.870	10.080	1.964	0.663	0.123	9.957
29	50-75%	62	793	31.799	8.853	1.725	0.633	0.482	8.371
30	25-50%	37	3327	20.304	5.830	1.168	0.539	0.744	5.085
31	50-75%	62	1299	31.799	8.853	1.725	0.633	0.658	8.194
32	12-25%	19	911	10.758	3.136	0.654	0.396	0.218	2.918
33	12-25%	19	658	10.758	3.136	0.654	0.396	0.191	2.945
34	Centro poblado								
35	Centro poblado								
36	50-75%	62	983	31.799	8.853	1.725	0.633	0.552	8.301
37	50-75%	62	1095	31.799	8.853	1.725	0.633	0.591	8.262
38	12-25%	19	1038	10.758	3.136	0.654	0.396	0.229	2.907
39	25-50%	37	660	20.304	5.830	1.168	0.539	0.311	5.518
40	25-50%	37	285	20.304	5.830	1.168	0.539	0.198	5.632
41	25-50%	37	836	20.304	5.830	1.168	0.539	0.354	5.476
35	Centro poblado								
43	50-75%	62	1239	31.799	8.853	1.725	0.633	0.639	8.214
44	7-12%	9	1336	5.143	1.506	0.330	0.248	0.138	1.368

Cuadro 38A. Cálculos de la lámina de suelo erosionado para el escenario actual (uso 2009)

Escenario actual		Factores de la ecuación						Lámina de suelo erosionado	
No.UM	USO 2006	Vol m3	Qp m3/seg	FACTOR_K	FACTOR_LS	FACTOR_C	FACTOR_P	ton/ha/año	mm/ha/año
0	Bosque coníferas	17160.472	1.356	0.002	8.203	0.025	1.000	1.350	0.0003
1	Bosque mixto	34831.904	1.356	0.002	8.365	0.007	1.000	0.573	0.0011
2	Agricultura con cultivos anuales	142787.078	5.138	0.010	5.336	0.375	1.000	454.747	0.8532
3	Agricultura con cultivos anuales	95515.342	5.138	0.014	2.936	0.375	1.000	279.714	0.5248
4	Agricultura con cultivos anuales	109262.499	5.138	0.026	2.772	0.375	1.000	528.821	0.9922
5	Bosque latifoliadas	19571.678	1.356	0.030	7.669	0.025	1.000	20.372	0.0382
6	Cultivos permanentes (café)	19940.196	4.058	0.020	3.001	0.050	1.000	19.844	0.0372
7	Agricultura con cultivos anuales	123163.227	5.138	0.024	2.978	0.375	1.000	560.680	1.0519
8	Agricultura con cultivos anuales	57086.027	5.138	0.006	5.324	0.375	1.000	162.934	0.3057
9	Cultivos permanentes (café)	261599.152	4.308	0.010	2.758	0.050	1.000	39.865	0.0748
10	Cultivos permanentes (café)	132507.158	5.608	0.010	1.340	0.050	1.000	15.341	0.0288
11	Cultivos permanentes (café)	72972.434	5.608	0.020	2.914	0.050	1.000	47.760	0.0896
12	Cultivos permanentes (café)	31523.899	4.308	0.020	2.889	0.050	1.000	25.530	0.0479
13	Cultivos permanentes (café)	74028.558	4.308	0.026	8.635	0.050	1.000	160.009	0.3002
14	Cultivos permanentes (café)	22420.874	4.308	0.026	2.883	0.050	1.000	27.366	0.0513
15	no suelo	9858.624	6.145	0.002	9.850	1.000	1.000	110.778	0.2078
16	no suelo	31201.440	6.145	0.001	8.558	1.000	1.000	91.741	0.1721
17	Cultivos permanentes (café)	21911.188	4.308	0.010	2.955	0.050	1.000	10.651	0.0200
18	Cultivos permanentes (café)	173537.648	5.608	0.026	7.640	0.050	1.000	264.428	0.4961
19	no suelo	9733.856	5.995	0.034	8.684	1.000	1.000	1625.997	3.0507
20	Cultivos permanentes (café)	130532.532	4.308	0.002	5.276	0.050	1.000	10.332	0.0194
21	no suelo	31714.283	6.145	0.002	9.883	1.000	1.000	213.824	0.4012
22	no suelo	4594.709	6.145	0.020	8.641	1.000	1.000	633.715	1.1890
23	no suelo	15594.171	6.145	0.002	8.650	1.000	1.000	125.768	0.2360
24	Cultivos permanentes (café)	25739.784	4.308	0.002	5.452	0.050	1.000	4.301	0.0081
25	no suelo	2376.569	7.382	0.052	9.924	1.000	1.000	1449.709	2.7199
26	no suelo	8111.444	7.382	0.038	8.648	1.000	1.000	1836.014	3.4447
27	Bosque mixto	98960.834	1.862	0.001	8.347	0.007	1.000	0.613	0.0011
28	no suelo	3762.179	6.145	0.002	9.957	1.000	1.000	65.294	0.1225
29	Cultivos permanentes (café)	201196.654	5.608	0.010	8.371	0.050	1.000	121.060	0.2271
30	Bosque mixto con plantaciones	108421.526	1.356	0.018	5.085	0.007	1.000	5.919	0.0111
31	Cultivos permanentes (café)	158416.477	4.308	0.010	8.194	0.050	1.000	89.426	0.1678
32	Cultivos permanentes (café)	14237.907	4.308	0.018	2.918	0.050	1.000	14.873	0.0279
33	Cultivos permanentes (café)	9265.850	4.308	0.020	2.945	0.050	1.000	13.109	0.0246
34	Centro poblado	0.000	0.000						0.0000

35	Centro poblado	0.000	0.000						0.0000
36	Bosque mixto	88428.661	1.356	0.012	8.301	0.007	1.000	5.747	0.0108
37	Cultivos permanentes (café)	31718.245	5.608	0.012	8.262	0.050	1.000	50.954	0.0956
38	Plantaciones forestales	33004.073	4.058	0.018	2.907	0.050	1.000	22.941	0.0430
39	Bosque mixto ralo	147919.505	4.058	0.018	5.518	0.025	1.000	50.442	0.0946
40	Bosque latifoliadas	14232.735	1.356	0.010	5.632	0.007	1.000	1.168	0.0022
41	Agricultura con cultivos anuales	141226.356	6.269	0.030	5.476	0.375	1.000	1555.538	2.9185
42	Centro poblado	0.000	0.000						0.0000
43	Cultivos permanentes (café)	27161.874	5.608	0.018	8.214	0.050	1.000	69.666	0.1307
44	Agricultura con cultivos anuales	39011.914	6.269	0.012	1.368	0.375	1.000	75.609	0.1419

Cuadro 39A. Cálculos de la lámina de suelo erosionado para el escenario ideal (capacidad de uso 2009)

Escenario ideal		Factores de la ecuación						Lámina de suelo erosionado	
No.UM	USO IDEAL	Vol m3	Qp m3/seg	FACTOR_K	FACTOR_LS	FACTOR_C	FACTOR_P	ton/ha/año	mm/ha/año
0	Forestal de protección	17160.4717	1.3558	0.0020	8.2033	0.0010	0.1800	0.0097	0.0000
1	Forestal de protección	34831.9040	1.3558	0.0020	8.3651	0.0010	0.1800	0.0147	0.0000
2	Cultivos permanentes (café)	117437.2519	4.0583	0.0100	5.3356	0.0500	0.4500	21.4296	0.0040
3	Sistemas silvopastoriles	8128.3524	0.3410	0.0140	2.9362	0.0100	0.4500	0.1849	0.0000
4	Cultivos permanentes (café)	107455.7914	5.0120	0.0260	2.7723	0.0500	0.4500	31.0005	0.0058
5	Forestal de protección	19571.6783	1.3558	0.0300	7.6691	0.0010	0.1800	0.1467	0.0000
6	Cultivos permanentes (café)	19940.1957	4.0583	0.0200	3.0007	0.0500	0.4500	8.9298	0.0017
7	Sistemas silvopastoriles	121126.6642	5.0120	0.0240	2.9777	0.0100	0.4500	6.5736	0.0012
8	Sistemas silvopastoriles	4858.0190	0.3410	0.0060	5.3241	0.0100	0.4500	0.1077	0.0000
9	Cultivos permanentes (café)	249031.0239	4.0583	0.0100	2.7584	0.0500	0.4500	16.8771	0.0032
10	Cultivos permanentes (café)	127000.1609	5.3065	0.0100	1.3403	0.0500	0.4500	6.5357	0.0012
11	Cultivos permanentes (café)	69939.6999	5.3065	0.0200	2.9139	0.0500	0.4500	20.3469	0.0038
12	Cultivos permanentes (café)	30009.3821	4.0583	0.0200	2.8888	0.0500	0.4500	10.8081	0.0020
13	Cultivos permanentes (café)	70471.9696	4.0583	0.0260	8.6348	0.0500	0.4500	67.7406	0.0127
14	Cultivos permanentes (café)	21343.6974	4.0583	0.0260	2.8828	0.0500	0.4500	11.5854	0.0022
15	Forestal de protección	2728.9888	1.3558	0.0020	9.8500	0.0010	0.1800	0.0042	0.0000
16	Forestal de protección	8636.9435	1.3558	0.0010	8.5581	0.0010	0.1800	0.0035	0.0000
17	Cultivos permanentes (café)	20858.4983	4.0583	0.0100	2.9550	0.0500	0.4500	4.5091	0.0008
18	Forestal de protección	133380.7179	4.0583	0.0260	7.6397	0.0010	0.1800	0.6854	0.0001
19	Forestal de protección	2715.2749	1.3558	0.0340	8.6845	0.0010	0.1800	0.0623	0.0000
20	Forestal de protección	47802.8380	1.3558	0.0020	5.2757	0.0010	0.1800	0.0111	0.0000
21	Forestal de protección	8778.9047	1.3558	0.0020	9.8827	0.0010	0.1800	0.0080	0.0000
22	Forestal de protección	1271.8722	1.3558	0.0200	8.6407	0.0010	0.1800	0.0238	0.0000
23	Forestal de protección	4316.6590	1.3558	0.0020	8.6503	0.0010	0.1800	0.0047	0.0000
24	Forestal de protección	9426.2686	1.3558	0.0020	5.4523	0.0010	0.1800	0.0046	0.0000
25	Forestal de protección	1522.3402	4.0583	0.0520	9.9239	0.0010	0.1800	0.1455	0.0000
26	Forestal de protección	5195.8845	4.0583	0.0380	8.6484	0.0010	0.1800	0.1842	0.0000
27	Forestal de protección	88404.8777	1.3558	0.0010	8.3475	0.0010	0.1800	0.0124	0.0000
28	Forestal de protección	1041.4177	1.3558	0.0020	9.9574	0.0010	0.1800	0.0025	0.0000
29	Forestal de protección	154639.3791	4.0583	0.0100	8.3710	0.0010	0.1800	0.3138	0.0001
30	Forestal de protección	108421.5264	1.3558	0.0180	5.0855	0.0010	0.1800	0.1522	0.0000
31	Forestal de protección	58014.3285	1.3558	0.0100	8.1944	0.0010	0.1800	0.0960	0.0000

32	Cultivos permanentes (café)	13553.8683	4.0583	0.0180	2.9183	0.0500	0.4500	6.2964	0.0012
33	Cultivos permanentes (café)	8820.6861	4.0583	0.0200	2.9446	0.0500	0.4500	5.5497	0.0010
34	Centro poblado	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
35	Centro poblado	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
36	Forestal de protección	88428.6608	1.3558	0.0120	8.3009	0.0010	0.1800	0.1478	0.0000
37	Forestal de protección	24378.5849	4.0583	0.0120	8.2617	0.0010	0.1800	0.1321	0.0000
38	Forestal de protección	33004.0727	4.0583	0.0180	2.9068	0.0010	0.1800	0.0826	0.0000
39	Forestal de protección	147919.5054	4.0583	0.0180	5.5184	0.0010	0.1800	0.3632	0.0001
40	Forestal de protección	14232.7352	1.3558	0.0100	5.6316	0.0010	0.1800	0.0300	0.0000
41	Forestal de protección	100050.4092	4.0583	0.0300	5.4760	0.0010	0.1800	0.4825	0.0001
42	Centro poblado	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
43	Forestal de protección	20876.5666	4.0583	0.0180	8.2136	0.0010	0.1800	0.1806	0.0000
44	Forestal de protección	27637.6031	4.0583	0.0120	1.3677	0.0010	0.1800	0.0235	0.0000

Cuadro 40A. Cálculos de la lámina de suelo erosionado para el escenario sin cobertura o con uso intensivo de la tierra

Escenario sin cobertura		Factores de la ecuación						Lámina de suelo erosionado
No.UM	USO	Vol m3	Qp m3/seg	FACTOR_K	FACTOR_LS	FACTOR_C	FACTOR_P	ton/ha/año
0	INTENSIVO O SIN COBERTURA	65137.524	15.236	0.002	8.203	1.000	1.000	441.615
1	INTENSIVO O SIN COBERTURA	132214.547	15.236	0.002	8.365	1.000	1.000	669.423
2	INTENSIVO O SIN COBERTURA	171484.828	15.236	0.010	5.336	1.000	1.000	2469.649
3	INTENSIVO O SIN COBERTURA	114712.285	15.236	0.014	2.936	1.000	1.000	1519.074
4	INTENSIVO O SIN COBERTURA	131222.384	15.236	0.026	2.772	1.000	1.000	2871.931
5	INTENSIVO O SIN COBERTURA	74289.955	15.236	0.030	7.669	1.000	1.000	6666.045
6	INTENSIVO O SIN COBERTURA	29117.175	15.236	0.020	3.001	1.000	1.000	1029.109
7	INTENSIVO O SIN COBERTURA	147916.920	15.236	0.024	2.978	1.000	1.000	3044.950
8	INTENSIVO O SIN COBERTURA	68559.338	15.236	0.006	5.324	1.000	1.000	884.867
9	INTENSIVO O SIN COBERTURA	363641.363	15.236	0.010	2.758	1.000	1.000	1944.994
10	INTENSIVO O SIN COBERTURA	165534.695	15.771	0.010	1.340	1.000	1.000	620.100
11	INTENSIVO O SIN COBERTURA	91160.883	15.771	0.020	2.914	1.000	1.000	1930.493
12	INTENSIVO O SIN COBERTURA	43820.454	15.236	0.020	2.889	1.000	1.000	1245.576
13	INTENSIVO O SIN COBERTURA	102904.942	15.236	0.026	8.635	1.000	1.000	7806.740
14	INTENSIVO O SIN COBERTURA	31166.604	15.236	0.026	2.883	1.000	1.000	1335.155
15	INTENSIVO O SIN COBERTURA	10358.665	15.236	0.002	9.850	1.000	1.000	189.372
16	INTENSIVO O SIN COBERTURA	32784.012	15.236	0.001	8.558	1.000	1.000	156.830
17	INTENSIVO O SIN COBERTURA	30458.104	15.236	0.010	2.955	1.000	1.000	519.646
18	INTENSIVO O SIN COBERTURA	216792.074	15.771	0.026	7.640	1.000	1.000	10688.375
19	INTENSIVO O SIN COBERTURA	10306.610	15.236	0.034	8.684	1.000	1.000	2830.404
20	INTENSIVO O SIN COBERTURA	181449.472	15.236	0.002	5.276	1.000	1.000	504.079
21	INTENSIVO O SIN COBERTURA	33322.867	15.236	0.002	9.883	1.000	1.000	365.529
22	INTENSIVO O SIN COBERTURA	4827.758	15.236	0.020	8.641	1.000	1.000	1083.324
23	INTENSIVO O SIN COBERTURA	16385.125	15.236	0.002	8.650	1.000	1.000	214.999
24	INTENSIVO O SIN COBERTURA	35780.124	15.236	0.002	5.452	1.000	1.000	209.862
25	INTENSIVO O SIN COBERTURA	2474.355	15.771	0.052	9.924	1.000	1.000	2268.319
26	INTENSIVO O SIN COBERTURA	8445.198	15.771	0.038	8.648	1.000	1.000	2872.759
27	INTENSIVO O SIN COBERTURA	335566.234	15.236	0.001	8.347	1.000	1.000	562.696
28	INTENSIVO O SIN COBERTURA	3953.002	15.236	0.002	9.957	1.000	1.000	111.619
29	INTENSIVO O SIN COBERTURA	251345.113	15.771	0.010	8.371	1.000	1.000	4893.353
30	INTENSIVO O SIN COBERTURA	411545.203	15.236	0.018	5.085	1.000	1.000	6917.682
31	INTENSIVO O SIN COBERTURA	220210.132	15.236	0.010	8.194	1.000	1.000	4363.026
32	INTENSIVO O SIN COBERTURA	19791.699	15.236	0.018	2.918	1.000	1.000	725.625

33	INTENSIVO O SIN COBERTURA	12880.188	15.236	0.020	2.945	1.000	1.000	639.572
34	Centro poblado							
35	Centro poblado							
36	INTENSIVO O SIN COBERTURA	335656.510	15.236	0.012	8.301	1.000	1.000	6715.672
37	INTENSIVO O SIN COBERTURA	39624.048	15.771	0.012	8.262	1.000	1.000	2059.617
38	INTENSIVO O SIN COBERTURA	53643.596	15.771	0.018	2.907	1.000	1.000	1287.941
39	INTENSIVO O SIN COBERTURA	240422.880	15.771	0.018	5.518	1.000	1.000	5663.853
40	INTENSIVO O SIN COBERTURA	54024.455	15.236	0.010	5.632	1.000	1.000	1365.111
41	INTENSIVO O SIN COBERTURA	162618.226	15.771	0.030	5.476	1.000	1.000	7525.153
42	Centro poblado							
43	INTENSIVO O SIN COBERTURA	33931.997	15.771	0.018	8.214	1.000	1.000	2815.968
44	INTENSIVO O SIN COBERTURA	44921.135	15.771	0.012	1.368	1.000	1.000	365.772

Cuadro 41A. Descripción de las 14 unidades de muestreo agrupadas

No. Unidades de Muestreo	Descripción de las unidades de muestreo
1	LOS PLANES, FINCA EL PLATANAR, FINCA LA FELICIDAD
2	SAN DIEGO
3	ABANICO LOS PAJALES II
4	QUEBRADA SECA, QUEBRADA SAN ANTONIO
5	QUEBRADA SIGUANTUCUR
6	ESTRATO VOLCAN ACATENANGO
7	NO SUELO
8	CERRO SANAI, PARTE SOCO, CERRO CHINO
9	EL CIPRES
10	FINAL DE QUEBRADA SECA
11	LOS PAJALES II, PARCELAMIENTO LA SOLEDAD
12	FINCA MIRALVALLE
13	LA SOLEDAD, LOS PAJALES I, ANA CHIMICHABAL
14	PUEBLO NUEVO, LA CONCHITA Y LA FINCA LA SOLEDAD
15	CENTRO POBLADO

Descripción de la metodología Capacidad-Fertilidad

La clasificación por capacidad-fertilidad propone tres niveles: tipo, subtipo y modificadores. El **Tipo**, se basa en la textura de la capa arable o de los primeros 20 cm de profundidad, cualquiera que sea menos profundo y cuenta con cuatro tipos, nombrados con letras mayúsculas:

S = Arenoso: arena y arena migajosa

L = Franco: <35% de arcilla excepto arenas y arena migajosa

C = Arcilloso: >35% de arcilla

O = Suelo orgánico: <30% de materia orgánica en los primeros 50 cm

El **Subtipo**, se usa sólo cuando existe un cambio en la textura dentro de los primeros 50 cm o una capa endurecida que impide el desarrollo radical. Para su identificación también se emplean letras mayúsculas:

S = Subsuelo arenoso: arena y arena migajosa

L = Subsuelo franco: <35% de arcilla excepto arena y arena migajosa

C = Subsuelo arcilloso: >35% de arcilla

R = Roca u otra capa endurecida que restrinja el desarrollo radical

Los **Modificadores** refieren a propiedades físicas o químicas que afectan la fertilidad de los suelos. Estos pueden presentar en el suelo superficial, la capa arable o dentro de los 20 cm, cualquiera que sea menos profundo; o en el subsuelo. En los modificadores del subsuelo se emplea un asterisco (*). En el siguiente cuadro se presenta una lista de los modificadores usados en la clasificación de Capacidad-Fertilidad.

Cuadro 42A. Modificadores de los tipos y subtipos del sistema de clasificación de los suelos con base en su Capacidad-Fertilidad

Modificador	Significado
*g (Gley)	Moteados con cromas <2 dentro de los primeros 60 cm y debajo de los horizontes A, o suelo saturado con agua por más de 60 días en la mayoría de los años
*d (Seco)	Suelo seco por más de 60 días consecutivos por año, dentro de 20 a 60 cm de profundidad
e (Baja CIC)	< 4 meq/100 g de suelo determinado por suma de bases + aluminio extraído por KCl 1N, o <7 meq/100 g de suelo determinado por suma de cationes a pH 7 o <10 meq/100 g de suelo determinado por suma de cationes + Al + H a pH 8.2
*a (Toxicidad por Al)	>60% de la CIC saturada con Al (por suma de bases + Al) en los primeros 50 cm o >67% de la CIC saturada con Al (por suma de cationes a pH 7) en los 50 cm, o >86% de la CIC saturada con Al (por suma de cationes a pH 8.2) en los primeros 50 cm, o pH en agua (1:1) <5.0 excepto en suelos orgánicos.
*h (Acido)	10 a 60% de la CIC saturada con Al (por la suma de bases + Al en los primeros 50 cm, o pH en agua (1:1) entre 5.0 y 6.0
x (Minerales amorfos)	pH>10 en NaF 1N, o la prueba del NaF en campo es positiva, u otras evidencias indirectas de la presencia de alófono como mineral de arcilla predominante.
v (Vertisol)	>35% de arcilla muy plástica y pegajosa y >50% de la fracción de arcillas expandibles (2:1), o COLE>0.09, o severo agrietamiento e hinchamiento del suelo.
*k (Deficiente en K)	<10% de minerales meteorizables en la fracción limo y arena dentro de los primeros 50 cm, o un contenido de K intercambiable <0.2 meq/100g, o K<2% de la suma de bases si ésta es < 10 meq/100gramos
*b (Calcareo)	Carbonato de calcio libre dentro de 50 cm (efervescencia con HCl), o pH>7.3
*s (Salino)	>4 mmho cm ⁻¹ de conductividad eléctrica en pasta saturada a 25 C dentro de 1m de profundidad
*n (Sódico)	>15% de la CIC saturada con Na dentro de los primeros 50 cm
*c (Cat clay)	Reacción en agua (pH, 1:1) <3.5 cuando seco, moteados de jarosita con matices 2.5Y o más amarillos y cromas de 6 o más altos dentro de 60 cm

Fuente: Buol *et al.* (1975)

3 CAPITULO III. INFORME DE SERVICIOS PRESTADOS A LA –UPGGR-MAGA Y A LAS
COMMUNIDADES DE LA MICROCUENCA DEL RIO COCOYÁ ACATENANGO
CHIMALTENANGO

3.1 PRESENTACION

La Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgos UPGGR fue creada para darle continuidad, a la Unidad de Políticas e Información Estratégica UPIE; en donde la coordinación del Programa de Emergencia por Desastres Naturales (PEDN) y la Unidad de Proyectos, Cooperación Externa y Fideicomisos (UPCEF) del MAGA, elaboraron un proyecto denominado "Fase de consolidación del sistema de información geográfica" que fue presentado al Banco Interamericano de Desarrollo BID. Esta institución decidió financiar el proyecto mediante una cooperación técnica no reembolsable (ATN/SF-7443-GU), con lo que el ministerio de Finanzas Públicas y el BID firmaron el 26 de junio del año dos mil uno, el convenio No. ATN/SF-7443, con el objeto de otorgar un monto de ciento cincuenta mil dólares estadounidenses (U\$S 150,000.00), en concepto de cooperación Técnica no Reembolsable al MAGA, para financiar la ejecución del proyecto de consolidación del Sistema de Información Geográfica en el Programa de Emergencia por Desastres Naturales (PEDN). La duración de esta fase, se estimo en 12 meses contados a partir del 1 de septiembre del 2001. El laboratorio fue adscrito al despacho del Ministerio, bajo la supervisión de la UPCEF y la administración de fondos financieros del mismo fue asignada a CIPREDA. (3). La Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgos, es una unidad especial dentro del Ministerio de Agricultura, creada en el 2002 el 27 de mayo, esta unidad depende directamente del despacho ministerial. (3)

La UPGGR tiene un convenio con la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala (FAUSAC), que consiste en contratar epesistas para el laboratorio de SIG y para el proyecto de Taxonomía, el convenio fue firmado en el mes de enero del año 2007.

El programa del EPS (Ejercicio Profesional Supervisado), de la FAUSAC (Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos), comprende de tres fases que son el diagnóstico, un tema de investigación y los servicios. Los servicios son actividades que se planifican y que se hacen en el lugar donde se realiza el EPS.

En este caso el EPS se realiza en la UPGGR, pero el lugar de investigación será en una microcuenca del municipio de Acatenango por lo que los servicios se realizarán en los dos lugares.

A continuación se describen las actividades que se realizarán en cada lugar, así como una descripción general de la UPPGR y del área de influencia de la microcuenca.

3.2 OBJETIVOS

3.2.1 General

Brindar asistencia técnica tanto a la Unidad de Planificación y Gestión de Riesgos (UPGGR) como a la población que abarca la microcuenca del río Cocoyá lugar donde se realiza la investigación.

3.2.2 Específicos

- Apoyar a la unidad de planificación de gestión de riesgos (UPGGR) en actividades para el proyecto “Mapa de Taxonomía de Suelos de Guatemala” así como los proyectos del laboratorio de sistemas de información geográfica.
- Aportar a la población de influencia de la microcuenca un estudio de capacidad de uso de la tierra (ECUT), que les ayude en la realización de un plan de manejo de los recursos naturales.
- Capacitar a los técnicos de la oficina de planificación municipal (OPM) de la municipalidad de Acatenango, acerca del uso del software F-Gis.
- Realizar una concientización acerca del recurso bosque dirigida a la población de las comunidades que se benefician de un manantial en común.

3.3 Servicio 1: Apoyo a los proyectos de la unidad de planificación geográfica y gestión de riesgos (UPGGR-MAGA).

3.3.1 Actividad No. 1. Organización y actualización de información de taxonomía de suelos.

A. Objetivos

a. General

Apoyar en las actividades del proyecto de Mapa de Taxonomía de Suelos del departamento de Chimaltenango.

b. Específico

- Apoyo en la organización y actualización de información de taxonomía de suelos, tanto física como digital, generada para el departamento de Chimaltenango.

B. Metodología

a. Revisión de boletas de campo de observaciones

El proyecto de taxonomía de suelos se compone de una etapa de campo, que es donde se recolecta la información, para la descripción y clasificación de los suelos. Esta información se obtiene de las calicatas que se describen, pero antes de realizar las calicatas, es necesario hacer observaciones de campo en donde se realizan unas cajuelas, mas pequeñas que las calicatas (50 cm³), esto con el fin de obtener información necesaria para elegir la ubicación de la calicata y luego realizar la descripción del perfil. Todas las observaciones se anotan en una boleta de campo, pero muchas veces esta información no es ingresada correctamente en la base de datos.

Además la información de clima fue corregida realizando nuevamente líneas de clima con información actualizada de precipitación y temperatura; al igual, la información de fisiografía fue revisada por el experto en fotointerpretación quien corrigió algunas unidades cartográficas.

Debido a estas correcciones, las boletas de campo de observaciones fueron revisadas por los edafólogos quienes las corrigieron y luego de corregidas las boletas se realizó una comparación con la base de datos para uniformizar la información de clima, paisajes, pendientes y de campo, así como la información de profundidad, textura, drenaje, reacciones químicas y el tipo de epipedón, verificando si coinciden con la clasificación taxonómica preliminar.

a. Selección de boletas de campo de observaciones y organización en archivos físicos

Luego de corregidas las boletas de campo de observaciones, se organizaron, según los códigos que presentan, los cuales indican el paisaje, clima, material parental y relieve. Estas boletas serán almacenadas en archivos físicos leitz, que serán identificados previamente con la información de los códigos de boletas que incluye y con un índice dentro de cada leitz que indique el número de observaciones o boletas de campo que hay para cada código.

b. Organización de archivos digitales

Para cada unidad cartográfica tiene un código, con diferentes observaciones las cuales no se encuentran ordenadas, estas observaciones se ordenaron en archivos de Excel, creando una carpeta con las primeras tres letras del código, donde se incluyeron todas las observaciones para ese código. Para cada unidad cartográfica se seleccionó una cajuela modal de todas las observaciones con la ayuda de una matriz donde se colocaron las características más repetitivas para elegir la cajuela modal.

c. Selección de Cajuelas modales

Luego de tener toda la información ordenada, se eligió una cajuela modal, para cada unidad cartográfica la cual indica las características más representativas de todas las observaciones, realizando un análisis estadístico descriptivo, con el cual se determinó cual es la observación más representativa.

d. Actualización de la Leyenda

Con la información física y digital revisada y ordenada, se actualizó la leyenda incluyendo para cada unidad cartográfica la cajuela modal (más repetitiva), el número de observaciones y código de éstas, así como la clasificación taxonómica preliminar del suelo.

C. Resultados

Se realizó la revisión de las boletas de campo de las observaciones, con la base de datos, donde se comparó la información de clima, paisaje pendientes y características propias del perfil como profundidad, textura, drenaje, reacciones químicas y el epipedón, corrigiendo aquellas información que no coincidiera con la de las boletas de campo. Se revisaron en total 250 boletas de campo y se actualizaron con la base de datos.

Luego de corregir esta información, se crearon archivos físicos con todas las boletas de campo, creando leitz. Se crearon 15 leitz de todas las boletas, separando las observaciones por paisaje, clima, forma del terreno y material parental que es lo que indica el símbolo. Para el

paisaje de montaña fueron creados 7 leitz, para altiplano se crearon 2 leitz, lomerío 5 leitz y para piedemonte y vallecito solamente se creo un leitz.



Figura 22. Archivos físicos (Leitz) con boletas de observaciones de campo

En total se ordenaron 2454 boletas de campo, en leitz incluyendo un índice del número de observaciones por código e identificándolos con el paisaje, clima, relieve y material parental.

También se organizaron archivos digitales que contienen información de cada una de las observaciones, esta información es sacada de la base de datos, pero es trabajada en Excel, por lo que se tienen que guardar al igual que el archivo físico, por símbolo, para esto se hicieron archivos por paisaje, luego se crearon carpetas para cada clima y para cada tipo de relieve que hay en los climas. Luego se hicieron archivos de Excel colocando todas las observaciones que tiene cada código en estos archivos de Excel.

Esta información se ordenó, para seleccionar la cajuela modal para cada símbolo, que indica una unidad cartográfica. Esta cajuela modal fue seleccionada en base a un análisis de estadística descriptiva, donde en base a valores se seleccionó la cajuela que más características en común tuviera con las otras cajuelas.

Con la información actualizada y ordenada, se completó la información faltante en la leyenda. Para esto se seleccionó la leyenda de la base de datos y se revisó, y la información que aún no coincidía, se corrigió de una vez, además se agregaron a la leyenda los símbolos de las cajuelas modales y se indicó cuantas observaciones por cada símbolo habían y su clasificación taxonómica preliminar.

3.3.2 Actividad No. 2: Apoyo en la Fase complementaria de campo a los edafólogos del proyecto de taxonomía de suelos

A. Objetivos

a. General

Obtener información faltante para completar el proyecto de taxonomía de suelos del departamento de Chimaltenango.

b. Específicos

- Realizar las calicatas y las observaciones pendientes para completar la información y dar una clasificación de suelos preliminar.
- Obtener muestras de suelo para definir la taxonomía de los suelos faltantes.

B. Metodología

a. Preparación de la información y herramientas a usar en el campo.

Para la fase complementaria de campo, se utilizaron las fotografías aéreas, por lo que se ordenaron para luego seleccionar únicamente las que eran útiles. Luego de ordenar las fotografías, se ubicó la cajuela modal y se seleccionó la boleta de campo, que se utilizará para ubicar la nueva calicata.

b. Salida hacia el campo

La salida de campo se planificó para el 25 de marzo 2009, y comprende aproximadamente 30 días hábiles.

c. Ubicación de las autoridades correspondientes y solicitud de permiso para realizar la calicata y su descripción.

Lo primero que se realizó es la presentación con las autoridades correspondientes para darles a conocer cual es el objetivo del proyecto y en que municipios se estará trabajando, también se solicitó el nombre de los alcaldes y de los miembros de COCODES (consejo de desarrollo comunitario) y una carta de respaldo de la municipalidad.

d. Ubicación del punto de la calicata con GPS y búsqueda de la misma.

Para ubicar la calicata se ingresaron las coordenadas UTM en el GPS y luego éste ubicó el punto.

Descripción y recolección de las muestras de la calicata.

Luego de ubicar el punto, se realizaron las medidas para iniciar la calicata, después se describió el perfil anotando características como color, textura, estructura, consistencia, porosidad del suelo, presencia de raíces y reacción al NaF, HCl y H₂O₂, así como el pH.

e. Ordenado y etiquetado de las muestras

Después de la descripción del perfil, se colectaron las muestras de suelo dos por cada horizonte descrito, ya que una es para análisis físico y otra es para análisis químico. Además se colectaron las muestras de densidad una por cada horizonte hasta que no pasen de los 60 centímetros. Cada muestra se etiquetó con la fecha, el nombre del colector, profundidad, nomenclatura del horizonte y si es para análisis físico, químico o densidad.

C. Resultados

Se ordenaron las fotografías aéreas de todo Chimaltenango, por línea de vuelo y por número de ortofotografía, creando un folder para cada línea de vuelo e identificándolo con la línea y número de ortofotografías que contiene.

Se seleccionaron 73 ortofotografías que son las que se utilizaron para ubicar las nuevas calicatas y se seleccionaron 73 boletas de campo de cajuelas modales, que sirvieron en la ubicación y descripción de las nuevas calicatas. Se guardaron las 73 boletas en sobres transparentes, para evitar que se desintegraran en el campo; cada una de las boletas de campo, lleva su ortofotografía correspondientes.

También se imprimieron hojas topográficas de los lugares a visitar, una leyenda y un listado de las calicatas con su respectivo número de correlativo; este material para cada grupo de campo. La actividad se inicio el 26 de marzo.

Lo primero que se realizó fue la presentación del equipo de taxonomía de suelos a las autoridades del departamento de Chimaltenango, indicando en que municipios se iba a trabajar y cual era el objetivo del proyecto. En cada municipio, se realizaba la misma actividad, por el equipo encargado de socialización quienes llegaban un día antes al lugar donde se trabajaría y ese equipo solicitaba el permiso y los contactos para poder ingresar al lugar de realización de la calicata. De manera que el día de la ubicación de la calicata, se proporcionaba a cada grupo de trabajo el número de teléfono y nombre de la autoridad o persona encargada de dejarlos entrar al lugar de la descripción.

También se distribuían el número de calicatas para cada equipo de trabajo y se les proporcionaba la ortofotografía del lugar y la boleta de la cajuela modal, para la descripción del

perfil, cada calicata por hacer, tenía sus coordenadas, por lo que cada equipo de trabajo las ingresaba en el GPS y éste diría el camino para la ubicación de la calicata.

Luego de ubicar la calicata y con la autorización correspondiente, se procedía a elegir el mejor lugar para la calicata, trazándola en una orientación hacia el norte o hacia el sur, dependiendo si era en horas de la mañana o en horas de la tarde. Al tener hecha la calicata se realizaba la descripción del perfil anotando características como color, textura, estructura, consistencia, porosidad del suelo, presencia de raíces y reacción al NaF, HCl y H₂O₂, así como el pH. Al finalizar la descripción del perfil, se colectaban las muestras dos por cada horizonte descrito, ya que una es para análisis físico y otra es para análisis químico. Además se colectaban las muestras de densidad una por cada horizonte sin pasar de los 60 centímetros.

Cada muestra se etiquetó con la fecha, el nombre del colector, profundidad, nomenclatura del horizonte y se indicó si es para análisis físico, químico o densidad.

Al obtener todas las muestras completas, se colocaron en costales dividiendo las físicas de las químicas y se enviaron a los respectivos laboratorios.



Figura 23. Descripción de la calicata

3.3.3 Actividad No.3. Apoyo a las actividades del Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica –SIG-MAGA-

A. Objetivos

a. General

Apoyar en las actividades del proyecto de obtención de imágenes digitales del laboratorio de sistemas de información geográfica.

b. Específicos

- Continuar con la actividad de impresión de fotografías aéreas del departamento de Escuintla, para la finalización de la fotointerpretación.
- Apoyar en actividades de completación de información y digitalización de hojas geológicas de Guatemala.

B. Metodología

a. Sub Actividad No.1: Impresión de fotografías aéreas de Escuintla

Para la división de las unidades cartográficas de suelo del proyecto de taxonomía, se realiza la fotointerpretación, por un experto quien solicita al laboratorio las fotografías aéreas. Para este caso, se está trabajó el departamento de Escuintla. Esta actividad de impresión de fotografías se inició por otra persona del laboratorio, pero no fue finalizada, por lo que el jefe del laboratorio solicitó que se continuará imprimiendo las fotografías aéreas de Escuintla, para continuar el proceso de fotointerpretación. Esta actividad incluyó la impresión de las fotografías aéreas así como la colocación de acetatos, líneas fiduciales y orientación de las líneas de vuelo, esto para cada fotografía impresa en papel fotográfico.

b. Sub Actividad No. 2: Completación de datos

Dentro del laboratorio de Sistemas de Información Geográfica SIG-MAGA, hay un proyecto de obtención de imágenes digitales, que consiste en la obtención de las ortofotografías de todo el país. Estas ortofotografías están a la venta en INFOAGRO-MAGA (información agronómica), pero antes de comprarlas, los usuarios deben saber el número de ortofotografía que necesitan y para eso llegan al laboratorio y solicitan que se les ubique el área de interés identificando el número de ortofotografía que necesita comprar. Para evitar que los usuarios tengan que realizar todas estas actividades, se suministrarán las ortofotografías que conforman el territorio nacional del año 2006, a una base de datos llamada GEONOVA, que estará a disposición de usuarios de INFOAGRO-MAGA, para que éstos puedan consultar sus ortofotografías de varias formas: ingresando las coordenadas

del área, con el número de ortofotografía o con el nombre del lugar de importancia, esto sin ningún costo.

c. Sub Actividad No. 3: Digitalización de hojas geológicas

Dentro del laboratorio se da apoyo a varios proyectos de generación de información, para este caso se está creó una base de datos de las hojas geológicas que existen para Guatemala, por lo que se realizó la digitalización e impresión de estas hojas geológicas, para tener disponible esta información. Se apoyó con la digitalización de geología para agilizar el proceso de impresión de hojas geológicas de Guatemala. Las hojas que se digitalizaron son las de Raxrujá y Chinajá, marcando las líneas geológicas, fallas geológicas y buzamientos entre otras características geológicas.

C. Resultados

Se realizó la impresión, colocación de acetatos y líneas fiduciales a las fotografías aéreas del departamento de Escuintla, para la fotointerpretación de las líneas de vuelo número 133, 134, 135 y 136. Al finalizar la impresión de las fotografías, fueron entregadas por escrito al experto en fotointerpretación, el Dr. Raúl Álvarez.

Para la actividad de cargar la información al sistema de visualización de imágenes aplicación Geonova, se cargaron las ortofotografías del bloque 1 y del bloque 7 de la república de Guatemala, estando disponibles en la base de datos de la oficina de INFOAGRO-MAGA para los usuarios de ésta.

La revisión y digitalización de las hojas geológicas de Raxrujá y Chinajá, fue finalizada. Se digitalizaron fallas geológicas, buzamientos y líneas geológicas dejando las hojas listas para su impresión. Estas hojas fueron entregadas al encargado de la impresión, quien conjuntamente con el geólogo las revisó e indicó que la información estaba completa.

3.4 Servicio 2: apoyar al área de influencia de la microcuenca, con la realización de un estudio de capacidad de uso de la tierra (ecut), con una capacitación del software f-gis y una concientización del recurso bosque.

3.4.1 Actividad No. 1: Estudio de capacidad de uso de capacidad de la tierra (ECUT) del municipio de Acatenango, Chimaltenango.

A. Objetivos

a. General

Realizar un estudio de capacidad de uso de la tierra (ECUT), utilizando la metodología INAB, en el municipio de Acatenango, Chimaltenango.

b. Específicos

- Determinar las categorías de capacidad de uso del municipio de Acatenango, Chimaltenango.
- Determinar la intensidad de uso de la tierra del municipio de Acatenango, Chimaltenango.

B. Metodología

La metodología a utilizar es la generada por el INAB (Instituto Nacional de Bosques), que comprende tres fases: una fase inicial de gabinete seguida por una fase de campo y finaliza con una segunda fase de gabinete, para este estudio se realizará la fase de campo únicamente para verificar la información ya que los datos a utilizar ya fueron tomados por edafólogos de la UPGGR-MAGA con el proyecto de taxonomía de suelos.

a. Primera fase de Gabinete:

i. Recopilación y análisis de información biofísica

Se realizó la búsqueda de información en estudios preliminares con la que se obtuvo la localización geográfica, ubicación política, accesos, extensión e información acerca del clima (precipitación pluvial, temperatura, vientos) y otras características del área como zonas de vida, formas de la tierra y origen de los suelos.

ii. Elaboración del mapa de unidades fisiográficas

Se utilizaron fotografías aéreas del lugar y modelos de elevación digital para realizar la fotointerpretación con la ayuda del programa Arc-Gis 9.2, realizando un análisis del paisaje a través del programa. Se hicieron polígonos de las unidades que presentaron la misma pendiente y la misma forma del terreno, logrando concluir el mapa de unidades fisiográficas.

iii. Elaboración del mapa de pendientes

Se realizó el mapa de pendientes utilizando los rangos de pendientes para las tierras altas volcánicas definidos por el INAB, quedando 5 clases de pendiente. Esto se realizó también utilizando modelos de elevación con el programa Arc-Gis 9.2.

iv. Elaboración del mapa de uso de la tierra

Se realizó con las ortofotografías (2006) del municipio de Acatenánigo (15-1859I; 15, 20, 25-1959I; 05-1959II; 11,12, 13, 16, 17, 18, 21, 22, 23-2059IV), utilizando el programa Arc-Gis 9.2, se delimitaron áreas homogéneas realizaron polígonos. Para la clasificación del mapa de uso se utilizó la leyenda del mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra generado por UPGGR-MAGA.

b. Fase de Campo

i. Verificación de los límites de unidades de mapeo y pendientes

Se realizó una visita de campo donde se observó que las unidades de mapeo correspondieran a las delimitadas en el programa, corrigiendo aquellas que no coincidieran con lo observado en campo. Para las pendientes, se utilizó un clinómetro y se verificaron las pendientes de las unidades.

ii. Determinación de profundidad, pedregosidad y drenaje.

Para cada unidad de muestreo se realiza un barrenaje que determina la profundidad efectiva; también se observa si hay pedregosidad superficial y la calidad del drenaje, debido a que esta información ya fue generada por el proyecto de taxonomía de suelo (UPGGR-MAGA), únicamente se realizó algunas corroboraciones.

c. Segunda fase de gabinete

i. Integración de unidades de tierra y generación del mapa de capacidad de uso de la tierra

Se corrigieron los límites de las unidades de tierra quedando las unidades fisiográficas definitivas. Estas unidades fisiográficas se integraron con la profundidad efectiva donde se dividieron algunas unidades y también se integraron otras, generando el mapa de unidades cartográficas al que luego se le integró el mapa de pendientes y se generó el mapa de capacidad de uso de la tierra preliminar, utilizando la matriz generada para las tierras altas volcánicas. Luego de obtener este mapa preliminar, se utilizaron los factores modificadores de pedregosidad y drenaje con el que se generó el mapa de capacidad de uso de la tierra.

ii. Elaboración del mapa de intensidad de la tierra

Para la elaboración de este mapa únicamente se comparó el mapa de uso de la tierra 2009 con el mapa de capacidad de uso, obteniendo tres clasificaciones, uso correcto, sobre uso y subutilizado.

C. Resultados

a. Mapa de pendientes

Los rangos de pendientes utilizados son los de la región natural tierras altas volcánicas, donde se puede observar en la figura 3. que las pendientes dominantes son las de 36-55% que ocupan 4866.84 hectáreas, representadas en un 37% del área total; las pendientes mayores al 55% ocupan 36% del área total que también es un porcentaje alto comparado con las pendientes de 12-26% que ocupan el 25% del área total y las pendientes menores de 12% que son despreciables pues ocupan el 1% del área total. Esta información nos demuestra que el municipio de Acatenango está influenciado por una fisiografía muy inclinada y por lo consiguiente con pendientes muy pronunciadas que necesitan de un mayor cuidado al realizar cualquier actividad agrícola.

Cuadro 43. Clasificación de pendientes

Pendiente en %	Área km	Área ha	Área %
12-26	33.43	3342.64	25.54
36-55	48.67	4866.84	37.19
<12	1.47	147.05	1.12
>55	47.31	4730.72	36.15
Total	130.87	13087.24	100.00

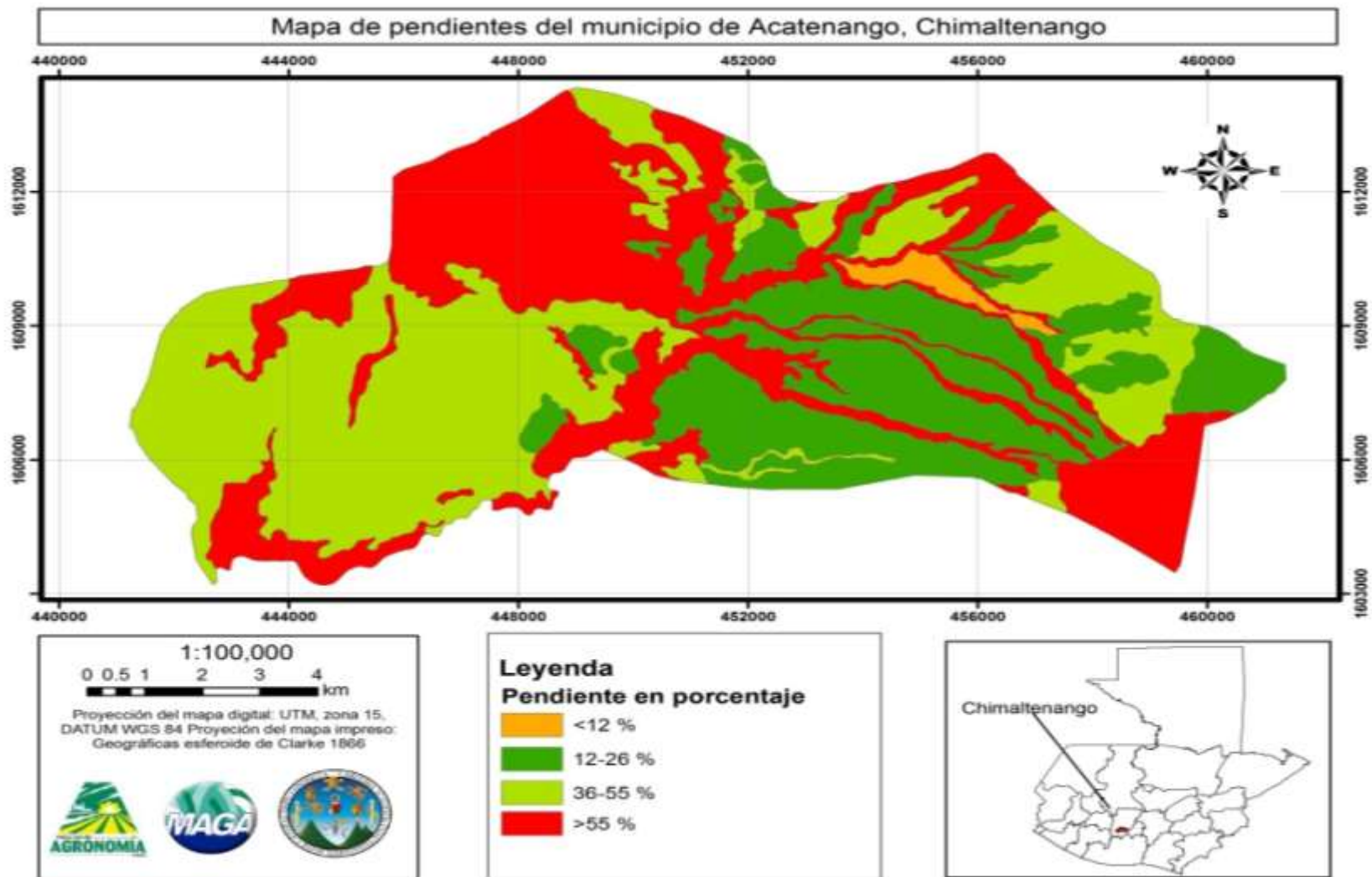


Figura 24. Mapa de pendientes del municipio de Acatenango, Chimaltenango

c. Mapa de Uso de la tierra

En este mapa se puede observar que el uso dominante es el de café ocupando un 67.7% del área total del municipio, pues es el cultivo principal de la región. El siguiente uso es el de agricultura con cultivos anuales que ocupa un 11.23% del área total, ocupado principalmente por maíz y frijol que son los cultivos de subsistencia.

El total del área boscosa es un 20.72% que aún es bosque natural con diferentes clasificaciones ya que en algunas áreas es bosque mixto y en otras es bosque latifoliado como se puede observar en la figura 4. Principalmente se encuentra en las áreas con pendientes más pronunciadas.

Una pequeña parte se encuentra sin cobertura es apenas un 0.3%% del área que abarca el cono del volcán de Acatenango donde únicamente hay materiales de erupciones volcánicas.

Cuadro 44. Uso de la tierra 2009 para el municipio de Acatenango

Uso de la tierra 2006	Área km	Área ha	Área %
Agricultura con cultivos anuales	14.69	1469.28	11.23
Bosque mixto	7.76	776.01	5.93
Bosque latifoliado	3.71	371.23	2.84
Bosque mixto ralo	12.28	1227.59	9.38
Bosque ralo de coníferas	3.36	335.93	2.57
Café	88.68	8868.07	67.76
Sin cobertura	0.39	39.13	0.30
Total	130.87	13087.24	100

d. Mapa de capacidad de uso

Como se observa en la figura 4, solamente el 12.62% está en capacidad de utilizarse para agricultura con mejoras y para agroforestería con cultivos anuales; el 29.72% está en capacidad de utilizarse para agroforestería y para tierras forestales de producción; hay un 44% que puede utilizarse para tierras forestales de producción y tierras forestales de protección y por último hay tierras que pueden utilizarse para sistemas silvopastoriles y que ocupan el 14% del área total.

Como resultado se obtiene que estas tierras tienen capacidad para actividades forestales en su mayoría, siguiendo con actividades agroforestales como el café que es un cultivo que abarca un área considerable del municipio. Las actividades con cultivos de subsistencia o agricultura con mejoras no son las prioritarias dentro del municipio ya que el área que pueden ocupar es muy pequeña.

Cuadro 45. Capacidad de uso de la tierra

Capacidad de uso de la tierra	Área km	Área ha	Área %
Am/Aa	1651.77	16.52	12.62
Ap/F	3889.35	38.89	29.72
F/Fp	2844.26	28.44	21.73
Fp	2863.96	28.64	21.88
Ss	340.40	3.40	2.60
Ss/Ap	1497.51	14.98	11.44
Total	13087.24	130.87	100

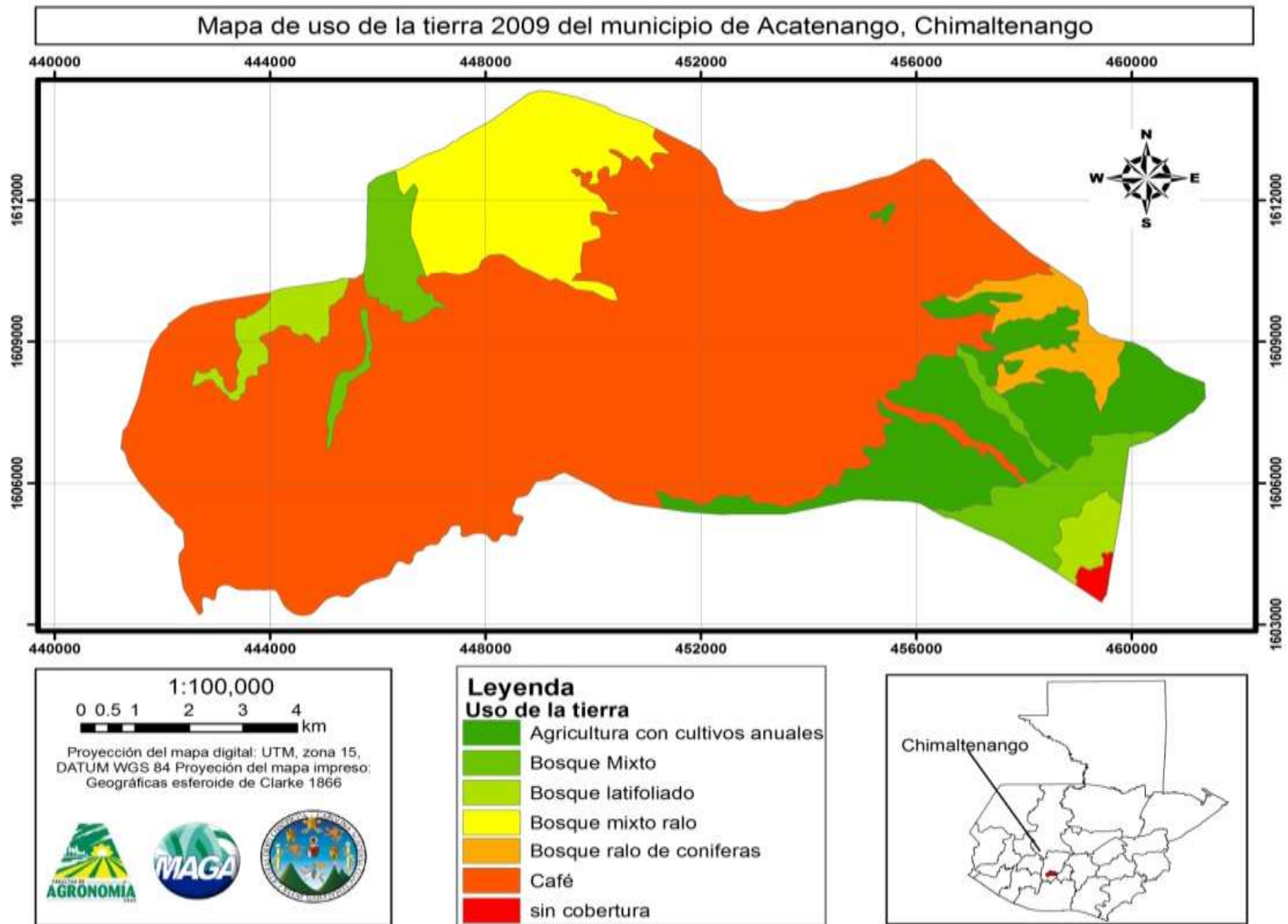


Figura 25: Mapa de uso de la tierra 2009 del municipio de Acatenango, Chimaltenango

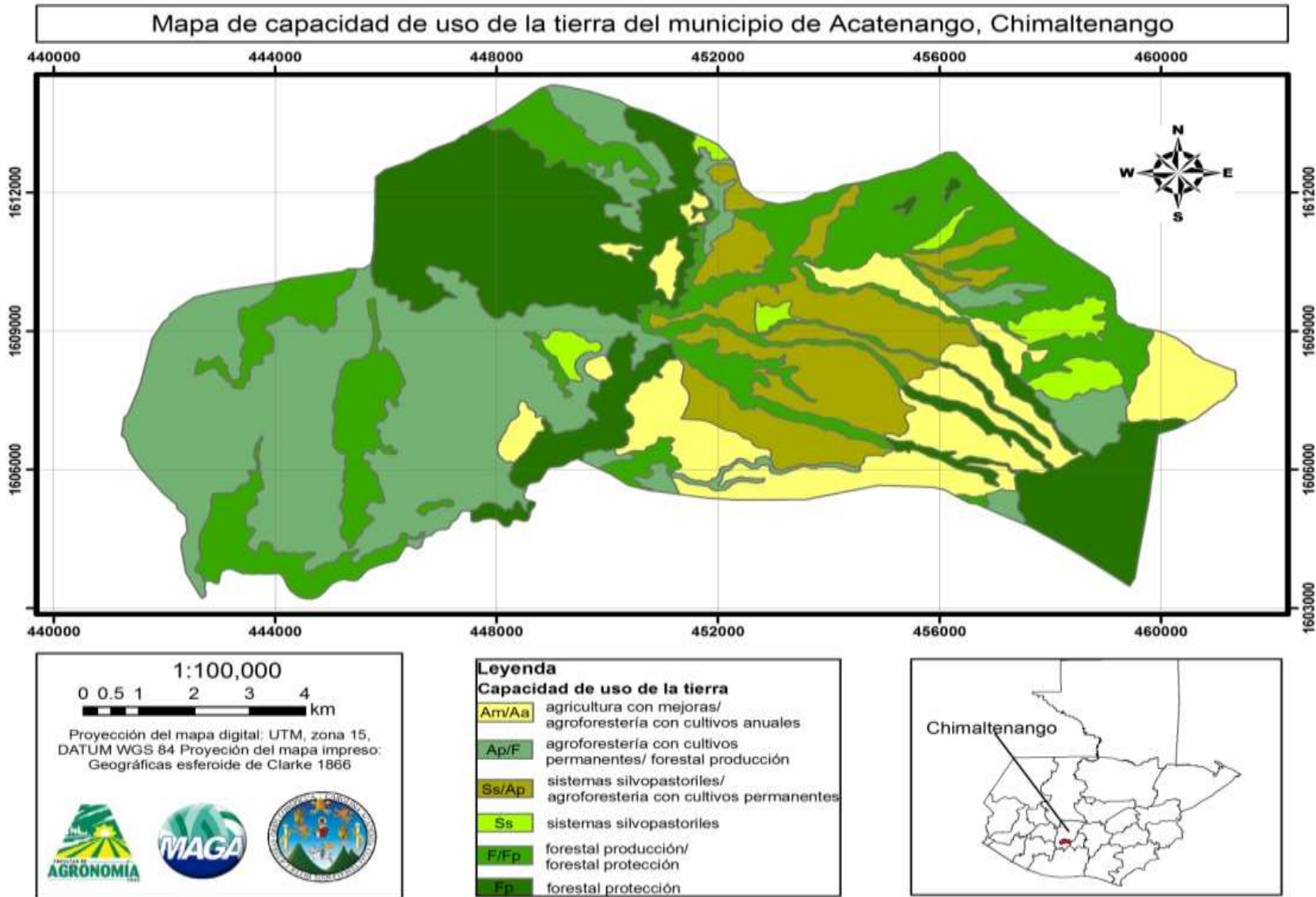


Figura 26: Mapa de capacidad de uso de la tierra

e. Mapa de Intensidad de Uso

Se puede observar que en el cuadro 4, hay un uso correcto para el 53.43% del área total, un sobre uso de la tierra de 36.11% del área total y un 10.46% que está siendo subutilizada. En general el uso es correcto en más del a mitad del municipio ya que la actividad agrícola principal dentro del municipio es el café que es un cultivo que se considera como un sistema agroforestal; las tierras sobreutilizadas son las laderas donde hay cultivos de subsistencia como maíz y frijol que las componen pequeñas parcelas donde el uso es intensivo; dentro del área subutilizada se encuentra vegetación natural, que principalmente son matorrales y vegetación secundaria.

Cuadro 46. Intensidad de uso de la tierra

Intensidad de uso de la tierra	Área km	Área ha	Área %
Sobre uso	47.25	4725.43	36.11
Sub uso	13.69	1369.12	10.46
Uso correcto	69.93	6992.70	53.43
Total	130.87	13087.24	100.00

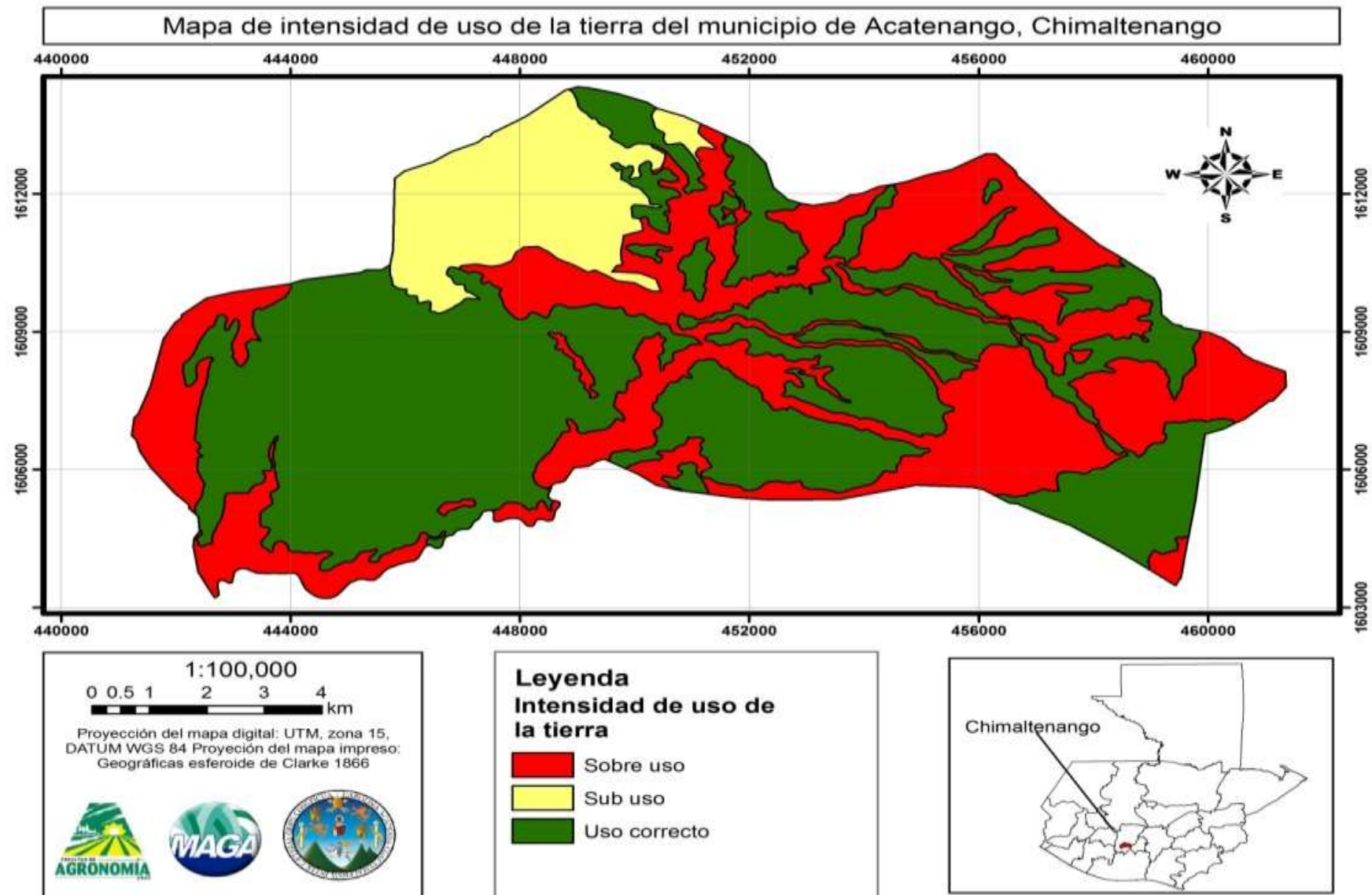


Figura 27. Mapa de Intensidad de uso de la tierra

3.4.2 Actividad No. 2: Capacitación a los técnicos de la OMP

A. Objetivos

a. General

- Capacitar a los técnicos de la oficina de planificación municipal del software F-Gis, que servirá como base para una mejor planificación de los recursos naturales.

b. Específico

- Proporcionar las bases necesarias para el uso del programa F-gis.
- Mejorar la planificación del uso de los recursos de la municipalidad.

c. Metodología

Debido a la petición de uno de los técnicos de la OMP, se realizó una capacitación del programa F-Gis, con una duración de 1 día, los participantes que conforman la OMP son 3 personas, a las que se les capacitó para generar su propia información y que estén actualizados en cuanto a los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Cuadro 47. Programa utilizado para realizar la actividad:

Jueves 21 de Mayo 2009: Capacitación de técnicos OMP. Municipio de Acatenango.	
8:00 – 8:10	Presentación.
8:10 – 8:30	Explicación del programa FGIS
8:30 – 12:00	Uso de Ortofotos. Creación de Capas
13:30 – 16:00	Creación de capas y digitalización
16:00 – 16:30	Preguntas y Comentarios
16:30 – 17:00	Clausura

C. Resultados

Se capacitaron a tres técnicos de la OMP de Acatenango, iniciando la capacitación a las 9 de la mañana y finalizando a las 4 de la tarde, la capacitación incluyó desde la instalación del programa en sus computadoras, hasta la generación del diseño de impresión de los mapas y la generación de información a través de tablas de Excel.

3.4.3 Actividad No.3. Concientización sobre la Importancia del Recurso Bosque

A. Objetivos

a. General

Realizar una concientización acerca del recurso bosque a las personas de tres comunidades que comparten un manantial el cual abastece agua incluyendo personas adultas y estudiantes del instituto de educación básica.

b. Específicos:

- Dar a conocer a la población la importancia del recurso bosque.
- Hacer conciencia sobre los problemas que causa el mal uso del recurso bosque y de qué manera este recurso puede ser sostenible.

B. Metodología

La concientización fue dirigida a las personas de tres comunidades cercanas a Acatenango, Los Pajales I y II y Quisaché, que se eligieron por los técnicos de la OMP (Oficina Municipal de Planificación), también para los estudiantes del Instituto Nacional Mixto de Educación Básica por Cooperativa, Los Pajales II. La metodología se describe a continuación.

a. Presentación con las autoridades del plantel educativo

Se realizó la presentación con las autoridades correspondientes, indicando cual es el objetivo de la actividad, así como los resultados esperados al finalizar la concientización.

b. Bienvenida a las personas participantes

Se hizo una bienvenida, dándoles a conocer la importancia de su participación en la concientización y el papel que juegan ellos en la conservación y uso sostenible del recurso bosque.

c. Presentación (power point) de diversos temas del recurso bosque

Se dieron a conocer 3 temas acerca del recurso bosque, cada uno con una duración de 5 minutos.

- Que es el Bosque?
- Importancia del bosque en nuestra vida cotidiana y en el mundo?
- Cómo hacer un buen uso del bosque?

d. División de participantes en grupos (dinámica)

Se dividieron en grupos de 15 estudiantes y de 15 personas, para formar 4 grupos y se realizó una dinámica que consistió, en escribir por grupo lo más importante de la presentación, respondiendo con sus palabras las respuestas a cada pregunta relacionada con los temas expuestos.

e. Presentación del video educativo

Después de realizar la dinámica, se transmitió un video con duración de 20 minutos donde se transmite la importancia del bosque de una forma global y complementaria.

f. Conclusiones por grupo

Al finalizar el video se formaron conclusiones por grupos (estudiantes y personas adultas) y se seleccionó a una persona por grupo para comentar las conclusiones del grupo con el resto de participantes y de ésta manera incentivarlos a la conservación y uso sostenible del bosque.

g. Reforestación simbólica

La reforestación simbólica se realizó en diferentes fechas, una para los estudiantes y otra para los comunitarios. La reforestación con los estudiantes se realizó en el instituto en un área donde hay un barranco y que está a la orilla del mismo, los maestro solicitaron que se realizara el 20 de mayo por la tarde, la programación se muestra a continuación.

Cuadro 48. Programa de la actividad realizada en el instituto

Miércoles 20 de Mayo 2009: Reforestación en el Instituto de Educación Básica de la aldea Pajales II.	
8:00 - 12:00	Preparación del terreno trazado y marcado
2:00 - 2:30	Organización de grupos
2:30 - 3:30	Apertura de agujeros
3:30 - 4:30	siembra
4:30 - 5:00	Clausura

Para los comunitarios, la reforestación se realizó en un área de protección de un manantial, que distribuye agua a las comunidades antes mencionadas.

Cuadro 49. Programa de la actividad realizada con los comunitarios

Sábado 23 de Mayo 2009: Reforestación en el manantial de la aldea Pajales II.	
08:00 - 10:00	Preparación del terreno (marcado y ahoyado)
10:00 - 11:30	siembra
11:30 - 12:00	Clausura

C. Resultados

Para ambos casos (instituto y comunitarios), se utilizó la misma metodología, por lo que los resultados se describen a continuación.

a. Presentación con las autoridades del plantel educativo

Se realizó la presentación con las autoridades correspondientes, del plantel educativo y de los miembros de la comunidad, indicando nuestro nombre, institución a la pertenecíamos y dando a conocer el objetivo de las actividades a realizar que es importancia de nuestro recurso bosque. Además de mencionar que al finalizar la actividad ellos presentaran interés por la protección de este recurso.

b. Bienvenida a las personas participantes

Al estar frente a los participantes (alumnos y comunitarios), se les dio una bienvenida, indicando la importancia de su participación en la concientización y el papel que juegan ellos en la conservación y uso sostenible del recurso bosque. Se realizó una reflexión sobre lo que sucede a nivel mundial por el mal uso del bosque, haciendo énfasis en que ellos son el futuro y que la deforestación únicamente les afecta a sus futuras generaciones.

Para los comunitarios, también se hizo la misma reflexión y se mencionaron ejemplos que han sucedido a través del tiempo, mencionando los cambios bruscos de clima que se han manifestado durante los últimos años, también se les mencionó acerca de los fenómenos como tormentas, huracanes como consecuencia del descongelamiento de los polos, que son ejemplo las tormentas que han afectado al país.

c. Presentación (power point) acerca de diversos temas del recurso bosque

Se dieron a conocer 3 temas acerca del recurso bosque, cada uno teniendo una duración de 5 minutos.

- Que es el Bosque?

- Importancia del bosque en nuestra vida cotidiana y en el mundo?
- Cómo hacer un buen uso del bosque?



Figura 28. Presentación de los temas relacionados al recurso bosque



Figura 29. Presentación con las personas adultas de la comunidad

d. División de participantes en grupos (dinámica)

Se dividieron en grupos de 15 estudiantes formando 4 grupos. Se les asignó a cada grupo papel y marcadores, para que escribieran de forma breve, lo que ellos entendieron de la presentación (con sus propias palabras), respondiendo a las preguntas que se formularon en la presentación.



Figura 30. Trabajo en grupo con estudiantes

Con los comunitarios no se realizó ninguna dinámica, ya que ellos no tenían tanto tiempo disponible para la presentación, por lo que se pasó directamente a la presentación del video.

e. Presentación del video educativo

Después de realizar la dinámica, se transmitió un video con duración de 20 minutos que transmite la importancia del bosque de una forma global complementaria y muestra los ejemplos de la situación actual en Guatemala, en cuanto al tema de la conservación de los recursos.

f. Conclusiones por grupo

Al finalizar el video se formaron conclusiones por grupos y se seleccionó a una persona por grupo para que ésta pudiera exponer ante todos los participantes y de ésta manera incentivarlos a la conservación y uso sostenible del bosque.



Figura 31. Exposición de las conclusiones de cada grupo

En total se realizó la concientización a 98 estudiantes del instituto y a 50 personas de las diferentes comunidades. Al finalizar la actividad de concientización los estudiantes y los comunitarios, hicieron sus propias conclusiones e indicaron que la actividad tendrá un seguimiento, de tal forma que no se olvide el concepto de las tres preguntas que se plantearon en la presentación, esto con la ayuda del técnico de la oficina municipal de planificación (OMP).

g. Actividad de reforestación simbólica

Las plantas para la reforestación en el instituto fueron obtenidas como parte de un intercambio dentro de la facultad de agronomía de la Universidad de san Carlos de Guatemala, donde la ingeniera encargada del vivero forestal nos solicitó un galón de desinfectante por cada 50 plantas que ellos nos dieran, la especie proporcionada fue pino (*Pinus maximinoi*).

Antes de iniciar la reforestación con los estudiantes, se realizó el marcado del área, para dejar señalado donde se plantaría cada árbol, para esto se utilizó una cuerda marcada a cada 3 metros de distancia, para dejar un área de $(3 \times 3) 9\text{m}^2$, por cada árbol. En la actividad de marcado participó del técnico de la oficina forestal de Acatenango y la ayuda del vicepresidente del COCODE (Consejo Comunitario de Desarrollo).

Se marcó con cal alrededor del área a reforestar. Luego de estar marcado, se convocó a los estudiantes para explicarles de que manera se debían plantar los pilones. La actividad de reforestación con los alumnos no pudo ser finalizada el mismo día debido a que inicio la lluvia, por lo que la actividad se continuó el siguiente día finalizando a las 3:00 de la tarde. En la

actividad, los alumnos hombres hacían los agujeros y las alumnas mujeres colocaban los pilones; se plantaron aproximadamente 4 árboles por alumna. En total se plantaron 200 pilones.

Para la reforestación con los comunitarios, ellos solicitaron plantas de ilamo (*Alnus jurulensis*) y sauce (*Salix sp.*), para reforestar, por lo que las plantas fueron solicitadas a la municipalidad de Chimaltenango, quienes colaboraron con la donación de 100 plantas de sauce y 200 plantas de ilamo.

La municipalidad de Acatenango colaboró con el transporte para llevar las plantas hasta el lugar de la reforestación.

La actividad se inició por la mañana, y se marcó únicamente una línea guía, dejando una distancia entre cada planta de 2 metros, pues es un área de protección de manantiales donde los árboles protegerán de la erosión hídrica a estos suelos y con lo que se disminuirá la acumulación de suelo en la parte baja del cauce.; la siembra se realizó al tresbolillo y cada persona fue marcando para sembrar su árbol, utilizando dos palos de 2 metros cada uno, simulando un nivel en A y dejando así las plantas al tresbolillo. Participaron 50 comunitarios y cada uno plantó 6 árboles por cada persona.

La actividad de reforestación con los comunitarios se finalizó a las 12:00 del día, indicándoles que la actividad simbólica era el inicio para la protección de ese manantial. El presidente del COCODE indicó que con la ayuda de la municipalidad iban a tratar de conseguir más plantas, para terminar la reforestación.

En total se plantaron 300 árboles de pino (*Pinus maximonoii*), sauce (*Salix*) e ilamo (*Alnus jurulensis*), en el área del manantial abarcando un total de 1200m², y 200 árboles de pino (*Pinus maximonoii*) en un área de 1800 m², en el instituto.

El técnico forestal de la municipalidad, los maestros y los representantes del COCODE, asumieron la responsabilidad del mantenimiento de estas plantaciones así como el seguimiento de estas actividades de concientización.

3.5 BIBLIOGRAFIA

1. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2000. Manual para la clasificación de tierras por capacidad de uso. Guatemala. 96 p.
2. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2002. Censos nacionales de XI de población y VI de habitación. Guatemala. 1 CD.
3. Lira Sosa, ER. 2003. Diagnostico general de los municipios de Zaragoza, Patzicía, San Andrés Itzapa, Acatenango y Chimaltenango. Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 97 p.
4. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2001. Plan de Emergencia para la Prevención y Mitigación de Daños Causados por Desastres Naturales, (Formato PDF) Guatemala, 42p
5. _____. s.f. Base de datos y mapas electrónicos en formato shapes del mapa de taxonomía de suelos del departamento de Chimaltenango. Guatemala, MAGA, Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgos –UPGGR-. 500 p. Sin publicar.
6. Municipalidad de Acatenango, Acatenango, Chimaltenango, GT. 2006. Monografía del municipio de Acatenango, Chimaltenango, Guatemala. Guatemala. 22 p.
7. Rosal, Samayoa. G.A. 2010 Diagnóstico de la Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgos. UPGGR. Guatemala, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Universidad de San Carlos de Guatemala. 45 p.
8. UPGGR (Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo). 2003. Reglamento de funciones y operaciones de la UPGGR-MAGA. Guatemala. P. 1-3.
9. UPGGR (Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo). 2003. Protocolos de Acción Del Plan de Emergencias Por Desastres Naturales. Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, Guatemala, 125 p.