

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

REALIZADO EN LA UNIDAD DE PLANIFICACIÓN GEOGRÁFICA Y GESTIÓN DE
RIESGO UPGGR-MAGA Y EN LA MICROCUENCA DEL RÍO EL CARACOL EN EL
MUNICIPIO DE ACATENANGO, CHIMALTENANGO, GUATEMALA. C.A.

OSCAR ANTONIO HERNÁNDEZ DE LA PARRA

GUATEMALA, JULIO 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

REALIZADO EN LA UNIDAD DE PLANIFICACIÓN GEOGRÁFICA Y GESTIÓN DE RIESGO UPGGR-MAGA Y EN LA MICROCUENCA DEL RÍO EL CARACOLE EN EL MUNICIPIO DE ACATENANGO, CHIMALTENANGO, GUATEMALA. C.A.

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

POR

OSCAR ANTONIO HERNÁNDEZ DE LA PARRA

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ENEL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, JULIO 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGROMÍA

RECTOR MAGNÍFICO
Lic. Carlos Estuardo Gálvez Barrios

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez
VOCAL PRIMERO	Dr. Ariel Abderraman Ortiz López
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Msc. Marino Barrientos García
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Msc. Oscar Rene Leiva Ruano
VOCAL CUARTO	Br. Lorena Carolina Flores Pineda
VOCAL QUINTO	Per. Agr. Josue Antonio Martínez Roque
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos Roberto Echeverría Escobedo

GUATEMALA, JULIO 2012

Guatemala, julio del 2012

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 riesgo -UPGGR-MAGA-** y en la **microcuenca del río El Caracol en el municipio de Acatenango, Chimaltenango, Guatemala. C.A.** Como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

OSCAR ANTONIO HERNÁNDEZ DE LA PARRA

ACTO QUE DEDICO

A DIOS por darme la fuerza y salud para vivir hasta el día de hoy.

A MI PATRIA Guatemala por ser el lugar mas bello del mundo.

A MIS PADRES José Antonio Hernández de León y Claudia Regina de la Parra Mendía de Hernández que con su ejemplo, amor y cariño supieron guiarme hasta lo que soy hoy.

A MIS HERMANOS José Mauricio Hernández de la Parra y Liza Ximena Hernández de la Parra, que me contagiaron las ganas de superarme como ellos lo lograron y por siempre ser un buen ejemplo en mi vida.

A MIS ABUELITOS Oscar Hugo de la Parra Smith (QEPD) y Julia Mendía de de la Parra, por ser mis segundos padres y por llenar mi vida de hermosos recuerdos, a José Federico de León de León (QEPD), Julia Alicia Blanca Rodas de De León (QEPD) y Martha Silvia de León Polanco por su cariño y por siempre tenerme presente en sus oraciones.

A MI NOVIA Nidia por estar conmigo en todo momento, sin ti esto no hubiera sido posible

A MIS TÍOS Oscar Hugo (QEPD), Ana Beatriz, Julio René y Johana, Margarita Isabel y Carlos Gilberto, Rita Eugenia y Víctor Arturo, Olga Edith y Humberto Adolfo, Norma del Rosario, Gladi Ruth y Sergio Rolando.

A MIS PRIMOS Diego, Fernando, Ana Paula, Pablo, Ana Lucía, Joanne, Rodrigo, María André, María Isabel, Sebastián, Oscar Hugo, Allegra, Norma Liseth, María Gabriela, Ana Alicia, Paul, Anthony, Ericka Elizabeth y Luis Antonio.

A LAS FAMILIAS Pereira Cabrera, Dávila de la Parra, Sánchez Mendía, Del Cid Herrera, Mendizábal Gálvez, González Vela, por su cariño, consejos y ejemplos para superarme.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A

GUATEMALA mi patria por ser el lugar más bello del mundo.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA Por hacerme profesional.

FACULTAD DE AGRONOMÍA Por formarme con los más altos valores.

A MIS CATEDRÁTICOS Por sus sabias enseñanzas.

UNIDAD DE PLANIFICACION GEOGRÁFICA Y GESTIÓN DE RIESGO Por confiar en mí y abrirme las puertas durante cuatro años

A MIS AMIGOS ESTUDIANTES Carlos José Moran Ucelo (QEPD), Edgar Anleu, Humberto Sánchez Montenegro, Rigoberto Mejicanos, Byron Velázquez, Judith del Cid, Marlín George, Gustavo Rosal, Danilo Reyna, Jonnathan Reinoso, Jorge Cárcamo, Gilberto Murga, Jorge Velázquez, José Casasola, José Jarquin, Pedro Coter, Luis Morales, José del Cid, Juan Tercero Mendoza, Víctor Veliz, Juan Rubio, Juan Ayala, Gabriel Siquinajay, Gino Guizoni, Mario Leal, Jorge Méndez, Jorge Ovalle, Juan Roque, Sandra Mogollon, Regina Valente, Ignacio Flores, Néstor Fajardo, José López Par.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS por darme salud y la oportunidad de servir con mi profesión.

A MIS PADRES José Antonio Hernández de León y Claudia Regina de la Parra de Hernández.

A MIS HERMANOS José Mauricio Hernández de la Parra y Liza Ximena Hernández de la Parra.

A MI NOVIA Nidia Pereira Cabrera

A MI SUPERVISOR Ing. Agr. Pedro Peláez

A MIS ASESORES ESPECÍFICOS Ing. Agr. PhD Marvin Salguero, Ing. Agr. MSc Hugo Tobías por guiarme de la mejor manera para culminar este documento.

EN ESPECIAL al Ing. Agr. MSc. Juan Carlos Fuentes Montepeque, por su amistad y consejos.

A LOS INGENIEROS Ing. Agr. Tomás Padilla, Ing. Agr. Manuel Martínez, Ing. Agr. Aníbal Sacbaja, Ing. Agr. Ana Celena Carias, Ing. Agr. Mónica Aldana, Ing. Agr. Rolando Lara, Licda. Leticia Mena, Ing. Agr. Willy Quintana, Ing. Agr. Edwin Cano, por brindarme sus conocimientos y amistad sincera.

A LA UNIDAD DE PLANIFICACIÓN GEOGRÁFICA Y GESTIÓN DE RIESGO

Dr. Ing. José Miguel Duro Tamasiunas, coordinador UPGGR.

ÍNDICE DE GENERAL

	PÁGINA
ÍNDICE DE GENERAL	i
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	viii
CAPITULO I. Diagnóstico general de la microcuenca Río El Caracol, Acatenango, Chimaltenango, Guatemala. C.A.	1
1.1. PRESENTACIÓN	2
1.2. MARCO REFERENCIAL	3
1.2.1. Ubicación de la microcuenca	3
1.3. OBJETIVOS	5
1.3.1. General	5
1.3.2. Específicos	5
1.4. METODOLOGÍA	6
1.4.1. Primera fase de gabinete	6
1.4.2. Trabajo de campo	7
1.4.3. Fase final de gabinete	7
1.5. RESULTADOS	8
1.5.1. Descripción de las principales características de la microcuenca Río El Caracol	8
1.5.2. Problemas ambientales	26
1.5.3. Problemas socioeconómicos	27
1.6. CONCLUSIONES	27
1.7. BIBLIOGRAFÍA	28
CAPITULO 2. Cuantificación de la erosión hídrica y propuesta general de manejo del suelo en la microcuenca Río El Caracol, Acatenango, Chimaltenango, Guatemala, C.A.	29
2.1. PRESENTACIÓN	30
2.2. MARCO TEORICO	32
2.2.1. Suelo	32
2.2.2. Erosión	32
2.2.3. Erosión eólica	33
2.2.4. Erosión Hídrica	33
2.2.5. Factores de la erosión hídrica	34
2.2.6. Etapas del Proceso de Erosión Hídrica	36
2.2.7. Procesos erosivos de las corrientes de agua	37
2.2.8. Métodos para evaluar la erosión	40
2.2.9. Métodos Directos	40
2.2.10. Métodos Indirectos	41
2.2.11. Manejo de los Suelos	67
2.2.12. Principios para generar los lineamientos básicos	68
2.2.13. Metodología para la clasificación de tierras por capacidad de uso	70

2.3.	MARCO REFERENCIAL	76
2.3.1.	Características geográficas de la microcuenca	76
2.3.2.	Características socioculturales	76
2.3.3.	Aspectos Biofísicos	83
2.3.4.	Clima y zonas de vida	90
2.4.	OBJETIVOS	95
2.4.1.	Objetivo General	95
2.4.2.	Objetivos específicos	95
2.5.	METODOLOGÍA	96
2.5.1.	Estudio de las causas de la erosión dentro de la microcuenca	97
2.5.2.	Estimación de la pérdida de suelo por erosión hídrica en el área de estudio	102
2.5.3.	Formulación de lineamientos generales de manejo de la microcuenca, con énfasis en la conservación de suelos	106
2.6.	RESULTADOS	109
2.6.1.	Cálculo de la lámina de erosión	109
2.6.2.	Cálculo de la lámina de erosión para cada unidad de muestreo	114
2.6.3.	Evaluación de diferentes escenarios	116
2.6.4.	Análisis de las causas de erosión de los suelos	121
2.6.5.	Lineamientos de manejo	131
2.7.	CONCLUSIONES	153
2.8.	RECOMENDACIONES	154
2.9.	BIBLIOGRAFÍA	155
2.10.	APENDICE	158
2.10.1.	Condición hidrológica	158
2.10.2.	Tablas para factor P y C	160
2.10.3.	Factor K	160
2.10.4.	Uso de la tierra	162
2.10.5.	Cálculo para precipitación	164
2.10.6.	Cálculo de intensidad	166
2.10.7.	Cuantificación de la pérdida por erosión hídrica según MUSLE	168
2.10.8.	Metodología Soil Fertility Capability Classification (FCC)	174
CAPITULO 3.	Informe de servicios prestados a la Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo-UPGGR-MAGA- y a las comunidades de la microcuenca Río El Caracol, Acatenango, Chimaltenango, Guatemala C.A.	178
3.1.	PRESENTACION	179
3.2.	OBJETIVOS	180
3.2.1.	General	180
3.2.2.	Específicos	180
3.3.	Servicio 1. Apoyo a los proyectos de la Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo –UPGGR-	181
3.3.1.	Actividad 1. Digitalización y levantamiento de información de hojas cartográficas.	181
3.3.2.	Actividad 2. Apoyo en la fase complementaria de campo a los edafólogos en el proyecto de taxonomía de suelos de la República de Guatemala, para el Departamento de Chimaltenango.	182

3.3.3.	Actividad 3. Apoyo al laboratorio de suelos en la Facultad de Agronomía Salvador Castillo, en el proceso de selección y preparación de muestras de suelo del departamento de Chimaltenango.	187
3.4.	Servicio 2. Realizar una concientización acerca del recurso bosque dirigido a la población de las comunidades que se benefician de un manantial en común.	190
3.4.1.	Actividad 1. Concientización sobre la Importancia del recurso bosque para los pobladores de tres comunidades del municipio de Acatenango.	190
3.4.2.	Actividad 2. Reforestación simbólica del área de influencia para conservar un manantial y un área verde del Instituto de educación básica Pajales II.	195
3.5.	BIBLIOGRAFÍA	199

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
Cuadro1.	Distribución de la población en el municipio de Acatenango.....	8
Cuadro2.	Distribución de la población por género y por poblado	9
Cuadro3.	Situación económica en la población dentro del área de la microcuenca río El Caracol	10
Cuadro4.	Distribución de la población económicamente activa en cada poblado de la microcuenca Río El Caracol	10
Cuadro5.	Nivel de educación según cada poblado dentro de la microcuenca río El Caracol	13
Cuadro6.	Principales cultivos y producción volúmenes de producción anual, Acatenango, Chimaltenango 1998	16
Cuadro7.	Lugares y productos de exportación del Municipio de Acatenango	17
Cuadro8.	Servicios sanitarios del municipio de Acatenango, Chimaltenango	19
Cuadro9.	Servicios sanitarios II del Municipio de Acatenango, Chimaltenango	19
Cuadro10.	Servicio de agua del Municipio de Acatenango, Chimaltenango	19
Cuadro11.	Servicio de alumbrado del Municipio de Acatenango, Chimaltenango.....	19
Cuadro12.	Servicio de eliminación de basura del Municipio de Acatenango, Chimaltenango.....	19
Cuadro13.	Clases de erosión causados por el agua parámetros y evidencias.....	34
Cuadro14.	Clasificación de los modelos de erosión del suelo.....	42
Cuadro15.	Antecedentes de humedad en base a pendiente.....	57
Cuadro16.	Números de curva para complejos hidrológicos de cobertura-suelo para condiciones antecedentes de humedad clase II y $I_a = 0.2$. (Tomado de Soil Conservation Service, 1972)	59
Cuadro17.	Curvas de los números de escorrentía Para complejos de suelo cobertura hidrológica para condiciones de humedad antecedente clase II e $I_n = 0.2$ S (Sprenger, 1978).....	60
Cuadro18.	Límites de precipitación estacional para clases AMC (según el Servicio de conservación de suelos. 1972).....	60
Cuadro19.	Tabla de conversión para el número de curva (CN) de humedad antecedente para clases II a Clases AMC I o II (Soil Conservation Service, 1972).....	60
Cuadro20.	Subclase de pendiente de terreno, según metodología LEAM.	64
Cuadro21.	Subclase de erosividad de las lluvias, según la metodología LEAM.....	65
Cuadro22.	Factor K en diferentes unidades de suelo.	65
Cuadro23.	Distribución de la población en el municipio de Acatenango	77
Cuadro24.	Situación económica en la población dentro del área de la microcuenca Río El Caracol.....	78
Cuadro25.	Principales cultivos y producción volúmenes de producción anual, Acatenango, Chimaltenango 1998	81
Cuadro26.	Lugares y productos de comercialización del Municipio de Acatenango.....	82
Cuadro25.	Gradiente para cálculo de precipitación estación El Recuerdo y San Diego Buena Vista.....	109
Cuadro26.	Gradiente para calculo de precipitación estación Las Delicias Chimaltenango y El Recuerdo.....	110
Cuadro27.	Condición de humedad antecedente para cada unidad de mapeo según uso actual.....	111

Cuadro28.	Resumen de los valores de K obtenidos para cada unidad de muestreo.....	112
Cuadro29.	Resumen del comportamiento de las pendientes por unidad fisiográfica	113
Cuadro30.	Resumen del comportamiento de pendientes por área en la microcuenca del río El Caracol.....	113
Cuadro31.	Valores del factor C para cada uso de la tierra.....	114
Cuadro32.	Lámina de erosión por cada unidad de muestreo de suelos según uso de la tierra 2009	115
Cuadro33.	Lamina de erosión que se pierde en los tres escenarios	117
Cuadro34.	Resultados de la pérdida de suelo por erosión hídrica en la Microcuenca del río El Caracol.....	119
Cuadro35.	Intensidad de uso de la tierra en la microcuenca del río El Caracol.....	124
Cuadro36.	Rangos de pendiente del área de la microcuenca del río El Caracol.....	127
Cuadro37.	Descripción de los grupos de manejo.....	138
Cuadro38.	Descripción general de lineamientos de manejo en la microcuenca río El Caracol, Acatenango.....	140
Cuadro39A.	Número de curva de escorrentía de otras tierras agrícolas ¹	158
Cuadro40A.	Números de curva de escorrentía correspondientes a tres condiciones de AMC.....	159
Cuadro41A.	Factor de método de control de la erosión, P	160
Cuadro42A.	Factor C en terrenos cultivados o no.....	160
Cuadro43A.	Indicadores generales del factor K de erosibilidad del suelo	160
Cuadro45A.	Cálculo para el factor K.....	161
Cuadro44A.	Uso actual de la tierra por unidad de muestreo	162
Cuadro46A.	Cálculos para determinar el valor de la precipitación por unidad de muestreo.....	164
Cuadro47A.	Cálculo para la intensidad en cada unidad de muestreo	166
Cuadro48A.	Cuadro resumen de la cuantificación de pérdida de suelo por erosión hídrica en el escenario actual.....	168
Cuadro49A.	Cuadro resumen de la cuantificación de pérdida de suelo por erosión hídrica en el escenario ideal.....	170
Cuadro50A.	Cuadro resumen de la cuantificación de pérdida de suelo por erosión hídrica en el escenario sin cobertura.....	172
Cuadro51A.	Metodología <i>Soil Fertility Capability Classification</i> (FCC)	174
Cuadro52.	Cronograma de actividades realizadas el 20 de mayo 2009 en el instituto.....	196
Cuadro53.	Cronograma de actividades realizadas el 23 de mayo 2009 con los comunitarios.....	196

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
Figura1.	Mapa de base de la microcuenca Río El Caracol a nivel municipal, departamental y nacional	4
Figura2.	Distribución de la población del municipio de Acatenango, Chimaltenango.....	8
Figura3.	Comparación por género de la población económicamente activa y población general.....	11
Figura4.	Nivel de educación de la población que habita el área de la microcuenca Río El Caracol.....	12
Figura5.	Precipitación promedio del área de la microcuenca Río El Caracol.....	21
Figura6.	Mapa climático de la microcuenca Río El Caracol, Acatenango	22
Figura7.	Mapa de zonas de vida según Holdridge de la microcuenca Río El Caracol, Acatenango.....	23
Figura8.	Mapa geológico de la microcuenca Río El Caracol, Acatenango.....	25
Figura9.	Escorrentía acumulada versus precipitación acumulada P de conformidad con el método de número de curva. Fuente: Soil Conservation Service, 1972.	52
Figura10.	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. Fuente: Soil Conservation Service, 1972.	53
Figura11.	Representación gráfica de la precipitación de diseño y correspondiente escorrentía para una duración seleccionada de 3 horas.	63
Figura12.	Distribución de la población del municipio de Acatenango, Chimaltenango.....	77
Figura13.	Mapa de base de la microcuenca Río El Caracol a nivel municipal, departamental y nacional	79
Figura14.	Mapa de unidades fisiográficas de la microcuenca Río El Caracol, Acatenango.....	85
Figura15.	Mapa geológico de la microcuenca Río El Caracol, Acatenango.....	87
Figura16.	Mapa de pendientes, metodología INAB de la microcuenca del río El Caracol, Acatenango.....	88
Figura17.	Mapa de serie de suelos de Simmons <i>et al</i> de la microcuenca del río El Caracol	89
Figura18.	Mapa de uso de la tierra de la microcuenca del río El Caracol	92
Figura19.	Mapa climático de la microcuenca del río El Caracol según Thornwhite	93
Figura20.	Mapa de zonas de vida de la microcuenca del río El Caracol según Holdridge.....	94
Figura21.	Esquema de la metodología del estudio de la erosión de la microcuenca del río El Caracol.....	96
Figura22.	Pérdida de suelo en los tres escenarios	120
Figura23.	Comparación del escenario actual e ideal	121
Figura24.	Mapa de intensidad de uso de la microcuenca del río El Caracol, Acatenango.....	125
Figura25.	Precipitación promedio del área de la microcuenca del río El Caracol	126
Figura26.	Árbol de problemas de la microcuenca del río El Caracol	129
Figura27.	Árbol de soluciones de la microcuenca del río El Caracol	130

Figura28.	Unidades de manejo de la microcuenca del río El Caracol, Acatenango, Chimaltenango.....	137
Figura29.	Levantamiento de datos, preliminar mapa geológico Raxrujá, Guatemala ..	182
Figura30.	División y descripción de calicatas	186
Figura31.	Extracción de muestra de suelo	186
Figura32.	Secado de muestras en el horno, laboratorio	188
Figura33.	Preparación de reactivos para separación de materia orgánica	189
Figura34.	Inicio proceso de organización, tamizaje y secado de muestras	189
Figura35.	Método de la pipeta.....	190
Figura36.	Presentación en el Instituto de educación Básica, Pajales II	193
Figura37.	Presentación con las personas adultas de la comunidad	193
Figura38.	Trabajo en grupo en el Instituto de educación Básica, Pajales II.....	194
Figura39.	Material educativo entregado al instituto	195
Figura40.	Reforestación en el área del manantial	198
Figura41.	Reforestación en el Instituto de educación básica, Pajales II	198

TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN LA UNIDAD DE PLANIFICACIÓN GEOGRÁFICA Y GESTIÓN DE RIESGOS -UPGGR-MAGA- Y EN LA MICROCUENCA DEL RÍO EL CARACOL, ACATENANGO, CHIMALTENANGO, GUATEMALA. C.A.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación se realizó durante el desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado de julio del 2008 a abril del 2009, dando apoyo a la Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo –UPGGR- del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA-, dentro del área de la microcuenca del río El Caracol, Acatenango, Chimaltenango.

Se realizó el diagnóstico de la microcuenca del río El Caracol, descrito en el capítulo 1, en el cual se obtuvo datos sociales y económicos, encontrando que el principal problema dentro del área de la microcuenca es el social, debido a que la población no recibe la información necesaria para el manejo adecuado de los recursos naturales, siendo el más afectado el recurso suelo. Debido a esto fue necesario realizar un estudio sobre la erosión en el área, que permitiera determinar la cantidad de suelo que se pierde en las áreas más susceptibles a la erosión hídrica.

En el capítulo 2, se presenta la investigación realizada sobre la cuantificación de la pérdida de suelo por erosión hídrica dentro del área de la microcuenca del río El Caracol. Para realizar la investigación se tomaron en cuenta tres objetivos principales; analizar las causas que provocan la erosión hídrica, estimar la pérdida de suelo por erosión hídrica y formular lineamientos para generar un plan de manejo de la microcuenca con énfasis en la conservación del suelo.

Como resultado de la pérdida de suelo por erosión hídrica se evaluaron tres escenarios: un escenario ideal, el escenario actual y un escenario sin cobertura. Dentro de los resultados obtenidos, se determinó que la cantidad de suelo que se erosiona en el escenario actual dentro de la microcuenca es de 2,903.47 ton/ha/año que corresponde a

una lámina de 304.25 mm/año, esta erosión en la superficie se dará siempre y cuando el uso del suelo sea el mismo. Este valor es similar al escenario ideal que es de 3,220.62 ton/ha/año que corresponde a una lámina de 351.18mm/año, debido a que la mayor área dentro de la microcuenca lo componen cultivos de café, que aunque aportan suelo erosionado por su composición fisiográfica y uso de la tierra, los valores no son altos. Sin embargo, se puede observar que sin ninguna cobertura o al hacer un uso intensivo de la tierra, la lámina de suelo que podría erosionarse es de 476,566.27 ton/ha/año con 49,697.47 mm/año, que llevaría a una gran pérdida del recurso.

Al finalizar la cuantificación de la pérdida de suelo por erosión hídrica, se establecieron las principales causas de la erosión, analizando los problemas dentro del área y los efectos que se tienen. Se determinó que las causas son socioeconómicas, principalmente por no contar con asistencia técnica para pequeños agricultores sobre la conservación y manejo del suelo, así como la tenencia de la tierra y la baja educación ambiental de la población dentro del área.

Los lineamientos planteados se basaron en la solución a las causas de los problemas encontrados, siendo estos enfocados en los aspectos socioeconómicos apoyándose en la educación ambiental de la población dentro del área.

En el capítulo 3, se describen los servicios prestados en la Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgos –UPGGR-. Los servicios se dividen en dos: el primero dando apoyo a la UPGGR-MAGA, donde se digitalizó y levantó información de hojas cartográficas, se trabajó en el laboratorio de la Facultad de Agronomía Salvador Castillo y se apoyó en la fase complementaria de campo del proyecto de taxonomía de suelos en el departamento de Chimaltenango; En el segundo servicio se realizó una concientización acerca del recurso bosque dirigido a la población de la comunidad que se benefician del manantial y al Instituto de educación básica Pajales II, trabajando en la concientización del recurso bosque con estas poblaciones y en la reforestación simbólica para reforzar los conocimientos.

**CAPITULO I. Diagnóstico general de la microcuenca Río El Caracol, Acatenango,
Chimaltenango, Guatemala. C.A.**

1.1. PRESENTACIÓN

El territorio de Guatemala se caracteriza por ser rico en recursos naturales, como los ríos, lagos, montañas, suelos, entre otros. En los tiempos actuales fenómenos como el calentamiento global, la mala administración de las tierras, minifundios, el descontrolado avance de la frontera agrícola, la falta de información para el agricultor de cómo darle un uso correcto y la necesidad diaria de alimentarse degrada el suelo. Con el paso del tiempo no se ha llevado una conservación adecuada de estos recursos, llevando un plan de manejo integrado que pueda mantener y manejar de la forma correcta los recursos.

En este trabajo de graduación se tiene como objetivo planificar un plan de manejo con diferentes actividades, para evitar o prevenir la erosión que se da por la acción del agua. Es por esto que se debe de conocer el estado inicial y actual de los recursos naturales que se tienen dentro del área de estudio, la cual es la microcuenca del río El Caracol, en el municipio de Acatenango, del departamento de Chimaltenango.

Para conocer el área de la microcuenca se realizó un diagnóstico de la situación actual de los recursos y el uso que se les ha dado a estos. En la zona de la microcuenca la mayor parte del terreno se dedica al cultivo de café y en una minoría se observan minifundios que se dedican a cultivos de maíz y frijol.

A continuación se presenta la metodología utilizada para obtener la información para realizar el diagnóstico de la microcuenca del río El Caracol.

1.2. MARCO REFERENCIAL

1.2.1. Ubicación de la microcuenca

La microcuenca Río El Caracol se encuentra ubicada dentro del municipio de Acatenango en el departamento de Chimaltenango con un área de 50 kilómetros cuadrados y abarca parte del volcán del mismo municipio. Acatenango se encuentra situado a 85 km de distancia de la capital y a 35 km de la cabecera departamental. De la ciudad de Guatemala, la ruta que se utiliza para llegar al área de estudio es la carretera interamericana CA-1 que comunica a la microcuenca con el municipio de Acatenango y Patzún (IGN, 2006).

El área de estudio se encuentra ubicada dentro de las siguientes coordenadas: 713982m/1616097m, 713982m/1604107m, 729979m/1604092, y 729979/1616097. Dentro de estas coordenadas se encuentran ubicadas 28 comunidades. La microcuenca limita al norte con el municipio de Patzicía, al noreste con el municipio de San Andrés Itzapa, al sureste con el municipio de San Miguel Dueñas y Alotenango, al Sur con Yepocapa y al Oeste con Pochuta.

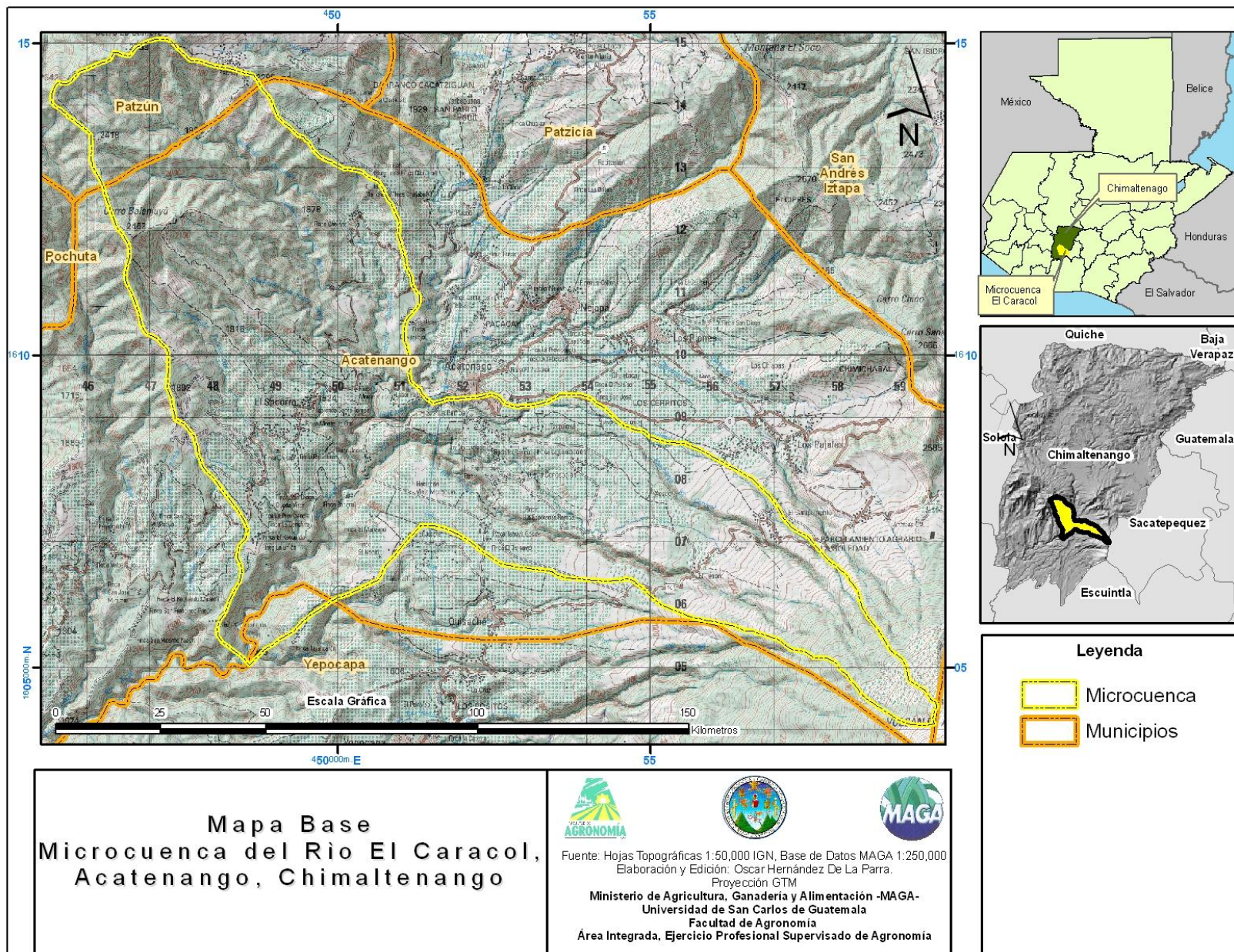


Figura 1. Mapa de base de la microcuenca Río El Caracol a nivel municipal, departamental y nacional

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. General

- Realizar el diagnóstico general de la microcuenca Río El Caracol para identificar el estado actual.

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.
- Conocer los recursos naturales que conforman la microcuenca y el uso que se les da.
- Describir la problemática que se da dentro de la microcuenca con los resultados obtenidos del diagnóstico.

1.4. METODOLOGÍA

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. Se utilizaron cuencas de nivel 8 del mapa de cuencas de la República de Guatemala del año 2008, que fue realizado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA- en la Unidad UPGGR.

Al haber elegido la microcuenca, se realizó la delimitación con la hoja topográfica de Chimaltenango No. 2059 IV y se ubicaron las coordenadas dentro de las cuales se encontraba la microcuenca.

- b. Al tener delimitada la microcuenca se prosiguió a realizar una búsqueda de información sobre el municipio y los poblados que abarcan la microcuenca. Para esto se utilizó información de estudios realizados en el área, principalmente tesis; así mismo para los datos socioeconómicos se consultó el Instituto Nacional de Estadísticas –INE- y en la monografía de Acatenango proporcionada por la municipalidad.
- c. Para la información biofísica se realizó el mapa base, el de fisiografía, pendientes, clima según Thornwhite, serie de suelo según Simmons, geología y zonas de vida de Holdrige, utilizando las capas generadas para el país a escala 1:250,000 en el programa ArcGis 9.2 del MAGA-UPGGR.

B. Localización geográfica

Se ubicó la microcuenca con la ayuda de la hoja cartográfica utilizando el programa ArcGis 9.2, donde se verificaron los límites con las ortofotografías aéreas a escala 1:20,000.

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, en esta actividad una persona de la municipalidad fue el guía durante todo el recorrido. Esta persona iba indicando que poblados se encontraban dentro de la microcuenca, así como los principales problemas ambientales y socioeconómicos.

B. Recopilación de la información primaria

Para recopilar la información primaria se realizó una visita a la municipalidad y se solicitó una reunión con las personas que integran la Oficina Municipal de Planificación –OMP-, a quienes se les realizó una entrevista para enlistar los principales problemas dentro de la microcuenca. Así mismo se realizó un recorrido por las comunidades que se encuentran dentro del área de la microcuenca, consultando con los habitantes las causas de los problemas que se encontraron.

1.4.3. Fase final de gabinete

A. Tabulación de los datos

Al obtener la información se prosiguió a ordenarla y dividirla según las características socioeconómicas y biofísicas, seleccionando los datos más importantes para el diagnóstico y que sirvieron para identificar los principales problemas dentro del área de la microcuenca.

1.5. RESULTADOS

1.5.1. Descripción de las principales características de la microcuenca Río El Caracol

A. Características socioeconómicas

a. Demografía

i. Población

El área de estudio se encuentra ubicado en el municipio de Acatenango que tiene una población total de 23,632 personas de las cuales 11,769 son hombres siendo el 49.8% y 11,864 son mujeres siendo el 50.2% de la población total de Acatenango (INE, 2002). En la figura 2 se presenta la distribución de la población por género del municipio de Acatenango en porcentaje.

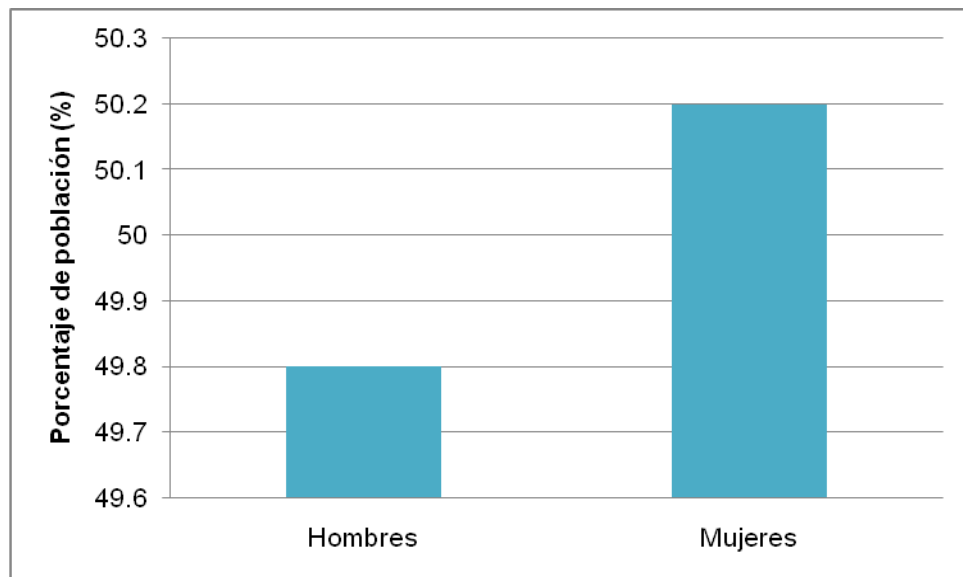


Figura 2. Distribución de la población del municipio de Acatenango, Chimaltenango

Según el Censo Nacional de Población del año 2002 indica que de la población la mayoría es indígena y mayoritariamente de la etnia Kaqchikel. Dentro del municipio de se encuentra la siguiente distribución:

Cuadro 1. Distribución de la población en el municipio de Acatenango

Municipio	Total	Hombres	Mujeres	Indígena	No indígena	Urbano	Rural
Acatenango	23,632	11,769	11,864	15,391	8,241	7,368	16,264

De la población total de Acatenango, el área de la microcuenca está influenciada por el 10.8% de la población total que corresponde a 2,565 personas, en la cual el 50% son hombres y el 50% son mujeres. De la población influyente de la microcuenca el 83 % es indígena y el 17% es no indígena. La población de la microcuenca se encuentra distribuida de la siguiente manera:

Cuadro 2. Distribución de la población por género y por poblado

POBLADO	CATEGORÍA	TOTAL	HOMBRES	MUJERES
Chalabal	Finca	38	18	20
El Naranjo	Finca	75	40	35
Monte Verde	Finca	18	10	8
El Socorro	Aldea	780	376	404
Santa Teresa	Finca	4	2	2
El Llano	Finca	0	0	0
Patzac	Labor	0	0	0
El Porvenir	Finca	9	4	5
La Pampa	Finca	40	17	23
Tzinquinya	Finca	60	32	28
Chicap Monte Nuevo	Finca	8	4	4
La Pampa	Caserío	393	203	190
Chantunjay	Finca	61	32	29
El Recuerdo	Finca	0	0	0
Monte de oro	Finca	23	14	9
Chicap Monte Nuevo	Finca	8	4	4
Monte de Oro 3	Finca	0	0	0
Palestina	Finca	41	23	18
Nueva Concepción	Caserío	250	125	125
Potosis	Finca	0	0	0
San Diego Buena Vista	Finca	170	90	80
Xesac Anea	Finca	0	0	0
Chesac	Finca	88	40	48
La Providencia	Finca	91	51	40
Xesac	Paraje	0	0	0
El Manzano	Finca	0	0	0
El Campamento	Caserío	284	151	133
La Unión	Finca	37	18	19
El Nogal	Finca	44	22	22
El Tesoro	Caserío	43	20	23
TOTAL		2565	1296	1269

Fuente: INE, 2002

ii. Población Económicamente Activa

La mayoría de la población económicamente activa –PEA- se dedica a la agricultura, principalmente al cultivo de café, crianza de gallinas, cerdos y aves. De la población el 28% que corresponde a 723 personas, son económicamente activas en la cual el 95% son hombres y un 5% son mujeres.

Cuadro 3. Situación económica en la población dentro del área de la microcuenca Río El Caracol

Población económicamente activa			Población económicamente inactiva		
Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
723	686	37	1,842	610	1,232

Esta diferencia muestra que la economía del hogar es realizada por parte de los hombres y la mujer se dedica a los quehaceres dentro del hogar. En el Cuadro 4 se presenta la distribución de la situación económica de la población en cada poblado ubicado dentro de la microcuenca Río El Caracol.

Cuadro 4. Distribución de la población económicamente activa en cada poblado de la microcuenca Río El Caracol

POBLADO	Población económicamente activa		
	Hombres	Mujeres	Total
Chalabal	11	0	11
El Naranja	19	4	23
Monte Verde	6	0	6
El Socorro	194	14	208
Santa Teresa	2	0	2
El Llano	0	0	0
Patzac	0	0	0
El Porvenir	2	0	2
La Pampa	13	1	14
Tzinquinya	17	0	17
Chicap Monte Nuevo	2	0	2
La Pampa	104	2	106
Chantunjay	17	0	17
El Recuerdo	0	0	0
Monte de oro	4	1	5
Chicap Monte Nuevo	2	0	2

Continuación Cuadro 4

POBLADO	Población económicamente activa		
	Hombres	Mujeres	Total
Monte de Oro 3	0	0	0
Palestina	13	0	13
Nueva Concepción	68	2	70
Potosis	0	0	0
San Diego Buena Vista	54	0	54
Xesac Anea	0	0	0
Chesac	22	1	23
La Providencia	29	1	30
Xesac	0	0	0
El Manzano	0	0	0
El Campamento	73	4	77
La Unión	13	6	19
El Nogal	10	0	10
El Tesoro	11	1	12
TOTAL	686	37	723

Fuente: INE, 2002

En la Figura 3 se presenta una comparación entre la población total y la población económicamente activa, donde se observa que menos de la mitad de la población que habita la microcuenca Río El Caracol es activa económicamente lo cual afecta el bienestar de las familias. Observando que la mujer es la que menos participa en la economía en esta área.

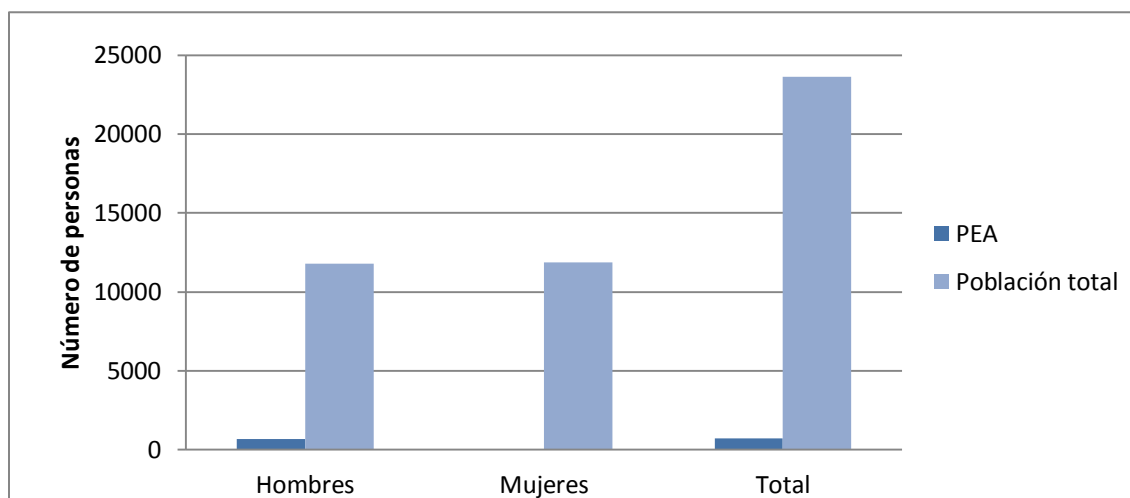


Figura 3. Comparación por género de la población económicamente activa y población general

iii. Densidad de población

La microcuenca cuenta con un área de 50 kilómetros cuadrados, y la población de influencia es de 2,565, esto permite determinar que la densidad poblacional es de 51 personas por kilómetro cuadrado.

b. Educación

Según la Dirección de Análisis Económico del Ministerio de Economía en el año 2000, el municipio de Acatenango tenía una tasa de analfabetismo de 42.20% de la población. La población alfabetada del municipio de Acatenango es de 9,360 personas de las cuales 5,012 son hombres y 4,348 son mujeres (INE, 2002).

Es importante conocer si las personas dentro del área de estudio saben leer y escribir para la planificación de las actividades de capacitaciones que se realizaron para mejorar el uso de los recursos naturales. Del total de población que habita dentro de la microcuenca 630 personas, el 42%, son alfabetadas y 855 personas, 58%, son no alfabetadas. Estos resultados se encuentran en la siguiente figura.

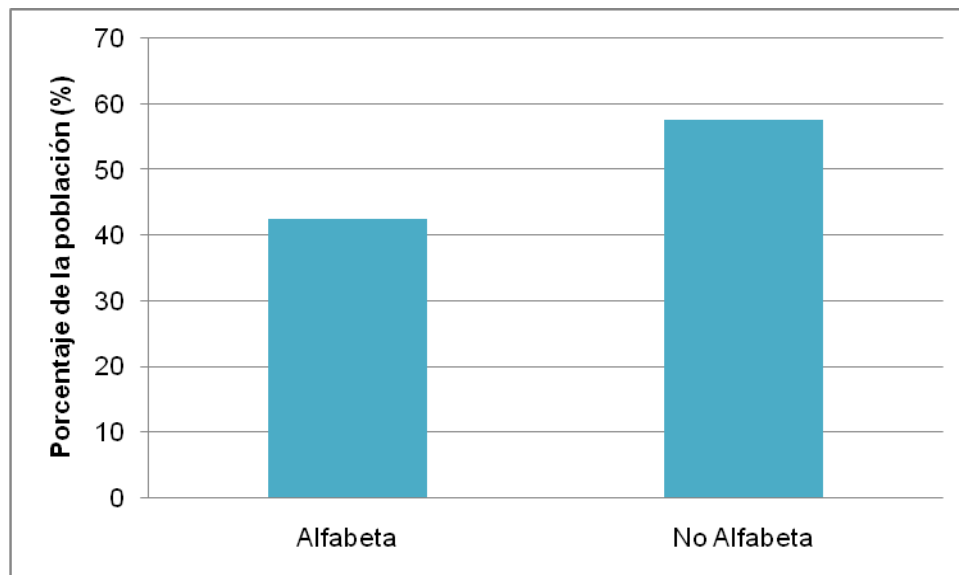


Figura 4. Nivel de educación de la población que habita el área de la microcuenca Río El Caracol

A continuación se presenta la cantidad de personas por poblado según el nivel de educación. Así mismo se puede observar que se tiene mayor cantidad de población no alfabetada sin embargo, la población alfabetada no es baja.

Cuadro 5. Nivel de educación según cada poblado dentro de la microcuenca Río El Caracol

POBLADO	NIVEL DE EDUCACIÓN	
	Alfabetada	No Alfabetada
Chalabal	8	12
El Naranjo	6	31
Monte Verde	1	8
El Socorro	233	177
Santa Teresa	0	3
El Llano	0	0
Patzac	0	0
El Porvenir	4	0
La Pampa	12	19
Tzinquinya	4	27
Chicap Monte Nuevo	2	2
La Pampa	135	69
Chantunjay	3	26
El Recuerdo	0	0
Monte de oro	7	6
Chicap Monte Nuevo	2	4
Monte de Oro 3	0	0
Palestina	11	16
Nueva Concepción	60	70
Potosis	0	0
San Diego Buena Vista	17	62
Xesac Anea	0	0
Chesac	14	111
La Providencia	10	0
Xesac	0	39
El Manzano	0	63
El Campamento	84	65
La Unión	4	19
El Nogal	7	10
El Tesoro	6	16
Total	630	855

Fuente: INE, 2002

Es importante notar que la población entre 8 y 17 años se dedican a la agricultura para la sostenibilidad del hogar. Y en los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero se les ocupa a los niños en las zonas cafetaleras y es cuando más inasistencia se presenta (Matas, A. 2006).

El municipio de Acatenango cuenta con establecimientos educativos oficiales, privados y por cooperativa tanto en la cabecera como en las aldeas. Según el Atlas Conozcamos Guatemala del INE, hay 45 centros educativos que tienen los siguientes niveles de educación:

- Pre- primaria: asistencia de 25% de la población, la inasistencia del 75% de esta población es debido a que los padres no los envían por costumbre ignorancia o porque esperan enviarlos a la primaria directamente (Municipalidad de Acatenango).
- Primaria: se atiende al 50% de la población, la inasistencia del otro 50% es debido a la falta de recursos económicos e ignorancia por parte de los padres (Municipalidad de Acatenango).
- Básico: la asistencia es del 50% de la población para la edad, porque el otro 50% no asiste por falta de recurso económico ya que a esta edad ya ayudan en la sostenibilidad del hogar (Municipalidad de Acatenango).
- Diversificado: asiste el 25% de la población, y la inasistencia del 75% es por falta de recurso económico y porque única carrera que se imparte es Perito Contador en el Instituto por cooperativa municipal de Educación Media en la cabecera; siendo otra parte de la población que no asiste porque van a otros lugares a seguir sus estudios (Municipalidad de Acatenango).

c. Organización social

Organizaciones Institucionales. Dentro de estas organizaciones se encuentran:

- 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-
- Comisión Nacional del Medio Ambiente –CONAMA-

- Fundación Centroamericana de Desarrollo –FUNCEDE-
- Instituto Técnico de Capacitación y Productividad –INTECAP-
- Tribunal Supremo Electoral –TSE-
- Sistema Integral de Asistencia en Salud –SIAS-
- Asociación Nacional del Café –ANACAFE-

Cooperativa. Se encuentra la Cooperativa Integral Agrícola Acatenango R.L. que realiza un monitoreo de la calidad del grano desde su recolección hasta el beneficio siguiendo el dictamen técnico de ANACAFE ubicada en la calle principal de Acatenango. Así mismo se encuentra la Cooperativa Cafetalera R.L. ubicada en el casco urbano y en el área rural la Cooperativa cafetalera el Pensativo R.L. en la Aldea Los planes (Municipalidad Acatenango, 2006).

Comités. Estos se refieren a organizaciones de desarrollo local que se dan dentro del municipio. Se encuentran conformadas por los Consejos Comunitario de desarrollo que velan por las necesidades de las comunidades. Así mismo se encuentran agrupaciones de mujeres que se dedican al cuidado de la salud e integridad nutritiva de los niños y de la familia (Municipalidad de Acatenango).

d. Actividades productivas

Dentro de las actividades productivas la principal es la producción agrícola. Esta actividad es considerada con un alto porcentaje de ocupación porque forma parte de la principal actividad económica. El principal cultivo es el Café, produciendo en 15 comunidades y en todas las fincas de la región. Se cultiva maíz que forma parte de la dieta de los pobladores del área produciéndose en todas las comunidades del municipio, así mismo se cultiva frijol sólo que en menor cantidad. Otro es el del aguacate, que es un cultivo fuerte ya que éste se exporta a los diferentes mercados tanto de la capital como departamental. Se cultivan hortalizas en menor cantidad como es la zanahoria, repollo, coliflor, arveja china, rábano, remolacha, hierbas, apio, y en las zonas altas montañosas se tienen árboles frutales como durazno, manzana y ciruela (Municipalidad de Acatenango)

Cuadro 6. Principales cultivos y producción volúmenes de producción anual, Acatenango, Chimaltenango
1998

Cultivo	Área Cultiva (Mz.)	Volumen de producción en quintales	Porcentaje
Café	7,000	125,572	90.00
Maíz	120	4,800	3.50
Frijol	80	2,000	1.40
Aguacate	6	750	0.50
Zanahoria	20	6,000	4.30
Total	7,216	139,122	100.00

Fuente: SEGEPLAN, 2001

En cuanto a la producción pecuaria, existen varias haciendas de ganado bovino, así mismo se tiene la crianza de porcinos y aves de corral que se utilizan para consumo interno, además de la producción de miel de abeja (MINEDUC, 2009).

Una de las actividades productivas de Acatenango son las fábricas de canastos y petates, tejidos de algodón y cerería (Municipalidad de Acatenango).

e. Comercio

En el comercio de Acatenango se encuentra la compra-venta de café, en la cual personas compran el café a pequeños productores y la venden a los beneficios. Además de las actividades agrícolas, en esta región hay personas que se dedican a las artesanías, carpintería, albañilería, sastrería y panadería.

Como el comercio es amplio hay personas que se dedican a actividades comerciales de compra y venta local, aprovechando los días de mercado que son los martes, viernes y domingo. Los comerciantes pertenecen a Acatenango principalmente, pero además hay comerciantes de Patzicía, Yepocapa y Chimaltenango. Además del comercio de productos agrícolas y artesanías, en el municipio se encuentran ferreterías, tiendas, carnicerías, comedores, farmacias privadas y sociales, barberías, laboratorio dental, una funeraría, talleres mecánicos, herrerías, una gasolinera y una agencia bancaria del Banco Inmobiliario (Matas, A. 2006).

Dentro del comercio que presenta Acatenango, se encuentra la exportación de sus productos agrícolas a lugares cercanos que se puede observar en el cuadro siguiente:

Cuadro 7. Lugares y productos de exportación del Municipio de Acatenango

Lugar de exportación	Producto de exportación
Chimaltenango	Aguacate
Ciudad Capital	Café Pilón de café Aguacate Legumbres
San Pedro Yepocapa	Pilón de Café Aguacate Hortalizas Legumbres Durazno
Antigua Guatemala	Café Pilón de Café Aguacate Hortalizas Legumbres

Fuente: SEGEPLAN, 2001.

f. Centros turísticos

En Acatenango se encuentran los siguientes centros turísticos (MINEDUC, 2009)

- Las Lajas: es un nacimiento de agua ubicado a ½ kilómetro al nor-occidente del municipio, que es utilizado como balneario y abastece de agua potable a la población.
- Volcán de Acatenango: Lugar turístico que se localiza a 10 kilómetros y se ubica al oriente del municipio de Acatenango, donde se puede practicar el alpinismo o montañismo.
- Balneario de Agua Caliente: Situado en el camino que conduce a San Miguel Pochúta a 5 kilómetros de la cabecera municipal, sus aguas son medicinales por contener azufre.
- Finca La Providencia: Esta ubicada al occidente del municipio a una distancia de 19 kilómetros, y cuenta con: paraje de recreación, cancha de fútbol.
- Balneario Las Palmas: Situado a 1 kilómetro en el camino que conduce a Aldea la Pampa.

g. Vías y medios de comunicación

El acceso hacia Acatenango presenta carreteras asfaltadas, la que se utiliza para llegar a Acatenango es la CA-1 a 85 km de distancia de la capital y a 35 km de la cabecera departamental (Matas, A. 2006). Los poblados del municipio están unidos entre sí, encontrándose algunas carreteras de terracería. Las carreteras que comunican al municipio con otros lugares son:

- La carretera de Acatenango, vía Patzicía, es la más transitada por ser la más inmediata a la ciudad (Matas, A. 2006).
- De Acatenango al departamento de Sacatepéquez, ingresando por el municipio de San Miguel Dueñas, hacia la Antigua Guatemala (Matas, A. 2006).
- La carretera que comunica el municipio con la costa sur o carretera del Pacífico, pasando por Yepocapa y Santa Lucía Cotzumalguapa (Matas, A. 2006).
- La carretera que parte de Acatenango hacia Pochuta, desviándose por las fincas, a partir del entronque de Agua Caliente hasta la finca Buena Vista (Matas, A. 2006).

El municipio cuenta con transporte público que parte de Acatenango a la ciudad vía Chimaltenango o vía la Antigua Guatemala, el horario es variado a partir de las 4:00 am hasta las 15:00 horas. Las líneas de transportes son Belmont, Princesita y Pochuteca (Matas, A. 2006).

h. Servicios básicos

El municipio de Acatenango cuenta con los servicios básicos de agua potable, electricidad y servicios sanitarios. El agua entubada proviene de tres nacimientos, uno situado en Pachutep, otro en San Antonio Nejapa y en el Cerro La Campana en la finca Chalabal. Algunas aldeas, como Los Pajales cuentan con propios manantiales de agua potable. Sin embargo, el agua entubada no es abundante por lo que el servicio es irregular (Matas, A. 2006).

Dentro de los servicios básicos se considera la vivienda esencial para la vida humana. Según el Censo del INE en el 2002, hay 3,621 hogares dentro de Acatenango, y los servicios básicos se van a distribuir de la siguiente manera:

Cuadro 8. Servicios sanitarios del municipio de Acatenango, Chimaltenango

Total de hogares	Con servicio sanitario	Uso exclusivo para el hogar				
		Total	Inodoro red de drenaje	Conectado fosa séptica	Excusado lavable	Letrina o pozo ciego
3,621	3,209	3,165	1,212	192	38	1,723

Fuente: Matas A. 2006

Cuadro 9. Servicios sanitarios II del Municipio de Acatenango, Chimaltenango

Total de hogares	Compartido entre varios hogares				Hogar que no dispone de servicio sanitario
	Inodoro red de drenaje	Conectado fosa séptica	Excusado lavable	Letrina o pozo ciego	
3,621	6	1	1	36	412

Fuente: Matas A. 2006

Cuadro 10. Servicio de agua del Municipio de Acatenango, Chimaltenango

Total de hogares	Chorro de agua					
	Uso exclusivo	Para varios hogares	Pozo	Camión o tonel	Río, lago o manantial	Otro tipo
3,621	2,870	412	76	36	103	64

Fuente: Matas A. 2006

Cuadro 11. Servicio de alumbrado del Municipio de Acatenango, Chimaltenango

Total de hogares	Electricidad	Panel solar	Gas	Candela	Otro tipo
3,621	3,082	21	53	465	0

Fuente: Matas A. 2006

Cuadro 12. Servicio de eliminación de basura del Municipio de Acatenango, Chimaltenango

Total de hogares	Servicio Municipal	Servicio privado	Quemada	Se tira en cualquier lugar	Enterrada	Otro
3,621	16	379	1,235	896	768	327

Fuente: Matas, A. 2006

B. Características biofísicas

a. Fisiografía y geología

i. Fisiografía

La microcuenca está comprendida en la región de las Tierras Altas Volcánicas. Estas tierras son el altiplano que se localiza en la porción oriental y central principalmente. Dentro del área de estudio se encuentran los cerros Balanyujú, cerro La Campana y parte del cerro La Cumbre; además se encuentra en las faldas del volcán de Acatenango.

ii. Geología

El río que se estudia, es una vertiente el río El Caracol que se define como una microcuenca de nivel 8 según Otto Pfafstetter (1989), que es parte del río Coyolate. La microcuenca Río El Caracol por su condición geográfica, los suelos presentan en su mayoría materiales no consolidados, provenientes de depositaciones por eventos volcánicos, ya que la microcuenca está influenciada por el volcán de Acatenango.

En los suelos se encuentran pómez, tobas y arcillas alófanas. En menor cantidad la microcuenca presenta materiales, depósitos superficiales clásticos hidro-volcánicos, depósitos superficiales clásticos gravigénicos y en menor cantidad los piroclastos consolidados. Por otra parte, sus materiales son parte de un aluvión cuaternario, por lo que la región se caracteriza por suelos fértiles y profundos (Lira, 2003).

b. Clima

El clima de la microcuenca es templado y frío en las partes altas en los últimos meses del año, de diciembre a febrero. Se establecen dos tipos de clima: época seca y época lluviosa.

- Temperatura: se encuentran entre los 9 y 16 centígrados. La temperatura más baja se origina en las partes más altas del volcán y puede alcanzar una mínima de 7 centígrados.
- Humedad relativa: se encuentra dentro de un rango de 70 a 80%, debido a que la condición es húmedo a sub húmedo.

- Precipitación pluvial: se realizó un promedio de tres estaciones que tienen una influencia directa con la microcuenca Río El Caracol, siendo las estaciones hidrológicas Las Delicias, Santa Margarita y El Recuerdo. Empezando la época lluviosa en el mes de mayo hasta octubre, teniendo una precipitación anual de 2,175 milímetros y de los meses más lluviosos un total de 1,700 milímetros.

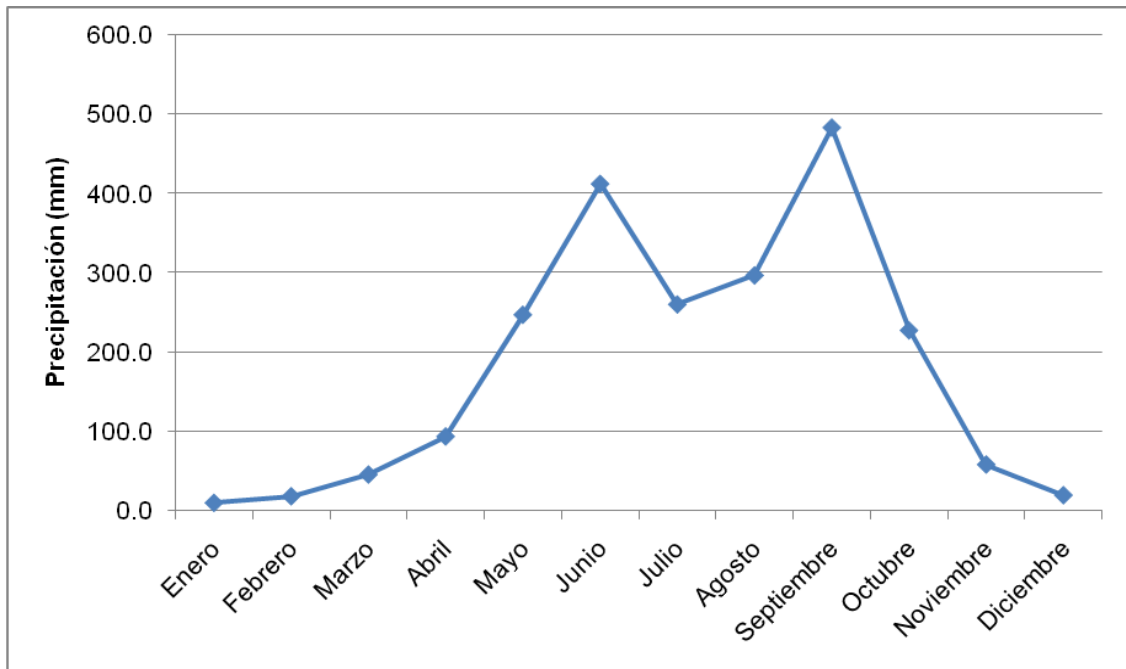


Figura 5. Precipitación promedio del área de la microcuenca Río El Caracol

- Vientos: los predominantes son los alisios, con una dirección de noreste a sureste y con una velocidad promedio de 25 km/hr. predominantes en los meses de enero a junio. De junio a diciembre se presentan los promedios mínimos de 13.5 km/hr (Lira, 2003).
- Zonas de vida: el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge, en la microcuenca se encuentra las denominadas: Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical (Bh-MB) con especies indicadoras de Pinus montezumae Lambert y Quercus sp: Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical (Bmh-MB) con Alnus arguta, Chiranthodendron pentadactylon Larreategui, Urtica sp. Y Oreopanax xalapensis y Bosque muy húmedo subtropical, cálido (Bmh-S(c)) que abarca la parte media de la misma.

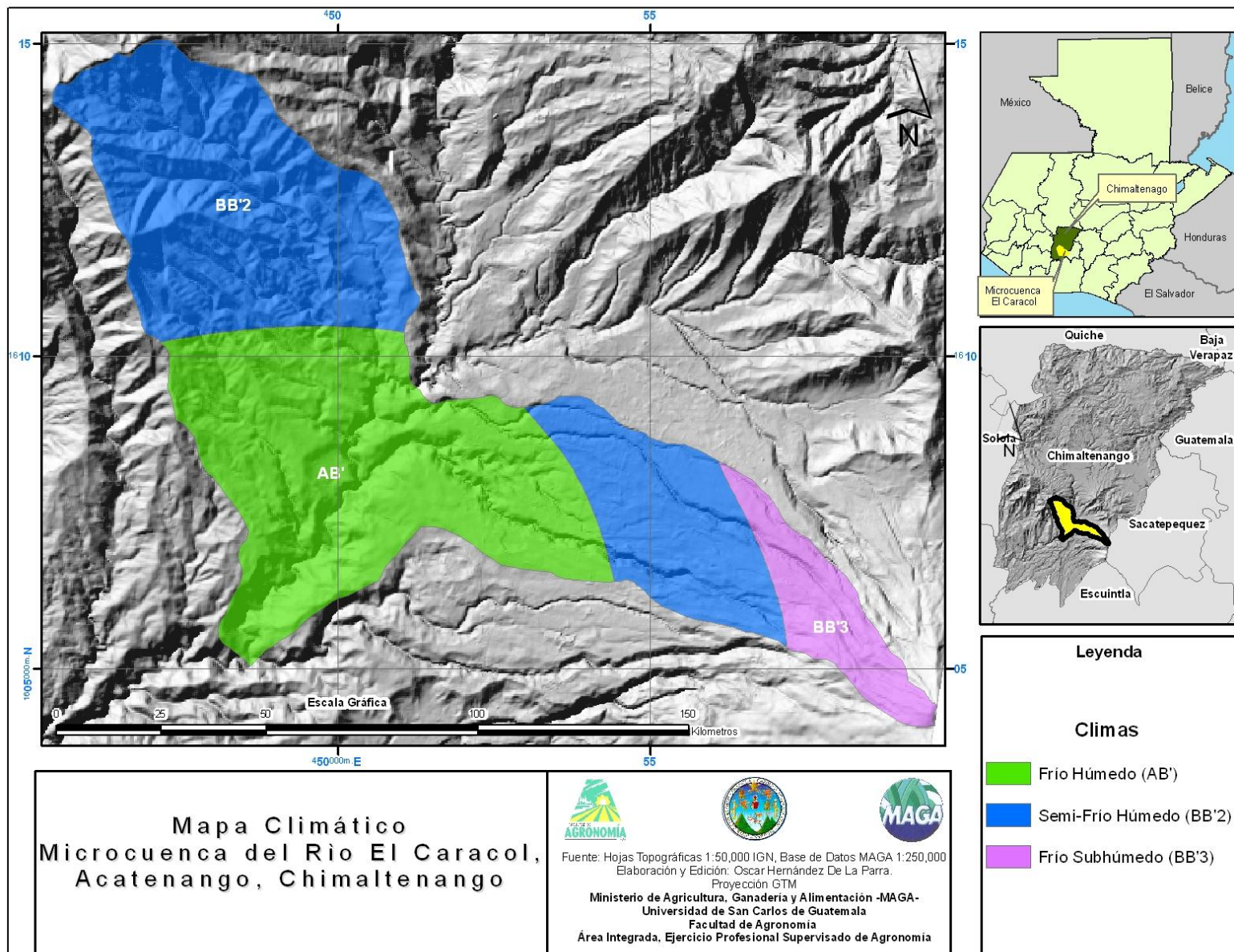


Figura 6. Mapa climático de la microcuenca Río El Caracol, Acatenango

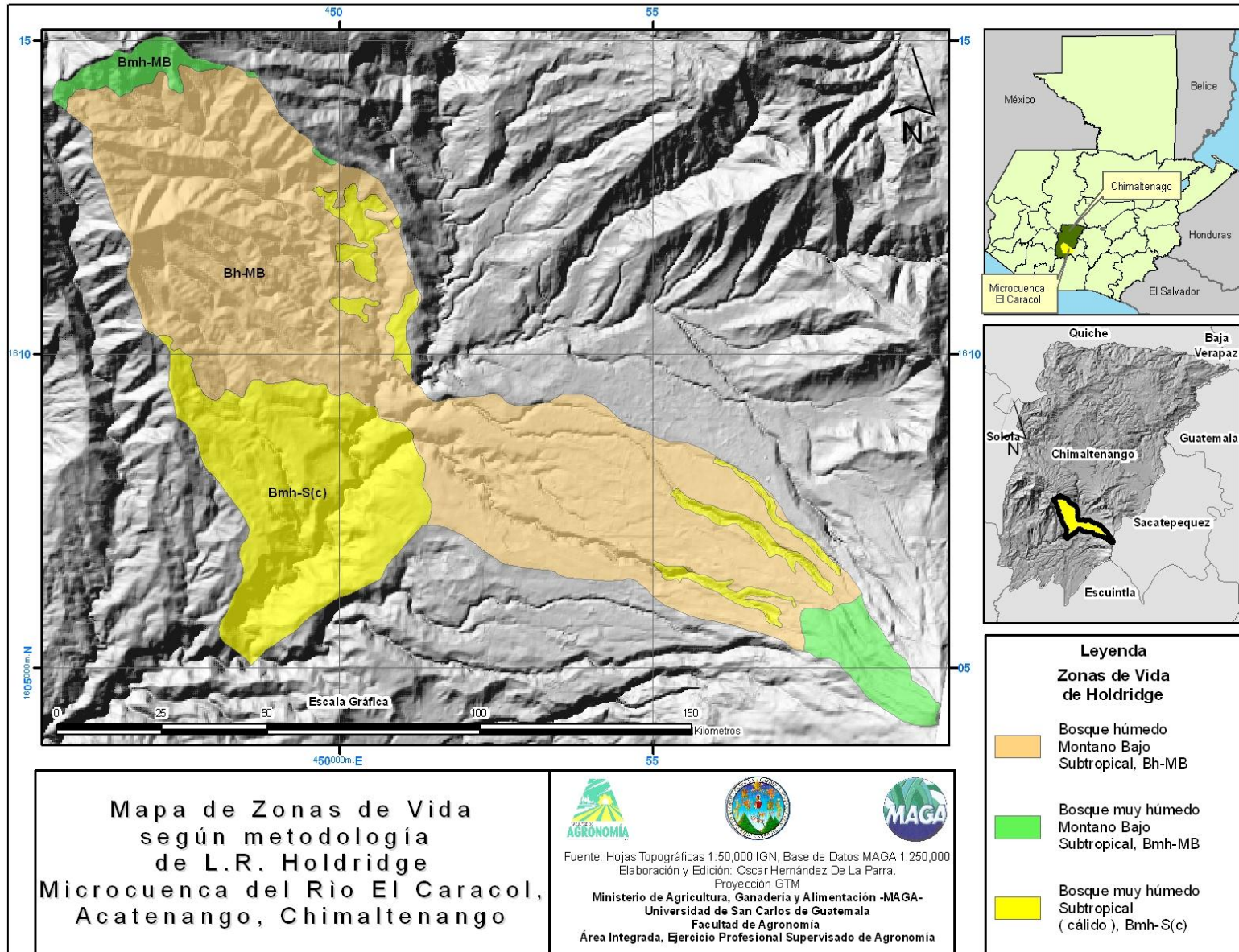


Figura 7. Mapa de zonas de vida según Holdridge de la microcuenca Río El Caracol, Acatenango

c. Suelos y tierras

Los suelos que predominan dentro de la microcuenca son de origen volcánico con topografía accidentada. Son suelos con alta presencia de materiales ferromagnesianos, superficie de gravilla, alófana y rocas volcánicas. Aunque para ser más preciso, los órdenes de suelos presentes en el municipio son inceptisoles, entisoles y andisoles. Por su condición de boca costa, el municipio cuenta con regiones con mucha pendiente, así como por ser parte de un aluvión cuaternarios sus suelos son fértiles y profundos, pero de origen volcánico mayoritariamente en la región baja (Lira, 2003).

Dentro del área de la microcuenca los usos de la tierra según datos del año 2006: 53.75% (2.717.98ha) cultivos permanentes arbustivos; 31.46% (1,590.82 ha) bosque mixto; 9.27% (468.99 ha) agricultura con cultivos anuales; 2.79% (141.10 ha) bosque latifoliado; 1.44% (72.69 ha) matorrales; 1.08% (54.63 ha) pastos naturales y 0.21% (10.64 ha) poblados.

Dentro de los principales cultivos existentes dentro del área de la microcuenca es el café, que se encuentra en su mayor parte distribuido en las faldas del volcán de Acatenango. Además se encuentran dentro del área de estudio zonas mínimas con hortalizas, de los cuales el cultivo de subsistencia es el maíz (Lira, 2003).

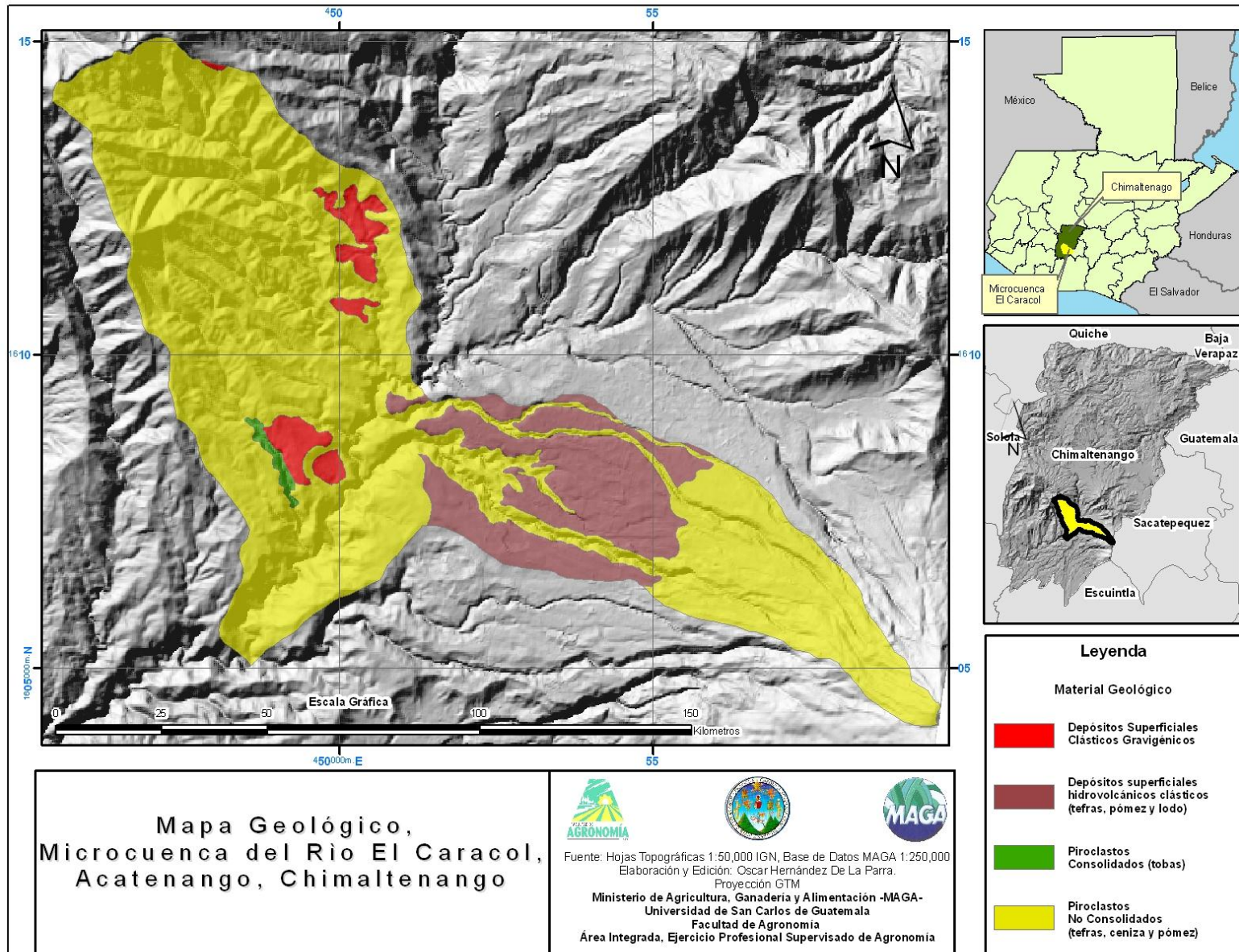


Figura 8. Mapa geológico de la microcuenca Río El Caracol, Acatenango

1.5.2. Problemas ambientales

A. Desechos sólidos

El principal problema encontrado dentro de la microcuenca es no tener un lugar destinado a los desechos sólidos provenientes de los hogares. Los lugares utilizados para este fin están ubicados en pendientes altas que son arrastrados por la lluvia, obstaculizando las vertientes principales de la cuenca y microcuenca.

B. Recurso bosque

Se han dado talas ilícitas dentro de la microcuenca, en áreas de las faldas del volcán de Acatenango. Debido a que el astillero municipal no se da abasto para el consumo de los pobladores del municipio, obligándolos a utilizar bosques de las áreas protegidas.

C. Recurso Suelo

Los suelos dentro de la microcuenca en su mayoría presentan estructuras granulares y texturas franco arenosas, en pendientes que van de 12 % a 55 %, algunas áreas desprovistas de cobertura y con un sobre uso, estas propiedades hacen propensos a los suelos a sufrir pérdida por arrastre de escorrentía superficial, causando deslizamientos, desvío de caudales, asolvatamiento, esto produce en la siguiente época lluviosa deslizamientos, desbordamientos de ríos, poniendo en riesgo la vida de las personas que habitan en las partes bajas del municipio. Por esta razón es necesario poder cuantificar la pérdida de suelo por procesos de erosión hídrica para las áreas más susceptibles y áreas de influencia para estos procesos.

D. Recurso Hídrico

Dentro de la microcuenca existen lugares, en donde se carece de agua potable esto se ve reflejado por la tala descontrolada de bosque que son remanentes, de nacimientos, esto mas el crecimiento exponencial de la población que demanda mas servicios básicos hacen un tema alarmante para poder tener acceso de este recurso tan preciado.

1.5.3. Problemas socioeconómicos

A. Agricultura intensiva

La agricultura intensiva en áreas con pendientes mayores al 55%. Debido a la tenencia de la tierra en minifundios la agricultura se hace intensiva en una sola área, no existiendo rotación de cultivos ni prácticas de conservación de suelos, degradando la capa arable.

1.6. CONCLUSIONES

- El crecimiento exponencial dentro de la microcuenca, demanda mayor área para poder realizar agricultura intensiva de subsistencia, en donde los principales cultivos son el maíz, y frijol sin importar el área, cultivando en áreas con pendientes fuertes sin prácticas de conservación de suelos, haciendo necesario saber cuánto se pierde al año de suelo para poder tomar medidas para que esto no ocurra.
- Se debe de brindar apoyo a los agricultores del área, con platicas y talleres acerca de la importancia de conocer en donde cultivar y como hacerlo correctamente, involucrando a los niños concientizándolos sobre la importancia del recurso bosque, que previene los procesos de erosión y aumenta la recarga hídrica dentro de la microcuenca.

1.7. BIBLIOGRAFÍA

1. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2002. Censos nacionales de XI de población y VI de habitación. Guatemala. 1 CD.
2. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 2006. Mapa topográfico de la república de Guatemala: hoja Chimaltenango, no. 2059-IV. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
3. Lira, R. 2003. Diagnóstico general de la montaña El Socó. EPSA Diagnóstico. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 61p.
4. Matas, A; Archila LI; Benítez J. 2006. Ethnohistoria de Acatenango, municipio del departamento de Chimaltenango, Guatemala. Guatemala, USAC. 79p.
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. MINEDUC (Ministerio de Educación, Chimaltenango, GT). 2009. Educación en el municipio (en línea). Guatemala. Consultado 4 ene 2010. Disponible en <http://www.mineducchimal.gob.gt/educacion1.html>
7. Municipalidad de Acatenango, Acatenango, Chimaltenango, GT. 2006. Monografía del municipio del Acatenango, Chimaltenango, Guatemala. Guatemala. 22p.
8. SEGEPLAN (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, GT). 2001. Caracterización del municipio de Acatenango (en línea). Guatemala. Consultado 4 ene2010. Disponible en http://sinit.segeplan.gob.gt/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=57&Itemid=99999999

CAPITULO 2. Cuantificación de la erosión hídrica y propuesta general de manejo del suelo en la microcuenca Río El Caracol, Acatenango, Chimaltenango, Guatemala, C.A.

QUANTIFICATION OF WATER EROSION AND GENERAL PROPOSAL FOR LAND MANAGEMENT OF THE EL CARACOL RIVER BASIN, ACATENANGO, CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.

2.1. PRESENTACIÓN

Desde el origen del planeta tierra el suelo ha evolucionado continuamente, la lluvia y el viento han transportado las partículas de uno a otro sitio, en el constante cambio de la superficie de la tierra formando variaciones dentro del relieve, y dando origen a nuevas superficies. Sin embargo, cuando los terrenos han estado protegidos con una cubierta vegetal, la remoción del suelo ha sido sumamente lenta, sin que sobrepase por lo general a su formación. La erosión es un proceso que degrada a los suelos de diferentes formas, debido a la interacción de factores tales como la lluvia, el viento y la actividad humana. Los agentes causantes de la erosión hídrica del suelo, son más efectivos en función del tipo de estructura que represente la primera capa del suelo, el uso actual de la tierra y el tipo de cobertura que exista en el área. La degradación del suelo tiene efectos negativos sobre la economía de las regiones, principalmente en las zonas donde el ingreso depende de la agricultura (FAO, 1996).

El problema de la degradación del suelo afecta a un gran número de países en el mundo, según la FAO (1980), las principales causas de la erosión son el agua y el viento. A nivel mundial, la erosión hídrica ocupa aproximadamente 1,093 millones de hectáreas, siendo este el 56% del área total afectada por este fenómeno que ha sido inducida por el hombre.

En áreas que por lo general están conformadas por relieves con altos porcentajes de pendientes, como es el caso de la microcuenca Río El Caracol, ubicada en las faldas del volcán de Acatenango y con suelos de origen geológico volcánicos, la erosión hídrica se hace más evidente y los efectos causados son de mayor magnitud. En la mayoría de los casos, los suelos no cuentan con cobertura que proteja o disminuya el proceso de degradación de la capa arable, creando una mayor escorrentía superficial, menor capacidad de infiltración y mayor erosividad. Esto, sumado al poco conocimiento de prácticas de conservación de suelos y al uso intensivo de pequeñas parcelas, hace que sea imposible proteger y promover dichas prácticas.

Es por eso que en el presente documento de investigación se cuantificó la pérdida de suelo provocado por la erosión hídrica, para generar lineamientos de un plan de manejo

de suelos. Con el propósito de poder concientizar por medio de los resultados indirectos a las comunidades que conforman el área de estudio, se utilizó la Ecuación Universal de pérdida de suelo Modificada –EUPSM-, para cuantificar la lámina que se pierde en las áreas que forman parte de la microcuenca del río El Caracol. Para completar el plan de manejo se realizó el análisis de las causas socioeconómicas así como los aspectos biofísicos para desarrollar los lineamientos del plan de manejo.

2.2. MARCO TEORICO

Según la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura, FAO, (1985) la tierra es un recurso limitado y no renovable, que involucra el suelo, el subsuelo, los organismos y la atmósfera cercana, así como los procesos naturales e inducidos y los resultados de las actividades humanas pasadas y presentes, que tienen un efecto en el comportamiento de la misma. Al tener un uso excesivo del suelo éste se va degradando.

La degradación es un proceso que disminuye la capacidad actual y potencial del suelo. Como consecuencias se presenta una disminución de la producción agrícola, la inseguridad alimentaria, daños a los recursos y pérdida de la biodiversidad (FAO, 2008).

2.2.1. Suelo

El suelo es un sustrato básico para la vida terrestre que se compone de minerales y material orgánico que se diferencia de otros debido a sus características: color, textura, porosidad y estructura. El suelo va a contener materia viva dentro de los cuales está la vegetación natural y vegetación que ha sido transformada por la actividad humana (Tobías, 2006).

La diferencia entre la tierra y el suelo es que la tierra hace referencia a un ambiente en donde se incluyen varios factores que interactúan entre sí, tales como clima, relieve, hidrología vegetación, y suelo se define como un sistema más complejo que está conformado por horizontes, que puede soportar vegetación o cultivos.

2.2.2. Erosión

La erosión es un proceso natural que se da por el arrastre de partículas que forman en suelo ya sea por la acción del movimiento del agua o por la acción del viento (Suárez, 1979). La erosión del suelo mueve los sedimentos y nutrientes, lo que hace mantener un equilibrio sedimentario y forma espacio fértiles (Cerdà, 2001). La erosión del suelo se aceleró cuando el ser humano descubre la agricultura, talando los bosques y rompiendo la superficie con herramientas para sembrar especies vegetales.

Los edafólogos distinguen entre erosión geológica o desgaste natural de la tierra sin influencia humana y erosión acelerada o aumento de la pérdida de suelo como consecuencia de la alteración del sistema natural por variadas formas de uso de la tierra. (Malangón, 1990).

2.2.3. Erosión eólica

Es el proceso de disgregación y transporte del suelo por la acción del viento. Este es favorecido por los vientos fuertes y frecuentes así como las superficies llanas que están expuestas al viento; otra de las características que favorecen la erosión eólica es el suelo seco, suelo y con textura fina y poca materia orgánica, una condición árida y con poca vegetación. El causante de la erosión es la acción del viento y este puede ser por función del tamaño, rodando, por saltación o suspensión (Almorox, 2010).

La erosión eólica comienza cuando el viento sopla a unos 20 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 y que se depositaron no menos de 38 toneladas por kilómetro cuadrado. 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

Es un proceso de provocado por acción de diversos procesos y eventos climáticos, principalmente por lluvias, en donde se pierde la primeras capas del suelo por arrastre, cuando no existe cobertura alguna, es de mayor deposición cuando existen pendientes muy pronunciadas. El exceso de agua no infiltrada por el suelo fluye sobre la superficie del terreno y, junto con las gotas de lluvia, es responsable de los procesos, que a continuación se describen:

Cuadro13. Clases de erosión causados por el agua parámetros y evidencias

Clases parámetros selectivos	Evidencias
Pérdida de menos del 25% del horizonte A.	Acumulación de sedimentos en la base de la pendiente o en depresiones, presencia de canales y surcos espaciados.
Pérdida entre 25 y 75% del horizonte A.	Mezcla del horizonte A, con otros materiales subyacentes
Pérdida promedio del 75% del horizonte A.	La capa de arado está constituida en su mayoría por materiales del horizonte A. Exposición superficial frecuente de horizontes subyacentes al horizonte A.
Pérdida completa del horizonte A.	El suelo original solo puede identificar en áreas aisladas.

Fuente: SoilSurveyStaff, 1981

A. Erosión hídrica-laminar

La erosión laminar es la remoción más o menos uniforme del suelo de toda la superficie de la tierra, resulta a menudo poco perceptible, aun 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 segunda el transporte o remoción de las mismas por escorrentía. Los principales factores físicos 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 de la erosión hídrica

A. El Clima

Son cuatro los aspectos principales relacionados con el clima, que afectan el desarrollo de la erosión hídrica, ellos son: lluvia, temperatura, energía solar y el viento (López, 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, aun cuando sea prolongada puede no causar mayores daños por erosión si su intensidad es baja, lo mismo puede decirse de una lluvia intensa de extremadamente corta duración; que podría no causar mayores pérdidas de suelo, ya que no genera suficiente agua para producir escorrentía. Contrariamente, cuando la intensidad y duración del evento pluvial son altos, entonces ambos, escorrentía y erosión, se manifiestan como serios problemas lo cual es especialmente cierto en zonas sin cubierta vegetal (López, 1998).

B. Topografía

El grado, la longitud y la 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 resultante de: A. El grado B. Longitud de la pendiente. 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: A. el grado y; B. la longitud de la pendiente del terreno (López, 1998).

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).

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 (López, 1998).

C. El Suelo

Las condiciones físicas y químicas de los terrenos, al impartirles mayor o menor resistencia a la acción de las aguas, tipifican y singularizan el comportamiento de cada

suelo expuesto a condiciones similares de pendientes, lluvia y cubierta vegetal (Suárez, 1979).

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 encuentra la estructura, textura, mineralogía de las arcillas y contenido de materia orgánica, las cuales son cementantes (López, 1998).

Según Suárez (1979), la consecuencia de la erosión, no solo es por el arrastre de cierta cantidad del suelo, sino que tiene acción selectiva sobre los elementos constitutivos del suelo; a esto se le llama erosión de la fertilidad y se manifiesta principalmente por la modificación de las propiedades físicas y químicas del suelo.

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 más corpulento, defiende el suelo de la acción perjudicial de las lluvias en forma y proporción diferentes (López, 1998).

2.2.6. Etapas del Proceso de Erosión Hídrica

Indica que en toda la superficie terrestre, a excepción de los desiertos y las regiones polares, el suelo está sujeto a la erosión por agua cuando ésta no tiene una cubierta vegetal que la proteja durante las lluvias. El proceso de erosión hídrica, se realiza en tres etapas consecutivas, las cuales son: desprendimiento, arrastre y deposición (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 (López, 1998).

B. Arrastre

Este es provocado por el escurrimiento superficial, la pendiente del terreno y la textura. Escurrimiento superficial del agua de lluvia que no logra infiltrarse en el suelo (Suárez, 1979).

C. Deposición

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 disminuye la velocidad del agua de escurrimiento (López, 1998).

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 azolvamiento de las partes bajas y aéreas de almacenamiento de agua.

2.2.7. Procesos erosivos de las corrientes de agua

A. Infiltración almacenamiento y producción de escorrentía

Cuando el agua se acumula artificialmente en la superficie, la penetración del agua en el suelo es inicialmente muy alta y desciende muy rápidamente a una tasa constante llamada tasa de infiltración final, que está estrechamente relacionada con la conductividad saturada del suelo. Si la intensidad de la precipitación pluvial excede a esta capacidad de infiltración, entonces la acumulación de agua en la superficie conduce a la producción de un exceso y a la larga al flujo superficial. (Kirkby, y Morgan, 1980).

B. Flujo superficial

El flujo uniforme de canal abierto en un lecho poco profundo y en pendiente, las expresiones de la velocidad se derivan normalmente de la suposición de Brahms en el

sentido de que el componente es peso del agua corriente se equilibra simplemente por las fuerzas de resistencia resultantes de la fricción con el lecho. (Kirkby, y Morgan, 1980).

El flujo sub superficial es de importancia decisiva para determinar el carácter de la erosión del suelo a través de sus efectos sobre la disponibilidad relativa de agua superficial como flujo convencional o saturado. También es importante como agente de intemperismo que controla la erodabilidad de materiales así como sus características hidráulicas a través del transporte de minerales en solución y a través de los mecanismos de intercambio. De manera general, el drenaje de las pendientes de colinas por medio de tubos, también determinan la ubicación de las cárcavas activas y finalmente los granos finos pueden trasladarse mecánicamente en los flujos sub superficiales. (Kirkby, y Morgan, 1980).

C. Flujo en canal

La profundidad es apreciablemente mayor en el agua que fluye en arroyos y cárcavas que en los elementos de mayor grado de aspereza, donde por lo común lo hace en condiciones muy similares al flujo convencional de canal abierto, cuyos procesos son muy conocidos. La diferencia principal se halla en el rápido acenso de un valor culminante y en una disminución atenuada, pero aun rápida, a medida que pasa la onda de la creciente. (Kirkby y Morgan, 1980).

D. Procesos internos del suelo

En un plazo relativamente largo, la composición mineral del suelo está controlado por el intemperismo, y esto a su vez relacionado con la estabilidad relativa de los diversos minerales en la roca madre, el tiempo y la naturaleza del flujo del agua a través del suelo y por los procesos orgánicos incluyendo la caída de las hojas y la asimilación de las sustancias nutritivas. A plazo mediano, las características del suelo pueden, en gran medida, controlarse por la vegetación que crece sobre ellas. En 1955 contrastan los bosques y los pastizales en el continente norteamericanos. Los suelos forestales presentan una mayor lixiviación de cationes, un pH relativamente más bajo y una mayor translocación de arcilla que en los pastos adyacentes. (Kirkby y Morgan, 1980).

E. Arrastre de sedimentos

El arrastre del sedimento hacia la corriente de agua es el aspecto más importante de la erosión del suelo. Sigue su curso por salpicadura, desprendimiento por agua corriente, fallas la masa, deslizamiento, o varios procesos como afluencias y excavaciones hechas por los animales. Los procesos actúan sobre un substrato que puede comprender ya sea un lecho rocoso débilmente consolidado o suelo producido por intemperismo. La erodabilidad del suelo es dinámica en el sentido que puede alterarse por una tormenta de una estación a otra, por efectos de la labranza, por la aplicación de abono. Se relaciona con las propiedades de los materiales, de la vegetación y con las condiciones climáticas.

La erodabilidad del suelo se relaciona esencialmente con la estabilidad de los agregados del suelo y no tanto con su composición o textura, aunque estos dos aspectos no están inconexas, también se relaciona con las fuerzas cohesivas que mantienen unidos a los agregados. Esto se debe en parte a que los agregados son demasiado grandes para ser eliminados por escorrentías de baja velocidad, de manera que la eliminación del material se limitara a agregados y separados. Sin embargo, la densidad de los agregados y su forma es tan importante o más que el tamaño. Esto significa que el arrastre de agregados de un tamaño determinado, puede ocurrir a velocidades más bajas que las esperadas por las curvas empíricas estándar. (Kirkby, y Morgan, 1980).

F. Dispersión por lluvia

La dispersión por efecto de la lluvia ocurre básicamente como resultado de las fuerzas de impacto de las gotas de agua. Una gota de lluvia que cae sobre un suelo húmedo produce una corona de dispersión, cada una de cuyas gotas consta de una o dos partículas de suelo encerradas en una película agua. La gota describe una curva parabólica, que se mueve lateralmente cuatro veces su altura. La masa total que se transporta en una superficie plana, decae exponencialmente con la distancia desde el punto del impacto. La dispersión cuesta abajo viaja más lejos que cuesta arriba, aproximadamente tres veces más lejos en una pendiente del 10 por ciento. Si el suelo contiene fragmentos gruesos, el acorazamiento de la pendiente puede deberse a la larga al movimiento cuesta debajo de las arenas finas que saltan. Además, las partículas son lanzadas por el impacto de otras partículas que vienen de cuesta arriba. Las principales fuentes de energía para este

proceso son la energía cinética de la precipitación pluvial y la energía gravitacional (potencial) (Kirkby, y Morgan, 1980).

G. Arrastre por flujo

El desprendimiento cortante de los sedimentos por el flujo de agua, aparente del transporte en sí, probablemente sea su proceso básico. Cuando el flujo se concentra en arroyuelos el sedimento total eliminado es varios órdenes mayor en magnitud que con un flujo sin ellos. Para este último se utiliza el término de deslave laminar, aunque de hecho el flujo raramente, o nunca, está en forma de una lámina continua sobre la superficie. Más bien se presentan como oleadas o como flujo subdividido detenido por pequeños obstáculos. Generalmente se supone que el desprendimiento de los sedimentos no cohesivos ocurre como resultado del arrastre ejercido por tensión diferencial sobre las superficies corriente arriba y corriente debajo de la partícula, por el levantamiento Bernoulli apartar de la tensión diferencial en el plano horizontal y por la turbulencia vertical que ocasiona irrupciones bruscas de levantamiento en los límites. Estos efectos se tratan en los textos regulares sobre transporte de sedimentos (Kirkby, y Morgan, 1980).

2.2.8. Métodos para evaluar la erosión

Para la evaluación de la erosión, existen métodos directos e indirectos, cada uno de estos métodos utiliza diferentes lineamientos los cuales se explican a continuación.

2.2.9. Métodos Directos

Para evaluar las pérdidas de suelo en mejor método es el análisis directo, ya que este es el método más confiable y se debe de realizar bajo distintas condiciones de cobertura en períodos de varios años (FAO, 1979). A continuación se presentan algunos métodos que se utilizan para medir la degradación del suelo:

- A. Observaciones y mediciones directas: Parcelas de escorrentía, clavos y roldanas, corcho latas y estaciones.
- B. Uso de técnicas de sensores remotos.
- C. Modelos matemáticos.
- D. Evaluación mediante métodos paramétricos.

2.2.10. Métodos Indirectos

Los métodos indirectos que se utilizaron para hacer una aproximación de la lámina real de suelo que se pierde por erosión hídrica, son los que se describen a continuación.

A. Modelos de erosión

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 puede obtener relaciones de causa-efecto, sin haber realizado cambios en los sistemas reales (Taboada, 2003).

Los modelos de erosión del suelo juegan un papel importante para planificar medidas anti erosivas 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: (Taboada, 2003).

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 deposición 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 deposición son calculados también mediante la información topográfica (EROSION 3-D, WEPP).

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

Cuadro 14. Clasificación de los modelos de erosión del suelo

Modelos paramétricos	
Erosión laminar y en surcos	USLE (Wischmeier y Smith)
	RUSLE (Renard et al, 1997)
Erosión en cárcavas	servicio de Conservación de suelos (USA) (Thompson, 1964).
Erosión en zonas inundadas	MUSLE (Williams, 1975).
Modelos de solución Analítica	
Erosión laminar y en surcos	Ecuación de continuidad o de conservación de masa del sedimento(Meyer Wischmeier) GUESS: Ecuaciones de Saint-Venant WEEP (Nearing et al 1989) EURO-SEM (Morgan et al1992)
Modelos solución numérica	
KINEROS (Woolhiser et al 1990) SEDLOAD (Lopes, Vicente, 1994)	

Fuente: Taboada, 2003

a) 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).

b) Modelos de solución analítica (físicos)

Los modelos físicos describen matemáticamente los procesos de erosión de desprendimiento, transporte y deposición, y a través de las 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: clima, escurrimiento superficial, erosión, infiltración, balance de agua, crecimiento de planta y descomposición de residuos, labranza y consolidación y procesos de invierno. Estos componentes trabajan a través de cuatro entradas: clima, pendiente, suelo y planta/manejo. (Taboada, 2003).

c) Modelos de solución numérica

Un ejemplo de este modelo se presenta 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 agradadas fácilmente. El programa compara aquellas cargas de sedimentos calculadas con diferentes ecuaciones de transporte de partículas (Taboada, 2003).

B. Métodos para determinar la erosión. Método de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS)

a) Descripción del método EUPS

El método de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) ha permitido estimar las pérdidas por efecto 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:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

Dónde:

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.

La cantidad estimada de pérdidas 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 esta dado en toneladas por hectárea por año.

b) Erosividad de las lluvias (Factor R)

El valor numérico usado para el factor R en la ecuación universal de pérdida 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, para ser asociada con la lluvia (Arana, 1992).

Cuando los factores de la ecuación universal de pérdidas 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 EI para diferentes tormentas en una localidad particular representa el índice de erosividad de la lluvia para tal lugar (Páez y Rodríguez, 1989).

Las lluvias menores de 12.7 mm 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 termino EI, es una interacción estadística que refleja como la energía total y el pico de intensidad son combinados en cada tormenta particular. La energía de una tormenta está en función de la cantidad de lluvia y de todas las intensidades que compongan dicha tormenta. El tamaño promedio de las gotas de lluvia se incrementan 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 término erodabilidad del suelo sugerido Cook (1936), se usa generalmente para indicar el grado de susceptibilidad de un suelo en particular, a ser erosionado.

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 por ciento de pendiente), y para determinar su valor, es necesario contar con información de las características físicas del suelo tal como textura, estructura, permeabilidad, contenido de materia orgánica. Con esta información se determinan el de este factor utilizando el monograma de (Wischmeier, 1958).

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

El factor de manejo de cobertura, obtiene de la relación de la cantidad de suelo perdido bajo un determinado cultivo y la pérdida de suelo en aéreas 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 de suelo (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 practica de conservación de suelo y las pérdidas de suelo que ocurren en la misma área sin prácticas de conservación (Arana, 1992).

C. Estimación de la ecuación universal de pérdida de suelo (EUPS)

La lámina se determina aplicando la siguiente ecuación que está integrada por los 5 factores descritos anteriormente:

$$Y = K * L * S * C * P$$

Dónde:

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.

a) Cálculo de R (Erosividad)

El valor numérico usado para el factor R en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, debe cuantificarse del efecto que causa el impacto que causa 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 mm/h. No todas las precipitaciones pluviales tienen carácter erosivo, se desprecian todas aquellas lluvias iguales o menores de 13mm, 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 mm/h.

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

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

Dónde:

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 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 mm/h 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 $Mj * mm/ha * h$.

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 (Apéndice2), el cual refleja que las propiedades del suelo relacionadas más estrechamente con la erodabilidad son:

- % de limo + arenas muy finas.
- % de arena.
- % materia orgánica.
- Estructura del suelo.
- 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 continúa una línea para ubicar el valor de estructura, extendiendo la línea de una tabla a la otra. Por último, se ubica el valor de permeabilidad siguiendo la línea continua, la cual concluye en el valor del factor K.

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

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 esperarían en la condición arbitrariamente elegida de 22m de largo y 9% de pendiente.

Factor pendiente LS:

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

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

Dónde:

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

X = longitud de pendiente del campo en metros

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

α = es el 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 coberturas y manejo. Para determinar dicho factor existen cuadros en (Apéndice 3) 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 determinación de este factor también se utilizará cuadros 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.

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

$$Y = 11.8 (Q_{\max} V_x)^{0.56} \text{KLSCP}$$

En donde:

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

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

Q_p = tasa máxima de escorrentía en m³/seg.

KLSCP = 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, 1976).

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

a) Método del número de curva (CN)

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, éste 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 curvas, 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; 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:

$$S = \frac{F}{P-I} = \frac{Q}{P-I}$$

Dónde:

F = Retención actual (mm).

S = Retención potencial máxima (mm).

Q = Profundidad acumulada de la escorrentía (mm).

P = Profundidad acumulada de la precipitación (mm).

I_a = Abstracción inicial (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 (por ejemplo. La retención real es la diferencia entre lluvia menos abstracción inicial y escorrentía).

$$F = P - I_a - Q$$

Cambiando las ecuaciones 1 y 2 se produce:

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

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

En la ecuación 3, un análisis, 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:

$$I_a = 0.2S$$

Combinando las ecuaciones 3 y 4 se produce.

$$Q = \frac{(P - 0.2 S)^2}{P + 0.8 S} \quad \text{para } P > 0.2 S$$

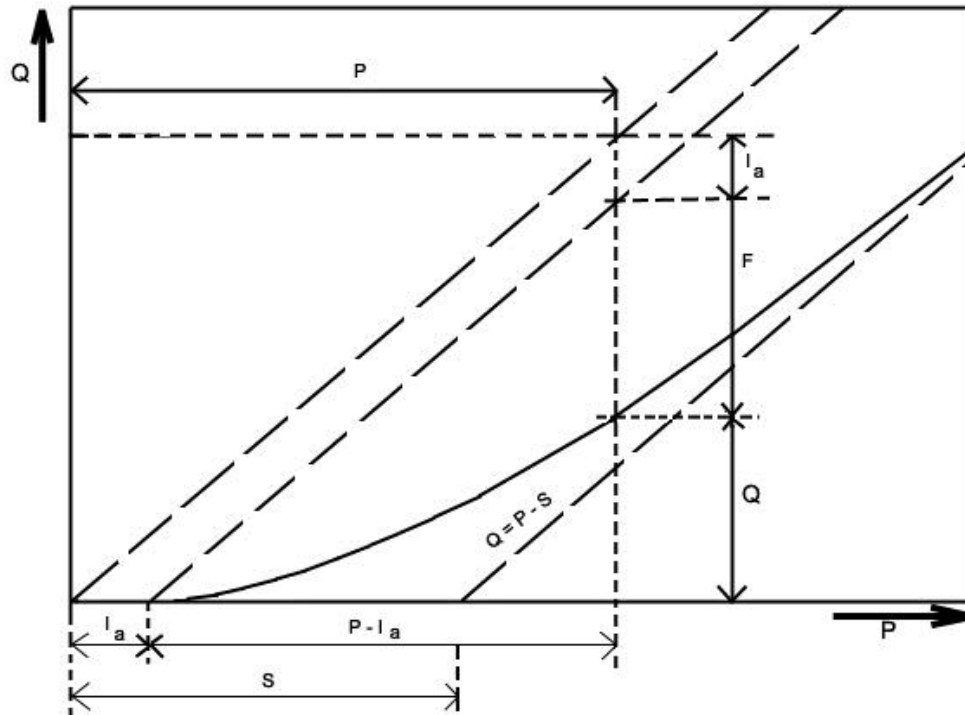


Figura 9. Escorrentía acumulada versus precipitación acumulada P de conformidad con el método de número de curva. Fuente: Soil Conservation Service, 1972.

La ecuación 5 es la relación de precipitación – 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 al método de número de curva CN en orden de efectuar operaciones de interpolación, promedio y ponderación lo más lineal posible. Esta relación es.

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

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

Como la retención potencial máxima S puede variar teóricamente entre cero e infinito, figura 10 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 predominantemente 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.

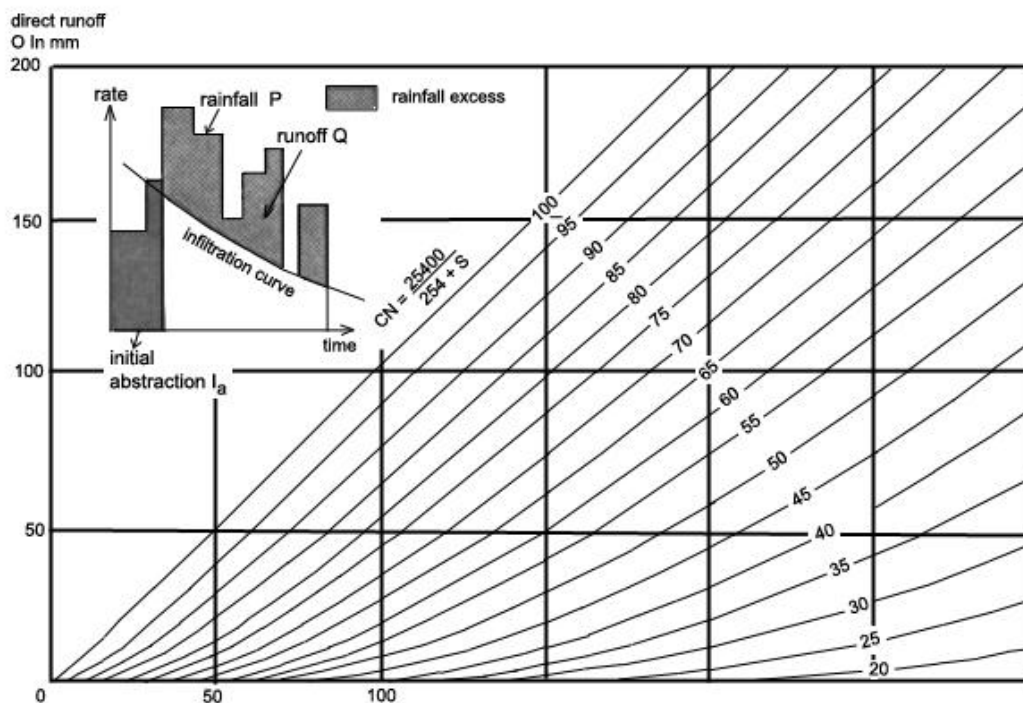


Figura 10. Solución gráfica de la ecuación 5 mostrando la profundidad de la escorrentía Q como una función de la profundidad de la lluvia P y el número de curva CN . Fuente: Soil Conservation Service, 1972.

c) Factores que determinan la curva número (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 relacionable 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.

1. Barbecho es el uso de la tierra agrícola con el más alto potencial de escorrentía a causa de que la tierra está desnuda.
2. 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.
3. Pequeños granos plantados en hileras tan cerradas que la superficie del suelo no está directamente expuesta a la precipitación.
4. 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.
5. 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.
6. Los bosques son generalmente arboledas pequeñas aisladas, siendo 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 influencias fuertemente la escorrentía. En el método del SCS, estas propiedades son representadas por parámetros hidrológicos: la tasa mínima de infiltración obtenida para un suelo desnudo después de un prolongado humedecimiento. La influencia de la condición superficial (tasa de infiltración) y 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 todos los cuatro grupos. Los grupos hidrológicos de suelos, definidos por el SCS, son:

GRUPO A: suelos que tienen altas tasas de infiltración aun 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.

- Condiciones 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 (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 antecedentes de drenaje están prácticamente saturados por precipitaciones antecedentes (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) Estimación el valor de la curva número (CN)

Para determinar el valor apropiado de Curva Numero, varias tablas pueden utilizarse. Primeramente, hay tablas que relacionan el valor Curva Numero 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 Curva Numero y las diversas coberturas de suelo del complejo hidrológico suelo – cobertura, son usualmente dados para condiciones promedio. 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 antecedente 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 3 muestra esta relación para condiciones promedio (por ejemplo: Condiciones antecedentes de humedad Clase II). En adición al cuadro 3, 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 Números 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, la mayoría de 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 (ILRI, 1995):

Cuadro 15. Antecedentes de humedad en base a pendiente.

Número	Porcentaje de Pendiente	Área
I	Mayor 1%	Planas
II	1-5 %	Ligeramente onduladas
III	5- 10%	Bastante onduladas
IV	10-20%	Inclinadas
V	> 20%	muy inclinadas

Fuente: ILRI, 1995

La categoría o cobertura fue ajustada para las condiciones del Este Africano combinado con las condiciones hidrológicas. El cuadro 16 muestra los Números de Curvas para estos complejos hidrológicos suelo – cobertura. Con la ayuda de cuadros y con alguna experiencia, se puede estimar el Número de Curva para una cuenca de drenaje específica. El procedimiento a seguir es:

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 y preparar un mapa de uso de la tierra; Describir los principales complejos de suelo – cobertura por superposición de los mapas del uso de la tierra y de grupos de suelos; Calcular el valor de CN medio ponderado de acuerdo a las áreas que ellos representan.

f) Clases de condiciones de humedad

Al usar los cuadros 14 y 15, se obtiene 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, se tiene 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. La tabla 4 muestra los límites correspondientes de lluvia para cada una de las tres clases de AMC.

Los valores de las columnas 2 y 3 dan los valores que 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.

De acuerdo al cuadro 17, cuando la clase AMC no es la clase II, el Número de Curva como es determinado del cuadro 15 y 16 debe ser ajustado de acuerdo con el cuadro 17.

Cuadro 16. Números de curva para complejos hidrológicos de cobertura-suelo para condiciones antecedentes de humedad clase II y $I_a = 0.2$. (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		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 17. Curvas de los números de escorrentía Para complejos de suelo cobertura hidrológica para condiciones de humedad antecedente clase II e $I_n = 0.2 S$ (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
Pastura o campos en buenas condiciones hidrológicas	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 18. Límites de precipitación estacional para clases AMC (según el Servicio de conservación de suelos. 1972)

Clase de condición de humedad antecedente	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 19. Tabla de conversión para el número de curva (CN) de humedad antecedente para clases II a Clases AMC I o II (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

Continuación Cuadro 19

CN	CN	CN	CN	CN	CN
AMC II	AMC I	AMC III	AMC II	AMC I	AMC III
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	50	2	13
60	40	78	0	0	0

Fuente: ILRI, 1995

g) Estimación de la profundidad de la escorrentía directa

Una vez que el valor final del Número de Curva ha sido determinado, la profundidad de la escorrentía directa puede ser calculada. Esto puede hacerse en dos formas: Gráficamente, usando la profundidad de la precipitación de diseño en la figura 9 y leyendo el intercepto en el valor final CN. Numéricamente, usando la Ecuación 6 para determinar la retención 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. El ejemplo 1 muestra una ampliación del método de Número de Curva.

- Áreas con pendiente

En áreas con pendientes pronunciadas, el problema es acomodar el índice de escorrentía pico a ciertas localidades en la cuenca de drenaje. Estos índices de escorrentía pico determinarán las secciones transversales requeridas de los canales principales de drenaje, alcantarillas, puentes, etc. Aplicar el método del Número de Curva es ahora el primer paso en el procedimiento de cálculo. Este da únicamente la profundidad de la escorrentía directa “potencial”, pero no como esta escorrentía directa, sigue la topografía y el sistema de drenaje natural produciendo los índices de escorrentía pico en ciertas localidades.

Si no hay información disponible sobre la cantidad de precipitación de diseño (117 mm) es distribuida en período de 3 horas, la suposición usual es que la intensidad será uniformemente distribuida. Esto da una intensidad de precipitación de 39 mm/h. las columnas 1 y 2 del cuadro 18 dan las cantidades de precipitación acumulada para 6 períodos consecutivos de media hora. Ahora podemos calcular los valores de profundidad de escorrentía directa sustituyendo el valor de S de 109 mm y los datos de profundidad de precipitación en la columna 2 del cuadro 18 en la ecuación 5.

La figura 11 puede ser comparada con la adición de la inserción de la figura 9; ambas fueron construidos en una manera idéntica, pero la adición muestra una precipitación histórica con intensidades de variables en su duración. Así, aplicando el procedimiento descrito arriba, podemos especificar la escorrentía directa para una sucesión de períodos escogidos arbitrariamente entre la duración seleccionada de la precipitación de diseño. Estos datos son los cuales se determina la escorrentía pico en áreas inclinadas, tal como será discutido en las próximas secciones.

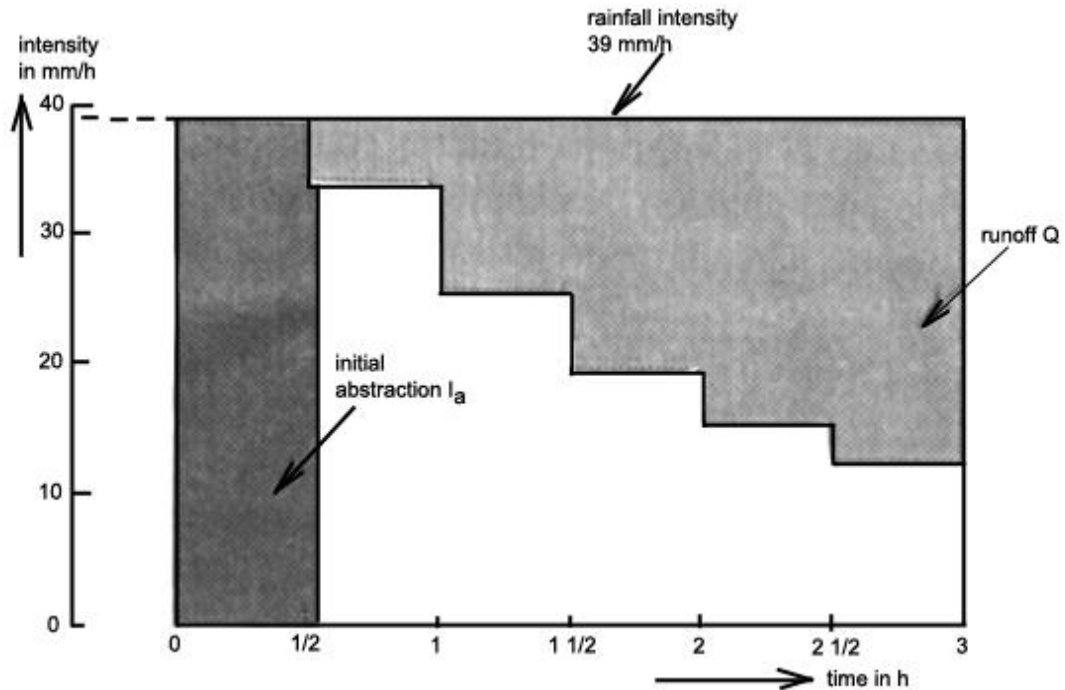


Figura. 11. Representación gráfica de la precipitación de diseño y correspondiente escorrentía para una duración seleccionada de 3 horas.

E. Metodología LEAM para evaluar la erosión 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 USLE, según Armstrong presenta una desventaja en la dificultad de obtener algunos de los datos que necesita, especialmente en áreas con insuficientes datos, por ejemplo, el factor S presenta una desventaja en la dificultad de obtener algunos de los datos que necesita, especialmente en áreas 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, sf).

- Factor Topográfico o de pendiente

El factor de topográfico o de pendiente, en el sistema LEAM, utiliza la fórmula de McCool, que es la misma que utiliza el sistema USLE (Manrique, sf). Tomando en cuenta los valores de LS, se encuentra la clasificación de subclase de pendiente, que se observa en el cuadro 20.

Cuadro 20. Subclase de pendiente de terreno, según metodología LEAM.

Clase de pendiente	Factor topográfico (LS)	Porcentaje de pendiente
S ₁ Baja	0-2	0-10
S ₂ Moderada	2-4	10-20
S ₃ Alta	4-6	20-30
S ₄ 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:

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

Dónde:

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 4 para determinar la subclase de riesgo de erosividad de las lluvias.

Cuadro 21. 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 Wishneier et al (1958) 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 22.

Cuadro 22. Factor K en diferentes unidades de suelo.

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.

- Formas de establecer el método

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

En total hay 5 clases de erodabilidad, gran numero y gran número de subclases; dentro de la clase E₁ se encuentran 9 subclase, las clases 2, 3, 4 y 5, tienen 24, 30, 30, y 18 subclases respectivamente; estas se pueden observar en el cuadro 4. El sistema LEAM, ha sido utilizado en suelos de Hawái con diferentes clases de erodabilidad, con

precipitaciones pluviales menores a 1000 mm/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. 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).

- La distribución de la erosión en el tiempo y en el espacio

Es obvio que la erosión alcanza su máximo donde la lluvia intensa y la cubierta vegetal están desfasadas, como suele ocurrir en el alto grado en los climas semi-áridos y mediterráneos. Este fenómeno se demuestra claramente en el estudio empírico de Fournier (1960) en el cual el indicador más importante de la erosión es la variable P^2/P . En donde:

P^2 = Precipitación pluvial del mes más húmedo.

P = Precipitación pluvial anual.

Sin embargo puede apreciarse que cualquier variable tan simple tiene que suprimir gran parte de los detalles pertinentes.

- Medición de la escorrentía y la erosión

La aplicación del método de parcelas de escurrimiento para la cuantificación de la erosión del suelo, y del volumen de escurrimiento, se considera un método práctico y de fácil implementación, bajo diferentes condiciones en que se encuentre la superficie del suelo (Sánchez citado por López, 1998).

Se indica que las parcelas experimentales están constituidas básicamente de dos partes: el área experimental y los dispositivos receptores del agua y del suelo que provienen del

área experimental por efecto del escurrimiento originado por la lluvia. (Sánchez citado por López, 1998).

- Conservación de Suelos

La conservación del suelo, es la ciencia de usar y tratar el terreno para aumentar su productividad conservando en él sus características naturales de fecundidad. La conservación del suelo es, pues, de importancia primordial ya que sin ella las tierras laborables de América y, en el caso, las de todo el mundo, son imposibles de mantener en las condiciones necesarias para alimentar a la población. Según el Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos de Norte América, el objetivo principal de la conservación del suelo es contrarrestar la erosión y fomentar el mejor uso de las tierras agrícolas y ganaderas en la mayor extensión posible.

Según Delgado, la erosión sólo puede combatirse adecuadamente si cada hectárea de suelo de una cuenca se trata de acuerdo con sus necesidades y sus propias adaptaciones. Y que la utilización de cada unidad de terreno sea según su capacidad de uso (Delgado, 1987).

2.2.11. Manejo de los Suelos

El manejo de suelos tiene como objetivo crear condiciones edafológicas favorables para el buen crecimiento de los cultivos, la emergencia de plantas jóvenes, el desarrollo de las plantas, y la formación del grano y de una cosecha. A continuación se presentan las condiciones edafológicas deseables (FAO, 2000):

- Condiciones físicas: tamaños de agregados, humedad y temperatura.
- Estructura superficial: no se impida la emergencia de las plantas jóvenes.
- Estructura, porosidad y consistencia del suelo: que la primera capa favorezca el crecimiento inicial de la planta joven y de las raíces.
- Estructura, tamaño y continuidad de los poros: permitan la libre penetración y desarrollo de las raíces.
- Suministro adecuado y oportuno de nutrimentos: que estos respondan a la demanda del cultivo durante el ciclo de crecimiento.

- Alta saturación de la capacidad efectiva de cationes intercambiables con aluminio o manganeso, sales o exceso de sodio a niveles tóxicos.
- Suministro adecuado y oportuno de humedad durante todo el ciclo de cultivo: si al inicio hay exceso de humedad puede perjudicar la etapa inicial del cultivo y viceversa su falta en las etapas más sensibles al déficit de humedad pueden disminuir el rendimiento.
- Suministro adecuado y oportuno de oxígeno tanto para las raíces como para los microorganismos del suelo.
- Alta actividad biológica en el suelo: sostener la productividad de los suelos.
- Condiciones estables para el área de cultivo en agua y viento.

2.2.12. Principios para generar los lineamientos básicos

Existen nueve principios generales que se deberían considerar como lineamientos básicos para desarrollar estrategias sobre los sistemas de manejo de suelos. (FAO, 2000).

1. Aumentar la cobertura de la tierra. Es el principio más importante en el manejo sostenible de suelos porque conlleva múltiples Beneficios.
2. 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.
3. Aumentar la infiltración y la retención de humedad. Los efectos beneficiosos de aumentar la infiltración y la retención de humedad de los suelos son:
 - a. Disminuir el déficit de humedad en los cultivos.
 - b. Incrementar el rendimiento y la producción de biomasa del cultivo.
 - c. Reducir la escorrentía.

4. Reducir la escorrentía. Los efectos beneficiosos de la reducción de la escorrentía son:
 - a. Reducir la pérdida de suelo, agua, nutrientes, fertilizantes y pesticidas; esto resulta en menor erosión de la parcela y menor contaminación ambiental aguas abajo.
 - b. Aumentar el agua disponible para el cultivo, y con ello la producción de grano y de biomasa.

5. 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 nutrientes y agua por las plantas.
 - b. Reducir las probabilidades de que los cultivos sufran una sequía.

6. 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.

7. Reducir los costos de producción. Los efectos positivos de las reducciones en los costos de producción son:
 - a. Incremento en la rentabilidad neta.
 - b. Sistemas de producción más sostenibles.

8. 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.

9. Reducir la contaminación del suelo y del ambiente. Los principios para reducir la contaminación de los suelos y del ambiente son:

- a. Aplicar el manejo integrado de plagas y de malezas en lugar de usar pesticidas; remplazar en lo posible el uso de pesticidas tóxicos con pesticidas no tóxicos, o preferentemente con pesticidas biológicos o botánicos.
- b. Capacitar a los agricultores sobre la forma correcta de manejar los compuestos químicos para uso agrícola.
- c. 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.

2.2.13. Metodología para la clasificación de tierras por capacidad de uso

Dentro de las metodologías usadas para determinar la capacidad de uso de la tierra existen varias que toman diferentes parámetros, pero todas están enfocadas en una misma idea de clasificar un área determinada para diferentes propósitos, entre las cuales se encuentran las siguientes:

A. Clasificación de tierras por capacidad de uso del Instituto Nacional de Bosques (INAB),

La metodología se basa en la profundidad y la pedregosidad, y siete lineamientos con las siguientes variables (A,Am,Aa,Ss,Ap,F,Fp). La metodología del INAB parte de seis elementos conceptuales: (INAB, 2000)

- Guatemala es un país que cuenta con diversidad de condiciones biofísicas, aunque el territorio sea pequeño.
- Todas las tierras son factibles de clasificación, con excepción de las urbanizaciones.
- Se considera un primer nivel conocido como la región natural que está limitada por aspectos fisiográficos.
- Se diferencian rangos en los niveles de los factores limitantes.
- Las categorías de capacidad de uso, se ordenan de mayor a menor intensidad de uso.

- Los factores que limitan el uso de la tierra son los que afectan directamente los usos forestales en cuanto al manejo, crecimiento y conservación; de fácil medición o estimación y de bajo costo.

Estas categorías se ordenan en forma decreciente en cuanto a la intensidad de uso soportable sin poner en riesgo la estabilidad física del suelo. Esta metodología se enfoca en términos de protección a las capas superiores del suelo pero no a la producción.

a. Agricultura sin limitaciones (A). Son áreas con aptitud para cultivos agrícolas sin limitaciones, permite monocultivos asociados en forma intensiva o extensiva y no requiere o demanda muy pocas prácticas intensivas de conservación de suelos.

b. Agricultura con mejoras (Am). Son áreas que tienen limitaciones de uso moderadas en pendiente, profundidad, pedregosidad y/o drenaje. Si se requiere prácticas de manejo y conservación de suelos acordes al tipo de cultivo.

c. Agroforestería con cultivos anuales (Aa). Son áreas que tienen limitaciones de pendiente y/o profundidad. Permite siembra de cultivos agrícolas asociados con árboles y con prácticas de conservación de suelos o técnicas de cultivo.

d. Sistema Silvopastoriles (Ss). Son áreas que tienen limitaciones de pendiente y/o profundidad, y el drenaje interno tiene limitantes de pedregosidad y/o drenaje. En este se desarrollan pastos naturales o cultivados que estén asociados a especies arbóreas.

e. Agroforestería con cultivos permanentes (Ap). Son áreas que tienen limitaciones tanto de pendiente como profundidad. Los cultivos aptos son los asociados con árboles.

f. Tierras forestales para producción (F). Son áreas con pendiente o pedregosidad, se prefiere para un manejo forestal sostenible y el suelo es limitado para usos agropecuarios. Si se sustituye el bosque puede llevar degradación productiva del suelo.

g. Tierras forestales de protección (Fp). Son áreas con limitaciones severas, apropiada para actividades forestales de protección o conservación ambiental exclusivamente. Tienen como objetivo preservar el medio ambiente, la biodiversidad y fuentes de agua.

B. Clasificación de tierras por capacidad de uso del Centro Científico Tropical de Costa Rica (CCT)

Esta metodología está orientada en brindar el ordenamiento de la tierra basado en los principios de rendimiento sostenido (Centro Científico Tropical, 1985). Esta metodología divide la tierra en diez clases, en la cual los mayores números se refieren a clases con mayores limitaciones para uso agrícola. Las clases son totalmente independientes y propias de este sistema de clasificación y no tienen relación con ningún otro sistema (Véliz R, 1996).

a. Clase I: Cultivos anuales (muy alto rendimiento): se refiere a las tierras con pocas o ninguna limitación para el desarrollo adecuado de cultivos limpios propios del lugar.

b. Clase II: Cultivos anuales (Alto rendimiento). Se incluye todas las tierras de condiciones agroecológicas que permiten la mayoría de cultivos anuales propios del lugar, con algunas limitaciones que reducen la posibilidad de elección de cultivos.

c. Clase III: Cultivos anuales (Moderado rendimiento). Tierras con condiciones agroecológicas como la clase II pero con limitaciones más severas.

d. Clase IV: Cultivos permanentes o semipermanentes. Son las tierras que no permiten el uso para cultivos anuales, pero sí para cultivos de largo período vegetativo.

e. Clase V: Pastoreo intensivo. Tierras con severas limitaciones para cultivos pero si para pastoreo continuo intensivo.

f. Clase VI: Pastoreo extensivo. Las tierras no tienen condiciones que se requieren para el sostenimiento de cultivos anuales o permanentes, pero si para pastoreo moderado a bajo rendimiento.

g. Clase VII: cultivos arbóreos. Tierras con uso de especies arbóreas que puedan proveer suelo, y una cobertura vegetal protectora.

h. Clase VIII: Producción forestal intensiva. Estas tierras no reúnen las condiciones adecuadas para cultivos o pastoreo, por lo que solo se permite la producción intensiva y permanente de maderas y productos forestales de bosques naturales manejados técnicamente.

i. Clase IX: Producción forestal extensiva. En esta clase están incluidas todas las tierras que no permiten el uso sostenido de cultivos y pastos, son aptas para producción extensiva y permanente de maderas y productos forestales.

j. Clase X: Protección. Tierras que no tienen las condiciones mínimas para el desarrollo de cultivos, pastoreo o producción forestal.

C. Clasificación de tierra por capacidad de uso de T.C. Sheng

La metodología TC-SHENG, esta consta con 8 clases de uso que disminuye en intensidad hasta protección absoluta, tomando en cuenta la profundidad y pendiente del terreno principalmente. (Sheng, T.C 1976).

a. Tierra cultivable, C1. Son tierras cultivables que no requieren o requieren muy pocas medidas de conservación de suelos. Incluye tierras con pendientes hasta 12.3%, con suelos profundos y buen drenaje.

b. Tierra cultivable, C2: Son tierras cultivables con medidas intensivas de conservación de suelos. Tiene una pendiente desde 12.3% a 26.8%, con estabilidad geológica, suelos moderadamente profundos (mayor de 50cm), poco o ninguna erosión superficial y ninguna limitación climática.

c. Tierra cultivable, C3: Son tierras cultivables con medidas intensivas de conservación de suelos. La labranza mecanizada no es posible. Tiene pendientes de 26.8% a 36.4%, con suelos poco profundos a profundos.

d. Tierra cultivable, C4: Son tierras poco susceptibles de cultivar que requieren medidas intensivas de conservación de suelos, el cultivo debe ser manual. Son tierras con pendiente desde 36.4% hasta 46.63%, suelos moderadamente profundos a profundos, con estabilidad geológica, de moderada a alta erosión y poca o ninguna limitación climática.

e. Tierra para pradera, P: son las tierras que presentan limitaciones permanentes o transitorias, que no permite dedicarse a la agricultura, pero si para cultivo de pastos. Pendiente menor a 46.63% y suelos poco profundos, con estabilidad ecológica, baja susceptibilidad a la erosión y limitaciones climáticas.

f. Tierras para sistemas agroforestales, AF: tierras no aptas para cultivos convencionales, si es factible sistemas agroforestales. Pendiente de 46.63% a 57.7%, con suelos moderadamente profundos a profundos y pocas limitaciones climáticas.

g. Tierras forestales, F: Son tierras únicamente para actividades forestales de producción y/o protección. Pendientes mayores a 46.63%, suelos poco profundos, alta susceptibilidad a erosión y considerables limitaciones climáticas.

D. Clasificación de tierra por capacidad de uso del departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA)

Clasifica las tierras en 8 categorías por capacidad de uso (USDA, 1985)

a. Clase I: son las tierras con profundidad mayor a 90 cm, con textura media, permeables y con pendiente máxima de 4%. La erosión es casi imperceptible, Tienen alta retención de humedad y fertilidad. Se recomienda para cultivos anuales.

b. Clase II: son tierras con profundidad de 50 a 90 cm, textura poco finas, permeables y pendiente hasta 8%, de relieve inclinado u ondulado. Presenta erosión ligera a moderada tipo laminar en surcos. Requiere de prácticas como labranza o rotación de cultivos.

c. Clase III: tierras poco profundas, textura arena franca o arcilla permeable con pendiente hasta 12% y el relieve es inclinado fuerte u ondulado fuerte. El uso puede ser para cultivos anuales, pastos, praderas, cultivos perennes y bosques.

d. Clase IV: Son tierras poco profundas de 25 a 50 cm o menos de 25 cm, con textura arena, arcilla o arcillo limoso, muy lentamente permeable o libremente permeable, pendiente hasta 16% y relieve ondulado fuerte o quebrado. El uso puede ser cultivos de cosecha anual, pastos, praderas, bosques o cultivos perennes.

e. Clase V: Tierras pueden ser profundas o poco profundas, textura fina y a veces mediana o gruesa, son impermeables o lentamente permeables, pendientes hasta de 24%, pocos problemas de erosión con alta susceptibilidad a inundación. Uso puede ser para praderas o bosques.

f. Clase VI: Tierras muy poco profundas, <25 cm, textura es compactada o muy gruesa, impermeables con pendiente de 24 a 32%, de relieve ondulado fuerte o quebrado. Presenta erosión severa a muy severa, con áreas sujetas a inundaciones. El uso puede ser para cultivos perennes, con prácticas de conservación.

g. Clase VII: Tiene tierras poco profundas, con textura compactada o muy gruesa, con grava, es impermeable con pendiente de más de 32% de relieve fuerte, quebrado o escarpado. El uso puede ser para praderas, bosques y protección de cuencas hidrográficas.

h. Clase VIII: Tiene tierras poco profundas, <25 cm, con textura mediana, suelos impermeables y pendientes mayores a 32%, con un relieve ondulado fuerte, quebrado o escarpado, con erosión es muy severa. El uso debe ser para protección de cuencas por reforestación, abastecimiento de agua y recreación.

2.3. MARCO REFERENCIAL

2.3.1. Características geográficas de la microcuenca

A. Ubicación

La microcuenca Río El Caracol se encuentra ubicada dentro del municipio de Acatenango en el departamento de Chimaltenango. La cabecera municipal de Acatenango se encuentra situado a 85 km de distancia de la capital y a 35 km de la cabecera departamental. De la ciudad de Guatemala, la ruta que se utiliza para llegar al área de estudio es la carretera interamericana CA-1 que comunica a la microcuenca con el municipio de Acatenango y Patzún (IGN, 2006).

El área de estudio se encuentra ubicada dentro de las siguientes coordenadas: 713982m/1616097m, 713982m /1604107m, 729979m/1604092, y 729979/1616097. Dentro de la cual están ubicadas 28 comunidades. La microcuenca mide 50 kilómetros cuadrados y está comprendida en su totalidad dentro de la jurisdicción municipal de Acatenango, Chimaltenango; abarcando parte del volcán del mismo municipio.

Limita al norte con el municipio de Patzicía, al noreste con el municipio de San Andrés Itzapa, al sureste con el municipio de San Miguel Dueñas y Alotenango, al Sur con Yepocapa y al Oeste con Pochuta.

2.3.2. Características socioculturales

A. Población

El área de estudio se encuentra ubicado en el municipio de Acatenango, el cual tiene una población total de 23,632 personas de las cuales 11,769 son hombres siendo el 49.8% y 11,864 son mujeres siendo el 50.2% de la población total de Acatenango (INE, 2002). En la figura 4 se presenta la distribución de la población por género del municipio de Acatenango en porcentaje.

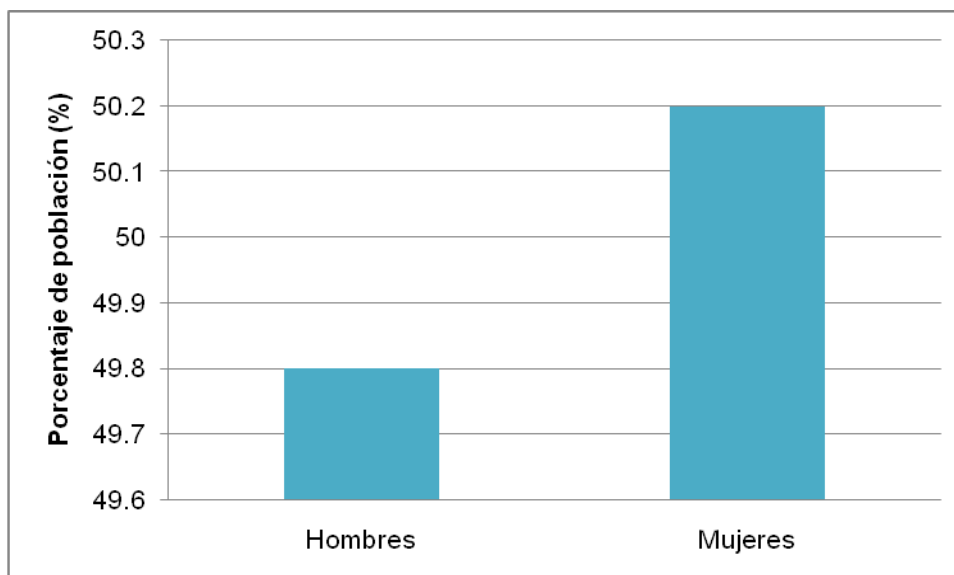


Figura 12. Distribución de la población del municipio de Acatenango, Chimaltenango

La población de Acatenango es principalmente indígena y en su mayoría de la etnia Kaqchikel, según el Censo Nacional de Población del año 2002. La distribución de la población se encuentra en siguiente cuadro, según género, área donde habita (Rural o área urbana) y la etnia a la que pertenecen.

Cuadro 23. Distribución de la población en el municipio de Acatenango

Municipio	Total	Hombres	Mujeres	Indígena	No indígena	Urbano	Rural
Acatenango	23,632	11,769	11,864	15,391	8,241	7,368	16,264

El área de la microcuenca está habitada por el 10.8% de la población total, que corresponde a 2,565 personas, en la cual el 50% son hombres y el 50% son mujeres. De la población influyente de la microcuenca el 83 % es indígena y el 17% es no indígena.

La población económicamente activa –PEA- dentro del área de la microcuenca son 723 personas, que corresponde a un 28% de la población total de la microcuenca. De este porcentaje de las PEA el 95% son hombres y un 5% son mujeres. La mayoría de la población económicamente activa se dedica a la agricultura, principalmente al cultivo de café, crianza de gallinas, cerdos y aves

A continuación se presentan el cuadro resumen de la situación económica de la población que habita la microcuenca Río El Caracol.

Cuadro 24. Situación económica en la población dentro del área de la microcuenca Río El Caracol

Población económicamente activa			Población económicamente inactiva		
Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
723	686	37	1,842	610	1,232

En el cuadro se observa una diferencia en la economía del hogar, y que es principalmente por parte de los hombres y la mujer se dedica a los quehaceres dentro del hogar.

La microcuenca cuenta con un área de 50 kilómetros cuadrados, y la población de influencia es de 2,565, esto permite determinar que la densidad poblacional es de 51 personas por kilómetro cuadrado.

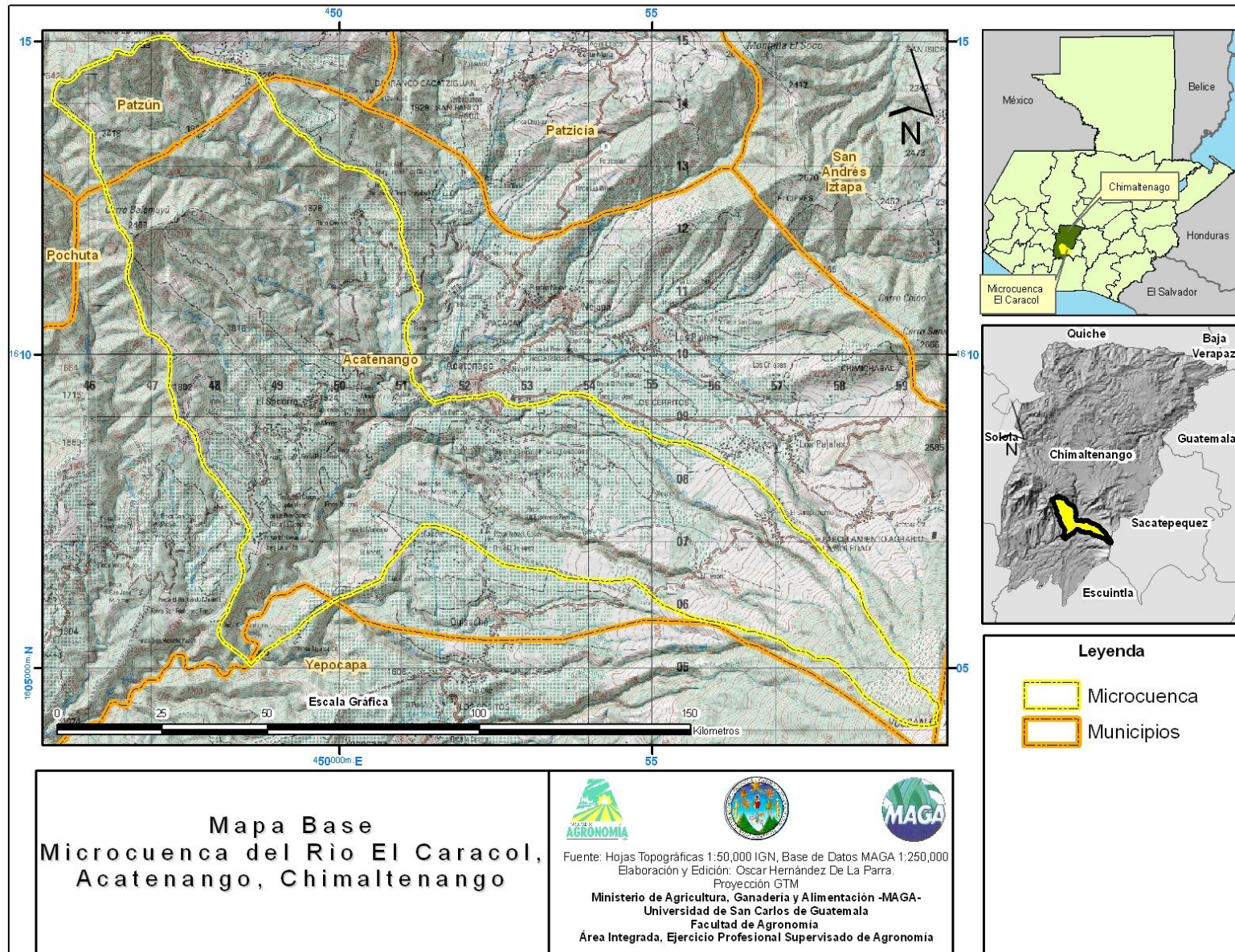


Figura 13. Mapa de base de la microcuenca Río El Caracol a nivel municipal, departamental y nacional

B. Organización social

En el municipio de Acatenango existen formas de organización comunitaria, establecidas para la búsqueda de un orden y en la mejora del nivel de vida. Dentro de estos se encuentran las cooperativas, los comités, las instituciones gubernamentales y no gubernamentales.

a. Cooperativas. Se encuentra la Cooperativa Integral Agrícola Acatenango R.L. que realiza un monitoreo de la calidad del grano desde su recolección hasta el beneficio siguiendo el dictamen técnico de ANACAFE ubicada en la calle principal de Acatenango. Así mismo se encuentra la Cooperativa Cafetalera R.L. ubicada en el casco urbano y en el área rural la Cooperativa cafetalera el Pensativo R.L. en la Aldea Los planes (Municipalidad Acatenango, 2006).

b. Comités. El municipio tiene varias organizaciones para el desarrollo local dentro de los cuales se encuentran los COCODES –Consejos Comunitarios de Desarrollo-, que se encargan de velar por la moderación de las necesidades de cada una de las comunidades a través de gestiones con la municipalidad y con otras instituciones; así mismo hay comités de mujeres que participan en el cuidado de la salud y la nutrición de los niños y las familias.

c. Instituciones gubernamentales y no gubernamentales. Dentro de las instituciones gubernamentales que se encuentran dentro del municipio de Acatenango están; el Centro de salud del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), el Ministerio de Educación (MINEDUC), la Coordinación Técnica Administrativa (CTA), la Comisión Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED), el Instituto Técnico de capacitación y productividad (INTECAP) y el Tribunal Supremo Electoral (TSE). Dentro de las organizaciones no gubernamentales (ONG) se encuentra la Fundación Centroamericana de Desarrollo (FUNCEDE), la Fundación Cristiana para los niños y ancianos (SGO), el Sistema Integral de Asistencia en Salud (SIAS), la Fundación Guatemalteca para el Desarrollo Carroll

Behrhorst, y la Asociación Nacional de Café (ANACAFE). (Municipalidad Acatenango, 2006).

C. Actividades productivas

Dentro de las actividades productivas la principal es la producción agrícola. Esta actividad es considerada con un alto porcentaje de ocupación porque forma parte de la principal actividad económica. El principal cultivo es el Café, que se produce en 15 comunidades y en todas las fincas de la región. Se cultiva maíz (*Zea mays*) que forma parte de la dieta de los pobladores del área produciéndose en todas las comunidades del municipio, así mismo se cultiva frijol (*Phaseolus vulgaris*) sólo que en menor cantidad. Otro de los principales cultivos que se producen en el área es el aguacate (*Persea americana*), que es un cultivo fuerte ya que éste se exporta a los diferentes mercados tanto de la capital como departamental. Se cultivan hortalizas en menor cantidad como es la zanahoria, repollo, coliflor, arveja china, rábano, remolacha, hierbas, apio, y en las zonas altas montañosas se tienen árboles frutales como durazno, manzana y ciruela (Municipalidad de Acatenango).

Cuadro 25. Principales cultivos y producción volúmenes de producción anual, Acatenango, Chimaltenango 1998

Cultivo	Área Cultiva (Mz.)	Volumen de producción en quintales	Porcentaje
Café	7,000	125,572	90.00
Maíz	120	4,800	3.50
Frijol	80	2,000	1.40
Aguacate	6	750	0.50
Zanahoria	20	6,000	4.30
Total	7,216	139,122	100.00

Fuente: SEGEPLAN, 2001

Producción pecuaria: Existen varias haciendas de ganado bovino, así mismo se tiene la crianza de porcinos y aves de corral que se utilizan para consumo interno, además de la producción de miel de abeja (MINEDUC, 2009).

Artesanías: Fabrican canastos y petates, tejidos de algodón y cerería (Municipalidad de Acatenango).

Comercio: Este se encuentra en la compra-venta de café, en la cual las personas compran el café a pequeños productores y la venden a los beneficios. Como el comercio es amplio hay personas que se dedican a actividades comerciales de compra y venta local, aprovechando los días de mercado que son los martes, viernes y domingo. Los comerciantes pertenecen a Acatenango principalmente, pero además hay comerciantes de Patzicía, Yepocapa y Chimaltenango.

Dentro del comercio que presenta Acatenango, se encuentra la venta de sus productos agrícolas a lugares cercanos que se puede observar en el siguiente cuadro:

Cuadro 26. Lugares y productos de comercialización del Municipio de Acatenango

Lugar de exportación	Producto de comercialización
Chimaltenango	Aguacate
Ciudad Capital	Café, Pílon de café, aguacate, legumbres
San Pedro Yepocapa	Pílon de Café, aguacate, hortalizas, legumbres, durazno
Antigua Guatemala	Café, pilón de café, aguacate, hortalizas, legumbres

Fuente: SEGEPLAN, 2001.

D. Tecnología de producción

El manejo local de los cultivos es usualmente del tipo tradicional, no poseen una tecnología tan avanzada a diferencia de las empresas privadas. La población para el cultivo de maíz y frijol, utiliza las herramientas manuales como azadón y machete, que permite el labrado del suelo pero no de forma intensiva.

La tecnología avanzada está presente en las fincas de café y las herramientas que utilizan 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. Para el cultivo de café la principal especie que se está utilizando es la *Coffea arabica*, así mismo *Coffea Canephora*, principalmente la variedad robusta como patrón para injertos de café utilizando el método de injerto reina.

Los cultivos de café de fincas que tienen café certificado son las que dentro del área de estudio, utilizan prácticas de conservación de suelos, ya que para poder certificar a la finca éstas deben de seguir este tipo de manejo del cultivo. Las prácticas que se utilizan en el cultivo principalmente son las barreras vivas, barreras muertas, siembras en contorno, cortinas rompevientos, terrazas individuales y continuas, pozos de captación y acequias en caminos.

E. Tenencia de la tierra

Según la monografía del municipio de Acatenango del año 2006, el 65% del área son fincas privadas, principalmente de café, y el 30% restante son de dueños de pequeñas parcelas en las áreas cercanas a los centros poblados, dónde siembran principalmente cultivos de subsistencia como maíz y frijol, sin realizar prácticas de conservación de suelos debido a la falta de educación sobre el manejo adecuado de suelos y por la falta de recursos para esto.

La tenencia de la tierra es un problema en esta área, ya que se puede observar que se da presión intensa por el recurso suelo, debido a que una pequeña porción de tierra está repartida para varias personas y éstas le explotan para aprovecharla al máximo ya que es su medio de subsistencia. Así mismo se incluyen las tierras que están destinadas a la conservación como es una parte del volcán de Acatenango, aproximadamente de un 5% que incluye las faldas del volcán (Municipalidad de Acatenango)

2.3.3. Aspectos Biofísicos

A. Fisiografía y geomorfología

La microcuenca está comprendida en la región de las Tierras Altas Volcánicas.

Los suelos del área de estudio ocupan relieves accidentados con pendientes fuertes, hasta zonas de valle en la parte baja. Se ubican en una zona con un relieve de pendientes altas formadas principalmente por filas y vigas que tienen pendientes desde 25% a mayores de 50%. También se presentan otras dos formas de relieve que es abanico donde las pendientes de 12% a 25%, y la otra forma del terreno son las lomas que tienen pendientes de 25 a 50%. Otras formas del terreno que no son dominantes en el relieve, pero si forman parte son el barranco, cañón, la colada de lava Antigua, estrato de Volcán de Acatenango y glacis.

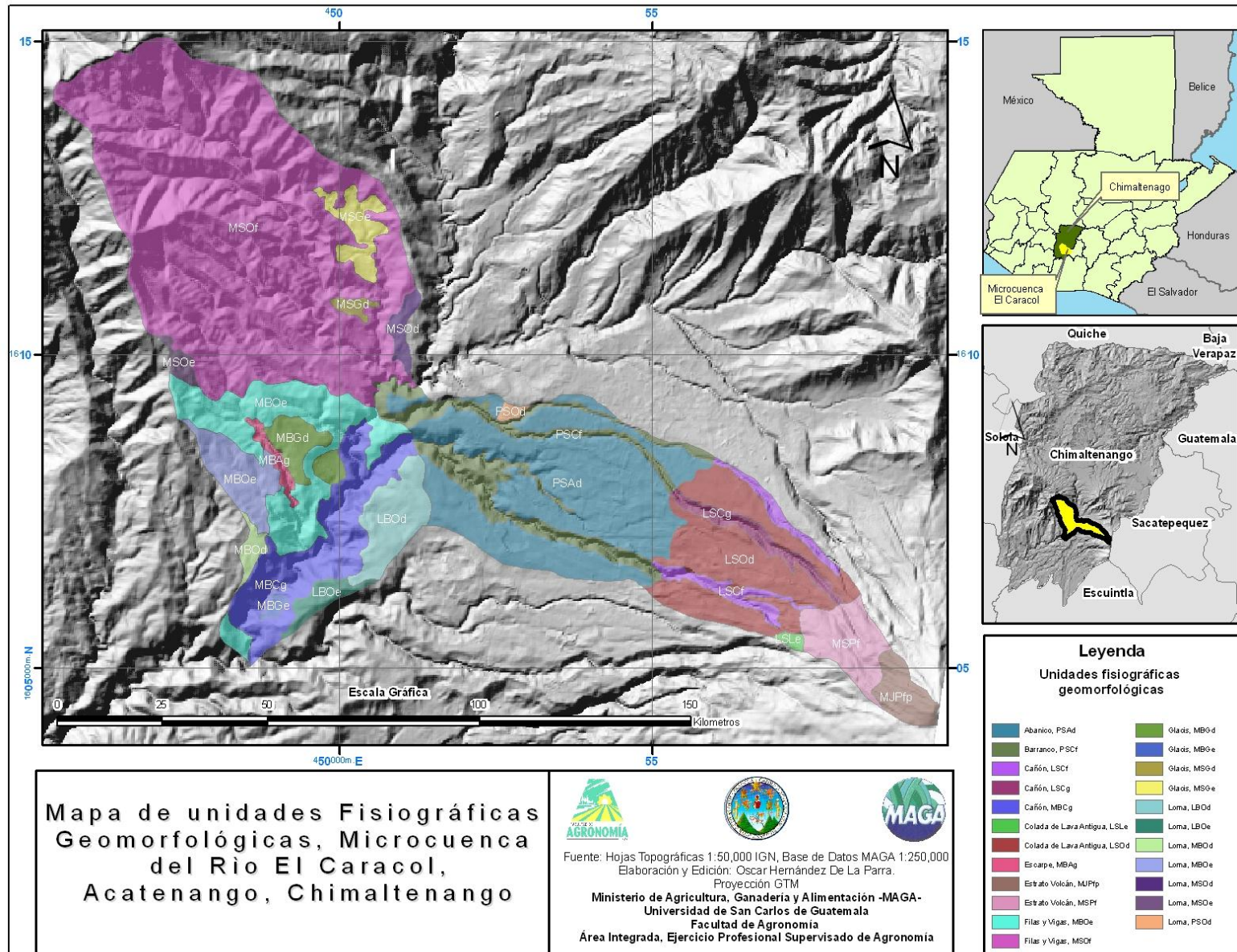


Figura 14. Mapa de unidades fisiográficas de la microcuenca Río El Caracol, Acatenango

B. Geología

El río que se estudia, es una vertiente del río El Caracol que se define como una microcuenca de nivel 8, que es parte del río Coyolate. La microcuenca Río El Caracol por su condición geográfica, los suelos presentan en su mayoría materiales no consolidados, provenientes de depositaciones por eventos volcánicos, ya que la microcuenca está influenciada por el volcán de Acatenango.

En los suelos se encuentran pómez, tobas y arcillas alófanas. En menor cantidad la microcuenca presenta materiales, depósitos superficiales clásticos hidrovolcánicos, depósitos superficiales clásticos gravigénicos y en menor cantidad los piroclastos consolidados. Por otra parte, sus materiales son parte de un aluvión cuaternario, por lo que la región se caracteriza por suelos fértiles y profundos. (Lira, 2003). En la figura 15 se presenta la distribución de la geología dentro de la microcuenca Río El Caracol.

C. Pendientes de suelo

Dentro de la microcuenca se encuentran dos áreas de pendientes predominantes, en el área norte la pendiente es de más del 50%, mientras en el centro y sur del área presenta una pendiente de 12 a 26%. Así mismo en el centro tiene una pequeña área de menos de 12% de pendiente. En la figura 16 se presenta el mapa de pendientes según la metodología INAB de la microcuenca.

D. Suelos

Los suelos que predominan dentro de la microcuenca son de origen volcánicos con topografía accidentada. Son suelos con alta presencia de alófana y rocas volcánicas. Aunque para ser más preciso, los órdenes de suelos presentes en el municipio son inceptisoles, entisoles y andisoles. Por su condición de boca costa, el municipio cuenta con regiones con mucha pendiente, así como por ser parte de un aluvión cuaternarios sus suelos son fértiles y profundos, pero de origen volcánico mayoritariamente en la región baja (Lira, 2003). Según Simmons en el estudio de serie de suelos para Guatemala, dentro de la zona de estudio se identifican suelos de Balanjuyú (Ba), Patzicía (Pt), Camanchá (Cm), Osuna (Os), Yepocapa (Ye), Alotenango (Al) y Cimas volcánicas (CV). A continuación se presenta en la figura 9 el mapa de serie de suelos de la microcuenca el río El Caracol donde se describe cada uno de los suelos.

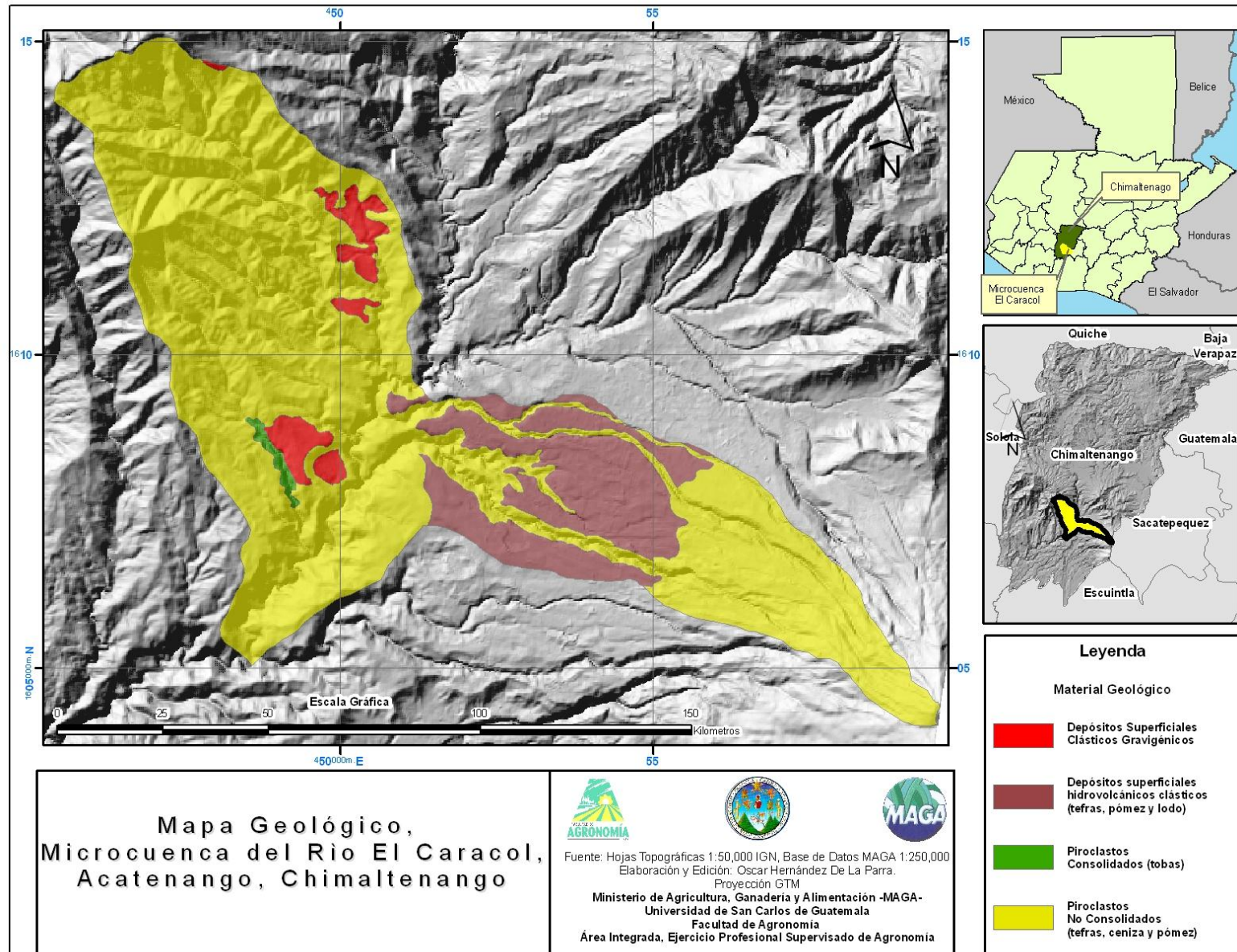


Figura 15. Mapa geológico de la microcuenca Río El Caracol, Acatenango

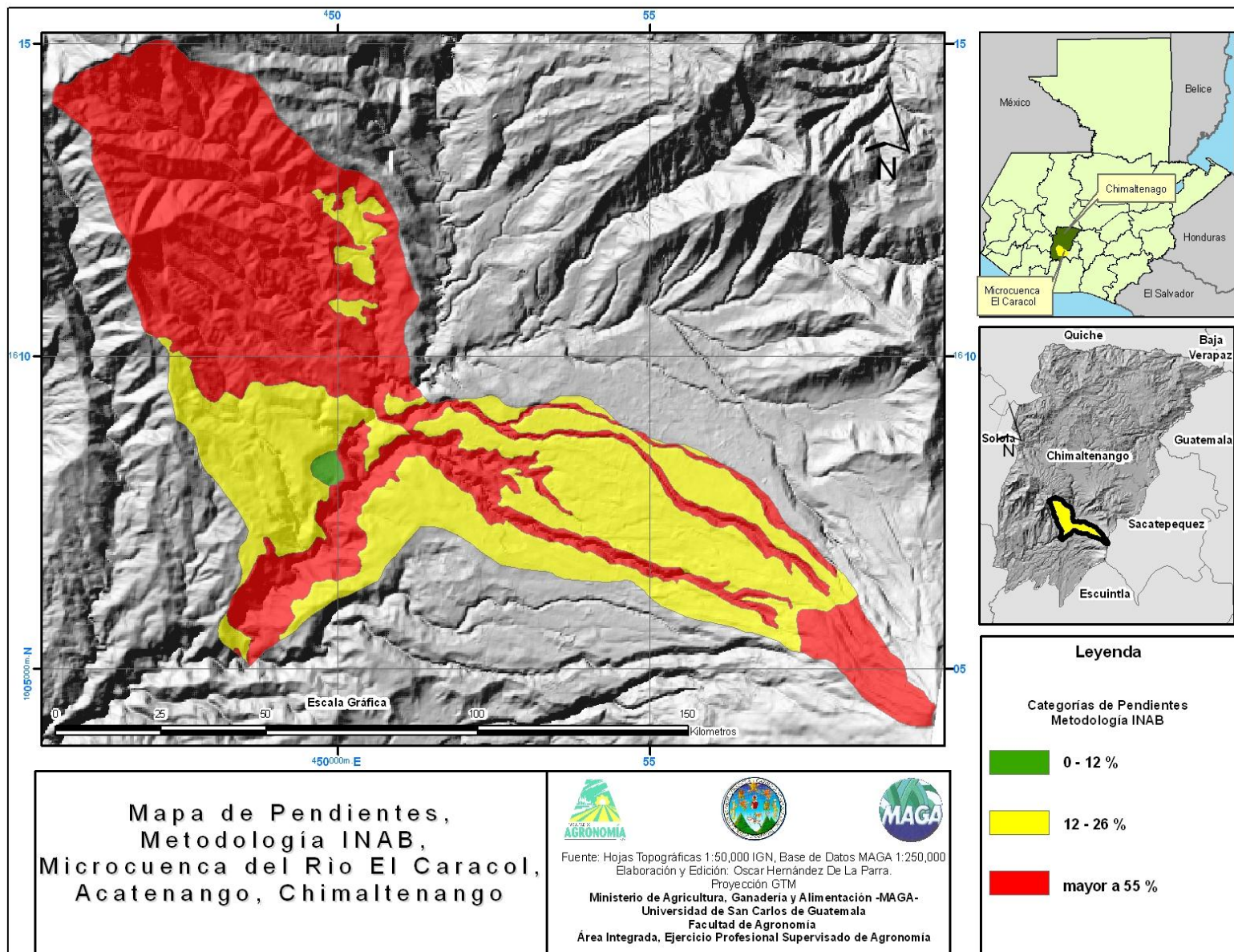


Figura 16. Mapa de pendientes, metodología INAB de la microcuenca del río El Caracol, Acatenango

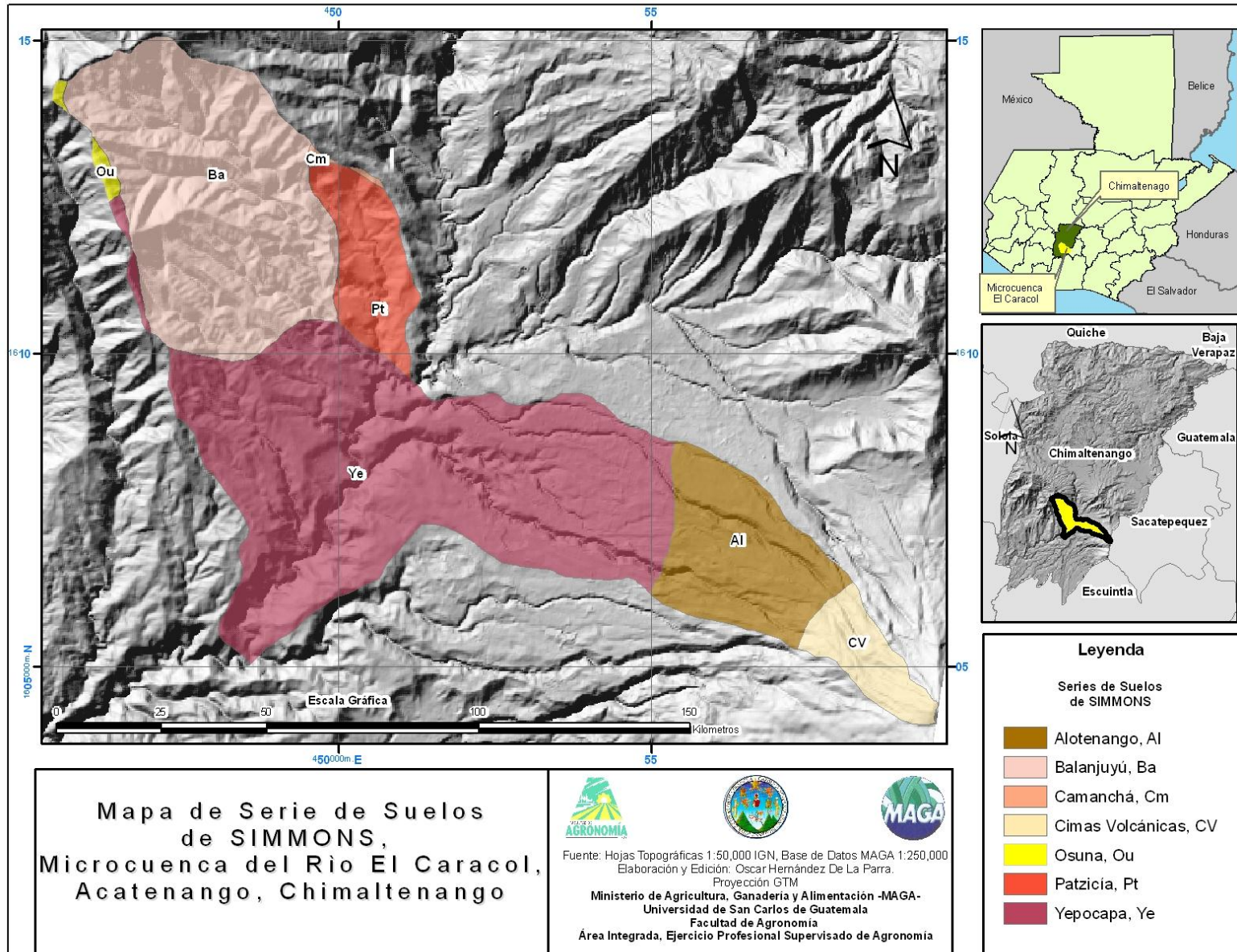


Figura 17. Mapa de serie de suelos de Simmons *et al* de la microcuenca del río El Caracol

E. Uso de la tierra

Dentro del área de la microcuenca los usos de la tierra según datos del año 2006: 53.75% (2.717.98ha) cultivos permanentes arbustivos; 31.46% (1,590.82 ha) bosque mixto; 9.27% (468.99 ha) agricultura con cultivos anuales; 2.79% (141.10 ha) bosque latifoliado; 1.44% (72.69 ha) matorrales; 1.08% (54.63 ha) pastos naturales y 0.21% (10.64 ha) poblados, la distribución del uso del suelo se puede observar en la figura 18.

Dentro de los principales cultivos existentes dentro del área de la microcuenca es el café, que se encuentra en su mayor parte distribuido en las faldas del volcán de Acatenango. Además se encuentran dentro del área de estudio zonas mínimas con hortalizas, de los cuales el cultivo de subsistencia es el maíz (Lira, 2003).

2.3.4. Clima y zonas de vida

El clima de la microcuenca es templado y frío en las partes altas en los últimos meses del año, de diciembre a febrero. Se establecen dos tipos de clima: época seca y época lluviosa. Las temperaturas se encuentran entre los 9 y 16 centígrados. La temperatura más baja se origina en las partes más altas del volcán y puede alcanzar una mínima de 7 centígrados.

La humedad relativa dentro de la microcuenca se encuentra dentro de un rango de 70 a 80%, debido a que la condición es húmeda a sub húmedo. La precipitación pluvial alcanza una lámina de 1500 milímetros anuales, siendo los meses de junio y septiembre los meses con más eventos lluviosos, con un promedio mensual de 260 milímetros. (Lira, 2003).

Los vientos predominantes en el área son los alisios, con una dirección de noreste a sureste y con una velocidad promedio de 25 km/hr. predominantes en los meses de enero a junio. De junio a diciembre se presentan los promedios mínimos de 13.5 km/hr., teniendo en los meses de noviembre y diciembre vientos máximos de 40 a 50 km/hr. (Lira, 2003).

El promedio de horas de exposición solar es alrededor de 6 horas diarias. En los meses de enero a marzo se registran promedios de 7.5 horas, esto en función de la nubosidad

presente. En la época lluviosa las horas de insolación se reducen a 4 horas diarias (Lira, 2003).

De acuerdo con el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge, en la microcuenca se encuentra las zonas de vida denominadas: Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical (Bh-MB) que abarca la parte alta y baja de la microcuenca, Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical (Bmh-MB) en la parte norte y sur de la ubicación de la microcuenca y Bosque muy húmedo subtropical, cálido (Bmh-S(c)) que abarca la parte media de la misma.

Las especies indicadoras que se pueden encontrar en la microcuenca son: para el Bosque húmedo Montano bajo subtropical, Pinus montezumae Lambert y Quercus sp.; Para el Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical, Alnus arguta, Chiranthodendron pentadactylon Larreategui, Urtica sp. Y Oreopanaxalapensis (Tojín, 1987). Y como especie introducida se encuentra el café (cafeaarabica) que según la especie se adapta a la diversidad de condiciones climáticas del lugar.

En la figura 19 se presenta el mapa de clima según la clasificación de Thornthwhite y en la figura 20 se presenta el mapa de zonas de vida de Holdridge dentro de la microcuenca Río El Caracol.

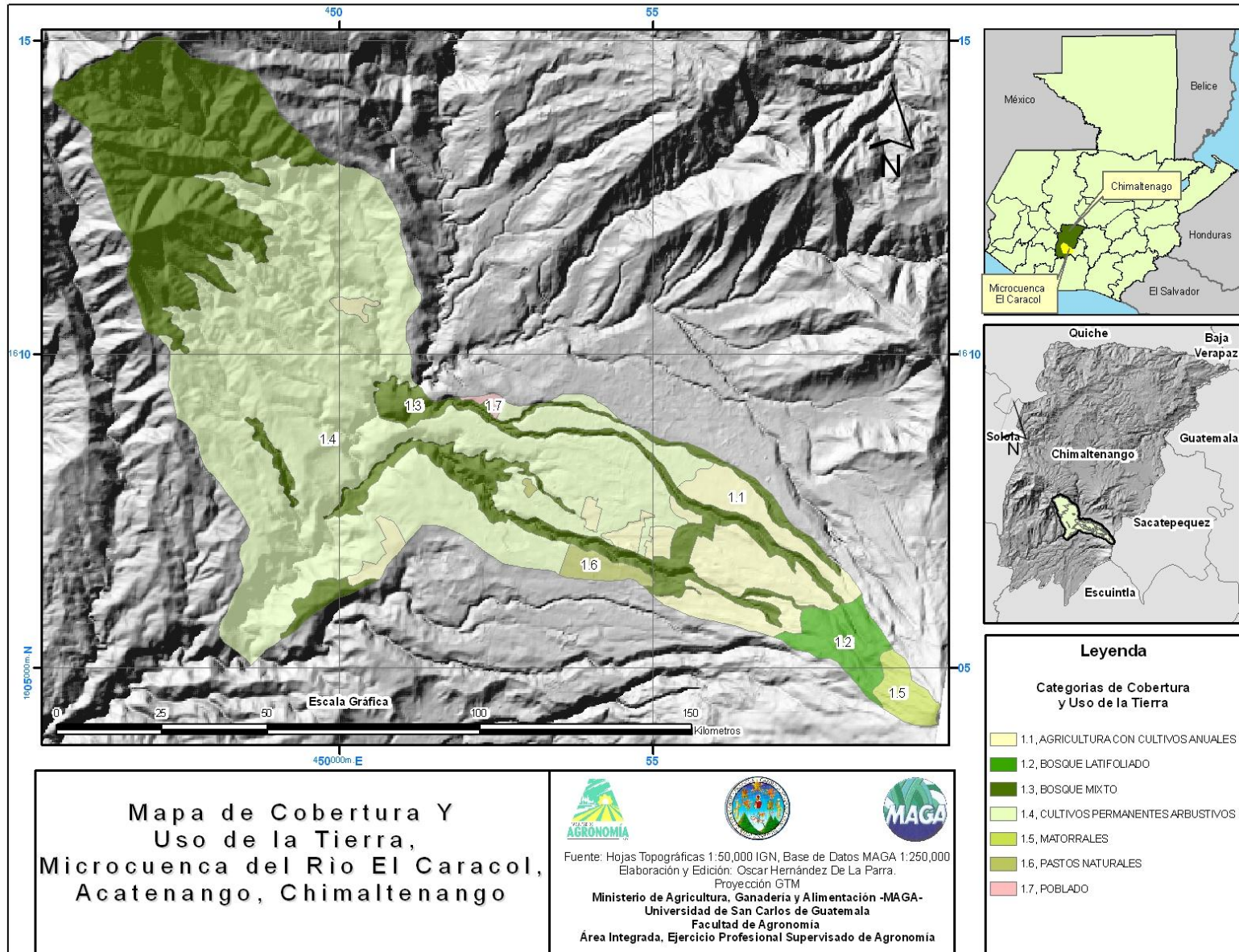


Figura 18. Mapa de uso de la tierra de la microcuenca del río El Caracol

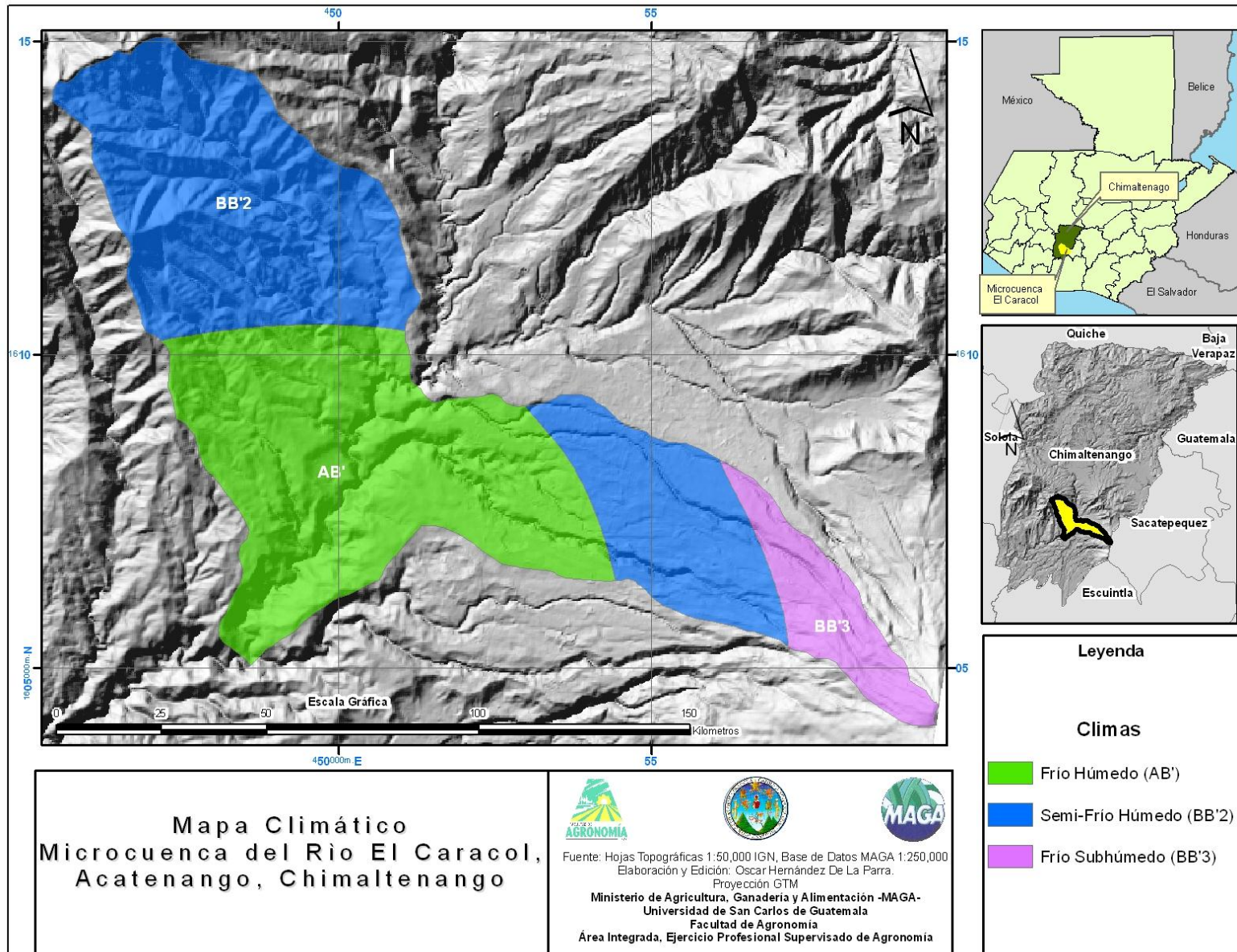


Figura 19. Mapa climático de la microcuenca del río El Caracol según Thornwhite

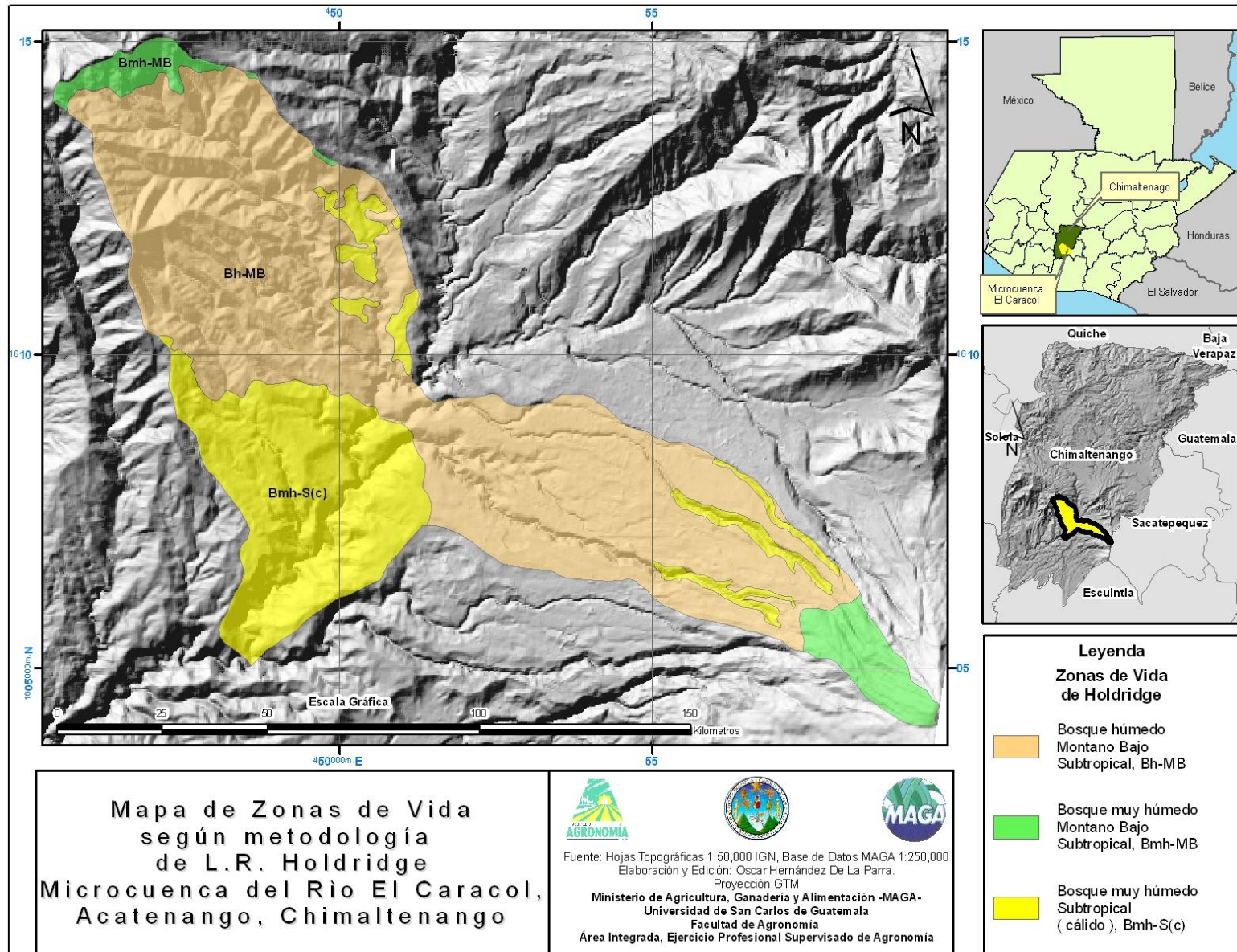


Figura 20. Mapa de zonas de vida de la microcuenca del río El Caracol según Holdridge

2.4. OBJETIVOS

2.4.1. Objetivo General

Estimar la pérdida de suelo por procesos de erosión hídrica para la elaboración de lineamientos de manejo para la microcuenca del río El Caracol, Acatenango, Chimaltenango.

2.4.2. Objetivos específicos

- Analizar las causas que provoca la erosión hídrica en la microcuenca.
- Estimar la pérdida de suelo por erosión hídrica en la microcuenca del río el Caracol.
- Formular lineamientos para generar un plan de manejo de la microcuenca, con énfasis a la conservación del suelo.

2.5. METODOLOGÍA

Para calcular la erosión hídrica existen varias metodologías; En este trabajo de graduación se utilizó la metodología de la ecuación universal de pérdida de suelo modificada – MUSLE-. A continuación se presenta el esquema de la metodología utilizada para llevar a cabo, cada uno de los objetivos planteados.

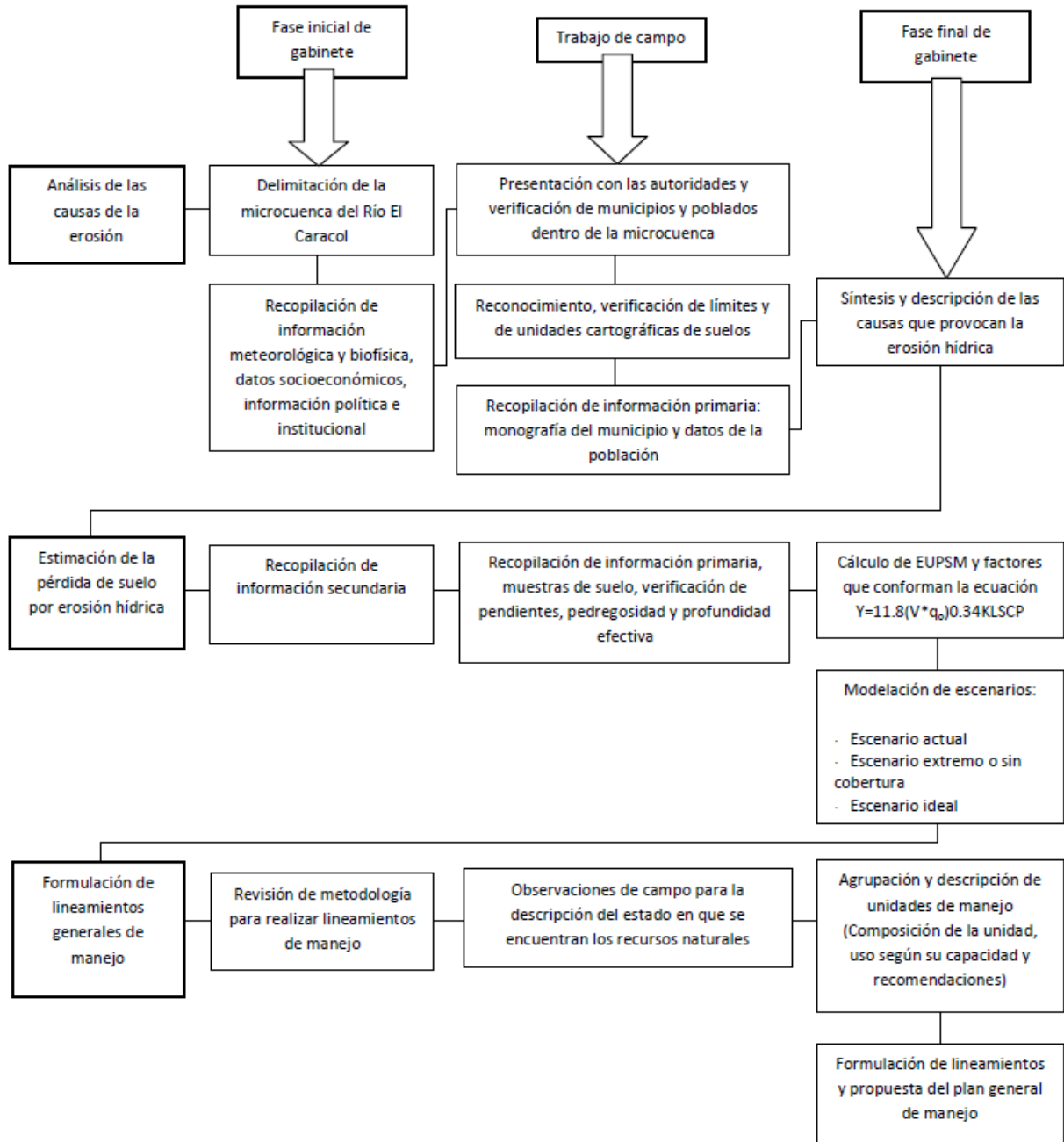


Figura 21. Esquema de la metodología del estudio de la erosión de la microcuenca del río El Caracol

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

A. Fase inicial de gabinete

Para determinar las causas que producen el fenómeno de erosión dentro de la microcuenca, es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos: Biofísicos y Socioeconómicos. Para cada aspecto se definió una metodología de trabajo.

a) Delimitación de la Microcuenca

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

Para la delimitación de la microcuenca se utilizaron fotografías aéreas del área de estudio, a escala 1:40,000 realizado por medio del método de fotointerpretación, de esta manera se identificó el límite de la microcuenca, el parteaguas y el cauce del río El Caracol.

b) Aspectos biofísicos

Dentro de esta categoría se tomaron en cuenta los aspectos climáticos como precipitación, los cuales indicaron la susceptibilidad del suelo a ser erosionado por la lluvia (erosividad), aspectos de cobertura, geomorfología del terreno que incluye el comportamiento de las diferentes pendientes, así mismo el material geológico, capacidad de uso y uso de la tierra en el año 2008. El análisis de estos aspectos se realizó a través de mapas temáticos de la microcuenca, generados en el programa Arc-gis 9.2 a escala de semidetalle 1:50,000.

1. Generación de Mapas Temáticos

Con la ayuda del programa ArcGis 9.2 se generaron los mapas temáticos que se utilizaron en el estudio, los cuales se trabajaron a escala 1:50,000. Dentro de los cuales se encuentran:

- Mapa de ubicación. Este incluye la ubicación de los poblados que se encuentran dentro de la microcuenca del río El Caracol, carreteras y ríos.

- Mapa de uso de la tierra: utilizando ortofotos del área de estudio, generadas en el año 2006 a escala 1: 20,000 (número ortofotos: 4, 6, 11, 16, 21 del bloque de hojas cartográficas 2059IV. Y 1, 10,15 de las hoja 1959IV y las del 4, 12, 17, 18, 22, 23 del bloque 2059II), se elaboró dicho mapa.

- Otros Mapas: Son los mapas de taxonomía de suelos, formaciones geológicas, riesgo de desastres (erosión, deslizamientos, inundaciones), unidades fisiográficas y capacidad de uso, con el que se generará el mapa de intensidad de uso de la tierra. Estos mapas fueron generados por el proyecto de Taxonomía de Suelos, que ejecuta la Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgos (UPGGR) del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA). Esta información es muy importante, debido a que todos los factores interactúan y tienen una influencia directa en el proceso de pérdida de suelo por erosión hídrica.

1. Información climática

De esta información los datos más relevantes para el estudio son los datos de precipitación mensual y anual, con los cuales se determinó cuáles eran los meses más lluviosos y así analizar cómo afecta la precipitación. Los datos de la precipitación se obtuvieron de las estaciones climáticas del INSIVUMEH Las Delicias Chimaltenango, Santa Margarita Acatenango y El Recuerdo; y de la Finca San Diego Buena Vista que se encuentra cerca del área de estudio.

Para poder valuar la ecuación de pérdida de suelo por erosión hídrica, fue necesario calcular la lámina de precipitación mensual utilizando el gradiente por mes, que se obtuvo dividiendo la diferencia de precipitaciones de las dos estaciones que se compararon, dentro de la diferencia de las elevaciones de las mismas estaciones. Al obtener el gradiente se prosiguió a determinar la precipitación mensual según la altitud de cada uno de los centroides de las unidades de muestreo. Esta se realizó multiplicando la diferencia de altura de la estación base y la unidad de muestreo por el gradiente, más el valor de la precipitación de la estación base.

c) Aspectos socioeconómicos

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

d) Compilación de información secundaria

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

Otra fuente de información que se consultó fue la de las municipalidades, donde se solicitó información sobre estudios realizados dentro de la microcuenca. Las autoridades mencionaron no contar con esa información y que solamente contaban con la monografía del municipio de Acatenango disponible en la página de internet, en la cual hay información histórica, cultural, recursos naturales y los principales problemas que se han presentado.

1) Información Política e Institucionales

Por medio de la municipalidad se identificaron las instituciones y organizaciones no gubernamentales que están presentes dentro del área y que se relacionen con el tema de los recursos naturales. Además se investigaron las organizaciones que han trabajado anteriormente en el área en proyectos de recursos naturales que se estén llevando a cabo o que ya hayan finalizado.

B. Fase de Campo

a) Presentación con las autoridades

Previo a realizar cualquier actividad en el campo es necesario informar a las autoridades del proyecto de investigación y de todas las actividades a realizar. En esta parte se realizó una visita a la municipalidad de Acatenango, específicamente a la oficina municipal de planificación para informar sobre las actividades a realizar dentro del área de la microcuenca del río El Caracol, así como de los beneficios que se obtendrían al finalizar la investigación. Además se solicitó apoyo a los alcaldes auxiliares y a los comités de desarrollo comunitario –COCODES-, e informó que se trabajaría en algunas comunidades.

b) Reconocimiento del lugar y verificación de límites

Se realizó trabajo de campo en el área de estudio, para verificar los límites de la microcuenca tomando en cuenta los poblados que abarcan y delimitar el área de estudio, así mismo para tener una mejor idea de la problemática por el fenómeno de la erosión hídrica. Para realizar estas salidas de campo de reconocimiento, se solicitó apoyo a una persona de la municipalidad.

c) Compilación de Información Primaria

Se recopiló la información primaria a través de entrevistas indirectas con personas líderes de las comunidades, o miembros de los comités de organización social –COMUDES- o consejo comunitario de desarrollo –COCODES-. Al realizar las entrevistas se obtuvo información acerca de los cultivos utilizados, técnicas de producción y principales problemas del suelo. Se les consultó si alguna institución les ha brindado asistencia técnica, si tenían conocimientos sobre la erosión sobre la implementación de prácticas de conservación de suelos.

Al realizar las visitas al área de estudio se verificó el uso de la tierra, el cual fue digitalizado con el apoyo de las ortofotografías, así mismo se verificaron las pendientes y las unidades fisiográficas, se tomaron datos de pedregosidad y calidad del drenaje. Proporcionando la información relacionada al uso de la tierra y las técnicas de agricultura que utilizan. Así mismo se consultó la monografía de Acatenango para obtener la información primaria.

C. Segunda Fase de Gabinete

a) Evaluación de datos obtenidos

1. Aspectos biofísicos

Luego del reconocimiento de campo, fue necesario hacer un análisis comparativo de la información obtenida en el campo con la información generada en el programa ArcGis 9.2, para realizar las correcciones necesarias y que la información fuera válida y consistente.

En el recorrido de campo, se logró determinar los límites de la microcuenca y las colindancias, comparándolas con los mapas para que éstas fueran correctas. Se realizó una tabulación de toda la información de los mapas y de la información recolectada en el campo, con lo que se completó el diagnóstico general de la microcuenca, donde se mencionan los principales recursos naturales con los que cuentan y las características generales del lugar que incluye el clima, vegetación, costumbres en el manejo de cultivos y los cultivos que utilizan dentro del área.

2. Estudio de capacidad de uso de la tierra

Con ayuda del programa Arc-Gis 9.2 se sobreposicionaron las capas de pendiente y profundidad, para generar el mapa preliminar de unidades fisiográficas. Para el mapa de capacidad de uso de la tierra generado a través del sistema de información geográfica, se utilizaron las variables de pegregosidad y drenaje para cada una de las unidades preliminares.

El mapa de intensidad de uso se generó sobreposicionando el mapa de capacidad de uso contra el mapa de uso de la tierra para el año 2009, de esta forma se definió si la tierra se encontraba sobreutilizada, subutilizada o con un uso correcto.

3. Sociales y políticos

Para obtener información sobre la población se utilizaron los datos estadísticos obtenidos en el censo poblacional 2002, generados por el Instituto Nacional de Estadística –INE-. Además se revisó la monografía del municipio para obtener información así como algunos datos de las bases de información del INE. Posterior a esto se analizó la información para

llegar a conclusiones. A través del sondeo se enlistaron los problemas que las personas consideran importantes y que son problemas tanto sociales como políticos dentro de la microcuenca.

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

A. Primera Fase de gabinete

a) Recopilación de información secundaria

Se consultaron varios estudios realizados acerca del tema y en base a esta información se determinó que la metodología que mejor se adapta para el tipo de datos que existen en el país, es la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Modificada –EUPSM-.

Se utilizaron los mapas temáticos para el análisis de los datos obtenidos en la ecuación. La información que se utilizó fue el mapa base, donde se ubicaron los poblados que se encuentran dentro de la microcuenca, las vías de acceso, así mismo se utilizó el mapa de geología para conocer de qué material parental están formados los suelos y así realizar un mejor análisis de la erosión.

El mapa de uso se generó mediante digitalización de las ortofotografías del área de estudio el cual fue utilizado para calcular el factor de cobertura de la EUPSM. El mapa de pendientes del comportamiento de las distintas geoformas, se generó en base al modelo de elevación digital y con esto se calculó el factor de la pendiente.

Para el cálculo del factor K de la ecuación que toma en cuenta la granulometría (porcentaje de arena, limo y arcilla), así materia orgánica, estructura del suelo y permeabilidad; tomando como base el mapa de clasificación taxonómica de suelos, analizando el material del que componen los suelos en toda su estructura, tomando en cuenta las características físicas y químicas. Estos datos se encuentran disponibles en la base de datos de la UPGGR-MAGA-.

B. Fase de campo

a) Recopilación de la información Primaria

Los datos de campo requeridos para calcular la lámina de suelo que se pierde por erosión hídrica son: muestras de suelo, que fueron obtenidas y llevadas al laboratorio, por el proyecto de Taxonomía de Suelos, que está ejecutando la Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgos –UPGGR- del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación –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 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 de cada unidad fisiográfica y prácticas de conservación que se utilizan en el área.

C. Segunda Fase de gabinete

a) Estimación de la lámina de erosión

Para la estimación de la lámina de suelo se utilizó la metodología de la ecuación EUPSM calculando cada uno de las variables que la componen.

La lámina se determinó aplicando la siguiente ecuación:

$$Y = 11.8(Q_{\max}V_x)^{0.56} KLSCP$$

Dónde:

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

K = factor de erodabilidad del suelo (ton/ha/Unidades de energía)

L = factor de longitud de pendiente (Adimensional)

S = factor de grado de pendiente (Adimensional)

C = factor de cobertura vegetal. (Adimensional)

P = factor de prácticas de conservación de suelo. (Adimensional)

V = Volumen de escurrimiento (m³).

Q_{max} = escurrimiento máximo instantáneo (m³/seg).

d) Estimación de las variables de la ecuación

1. Determinación de volumen de escurrimiento –V-

Para este valor se necesitó información sobre uso del suelo (C), textura del suelo y condición hidrológica, que se ingresan en la siguiente fórmula:

$$V = A \times h$$

Dónde:

V= volumen de escurrimiento

A = área del evento en metros cuadrados (m²)

h = lámina de escorrentía en metros (m).

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

Dónde:

S = Retención potencial máxima (mm)

$$S = \left(\frac{25400}{CN} \right) - 254$$

CN = Curva Número

CNIIf(CNII) = si P < 12.7 mm.

CNIIf(CNII) = si P > 38.1 mm.

2. Determinación del escurrimiento máximo instantáneo -q_p-

$$q_p = \frac{C \times I \times A}{360}$$

Dónde:

q_p = Caudal máximo de escurrimiento (m³/seg)

C = Coeficiente escorrentía

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

A = área de la cuenca (km²)

C = lámina escorrentía mm (h)/ lámina de precipitación

3. Cálculo de la erodabilidad –K-

Se utilizó el método del nomograma (La forma de utilizar el nomograma se explica en el marco teórico), que da los resultados en:

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

4. Cálculo de LS

Factor pendiente LS:

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

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

Dónde:

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

X = longitud de pendiente del campo en metros

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

α = es el ángulo de la pendiente en grados.

5. Determinación de la cobertura –C-

Para determinar dicho factor se realizó el mapa de uso 2009 con el que se asignaron valores ya definidos para cada uso.

6. Determinación de las Prácticas de conservación –P-

Para la determinación de este factor se consultó el cuadro de prácticas de conservación de suelos, 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.

7. Modelación de Escenarios. Análisis de la ecuación.

Se realizó la modelación de dos escenarios adicionales al escenario actual; Se trabajó un escenario ideal donde se incluyen valores del factor C para el uso de la tierra según su capacidad y valores de prácticas de conservación ideales, para cada unidad de muestreo en base a la pendiente. El segundo escenario es un escenario sin cobertura, que toma valores para el factor C de cultivos limpios sin ninguna práctica de conservación.

Estas fueron las variables que se modificaron porque las demás variables son impredecibles debido a la dinámica de la naturaleza, por lo que quedaron constantes.

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

A. Fase inicial de gabinete

Se revisaron las diferentes metodologías para priorizar problemas y realizar los lineamientos de manejo, así mismo se revisaron los planes de manejo de áreas cercanas. Se realizó la planificación del diagnóstico de la microcuenca, priorizando las actividades a realizar en la fase de campo.

B. Fase de campo

Para conocer la situación actual de los recursos de la microcuenca, fue necesario realizar un diagnóstico, con el cual se identificaron problemas relacionados con el tema de la erosión y que ayudaron a sugerir actividades de conservación dentro de la microcuenca. El diagnóstico se realizó por medio de un sondeo dentro del área, haciendo un recorrido y observando los principales problemas, además de incluir algunas preguntas dentro de la entrevista indirecta, para complementar la información.

C. Segunda Fase de gabinete

a) Análisis de los problemas presentes en el área de estudio

Se realizó un árbol de problemas para definir las causas más importantes de la erosión, y los efectos que éstos tienen a la problemática encontrada dentro de la microcuenca Río El Caracol. Obteniendo principalmente problemas de tipo socioeconómicos.

b) Generación del plan general de manejo

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

El plan general de manejo se estructura 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* 2003), tomando en cuenta tres niveles para la clasificación: tipo, subtipo y modificadores. Para el tipo se tomó en cuenta la textura del suelo superficial de 0 a 20 cm, para el subtipo se tomó en cuenta la textura del suelo subsuperficial de 20 a 50 cm y los modificadores son las características fisicoquímicas de la primera capa del perfil del suelo. Para el análisis de los factores de la metodología se utilizaron los resultados de laboratorio químicos descritos en el estudio semidetallado de los suelos del Departamento de Chimaltenango, Guatemala, Volumen I del Ministerio de Agricultura, Ganadería y alimentación –MAGA-.

b. Síntesis de los problemas y causas identificadas en la microcuenca: para realizar esta actividad, se tomó en cuenta las causas de la erosión hídrica y su análisis, que incluye el origen de estas causas y el efecto negativo que tiene en el suelo. Así mismo se realizó el análisis socioeconómico, ya que dentro de la microcuenca pueden realizarse actividades industriales que estén influenciando la erosión de los suelos; al igual que el crecimiento poblacional, el cual al aumentar el espacio de tierra se va reduciendo y puede causar un uso 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 pérdida de suelo por 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.

c. 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 y socioeconómico.

d. Esquema de los lineamientos de manejo

Se incluyeron propuestas con actividades para la disminución de los problemas causados por la erosión. Estas actividades están propuestas para cada problema identificado, indicando los objetivos y metodología para cada actividad, así como los resultados.

Las actividades se eligieron a través de un análisis del árbol de problemas, generando un árbol de soluciones evaluando diferentes prácticas de conservación para el uso del suelo 2009.

2.6. RESULTADOS

2.6.1. Cálculo de la lámina de erosión

Para poder determinar la pérdida de suelo por erosión hídrica se elaboró un modelo matemático, el cual involucra todos los factores que integran la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Modificada, para cuarenta y siete unidades de muestreo incluyendo un centro poblado. El área de la microcuenca del río El Caracol está conformada por 50 Km. cuadrados, los resultados obtenidos por cada factor se denotan a continuación.

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

Debido a que dentro del área de la microcuenca del río El Caracol no existe hasta la fecha una estación asignada por el Instituto de Sismología Vulcanología Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), se recopilaron los datos de la finca cafetalera San Diego Buena Vista. Así mismo se utilizaron los datos de dos estaciones, las cuales aunque se encuentren próximas del área de la microcuenca, presentan características similares a las que tiene ésta área, altitud y lámina; Estas dos estaciones son Santa Margarita y El Recuerdo.

Los cálculos se realizaron para cada unidad de mapeo, teniendo un total de 47 unidades de mapeo, incluyendo un poblado. Los factores que se calcularon inicialmente fueron el volumen de escurrimiento (V) y el escurrimiento máximo instantáneo (Qp).

Para calcular el valor de la precipitación que se tiene en cada una de las unidades de mapeo, se determinó el gradiente por cada mes del año utilizando las estaciones anteriormente mencionadas.

Cuadro 25. Gradiente para cálculo de precipitación estación El Recuerdo y San Diego Buena Vista

Estaciones	Elev.	Precipitación (pp)												Total Anual
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
El Recuerdo	2240	8.00	10.00	20.00	36.00	122.00	253.00	184.00	184.00	294.00	125.00	30.00	8.00	1274.00
San Diego Buenavista	1500	9.10	16.46	54.26	108.10	216.23	364.83	210.87	243.03	387.13	189.68	51.73	13.32	1864.74
Diferencia	740	-	-6.46	-	-72.1	-94.23	111.83	-26.87	-59.03	-93.13	-64.68	21.73	-5.32	-590.74
Gradiente (mm/100 m)		0.15	-0.87	-4.62	-9.74	-12.73	-15.11	-3.63	-7.97	-12.58	-8.74	-2.93	-0.71	-79.82

Cuadro 26. Gradiente para calculo de precipitación estación Las Delicias Chimaltenango y El Recuerdo

Estaciones	Elev	Precipitación (pp)												Total Anual
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Las Delicias Chimaltenango	1000	12.00	39.00	63.00	151.00	295.00	535.00	301.00	372.00	542.00	251.00	99.00	21.00	2681.00
El Recuerdo	2240	8.00	10.00	20.00	36.00	122.00	253.00	184.00	184.00	294.00	125.00	30.00	8.00	1274.00
Diferencia	1240	-4.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gradiente (mm/100 m)		-0.32	-2.34	-3.46	-9.27	-13.95	-22.74	-9.43	-15.16	-20	-10.16	-5.56	-1.04	113.46

Luego de calcular el valor del gradiente se trabajó mediante la siguiente ecuación para determinar la intensidad por unidad de mapeo en cada mes del año.

$$p_{p} = \left(\frac{\text{dif. altura (m)}}{100} \times \text{gradiente} \right) + \text{altura estación}$$

Curva Número

Después de determinar el valor de intensidad de lluvia, se calculó la curva número para cada unidad de mapeo, para esto se utilizaron los datos de uso de la tierra para el año 2009, la textura del suelo superficial y los datos de precipitación obtenidos. Se determinó el grupo hidrológico en base a la textura de cada unidad de mapeo del suelo, teniendo los grupos A y B. Número de curva de escorrentía de otras tierras agrícolas del anexo. Para el primer grupo se incluyen los suelos muy arenosos y para el segundo grupo se incluyen las texturas medianas a finas.

Con estos y la cobertura, se obtuvo el valor de la curva número para la condición de humedad antecedente II (AMCII). Estos datos se adecuaron según los datos de precipitación obtenidos de la microcuenca, y corriendo por si pertenecían a otra condición de humedad antecedente.

Cuadro 27. Condición de humedad antecedente para cada unidad de mapeo según uso actual

No. Unidad de mapeo	Uso de la tierra (2009)	Valor de la curva numero		
		CNII	CNI	CNIII
		(Intermedio)	(Seco)	(Húmedo)
1,2	BOSQUE LATIFOLIADO	25	12.60	43.71
3,13,20,23,24,25,28,29,31,36,39,45,46	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	55	34.55	74.15
4,10,11,30	AGRICULTURA CON CULTIVOS ANUALES	70	50.14	84.68
5,7,12,17,40,42	BOSQUE MIXTO	25	12.60	43.71
6,9,14,15,16,47	AGRICULTURA CON CULTIVOS ANUALES	71	51.33	85.31
8	AGRICULTURA CON CULTIVOS ANUALES	61	40.30	78.64
18,19,21,38,44	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	25	12.60	43.71
22,27,34,35,37,43	BOSQUE MIXTO	55	34.55	74.15
26	POBLADO	0.00	0.00	0.00
32,33	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	70	50.14	84.68
41	PASTO NATURAL	30	15.64	49.98

Determinación del volumen de escorrentía

Para calcular la variable “S” retención potencial máxima, se utilizaron los valores determinados de la curva número y la precipitación de lluvia por cada mes por unidad de mapeo. Con estos se calculó la lámina de escorrentía “LE” en mm utilizando la siguiente ecuación,

$$LE = \frac{(PUM - (0.2 \times CNII)^2)}{PUM + (0.8 \times CNII)}$$

PUM= precipitación por unidad de mapeo

Posteriormente se realizó el cálculo del volumen de escorrentía, donde se multiplicó el área de la microcuenca en m², obteniendo como producto el valor del volumen en m³. Para el cálculo se utilizó la siguiente ecuación,

$$VE = (\text{área (Km)} \times 1,000,000) \times \left(\frac{LE}{1},000\right)$$

Calculo factor K (Erodabilidad)

Los datos del factor K se obtuvieron a partir de los resultados de laboratorio físicos, de las texturas y contenido de materia orgánica para cada unidad de mapeo. Se utilizó el método del nomograma.

Cuadro 28. Resumen de los valores de K obtenidos para cada unidad de muestreo

No.	No Unidad de mapeo	Uso de la tierra (2009)	Factor K (ton/ha*ha hr/MJ mm)
1	1	BOSQUE LATIFOLIADO	0.02
2	2	BOSQUE LATIFOLIADO	0.1
3	3,39	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	0.1
4	4,10,16,47	AGRICULTURA CON CULTIVOS ANUALES	0.02
5	5,12	BOSQUE MIXTO	0.02
6	6,11	AGRICULTURA CON CULTIVOS ANUALES	0.05
7	7,17,42	BOSQUE MIXTO	0.05
8	8,14,15	AGRICULTURA CON CULTIVOS ANUALES	0.12
9	9	AGRICULTURA CON CULTIVOS ANUALES	0.1
10	13,28,29,46	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	0.19
11	18,19,21,24,25,45	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	0.12
12	20	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	0.29
13	22,37,43	BOSQUE MIXTO	0.24
14	23,31	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	0.38
15	27	BOSQUE MIXTO	0.12
16	30,32,33	AGRICULTURA CON CULTIVOS ANUALES	0.21
17	34,35	BOSQUE MIXTO	0.23
18	36	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	0.24
19	38,44	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	0.27
20	40	BOSQUE MIXTO	0.27
21	41	PASTO NATURAL	0.05

Cálculo de los factores LS

Se utilizó el *raster* del departamento de Chimaltenango para realizar un análisis con el programa ArcGis 9.0. Para determinar la pendiente según la clasificación USDA, se realizó un promedio de tres puntos de altura (alta, media y baja) ubicados en cada unidad de mapeo.

Factor pendiente LS:

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

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

Donde:

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

X= longitud de pendiente del campo en metros (en dirección a la pendiente)

$$B = \left(\frac{\operatorname{sen} \alpha}{0.0896} \right) / \left(3.0(\operatorname{sen} \alpha)^{0.08} + 0.56 \right)$$

α = ángulo de la pendiente en grados

Cuadro 29. Resumen del comportamiento de las pendientes por unidad fisiográfica

Rango de pendiente	Unidades fisiográficas
(12-15%)	3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,17,18,19,22,23,24,25,26,29,43,44,45,46
(25-50%)	0, 2,20,27,28,30,37,39
(50-75%)	1.5.6.31.32.33.34.40,41,42
Mayor a 75%	16,21,35,36,38

Cuadro 30. Resumen del comportamiento de pendientes por área en la microcuenca del río El Caracol

% pendiente	Área (ha)
0 a 3	21.25
3 a 7	122.27
7 a 12	294.50
12 a 25	1,013.25
25 a 50	1,700.00
50 a 75	1,417.50
Mayor a 75	490.50
Total	5,059.27

Determinación de C (Cobertura)

Para determinar la cobertura se realizó el mapa de uso de tierra para el año 2009 de los juegos de ortofotos del año 2006, con esto se logró asignarle valores ya establecidos para cada uso de la tierra con las variables del tipo de cobertura.

Cuadro 31. Valores del factor C para cada uso de la tierra

Uso de la tierra (2009)	Factor C
Bosque mixto (de 75-100% de cobertura)	0.011
Cultivo permanente arbustivo (de 45-70% de cobertura)	0.04
Pasto Natural (de 75-100% de cobertura)	0.011
Bosque latifoliado (de 75-100% de cobertura)	0.011

Determinación de P (Prácticas de conservación)

Para asignarle el valor de P, fue necesario realizar un reconocimiento de campo para poder justificar en qué áreas se contaba con prácticas de conservación de suelo. Posterior al reconocimiento, se determinó que existen prácticas de conservación de suelo deficientes, ya que tanto el bosque natural como el cultivo de café y maíz no se observaron las prácticas en el trabajo de campo.

En el modelo matemático realizado para la cuantificación de pérdida de suelo por erosión hídrica se asignó el valor de 0.1 y 1 asumiendo ninguna práctica de conservación de suelos.

2.6.2. Cálculo de la lámina de erosión para cada unidad de muestreo

Para el cálculo de la lámina por erosión hídrica para cada unidad de muestreo se realizó un modelo matemático en una hoja de cálculo *Excel*. En el modelo se introdujeron los valores calculados de cada factor y de ésta manera se calculó la lamina de suelo erosionada dentro de cada una de las unidades de mapeo de la microcuenca del río El Caracol.

Cuadro 32. Lámina de erosión por cada unidad de muestreo de suelos según uso de la tierra 2009

UM	Uso actual de la tierra (2009)	Pérdida de suelo		
		(Ton/ha/año)	mm/año	Área ha.
1	BOSQUE LATIFOLIADO	1.9522	0.1972	9
2	BOSQUE LATIFOLIADO	3.4224	0.3259	132
3	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	19.4052	1.9601	10
4	AGRICULTURA CON CULTIVOS ANUALES	0.9956	0.1048	90
5	BOSQUE MIXTO	0.2001	0.0211	15
6	AGRICULTURA CON CULTIVOS ANUALES	0.8227	0.1228	9
7	BOSQUE MIXTO	0.2296	0.0343	41
8	AGRICULTURA CON CULTIVOS ANUALES	1.4531	0.1181	50
9	AGRICULTURA CON CULTIVOS ANUALES	3.4507	0.3383	19
10	AGRICULTURA CON CULTIVOS ANUALES	1.1961	0.1259	145
11	AGRICULTURA CON CULTIVOS ANUALES	1.6876	0.1372	32
12	BOSQUE MIXTO	0.1279	0.0135	35
13	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	10.4957	1.3456	24
14	AGRICULTURA CON CULTIVOS ANUALES	0.8975	0.0730	21
15	AGRICULTURA CON CULTIVOS ANUALES	3.1916	0.2595	12
16	AGRICULTURA CON CULTIVOS ANUALES	0.1499	0.0158	10
17	BOSQUE MIXTO	0.2012	0.0300	62
18	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	9.8120	0.7977	104
19	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	5.5692	0.4528	151
20	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	401.7483	43.6683	21
21	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	66.6404	7.4045	112
22	BOSQUE MIXTO	2.7456	0.2615	25
23	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	89.6883	9.7487	58
24	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	4.4113	0.3586	80
25	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	8.1071	0.6591	361
26	POBLADO	0.0000	0.0000	0
27	BOSQUE MIXTO	14.2194	1.1560	12
28	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	74.9556	9.6097	330
29	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	18.1736	2.3299	20
30	AGRICULTURA CON CULTIVOS ANUALES	1032.8874	114.7653	16
31	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	36.8221	4.0024	76
32	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	140.7122	15.6347	847
33	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	219.9227	24.4359	98
34	BOSQUE MIXTO	1.2268	0.0958	160
35	BOSQUE MIXTO	3.7151	0.2902	860
36	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	6.0025	0.6063	13
37	BOSQUE MIXTO	1.9094	0.1929	37
38	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	143.0369	14.5956	19

Continuación Cuadro 32

UM	Uso actual de la tierra (2009)	Pérdida de suelo		
		(Ton/ha/año)	mm/año	Área ha.
39	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	133.9892	13.5343	274
40	BOSQUE MIXTO	2.0302	0.2072	42
41	PASTO NATURAL	0.2847	0.0196	73
42	BOSQUE MIXTO	0.0344	0.0051	35
43	BOSQUE MIXTO	2.2116	0.2106	328
44	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	72.8070	7.4293	9
45	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	4.6193	0.3756	13
46	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	35.5292	4.5550	32
47	AGRICULTURA CON CULTIVOS ANUALES	319.7776	33.6608	116
TOTAL		2903.47	304.2571	5038

Como se observa en el cuadro anterior la pérdida total de la lámina erosionada es de 2,903.47 ton/ha/año, que equivale a una lámina en milímetros de 304.25. Este dato es alto en cuanto a la pérdida de suelo por erosión hídrica para la primera capa del suelo, este es un dato muy alto de pérdida que se refleja en áreas desprovistas de cobertura y en función de la pendiente de la unidad de muestreo. La mayor pérdida se presenta en donde existe agricultura con cultivos anuales.

2.6.3. Evaluación de diferentes escenarios

Se realizó la evaluación de tres diferentes escenarios considerando el escenario actual, un escenario ideal y un escenario sin cobertura. En el modelo matemático solamente se modificó el uso de la tierra y las prácticas de conservación, dejando constantes los factores K y LS. Este análisis se realizó para poder determinar con cuál de los tres escenarios se minimiza considerablemente la pérdida en la lámina del suelo. A continuación se describen los tres escenarios,

Escenario actual: para calcular la lámina de erosión en el escenario actual, se trabajó con las condiciones actuales de la microcuenca del río El Caracol, para esto se utilizó el uso de la tierra para el año 2009 y las prácticas de conservación observadas dentro del área de estudio. En condiciones actuales la cantidad de suelo a erosionarse es de 304.25 mm/año.

Escenario ideal: en este escenario se trabajó con datos ideales para el uso de la tierra y las prácticas de conservación. Se consideró que el uso que se le daba a la tierra era el adecuado, así mismo las prácticas de conservación se valoraron como buenas. Se obtuvo una pérdida de suelo por erosión hídrica de 351.18 mm/año.

Escenario sin cobertura: en este escenario se trabajó con datos hipotéticos donde el uso que se le asigna es para cultivos intensivos sin ningún tipo de práctica de conservación de suelos, pero se mantiene como constante el factor K y LS. Este cálculo se realizó para determinar la pérdida de suelo se esté sobreutilizado. Al año se están perdiendo en este escenario 49,697.47 mm, que es un valor alto comparado con la lámina de suelo que se erosiona en condiciones actuales.

Al realizar la ecuación se obtuvieron los resultados en ton/ha/año para cada unidad de mapeo y posterior a estos se calculó la lámina de suelo en milímetros.

En los anexos se presentan el cuadro completo de los tres escenarios diferentes y como se calculó cada uno de ellos para cada unidad de mapeo. A continuación se presenta el cuadro resumen de los datos de los tres escenarios trabajados.

Cuadro 33. Lamina de erosión que se pierde en los tres escenarios

UM	Uso actual de la tierra (2009)	Pérdida de suelo actual		Pérdida de suelo ideal		Pérdida de suelo sin cobertura	
		(Ton/ha/año)	mm/año	Ton/ha/año	mm/año	Ton/ha/año	mm/año
1	BOSQUE LATIFOLIADO	1.9522	0.1972	1.952	0.1972	1536.4878	155.201
2	BOSQUE LATIFOLIADO	3.4224	0.3259	3.422	0.3259	2607.2007	248.305
3	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	19.4052	1.9601	22.092	2.2315	16739.0350	1690.812
4	AGRICULTURA CON CULTIVOS ANUALES	0.9956	0.1048	1.043	0.1098	937.7814	98.714
5	BOSQUE MIXTO	0.2001	0.0211	0.200	0.0211	153.4715	16.155
6	AGRICULTURA CON CULTIVOS ANUALES	0.8227	0.1228	0.867	0.1294	779.6681	116.368
7	BOSQUE MIXTO	0.2296	0.0343	0.230	0.0343	175.9418	26.260
8	AGRICULTURA CON CULTIVOS ANUALES	1.4531	0.1181	1.435	0.1167	1215.6405	98.833
9	AGRICULTURA CON CULTIVOS ANUALES	3.4507	0.3383	3.591	0.3520	3249.4162	318.570
10	AGRICULTURA CON CULTIVOS ANUALES	1.1961	0.1259	1.253	0.1319	1124.5286	118.371
11	AGRICULTURA CON CULTIVOS ANUALES	1.6876	0.1372	1.765	0.1435	1605.2120	130.505

12	BOSQUE MIXTO	0.1279	0.0135	0.128	0.0135	98.1863	10.335
13	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	10.4957	1.3456	12.294	1.5761	8975.3057	1150.680
14	AGRICULTURA CON CULTIVOS ANUALES	0.8975	0.0730	0.937	0.0762	849.6346	69.076
15	AGRICULTURA CON CULTIVOS ANUALES	3.1916	0.2595	3.353	0.2726	3043.1074	247.407
16	AGRICULTURA CON CULTIVOS ANUALES	0.1499	0.0158	0.158	0.0166	142.7782	15.029
17	BOSQUE MIXTO	0.2012	0.0300	0.201	0.0300	154.5695	23.070
18	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	9.8120	0.7977	9.378	0.7624	2088.0111	169.757
19	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	5.5692	0.4528	5.321	0.4326	1184.2042	96.277
20	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	401.7483	43.6683	464.055	50.4408	94951.1453	10320.777
21	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	66.6404	7.4045	63.695	7.0772	14181.8296	1575.759
22	BOSQUE MIXTO	2.7456	0.2615	3.294	0.3137	8641.0623	822.958
23	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	89.6883	9.7487	108.805	11.8266	20823.6333	2263.438
24	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	4.4113	0.3586	5.351	0.4351	1023.3173	83.197
25	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	8.1071	0.6591	9.841	0.8001	1880.7925	152.910
26	POBLADO	0.0000	0.0000	0.000	0.0000	0.0000	0.000
27	BOSQUE MIXTO	14.2194	1.1560	18.026	1.4655	44035.7180	3580.140
28	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	74.9556	9.6097	86.008	11.0267	17747.5940	2275.333
29	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	18.1736	2.3299	21.758	2.7895	4231.3725	542.484
30	AGRICULTURA CON CULTIVOS ANUALES	1032.8874	114.7653	1080.257	120.0285	2390.3422	265.594
31	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	36.8221	4.0024	44.708	4.8596	8545.4228	928.850
32	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	140.7122	15.6347	188.585	20.9539	33559.0437	3728.783
33	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	219.9227	24.4359	289.074	32.1193	52493.6557	5832.628
34	BOSQUE MIXTO	1.2268	0.0958	1.580	0.1234	3742.6229	292.392
35	BOSQUE MIXTO	3.7151	0.2902	4.768	0.3725	11365.6066	887.938
36	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	6.0025	0.6063	6.990	0.7061	1414.8066	142.910
37	BOSQUE MIXTO	1.9094	0.1929	2.270	0.2293	6022.7489	608.358
38	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	143.0369	14.5956	138.779	14.1612	31880.5744	3253.120
39	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	133.9892	13.5343	152.578	15.4119	31782.6830	3210.372
40	BOSQUE MIXTO	2.0302	0.2072	2.030	0.2072	5944.3603	606.567
41	PASTO NATURAL	0.2847	0.0196	0.263	0.0181	690.9944	47.655
42	BOSQUE MIXTO	0.0344	0.0051	0.034	0.0051	80.6903	12.043
43	BOSQUE MIXTO	2.2116	0.2106	2.809	0.2675	6845.0889	651.913
44	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	72.8070	7.4293	69.559	7.0979	15477.8633	1579.374
45	CULTIVOS PERMANENTES	4.6193	0.3756	5.599	0.4552	1071.6231	87.124

	ARBUSTIVOS						
46	CULTIVOS PERMANENTES ARBUSTIVOS	35.5292	4.5550	43.134	5.5300	8245.9896	1057.178
47	AGRICULTURA CON CULTIVOS ANUALES	319.7776	33.6608	337.149	35.4894	835.5117	87.949
TOTAL		2903.47	304.2571	3220.620	351.1846	476566.2740	49697.4686

En el cuadro anterior se observa que el valor para el escenario actual es de 2,903.47 ton/ha/año y 304.25 mm/año, esta erosión en la lámina se dará siempre y cuando el uso del suelo sea el mismo. Sin embargo, al comparar el escenario ideal con el actual se puede observar que no se presenta una alta variación en los valores de la pérdida de suelo por erosión, lo cual indica que el uso actual es correcto. Esto es principalmente porque existe cobertura de cultivos permanentes arbustivos como el café. Al comparar el valor del escenario actual con el valor del escenario sin cobertura, se puede observar que se incrementa considerablemente a 476,566.27 ton/ha/año y 49,697.46 mm/año.

En el siguiente cuadro se presentan los resultados obtenidos de la ecuación universidad de pérdida modificada para cada mes del año por cada uno de los escenarios trabajados.

Cuadro 34. Resultados de la pérdida de suelo por erosión hídrica en la Microcuenca del río El Caracol

Meses	Escenarios					
	Escenario Actual		Escenario Ideal		Escenario sin cobertura	
	ton/ha/año	mm/año	ton/ha/año	mm/año	ton/ha/año	mm/año
Enero	5.7354	0.6243	3.4928	0.3787	734.6099	76.8071
Febrero	6.1959	0.6648	5.1268	0.5510	686.2272	70.7099
Marzo	23.7808	2.5673	32.8678	3.5581	5632.2876	605.4911
Abril	58.4791	6.3321	74.2010	8.0575	13519.6418	1441.2412
Mayo	283.0789	30.8533	326.9508	35.6856	50775.8158	5320.6752
Junio	586.5462	63.9624	633.1750	69.0929	94590.8740	9849.9946
Julio	456.5608	49.7285	504.5226	55.0054	70689.3705	7338.8700
Agosto	449.2028	48.9463	496.8195	54.1858	71872.4587	7478.5084
Septiembre	688.8448	75.0762	734.4216	80.0906	110504.2771	11498.9619
Octubre	302.4438	32.9383	348.0340	37.9569	51709.2671	5401.6786
Noviembre	28.9727	3.1298	48.3912	5.2700	5084.2431	535.9900
Diciembre	13.6272	1.4629	12.6169	1.3524	767.2011	78.5376
Total	2,903.4683	314.8234	3,220.6200	351.1850	476,566.2740	49,697.4657

Se determinó que los meses en los cuales hay mayor pérdida de suelo son de mayo a octubre, siendo septiembre el mes en el que se pierde mayor cantidad, 688.84 ton/ha/año. Esto es debido a que la precipitación se incrementa en los meses de mayo y septiembre.

Al realizar el estudio de la pérdida de suelo en los tres escenarios, se determinó que el escenario actual es mejor que el escenario ideal, debido a que pierde menor lámina de suelo por escorrentía siendo 314.2 y 351.18 respectivamente. Esto puede ser debido a que la mayor área en la cual se encuentra la microcuenca del río El Caracol, son fincas que se dedican al cultivo del café. Estas fincas cuentan con asesoría técnica con las debidas prácticas de conservación de suelos, lo cual se ve reflejado en la variación del algoritmo, existiendo cobertura y un buen manejo.

La pérdida de suelo por erosión hídrica en los tres escenarios se puede observar en la siguiente gráfica.

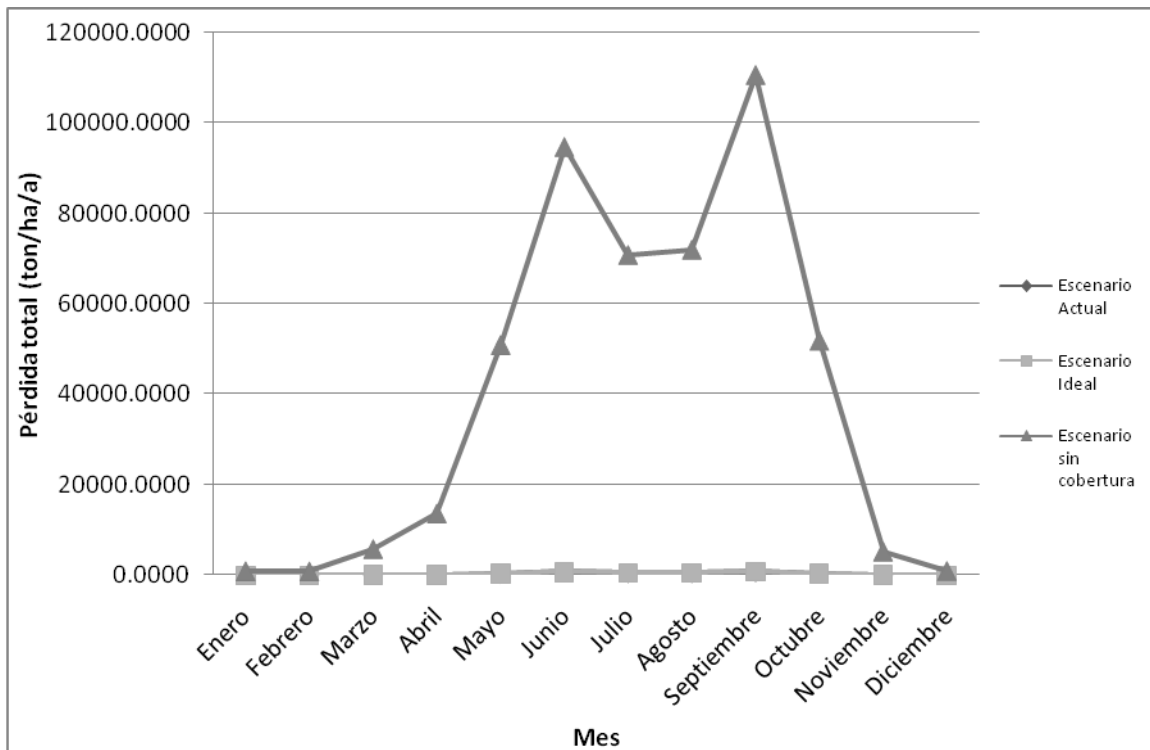


Figura 22. Pérdida de suelo en los tres escenarios

Debido a que el escenario actual y el ideal son similares en la gráfica, se realizó una gráfica separada para diferenciar los dos escenarios, la cual se presenta a continuación.

En esta se puede observar que existe poca diferencia en la pérdida de suelo por erosión hídrica entre estos dos escenarios,

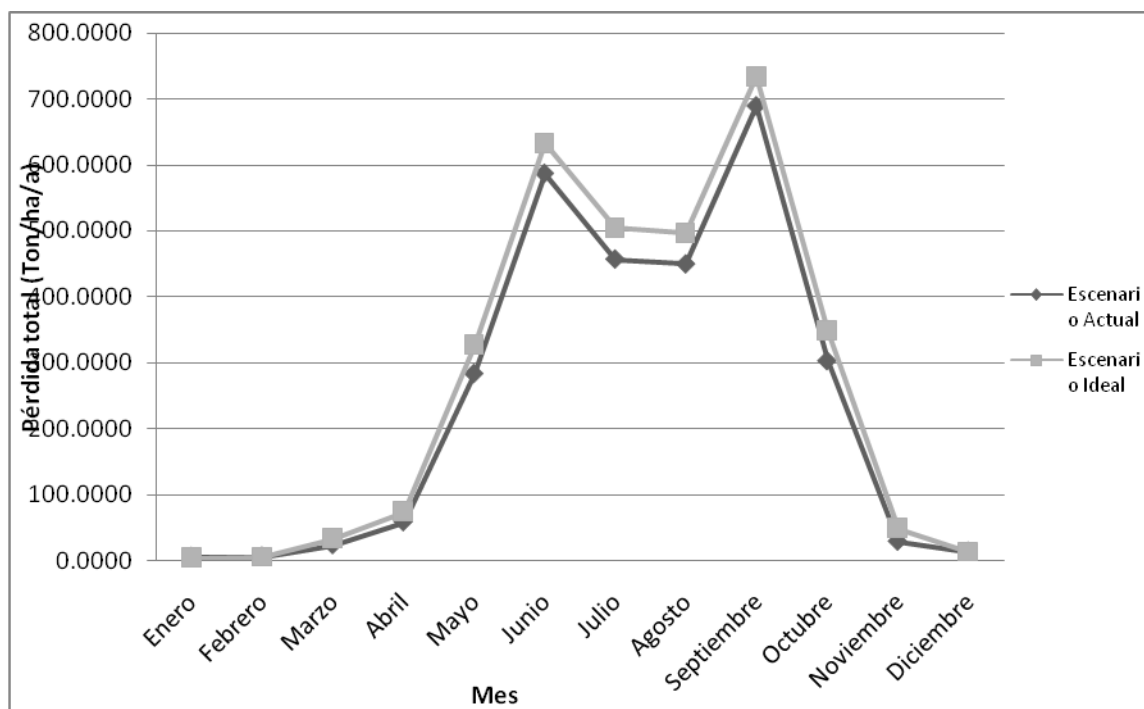


Figura 23. Comparación del escenario actual e ideal

Al tener poca diferencia entre estos dos escenarios, se puede determinar que el escenario actual está siendo trabajado adecuadamente. Llevando a cabo las prácticas de conservación que se necesitan y que evitan que la pérdida de suelo por la erosión hídrica sea muy marcada con respecto al escenario ideal.

2.6.4. Análisis de las causas de erosión de los suelos

Para determinar las causas de erosión del suelo, se analizó la información recopilada en el diagnóstico de la microcuenca. Con este análisis se preparó un resumen de las causas, indicando cuales de éstas son las que más afectan el proceso de erosión del suelo. Esta información sirve para generar los lineamientos de manejo.

A. Aspectos socioeconómicos

a. Demografía

Población. El área de la microcuenca está influenciada por el 10.8% de la población total de Acatenango que corresponde a 2,565 personas, en la cual el 50% son hombres y el 50% son mujeres. De la población influyente de la microcuenca el 83 % es indígena y el 17% es no indígena (INE, 2002).

Población Económicamente Activa. La mayoría de la población económicamente activa – PEA- se dedica a la agricultura, principalmente al cultivo de café, crianza de gallinas, cerdos y aves. De la población el 28% que corresponde a 723 personas, son económicamente activas en la cual el 95% son hombres y un 5% son mujeres. Esta diferencia muestra que la economía del hogar es realizada por parte de los hombres y la mujer se dedica a los quehaceres dentro del hogar.

Densidad de población. La microcuenca cuenta con un área de 50 kilómetros cuadrados, y la población de influencia es de 2,565, esto permite determinar que la densidad poblacional es de 51 personas por kilómetro cuadrado.

b. Servicios básicos

El municipio de Acatenango cuenta con los servicios básicos de agua potable, electricidad y servicios sanitarios. El agua entubada proviene de tres nacimientos, uno situado en Pachutep, otro en San Antonio Nejapa y en el Cerro La Campana en la finca Chalabal. Algunas aldeas, como Los Pajales cuentan con propios manantiales de agua potable. Sin embargo, el agua entubada no es abundante por lo que el servicio es irregular (Matas, A. 2006).

c. Actividades productivas y comercio

Dentro de las actividades productivas la principal es la producción agrícola. Esta actividad es considerada con un alto porcentaje de ocupación porque forma parte de la principal actividad económica. El principal cultivo es el Café, produciendo en 15 comunidades y en todas las fincas de la región. Se cultiva maíz que forma parte de la dieta de los

pobladores del área produciéndose en todas las comunidades del municipio, así mismo se cultiva frijol sólo que en menor cantidad. Otro es el del aguacate, que es un cultivo fuerte ya que éste se exporta a los diferentes mercados tanto de la capital como departamental. Se cultivan hortalizas en menor cantidad como es la zanahoria, repollo, coliflor, arveja china, rábano, remolacha, hierbas, apio, y en las zonas altas montañosas se tienen árboles frutales como durazno, manzana y ciruela (Municipalidad de Acatenango).

|

En el comercio de Acatenango se encuentra la compra-venta de café, en la cual personas compran el café a pequeños productores y la venden a los beneficios. Además de las actividades agrícolas, en esta región hay personas que se dedican a las artesanías, carpintería, albañilería, sastrería y panadería.

B. Aspectos biofísicos

a. Suelo

Se realizó un análisis de la clasificación taxonómica de los suelos del área de la microcuencia del río El Caracol. Se determinó que los suelos están formados a partir de materiales piroclásticos no consolidados, provenientes de depositaciones por eventos volcánicos, ceniza, tefra y pómez debido a que la microcuencia se encuentra influenciada por el Volcán de Acatenango. Esta clasificación taxonómica, indica que los suelos dominantes son de orden Andisoles e Inseptisoles con integrados Andicos, caracterizados por ser suelos profundos, francos con modificadores de textura gravillosos y presentan retención fosfórica, drenajes moderados a excesivamente bien drenados, con colores pardos oscuros.

Por estas características son suelos jóvenes donde aún se está iniciado su desarrollo y a pesar que son fértiles, el problema es que son suelos sueltos y tienden a formar escorrentía que arrastra materiales provocando la pérdida del suelo, principalmente donde la cobertura vegetal es escasa y las pendientes son muy pronunciadas.

Por las características mencionadas, en áreas donde no se tenga un uso correcto la pérdida puede ser de 49,697.46 mm/año. Este valor es elevado por lo que se demuestra que la erosión es alta en el área si no se lleva un control y lineamientos de manejo.

b. Intensidad de uso de la tierra

En base al mapa de capacidad de uso y uso actual del suelo se generó el mapa de intensidad de uso de la tierra. Dando como resultado los siguientes usos.

Cuadro 35. Intensidad de uso de la tierra en la microcuenca del río El Caracol

Zona	Área (ha)	% del área
Zona urbana	21.79	0.43
Sobre utilizado	2,509.94	49.63
Uso correcto	2,525.09	49.93

Se observa que el área sobre utilizada es aproximadamente la mitad del área de la microcuenca, debido a que se encuentra en el tipo de relieve estrato volcán, con cultivos en laderas, tumba y tala de bosques. Y el uso correcto se le atribuye a la zona cafetalera del área. Siendo un mínimo porcentaje el área de la zona urbana.

Dentro del área de la microcuenca los usos de la tierra según datos del año 2006: 53.75% (2,717.98ha) cultivos permanentes arbustivos; 31.46% (1,590.82 ha) bosque mixto; 9.27% (468.99 ha) agricultura con cultivos anuales; 2.79% (141.10 ha) bosque latifoliado; 1.44% (72.69 ha) matorrales; 1.08% (54.63 ha) pastos naturales y 0.21% (10.64 ha) poblados. Siendo los principales cultivos existentes dentro del área de la microcuenca el café, que se encuentra en su mayor parte distribuido en las faldas del volcán de Acatenango. Además se encuentran dentro del área de estudio zonas mínimas con hortalizas, de los cuales el cultivo de subsistencia es el maíz (Lira, 2003).

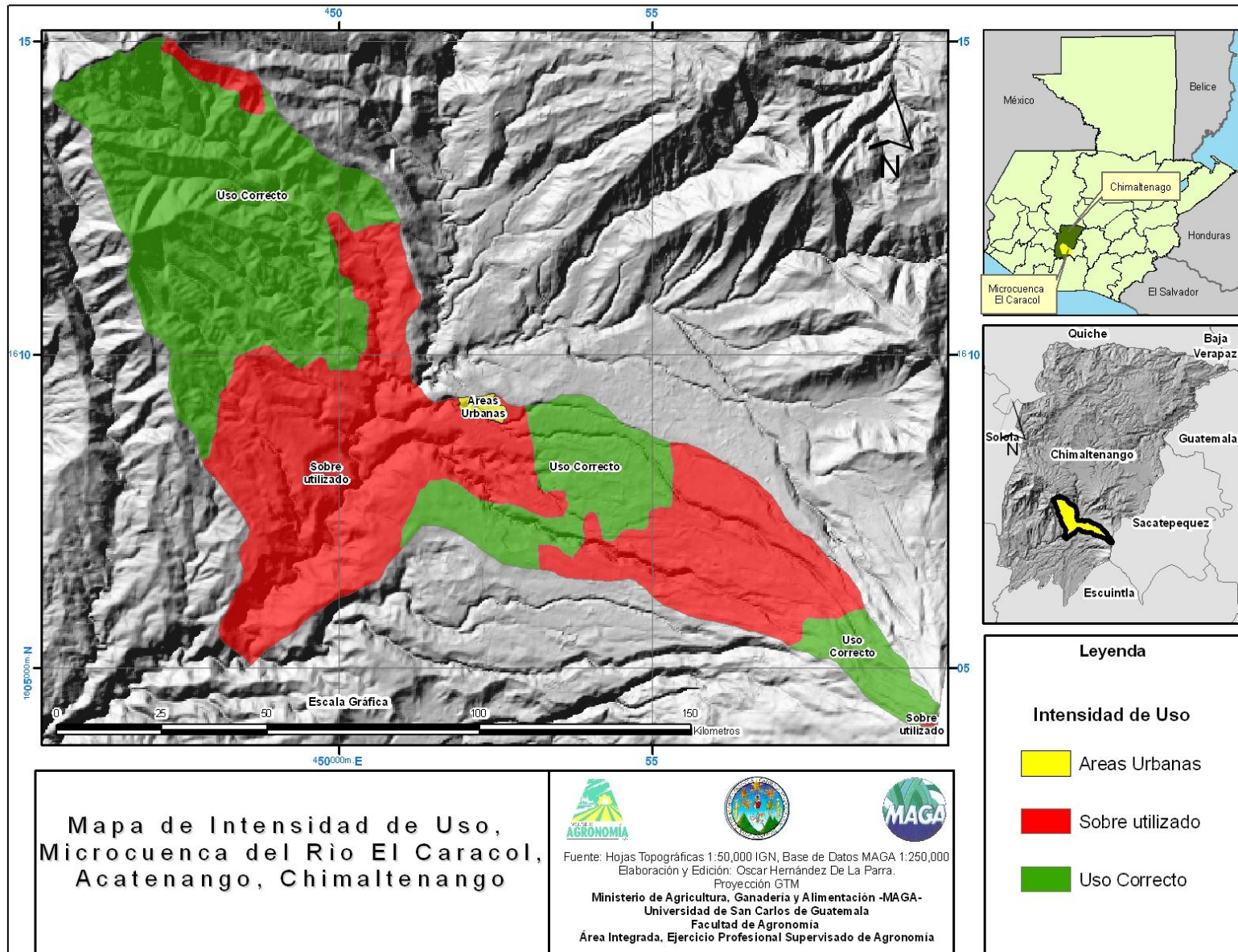


Figura 24. Mapa de intensidad de uso de la microcuenca del río El Caracol, Acatenango

c. Precipitación pluvial

Los datos de precipitación se obtuvieron de los resultados obtenidos según la ecuación universal de pérdida de suelo modificada. Utilizando las estaciones de El Recuerdo, Santa Margarita, y San Diego Buenavista, ya que no se presenta ninguna estación dentro del área de estudio. En la siguiente figura se puede observar que los meses con mayor precipitación pluvial se presentan de mayo siguiendo un crecimiento hasta julio donde se observa un descenso de julio a agosto. Al finalizar el descenso, empieza a subir nuevamente alcanzando su pico más alto en el mes de septiembre, donde empieza a descender en noviembre e iniciar el nuevo ciclo.

En la gráfica se observa la época de mayor precipitación que es de mayo a octubre, para los cuales la lluvia e intensidad de lluvia influye en la pérdida de suelo, siendo esta 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.

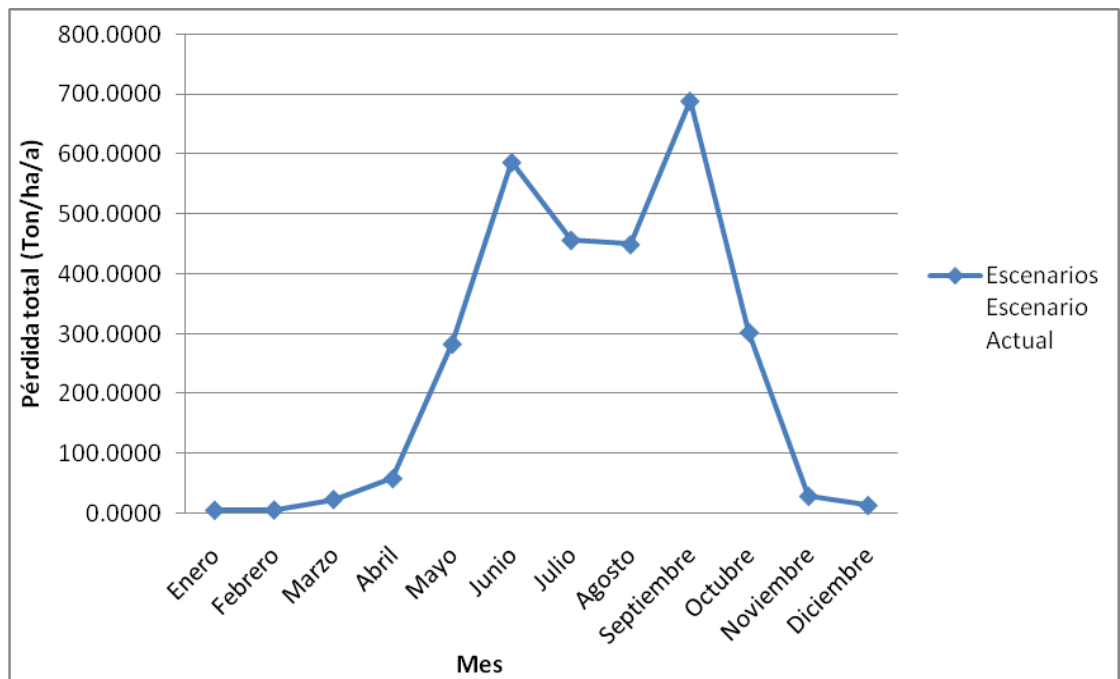


Figura 25. Precipitación promedio del área de la microcuenca del río El Caracol

d. Fisiografía

Se delimitó las unidades fisiográficas y se tomaron los rangos de pendientes por cada una de las formas del terreno. Según el *raster* del sistema de información geográfica, se obtuvieron los siguientes resultados de distribución de rangos de pendiente.

Cuadro 36. Rangos de pendiente del área de la microcuenca del río El Caracol

% pendiente	Área (ha)
0 a 3	21.25
3 a 7	122.27
7 a 12	294.50
12 a 25	1,013.25
25 a 50	1,700.00
50 a 75	1,417.50
Mayor a 75	490.50
Total	5,059.27

Se observó que la pendiente que se presenta en mayor área es de 25 a 50%, lo cual presenta un mayor riesgo de erosión, debido a que aumenta la velocidad de la escorrentía. Es importante mencionar que en áreas donde se tenga baja cobertura vegetal, la pendiente es determinante para la degradación del suelo por erosión; y en áreas con alta cobertura vegetal la influencia de la pendiente es moderada.

Así mismo se presenta una gran área con un pendiente de 50 a 75%, lo que influye considerablemente en la erosión del suelo considerando los demás factores.

Dentro del área de la microcuenca las formas de terreno dominante en el relieve son: pie de monte, planos de abanico, lomas y laderas. En general la microcuenca está influenciada por paisaje de montaña estrato volcánico erosional con pendientes mayores de 25%, lo que indica que el relieve sí tiene una influencia en la pérdida de suelo por erosión hídrica.

C. Árbol de problemas

Para determinar cada uno de los lineamientos de manejo a trabajar, se elaboró un árbol de problemas de la microcuenca del río El Caracol en base al principal problema que es el manejo inadecuado del suelo y la tierra dentro del área de estudio. Al realizar el análisis se determinó que la línea de base para trabajar es el área socioeconómica, ya que los resultados obtenidos en la ecuación universal de pérdida de suelo modificada reflejaron que se están siguiendo prácticas de conservación de suelo.

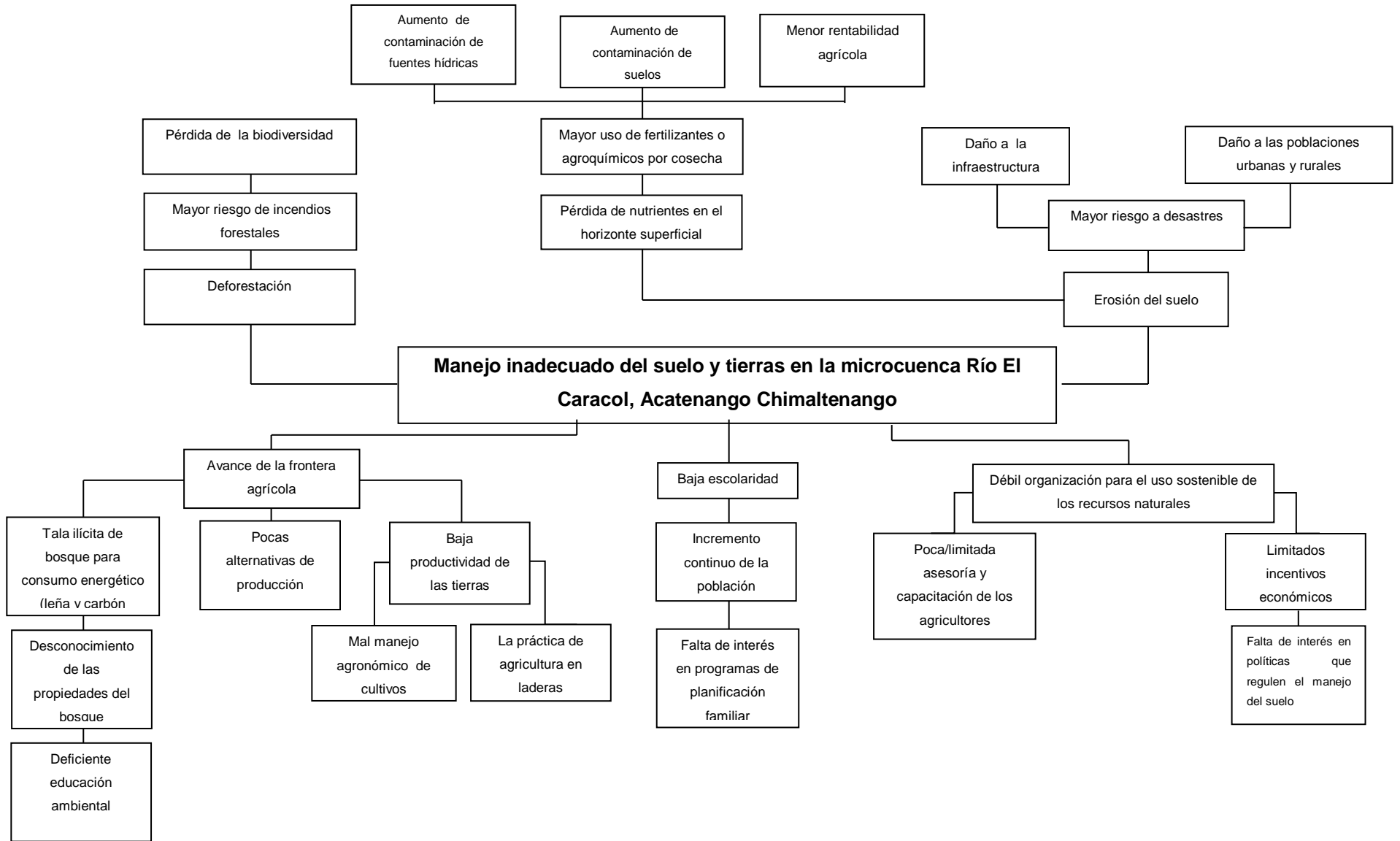


Figura 26. Árbol de problemas de la microcuenca del río El Caracol

Con base a la información obtenida durante el diagnóstico, y el análisis de la erosión hídrica en la microcuenca del río El Caracol, se obtuvo el siguiente árbol de soluciones.

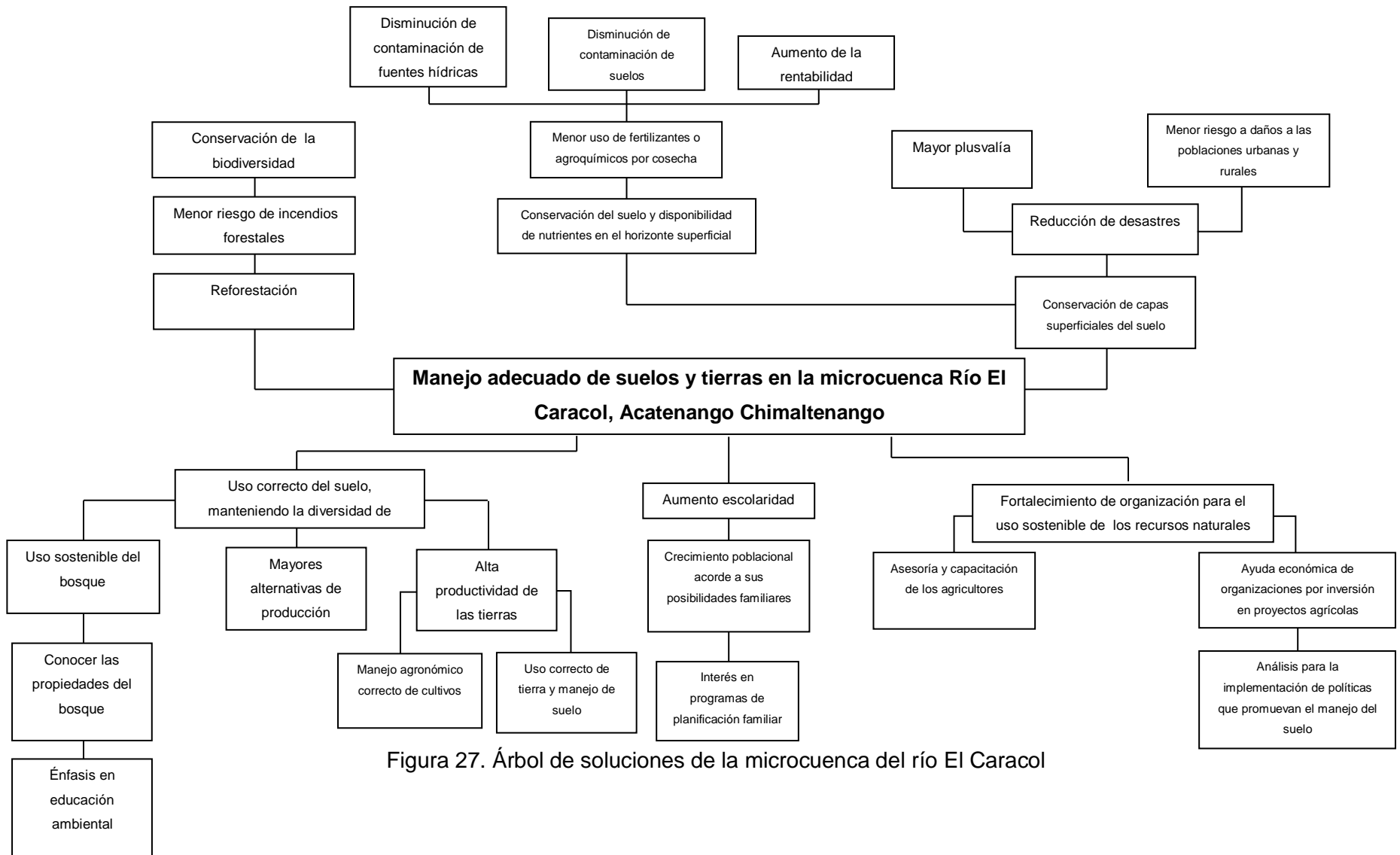


Figura 27. Árbol de soluciones de la microcuenca del río El Caracol

D. Principales causas de la degradación de las tierras

Presencia de pendientes altas, que propician una mayor erosión debido al aumento de velocidad de la escorrentía.

La economía del área se centra en la producción de cultivos anuales, como lo es el café.

En relación con la tenencia de la tierra, la mayor área de la microcuenca es de fincas cafetaleras, creándose así los minifundios en las áreas no cafetaleras.

El agricultor conoce técnicas de producción artesanales, por la falta de asesoría de organizaciones que ayuden a implementar planes de manejo en las áreas de cultivos para alimentación.

Aumento en la población que se encuentra dentro del área debido a una deficiente planificación familiar.

2.6.5. Lineamientos de manejo

A. Análisis de la problemática

Se realizó un análisis de la problemática tomando en cuenta los valores de la lámina de suelo que se pierde por erosión hídrica y el análisis de las causas socioeconómicas y biofísicas. Debido a que la pérdida de suelo por erosión hídrica actual es similar a la ideal, como se mencionó anteriormente se elaboraron los lineamientos de manejo en base a los aspectos socioeconómicos.

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 la tenencia de la tierra. Esto es debido a que un grupo minoritario de personas cuenta con grandes extensiones de tierra, mientras que la mayoría de agricultores cuentan con áreas pequeñas que utilizan para sembrar cultivos de subsistencia, como el maíz y frijol, dando un uso intensivo de la tierra sin realizar prácticas de conservación de suelos.

Además de la tenencia de la tierra, otro de los problemas del área es la falta de información acerca de la conservación del recurso suelo, ya que dentro del área de estudio no existe una institución que proporcione asesoría técnica sobre prácticas de conservación o con información sobre el tema. Por lo que se puede decir que la falta de instituciones que ayuden a los agricultores a mejorar la productividad y la falta de extensionismo, hace que en estas pequeñas áreas no se tenga el uso correcto ni se apliquen adecuadas prácticas de conservación de suelos.

Otra de los problemas en el área de estudio es que la población está aumentando, debido a una deficiente planificación familiar. Por esta razón las personas se ven obligadas a trabajar desde muy pequeños para poder mantener a la familiar, esto hace que la población tenga una baja escolaridad que repercute en el aprendizaje sobre cultivos que sean adecuados para las características del área.

B. Grupos de manejo

Las unidades de manejo fueron agrupadas utilizando la metodología *SoilFertilityCapabilityClassification*(FCC), metodología propuesta por Buol et. (1975) y modificado por Sánchez et al. (1982), y recientemente se publicó la versión (2003), para poder evaluar la fertilidad de los suelos.

(1) Grupo Lx(12)':

Esta unidad básicamente agrupa áreas que posean suelos con texturas francas, que hacen referencia al tipo presencia de alófana como materiales amorfos, con pocas gravas y fragmentos gruesos, con pendientes que van desde 12-25%, en lomas de montaña.

Existen dentro de la agrupación de estas tierras áreas desprovistas de cobertura aunque no presenten pendientes muy inclinadas, el material franco las vuelve propensas a sufrir erosión hídrica.

(2) Grupo Lx(55)':

Esta unidad está compuesta por áreas con pendientes de 50-75% en el paisaje de montaña en lomas, así como en áreas escarpadas, posee fragmentos gruesos en algunas partes como también, áreas gravillosas.

Debido a las características que presenta esta unidad es necesario implementar muy fuertes prácticas de conservación de suelos, la incorporación de materia orgánica y algunas barreras vivas, promover cultivos arbóreos para disminuir el impacto de la gota de agua en el suelo, y promover áreas para la protección de los bosques.

(3) Grupo Lx(75)':

Dentro de esta agrupación de suelos la variable que mayor limita al suelo es el grado de pendiente, estos suelos se localizan dentro del área de estudio, en la finca Chalabal, monte de oro correspondientes al municipio de Acatenango.

Debido a que estos suelos se han desarrollado a partir de materiales amorfos, en los paisajes de Montaña, Cañones y Barrancos, son propensos a sufrir daños causados por erosión hídrica, por presentar texturas francas en el primer horizonte, es por eso que se deben implementar fuertes prácticas de conservación para evitar la pérdida de suelo.

(4) Grupo Sd(75)'':

Esta unidad está compuesta por suelos que se encuentran en áreas con pendientes mayores a 75% de pendiente dentro del paisaje de montaña estrato volcán, laderas, dentro de las características que conforman esta unidad cabe mencionar que está formada por suelo de texturas arenosas con modificadores de texturales entre ellos las gravas y fragmentos de roca en un 45 %, dada estas características los suelos están más vulnerables a sufrir alteraciones en el primer horizonte por procesos de erosión hídrica por lo que se deben de aplicar muy fuertes medidas de conservación de suelos que puedan incluir la siembra de cultivos en contorno, barreras vivas, inclusive la elaboración de terrazas individuales para cultivos permanentes y acequias de laderas, así mismo se recomienda implementar cultivos de cobertura vegetal, eliminar el sotobosque, establecer cortinas rompe viento para disminuir los efectos de erosión eólica.

(5) Grupo Sdek(75)":

Esta unidad se encuentra ubicada en el paisaje de montaña volcano-erosional, dentro del relieve de estrato volcán en pendientes moderadamente escarpadas (50-75%), el componente de las texturas de esta unidad es arenoso por tener influencia directa con las deposiciones de materiales amorfos, gravilla en más de 50%, y fragmentos de roca en igual porcentaje.

Por estar ubicados en laderas de volcán, estos suelos sufren constantes deposiciones de materiales piroclásticos, por lo que se poseen horizontes enterrados, el proceso de deposición continua es una limitante para la evolución del suelo, por lo cual no son aptos para ninguna actividad agrícola, pecuaria ni forestal, son tierras que deben destinarse a uso de protección y conservación de la biodiversidad.

(6) Grupo Sdx(12)":

Esta unidad está formada sobre laderas con pendientes de (12-25%), que pertenecen al tipo de relieve pie de monte, a su vez existe también cañones y barrancos, con pendientes ligeramente escarpadas que van de (50-75%). Entre sus principales limitantes podemos mencionar la texturas arenosas, con 50% de gravilla, y fragmentos de roca en la superficie, baja capacidad de intercambio catiónico, posee deficiencia de potasio.

Dentro de estas unidades es necesaria la implementación de prácticas conservación de suelos, se debe de promover cultivos de cobertura vegetal, cortinas rompe vientos, incorporación de abonos verdes y restos de cosecha, y para las áreas con mayor pendiente implementar programas de reforestación y áreas de conservación y protección para la biodiversidad.

(7) Grupo Sdx(75)":

Esta unidad esta en las áreas con relieves moderadamente escarpados con pendientes de (50-75%) en paisaje pie de monte hidro-volcánico, entre sus principales limitantes podemos mencionar la posición del relieve que se ubican en laderas de cañón, respecto a las texturas son francas con presencia de minerales amorfos, con el 35% de gravilla como modificador de textura, con un régimen de humedad ústico, Es necesario aplicar muy fuertes practicas de conservación de suelos, barreras vivas, terrazas, implementar cultivos

de cobertura vegetal, implementar planes de reforestación con fines de conservación y protección de la biodiversidad.

(8) Grupo Sx(12)':

Esta unidad está formada sobre laderas con pendientes de (12 a 25%), en un tipo de relieve pie de monte hidro-volcánico, presentan texturas arenosas con modificadores texturales como gravilla, y fragmentos de roca en la superficie mayor al 35%, posee minerales amorfos, presentan retención fosfórica. Es necesaria la implementación de prácticas de conservación de suelos, se debe promover cultivos de cobertura vegetal, así como cortinas rompe vientos, incorporación de abonos verdes y restos de cosecha para mejorar las condiciones de los primeros horizontes.

(9) Grupo Sx(12)":

Esta unidad está conformada formada sobre laderas con pendientes de (12 a 25%), Pendientes inclinadas (12-25%), texturas arenosas con modificadores de textura como, gravilla en más de 50%, y fragmentos de roca en la superficie mayor al 35%, presenta minerales amorfos, manteniendo retención fosfórica. Es necesaria la implementación de prácticas conservación de suelos como la introducción de cultivos de cobertura vegetal, así como cortinas rompe vientos, es necesario la incorporación de abonos verdes y restos de cosecha.

(10) Grupo Sx(55)':

Esta unidad está formada sobre lomas con pendientes de (12-25%) y de(25-55%), en el paisaje de montaña, presenta texturas arenosas, y modificadores como gravilla en un 35%, contiene minerales amorfos, presenta retención fosfórica. Debido a las texturas gruesas en los primeros horizontes es necesario la implementación de prácticas conservación de suelos, así como introducir cultivos de cobertura vegetal, pueden utilizarse cortinas rompe vientos, la incorporación de abonos verdes y restos de cosecha se debe de mantener mapa guardar húmeda y mejorar las condiciones físicas dentro del primer horizonte.

(11) Grupo Sx(75)':

Esta unidad es formada sobre áreas con relieves moderadamente escarpados con pendientes de (50-75%) en paisaje montaña y tipo de relieve filas y vigas, entre sus principales limitantes, presentan texturas arenosas, con el 35% de gravilla como modificador de textura, es necesario aplicar muy fuertes practicas de conservación de suelos, se debe de implementar barreras vivas, así como terrazas, y la introducción de cultivos de cobertura vegetal, realizar planes de reforestación con fines de conservación y protección.

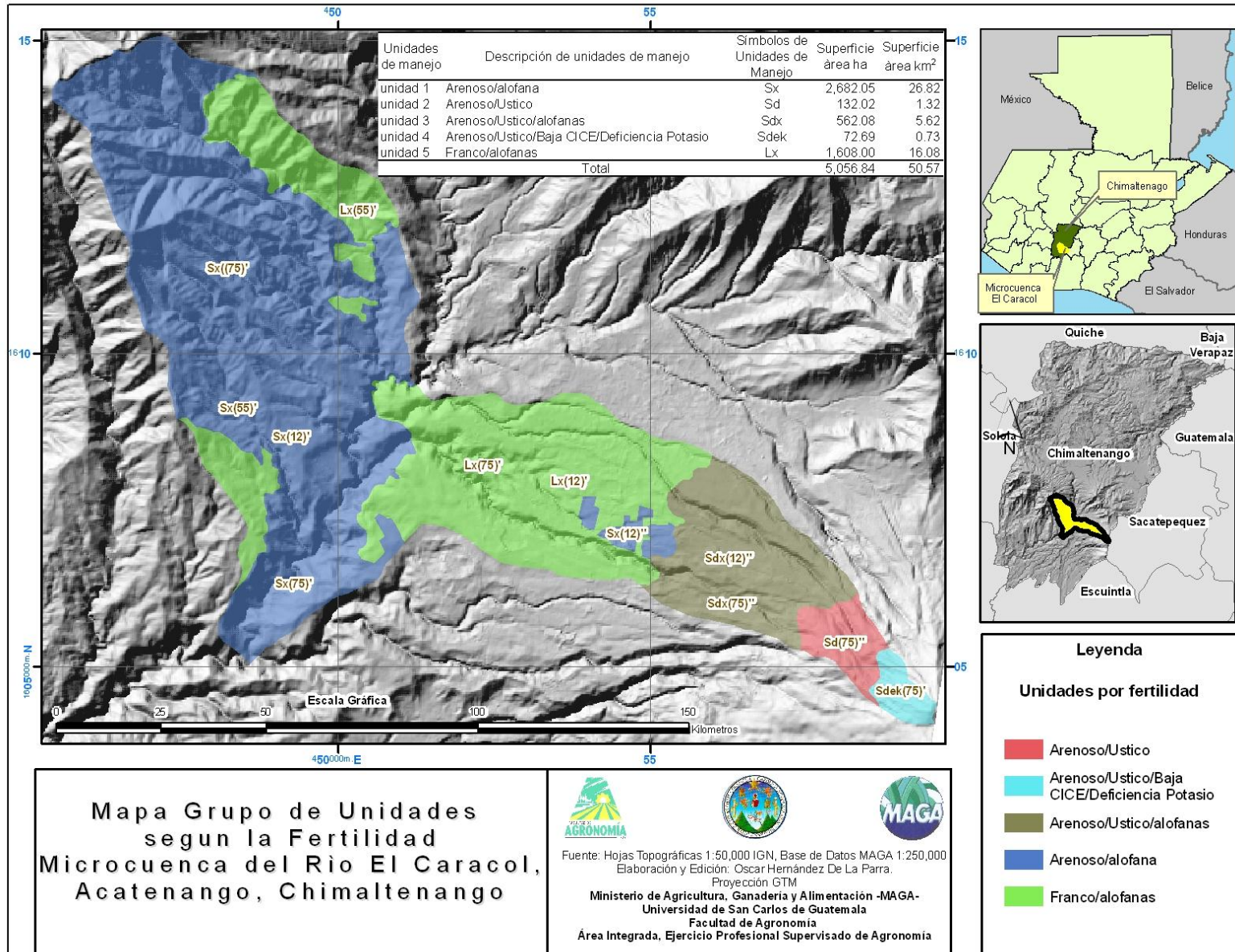


Figura 28. Unidades de manejo de la microcuenca del río El Caracol, Acatenango, Chimaltenango

Cuadro 37. Descripción de los grupos de manejo

Unidades de Manejo	Ubicación	Geomorfología	Limitantes	recomendaciones de uso y manejo
Lx(12)'	Aldeas Pajales I y Pajales II, Los Planes Nejapa, La Pampa, Nueva concepción	Formada sobre laderas con pendientes de (12 a 25%)	Pendientes inclinadas, texturas moderadamente gruesas, gravilla minerales amorfos, y retención fosfórica	Es necesario la implementación de prácticas conservación de suelos, se debe de implementar cultivos de cobertura vegetal, cortinas rompe vientos, incorporación de abonos verdes y restos de cosecha.
Lx(55)'	Finca Chalabal, Monte De Oro	Formado sobre lomas de (12-25%) y de(25-55%) de pendiente en el paisaje de montaña	Pendientes inclinadas, texturas moderadamente gruesas, gravilla minerales amorfos, y retención fosfórica	Es necesario la implementación de prácticas conservación de suelos , se debe de implementar cultivos de cobertura vegetal, cortinas rompe vientos, incorporación de abonos verdes y restos de cosecha
Lx(75)'	Caserío Agua Caliente, Labor Patzac y las Fincas la Esperanza Pérez, Esperanza Ramos, La Providencia	Áreas con relieves moderadamente escarpados con pendientes de (50-75%) en paisaje pie de monte hidro-volcánico	Entre sus principales limitantes se menciona la posición del relieve que se ubican en laderas, las texturas francas con presencia de minerales amorfos 35% de gravilla.	Es necesario aplicar muy fuertes prácticas de conservación de suelos, barreras vivas, terrazas, implementar cultivos de cobertura vegetal, implementar planes de reforestación con fines de conservación y protección.
Sd(75)''	Ubicada en el Volcán de Acatenango	Áreas con relieves moderadamente escarpados con pendientes de (50-75%) en paisaje pie de monte hidro-volcánico	Entre sus principales limitantes podemos mencionar la posición del relieve que se ubican en laderas, las texturas arenosas, con un régimen de humedad ústico, con el 50% de gravilla, fragmentos de roca en la superficie.	Es necesario aplicar muy fuertes prácticas de conservación de suelos, barreras vivas, terrazas, implementar cultivos de cobertura vegetal, implementar planes de reforestación con fines de conservación y protección.
Sdek(75)''	Ubicada en el Volcán de Acatenango	Está ubicada en el paisaje de montaña tipo de relieve estrato volcán en pendientes moderadamente escarpadas (50-75%)	Entre sus principales limitantes podemos mencionar la texturas arenosas, con 50% de gravilla, fragmentos de roca en la superficie pendientes fuertemente escarpada, baja capacidad de intercambio catiónico, deficiencia de potasio,	Es necesario aplicar muy fuertes prácticas de conservación de suelos, barreras vivas, terrazas, implementar cultivos de cobertura vegetal, implementar planes de reforestación con fines de conservación y protección.

Continuación Cuadro 37

Sdx(12)"	Ubicada en el Volcán de Acatenango	Formada sobre laderas con pendientes de (12 a 25%)	Entre sus principales limitantes podemos mencionar la texturas arenosas, con 50% de gravilla, fragmentos de roca en la superficie pendientes fuertemente escarpada, baja capacidad de intercambio catiónico, deficiencia de potasio,	Es necesario la implementación de prácticas conservación de suelos, se debe de implementar cultivos de cobertura vegetal, cortinas rompe vientos, incorporación de abonos verdes y restos de cosecha.
Sdx(75)"	Aldea Quisaché	Áreas con relieves moderadamente e escarpados con pendientes de (50-75%) en paisaje pie de monte hidro-volcánico	Entre sus principales limitantes podemos mencionar la posición del relieve que se ubican en laderas de cañón, las texturas francas con presencia de minerales amorfos con el 35% de gravilla, con un régimen de húmeda ústico,	Es necesario aplicar muy fuertes prácticas de conservación de suelos, barreras vivas, terrazas, implementar cultivos de cobertura vegetal, implementar planes de reforestación con fines de conservación y protección.
Sx(12)'	Aldea Quisaché	Formada sobre laderas con pendientes de (12 a 25%)	Pendientes inclinadas(12-25%), texturas moderadamente francas , gravilla minerales amorfos, y retención fosfórica	Es necesario la implementación de prácticas conservación de suelos, se debe de implementar cultivos de cobertura vegetal, cortinas rompe vientos, incorporación de abonos verdes y restos de cosecha.
Sx(12)"	Aldea Quisaché	Formada sobre laderas con pendientes de (12 a 25%)	Pendientes inclinadas (12-25%), texturas moderadamente francas, gravilla, fragmentos de roca en la superficie mayor los 35% minerales amorfos, y retención fosfórica.	Es necesario la implementación de prácticas conservación de suelos, se debe de implementar cultivos de cobertura vegetal, cortinas rompe vientos, incorporación de abonos verdes y restos de cosecha.
Sx(55)'	Aldea La Soledad	Formado sobre lomas de (12-25%) y de(25-55%) de pendiente en el paisaje de montaña	Pendientes inclinadas, texturas arenosas, gravilla en un 35%, minerales amorfos, y retención fosfórica.	Es necesario la implementación de prácticas conservación de suelos, se debe de implementar cultivos de cobertura vegetal, cortinas rompe vientos, incorporación de abonos verdes y restos de cosecha.
Sx(75)'	Aldea el Socorro	Áreas con relieves moderadamente e escarpados con pendientes de (50-75%) en paisaje montaña y tipo de relieve filas y vigas	Entre sus principales limitantes podemos mencionar la posición del relieve que se ubica el paisaje montaña, en el relieve de laderas de cañón, y lomas con (50-75%) de pendiente, las texturas arenosas, con el 35% de gravilla como modificador de textura.	Es necesario aplicar muy fuertes prácticas de conservación de suelos, barreras vivas, terrazas, implementar cultivos de cobertura vegetal, implementar planes de reforestación con fines de conservación y protección.

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

Para describir los lineamientos de manejo se realizó un análisis mediante un árbol de problemas, como se describió anteriormente, en el cual se determinó que la línea de base para trabajar es el área socioeconómica.

Cuadro 38. Descripción general de lineamientos de manejo en la microcuenca río El Caracol, Acatenango

Medio de solución	Programas	Nombre
Manejo de aspectos Socioeconómicos y Biofísicos	Educación ambiental	Realizar pláticas en los institutos y escuelas acerca de la importancia de proteger en medio ambiente.
		Programas de reforestación con especies nativas del lugar en áreas de los principales nacimientos.
	Promover de alternativas de producción	Implementación de talleres de huertos en áreas reducidas.
	Asesoría sobre el manejo agronómico correcto de cultivos	Implementación de talleres participativos acerca de las técnicas para siembra.
	Fomentar el uso correcto de las tierras y manejo de los suelos	Capacitación con el objetivo de explicar cual es la vocación de la tierra dentro de la micro cuenca.
		Talleres sobre las prácticas de conservación de suelos, y manejo adecuado del mismo.
	Promover programas de planificación familiar	Promover métodos de control y planificación familiar por medio de los centros de salud.
	Asesoría y capacitación de los agricultores	Programa de apoyo técnico dirigido a los pequeños agricultores.
Políticas que fomenten el manejo del suelo	Organizar reuniones con los terratenientes y municipalidad en donde se designen áreas para agricultura de subsistencia.	

Manejo de aspectos socioeconómicos y biofísicos

Según los resultados de la cuantificación de la pérdida de suelo por procesos de erosión hídrica, y el análisis de tres distintos escenarios, se tiene como resultado que el escenario actual tiene menor pérdida de suelo que el escenario con condiciones óptimas, esto

refleja que el uso de la tierra dentro de la microcuenca del río El Caracol es adecuado, puesto que el cultivo que domina en el 87% del área de estudio es el café bajo sombra.

Esto indica que realmente los daños por erosión hídrica son mínimos, pero pueden llegar a ser catastróficos de no tomar las medidas adecuadas, que no permitan incurrir en la pérdida de suelo. Se deben de tomar medidas de prevención del futuro manejo de estas tierras. Se debe de poner mayor atención en la organización social de las comunidades, ya que los efectos antrópicos cada vez son más fuertes por el aumento en la demografía. Es por eso que los lineamientos de manejo que se proponen dentro de esta investigación están orientados a tomar acciones preventivas, en aspectos tanto socioeconómicos como biofísicos, implementando lineamientos directos que prevengan en un futuro la pérdida total de la capa arable.

1. Programa: Educación ambiental.

Justificación

El ambiente en la microcuenca del río El Caracol está teniendo un proceso de deterioro creciente por el uso inadecuado de los recursos naturales, principalmente del área del bosque, debido al avance de la frontera agrícola. Para poder retrasar el proceso de deterioro de las áreas, se debe de concientizar sobre la importancia que éstas tiene en nuestro ambiente.

Para poder realizar esto se debe de involucrar a los habitantes del área, inculcándoles principalmente los valores relacionados con la protección del medio ambiente. Es importante tener una educación desde la edad escolar así como el fortalecimiento de los conocimientos y cambios de hábitos en los adultos para lograr una concientización de la problemática del ambiente y la importancia que tienen los recursos naturales no renovables.

La educación es fundamental para que los habitantes estén dispuestos a tomar acciones para el mejoramiento ambiental, así como la motivación para promover un manejo sostenible de los recursos.

Objetivo

Educar a la población del área de estudio con ayuda de las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, fomentando la importancia de la protección del ambiente.

Proyectos

- i. Realizar pláticas en los institutos y escuelas sobre la importancia de protección del medio ambiente.

Los pobladores dentro de la microcuenca tienen conocimientos deficientes sobre la formación ambiental. Por esta razón ignoran los problemas que puedan tener al hacer un uso inadecuado de los recursos naturales, lo que los lleva a deteriorarlos y tener consecuencias en un futuro.

Objetivos

Crear conciencia en la población para un manejo y uso adecuado de los recursos naturales que lleven al desarrollo dentro de la microcuenca.

Concientizar a la población de la microcuenca sobre la importancia de la conservación y la calidad ambiental.

Metodología

- Impulsar actividades de alfabetización para los adultos. Gestionar la creación de programas que motiven la asistencia a las escuelas, que permitan la alfabetización de los niños y adolescentes, y la concientización sobre la importancia de la conservación y mejora de la calidad ambiental.
- Formación de un grupo para el mejoramiento ambiental de la microcuenca. El grupo debe encargarse de coordinar y promocionar las actividades de educación

ambiental que se programen para la concientización sobre el uso y manejo adecuado de los recursos naturales.

Estas actividades de educación ambiental deben de ser diseñadas en coordinación con los maestros de las escuelas, COCODES, alcaldías auxiliares tanto ladinas como indígenas y con los propietarios de las fincas cafetaleras del lugar.

- ii. Programa de reforestación con especies nativas del lugar en áreas de los principales nacimientos.

Dentro de la microcuenca se observa un desconocimiento de las propiedades del bosque, lo que da como resultado una tala ilícita para consumo energético. Las familias que se encuentran dentro del área han utilizado el recurso bosque y sus derivados como una actividad económica, así mismo el área que se afecta la utilizan para cultivos de granos de subsistencia, esto ha colocado en riesgo de degradación del bosque y avance de la frontera agrícola.

Es necesario establecer medidas de prevención y un plan que permita el aprovechamiento y uso sostenible del recurso bosque y que éstas áreas no disminuya su capacidad para las reservas naturales.

Objetivos

Establecer un plan para el aprovechamiento y manejo de los recursos naturales que sea sostenible.

Metodología

- Para iniciar el plan de manejo, es necesario realizar como fase inicial el diagnóstico para conocer el estado actual y potencial del bosque y área de la microcuenca.
- Planificar y coordinar reuniones con la municipalidad, COCODES, alcaldías auxiliares, líderes comunitarios exponiéndoles las actividades que van a ayudar a prevenir a largo plazo los efectos negativos que son generados por el desconocimiento del manejo de bosque adecuado.

- Coordinar capacitaciones impartidas por los técnicos extensionistas especializados en el tema, permitiendo el aprendizaje y actualización sobre el uso adecuado del bosque enfocado y puesto en práctica en sus propias parcelas. Así mismo se implementará un taller sobre el manejo y control de incendios forestales para prevenir en época seca la pérdida de grandes extensiones de bosque.
- Reforestación en las partes más vulnerables de la microcuenca, con especies nativas de lugar.

2. Programa: Promover alternativas de producción

Justificación

Debido a la poca disposición de áreas para cultivar es necesario tener alternativas para la producción de vegetales, entre otras plantas que puedan aportar alimento así como alguna entrada económica. Es por esto que se deben emplear al máximo las áreas de patios, corredores e inclusive áreas dentro de las viviendas, para que de esta forma se logre una mejor nutrición y se utilice al máximo la disponibilidad de los recursos.

Objetivo

Promover nuevas alternativas de producción de vegetales, en espacios reducidos como fuente de alimentación

Proyecto

i. Implementación de talleres para huertos en áreas reducidas

Debido a la poca área disponible para cultivar, la agricultura en espacios reducidos se presta para poder mejorar las condiciones nutricionales, así como una entrada extra a la economía de los hogares.

Objetivo

Capacitar a los pobladores para poder poner en práctica la técnica de siembra en espacios reducidos

Implementar cultivos que mejoren la situación económica de los pobladores.

Mejorar la dieta alimenticia de las familias a través de los huertos en áreas reducidas.

Metodología

- Convocar a las autoridades correspondientes de las áreas seleccionadas en las escuelas, para planificar los talleres.
- Ejemplificar mediante la práctica las técnicas de producción de vegetales y otras plantas en espacios reducidos.

3. Programa: Asesoría sobre el manejo agronómico correcto de cultivos

Justificación

Por la falta de recursos económicos de los pobladores de las comunidades, y el poco interés de las autoridades municipales y gubernamentales en fomentar programas para mejorar las condiciones de producción, es necesario hacer convenios con instituciones para poder recibir asesoría técnica en cuanto al manejo económico correcto de cultivos.

Objetivo

Elevar la productividad de las áreas con asesoría técnica.

Proyecto

- i. Implementación de talleres participativos acerca de las técnicas de siembra

Debido a las limitantes existentes dentro de la microcuenca del río El Caracol, que son desconocidas por muchos agricultores, estableciendo como principal la pérdida de la capa arable por tener texturas en su mayoría gruesas y deficiencia de fósforo para la planta. Es por esto que la asesoría técnica de siembra es importante para mejorar y levantar el rendimiento de producción en éstas áreas.

Objetivo

Implementar talleres sobre las técnicas de siembra a los pequeños agricultores del área de la microcuenca del río El Caracol.

Metodología

- Citar a las autoridades comunitarias, municipales e informarlas sobre la actividad a realizar, cuales son los objetivos, la metodología y los beneficios que obtendrán al recibir la capacitación.
- Búsqueda de organizaciones para financiar las capacitaciones y de personal capacitado para realizarla. Involucrar a las instituciones que estén vinculadas con la producción agrícola o alguna organización no gubernamental que esté interesada en prestar ayuda a los pequeños agricultores.
- Elaborar un cronograma de actividades y realizar la presentación a las autoridades.
- Impartir la capacitación participativa destinada a los pequeños agricultores, enfocada en elevar la producción del área dentro de la microcuenca del río El Caracol.
- Presentación de los resultados y conclusiones a las autoridades y organizaciones involucradas.

4. Programa: Fomentar el uso correcto de las tierras y manejo de los suelos

Justificación

En los tiempos actuales fenómenos como el calentamiento global, la mala administración de las tierras, minifundios, el descontrolado avance de la frontera agrícola, la falta de información para el agricultor y la necesidad diaria de alimentarse degrada el suelo. Con el paso del tiempo no se ha tenido una conservación adecuada de estos recursos, siguiendo un plan de manejo integrado que pueda mantener y manejar de la forma correcta los recursos.

Objetivos

Dar a conocer a las personas que habitan la microcuenca del río El Caracol, las diferentes clases de suelo y enseñar las prácticas de conservación del suelo.

Proyecto

- i. Capacitación con el objetivo de explicar la vocación de la tierra dentro de la microcuenca

Los pobladores de la microcuenca carecen de conocimiento sobre los distintos tipos de suelos y su vocación, esto hace ineficientes las producciones y el costo de producción aumenta.

Objetivo

Capacitar a los pobladores sobre la vocación de los suelos existentes dentro del área de la microcuenca del río El Caracol

Metodología

- Convocar a los pobladores para la capacitación promoviendo el uso correcto de los suelos del área.
- Elaborar una capacitación participativa donde se enseñen los diferentes tipos de suelos, sus características y el manejo adecuado que se debe de tener con cada uno.

- ii. Taller sobre prácticas de conservación de suelos y el manejo adecuado del mismo

Según el recorrido realizado en la etapa de campo, se observó que no existen prácticas de conservación de suelos en áreas con pendientes pronunciadas, en su mayoría parcelas pertenecientes a pequeños agricultores. Debido a que las texturas son gruesas y francas están propensas a sufrir daños por procesos de erosión hídrica.

Objetivo

Dar a conocer las prácticas de conservación de suelos para los pobladores del área de la microcuenca.

Metodología

- Convocar a los pobladores para la capacitación promoviendo las prácticas de conservación de suelos, involucrando a las alcaldías auxiliares, COCODES.
- Elaborar una planificación de las áreas demostrativas para realizar las prácticas de conservación de suelos.

5. Programa: Promover programas de planificación familiar

Justificación

Uno de los problemas encontrados dentro del área de la microcuenca es la creciente población debido a falta de interés en la planificación familiar. Esto es debido a la educación, a la falta de interés por parte de los padres de familia por el estudio y educación de sus hijos. Debido a estos se deben de promocionar los programas sobre salud reproductiva dentro del área para llevar un mejor control y que la creciente población no condicione el área de la microcuenca.

Objetivos

Satisfacer las necesidades de la población en base a la reproducción y planificación familiar, debido al aumento en la población dentro del área.

Proyectos

- i. Promover métodos de control y planificación familiar por medio de los centros de salud.

La creciente población dentro del área de la microcuenca, se da por la falta de interés en programas de planificación familiar que se ve afectada por la baja escolaridad que se presenta en la población. Es por esto que es importante, promocionar los sistemas de salud pública más cercanos al área de estudio para que puedan acercarse y tener una educación en reproducción y en planificación familiar.

Objetivos

Promover la cobertura de atención médica a la población y las medidas necesarias para la reproducción y planificación familiar.

Metodología

- Implementación de campañas de información y concientización de la población sobre los beneficios de llevar una planificación familiar y educarse en el mismo, mediante el contacto con el centro de salud más cercano al área de la microcuenca del río El Caracol.

6. Programa: Asesoría técnica y capacitación para agricultores.

Justificación

Los pequeños agricultores utilizan en el campo técnicas que han sido pasadas de generación en generación, siendo éstas no siempre las adecuadas y correctas para la producción de cultivos, principalmente granos básicos. Esto más la poca participación técnica para asesorar sobre nuevas y mejores alternativas de producción, ha llevado a un sobre uso de los suelos, desgastándolos y deteriorando la capa arable.

Objetivos

Dar a conocer a los pobladores sobre la erosión hídrica, causas y efectos en el recurso suelo.

Proyectos

i. Implementación de capacitación sobre erosión hídrica.

Es importante obtener el apoyo económico de organizaciones o instituciones que se encuentren presentes dentro del municipio y que puedan colaborar con la ayuda económica y con personal capacitado en temas de conservación de suelos. Estas organizaciones pueden ser gubernamentales como lo es el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, MAGA o de organizaciones no gubernamentales como las cooperativas presentes dentro del área de la microcuenca.

Objetivos

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

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

Contactar con organizaciones o instituciones que brinden apoyo en el tema de conservaciones de suelos mediante el recurso humano.

Obtener recursos económicos para llevar a cabo proyectos relacionados a la conservación de suelos.

Metodología

- Realizar un cronograma de actividades con fechas específicas para cada tema, incluyendo las actividades de campo y los participantes.
- Informar a las autoridades sobre las actividades a realizar para promover la conservación de los suelos. Reunir a las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales para informales sobre la actividad y los beneficios que tiene.
- Al tener la aceptación de las actividades por parte de las organizaciones, se solicita la ayuda económica o del personal para capacitar y así promover un mejor desarrollo dentro del área de la microcuenca.
- Realizar una reunión informativa con los pobladores para presentarles el programa de capacitación y motivarlos en la participación.
- La primera actividad a realizar es la concientización sobre la pérdida de suelo por erosión hídrica. Los temas a tratar son: Degradación del suelo, tipos de degradación, erosión hídrica, causas y efectos de la erosión hídrica, impacto económico de la erosión hídrica.
- Al finalizar la concientización se pasará a promover el uso correcto del suelo en áreas donde el uso es intensivo y la pérdida de lámina de suelo es alta.
- Al finalizar la fase de campo sobre la erosión hídrica se proseguirá a dar a conocer las técnicas y prácticas de conservación de suelos que existen.
- Se iniciará con una fase informativa, donde se pueda dar a conocer todas las prácticas de conservación de suelos que se puedan utilizar, siguiendo con información sobre la construcción de las estructuras de conservación de suelos y que se puedan utilizar dentro del área de la microcuenca.

- Se realizará un visitas de campo en las áreas o parcelas de los pobladores donde el uso sean intensivo, enseñando prácticas de conservación de suelo sencillas y que los pobladores puedan observar y aplicar en cada una de las área que tiene, y explicar los beneficios sobre el gasto económico.
- Al finalizar la fase de campo se realizará una reunión con los pobladores para que cada uno comparta la estructura de conservación más conveniente para el área que tiene dependiendo del cultivo.

7. Políticas que fomenten el manejo del suelo

Justificación

Debido a la carencia de estudios en los cuales se designa la vocación de los suelos y a la tenencia de la tierra es necesario generar lineamientos que en armonía puedan ayudar a los pequeños agricultores a tener áreas para cultivar y de esa manera poder mejorar su calidad de vida. Es necesaria la elaboración de programas que le den seguimiento al manejo y uso correcto del suelo, así como su distribución.

Objetivos

Promover el uso correcto del suelo, mediante lineamientos que regulen el manejo del mismo.

Proyectos

- i. Organizar reuniones con los terratenientes y municipalidad en donde se designen áreas para agricultura de subsistencia con asesoría técnica.

La organización de la población es un factor importante para potenciar la participación ciudadana en el proceso de la toma de decisiones del poder público en el nivel local. Esto es debido a que la organización municipal no cuenta con políticas que regulen el manejo del suelo y que orienten sus decisiones para el manejo adecuado de los recursos naturales.

Objetivos

Fortalecimiento de la organización y el poder local para promover la organización de los habitantes de la microcuenca.

Realizar el análisis para promover la implementación de políticas que regulen el manejo del suelo dentro del área de la microcuenca.

Metodología

- Motivar mediante la implementación de actividades, para el fortalecimiento de la organización de los habitantes y la participación en la toma de decisiones.
- Analizar la vocación y aptitud del suelo del área. Al realizar el análisis, designar un cultivo que se adapte a las condiciones del suelo que genere ingresos para la población. Al tener todas las características del suelo del área de estudio, se generan los lineamientos para formular políticas que normen las acciones que deben tomar el agricultor para trabajar el suelo.

2.7. CONCLUSIONES

— Las causas que influyen en el proceso de pérdida de suelo por erosión hídrica dentro de la microcuenca del río El Caracol son: el factor antrópico debido al aumento de la población del área, que causa el uso intensivo de cultivos en laderas con pendientes mayores a 50% donde se provoca una mayor escorrentía.

— La pérdida de suelo por erosión hídrica cuantificada aproximadamente por la ecuación universal de pérdida de suelo modificada, en el escenario actual corresponde a 2,903.47 ton/ha/año que representa 304.25 mm/año, en el escenario ideal es de 3,220 ton/ha/año que equivale a 351 mm/año y en un escenario sin cobertura es de 476,566 ton/ha/año que equivalen a 49,697 mm/año.

— Los lineamientos de manejo están enfocados en el resultado del análisis del diagnóstico que abarca aspectos socioeconómicos y biofísicos. Resultando una problemática conjunta que permite visualizar lineamientos que prevengan en un futuro la pérdida total de la capa arable.

2.8. RECOMENDACIONES

— Al utilizar la metodología de la Ecuación universal de pérdida de suelo modificada –EUPSM-, se recomienda verificar la existencia de una estación meteorológica dentro del área de estudio.

— El modelo matemático utilizado para calcular la pérdida de suelo da estimaciones muy superficiales, abarca grandes áreas. Por lo que se recomienda cuantificar por métodos de campo.

— Se debe priorizar el fomento de la educación ambiental en los institutos y escuelas.

— Se debe reforestar con especies nativas del lugar en zonas desprovistas de vegetación, en pendientes mayores al 50%.

— Se deben emplear prácticas de conservación de suelos en las áreas con pendientes pronunciadas.

— Para la ejecución de los lineamientos se recomienda consultar el estudio semidetallado de suelos del departamento de Chimaltenango.

2.9. BIBLIOGRAFÍA

1. Arana G. 1992. Análisis espacial para evaluar la erosión hídrica en la subcuenca del río pensativo, Guatemala. Guatemala. Tesis MSc. Costa Rica, CATIE. 118p.
2. Bravo, M. 1998. Estudio preliminar de la erosividad de las lluvias en la República de Guatemala, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 40p.
3. Boul, S; Sánchez, P; Cate, R. 2003. 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. Centro Científico Tropical, CR. 1985. Manual para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica. San José, Costa Rica. 6 p.
5. Cerdá, A. 2001. Erosión del suelo (en línea). España. Consultado 25 jul 2011. Disponible en <http://www.um.es/gtiweb/allmetadata/erosion%20suelo.htm>
6. Colegio de Post graduados Chapingo, MX. 1991. Manual de conservación del suelo y de agua. Chapingo, México. 581 p.
7. Delgado, F. 1987. Prácticas agronómicas de conservación de suelos. Mérida, Venezuela. CIDIAT. 69p.
8. USDA (Departamento de Agricultura de Estados Unidos, US). 1980. Servicio de conservación de suelos: manual de conservación de suelos. Estados Unidos. 328 p.
9. FAO. IT. PNUMA (UNESCO, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, IT) 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Roma, Italia. 86 p.
10. FAO, IT. 1996. Degradación antropogénica de los suelos (en línea). Roma, Italia. Consultado 25 jul 2011. Disponible en <http://www.fao.org/sd/spdirect/gis/wfs12.htm>
11. FAO, IT. 2008. Mapa preliminar de la degradación de la tierra, proyecto. LADA –Land Degradation Assessment in Drylands (en línea). Roma, Italia. Consultada 25 ago 2011. Disponible en http://www.fao.org/nr/lada/index.php?option=com_content&task=view&id=72&Itemid=75&language=es
12. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 2006. Mapa topográfico de la república de Guatemala; hoja Chimaltenango, no. 2059-IV. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
13. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2000. Manual para la clasificación de tierras por capacidad de uso. Guatemala. 96 p.

14. IGAC (Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", CL). 2010. El ABC de los suelos para no expertos. Bogotá, Colombia. 130 p.
15. Kirkby, J; Morgan R. 1980. Erosión de los suelos. México, Limusa. 375 p.
16. Lira, R. 2003. Diagnóstico general de la montaña El Socó. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 61 p.
17. López, F. 1998. Defensa y recuperación de los suelos agrícolas. Mérida. Venezuela, CIDIAT. 73 p.
18. Manrique, LA. s.f. Land erodability assesment methodology. Hawaii, US, Hawaii Universtity. 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. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2006. Mapas temáticos de la república de Guatemala a escala 1:250,000. Guatemala.
20. _____. 2010. Estudio semidetallado de los suelos del departamento de Chimaltenango, Guatemala. Guatemala, Don Quijote. 753 p.
21. Motta, F. 1999. Estudio de la erosión hídrica del suelo microcuenca del río Itzapa. Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala. Facultad de Agronomía. 98 p.
22. Núñez, J. 2001. Manejo y conservación de suelos. Costa Rica, Universidad Estatal a Distancia. 288 p.
23. Ortiz, V. 1982. Estudio experimental sobre la conservación del suelo, la erosión y el escurrimiento. México. Universidad Autónoma de Chapingo. 94 p.
24. Orozco, E. s.f. Hidrología. Guatemala, USAC, Facultad de ingeniería, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos. 108 p.
25. Paez, M; Rodríguez, O. 1989. El riesgo de erosión hídrica como criterio de diagnóstico en la evaluación de tierras. Revista Alcance (VE). no. 37:9-19.
26. Revolorio Q, A. 1993. Curso de conservación de suelos. Guatemala. USAC, Facultad de Agronomía. 27 p.
27. Ríos, M. s.f. Conservación de suelos. Mérida, Venezuela, CIAT. 45 p.
28. Sánchez, M. 1979. Determinación de escurrimiento superficial y erosión en el suelo del área del proyecto de conservación de suelos Michatoya. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 54 p.

29. Sheng, TC. 1979. Proyecto de clasificación de la capacidad de uso de la tierra orientado hacia su tratamiento. Kingston, Jamaica, PNUD / FAO. 13 p.
30. 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. 1000p.
31. Suarez De Castro, F. 1979. Conservación de suelos. 3 ed. San José, Costa Rica. IICA. 315 p.
32. Taboada, J. 2003. Dinámica de sedimentos en cuencas hidrográficas. Tesis Ing. Irrig. Montecillos, México, Universidad de Chapingo. 179 p.
33. Tobías, H. 2006. Guía para la descripción de suelos. 2 ed. Guatemala. USAC, Facultad de Agronomía. 78 p.
34. Tojin, S. 1987. Caracterización de los recursos naturales renovables de la cuenca del río Itzapa. EPSA Investigación Inferencial. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 49 p.
35. Wischmeier, W; Smith D; Uhland R. 1958. Evaluation of factors in the soil-loss equation. Agricultural enggeniring (US) 39(8):458-462. Citado por Motta, E. 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. APENDICE

2.10.1. Condición hidrológica

Cuadro 39A. Número de curva de escorrentía de otras tierras agrícolas¹

Descripción y tipo de cobertura	Condición hidrológica	Número de curva para grupos de suelos hidrológicos			
		A	B	C	D
Pastos, forraje para pastoreo ²	Mala	68	79	86	89
	Regular	49	69	79	84
	Buena	39	61	74	80
Prados continuos, protegidos de pastoreo, y generalmente segado para heno	--	30	58	71	78
Maleza mezclada con pasto de semilla, con la maleza como principal elemento ³	Mala	48	67	77	83
	Regular	35	56	70	77
	Buena	30 ⁴	48	65	73
Combinación de bosques y pastos (huertas o granjas con árboles) ⁵	Mala	57	73	82	86
	Regular	43	65	76	82
	Buena	32	58	72	79
Bosques ⁶	Mala	45	66	77	83
	Regular	36	60	73	79
	Buena	30	55	70	77
Predio de granjas, construcciones, veredas, caminos y lotes circundantes	--	59	74	82	86

¹Condición de humedad antecedente promedio AMC II e $I_a=0.2s$

²Mala: menos del 50% del suelo cubierto con pastoreo intensivo sin maleza

Regular: 50 a 75% del suelo cubierto y un pastoreo no muy intensivo.

Buena: Más del 75% del suelo cubierto y un pastoreo ocasional a ligero.

³Mala: Menos del 50% del suelo cubierto.

Regular: 50 a 75% del suelo cubierto.

Buena: más del 75% del suelo cubierto.

⁴Número de curva actual menor a 30. Emplear CN=30 para cálculos de escorrentía

⁵Los CNs mostrados se calcularon para áreas con 50% bosques y 50% cubiertas con pastos. Otras combinaciones pueden ser calculadas de CNs para bosques y pastos.

⁶Mala: Humus vegetal, pequeños árboles y maleza destruida por pastoreo intensivo, y quemas regulares.

Regular: bosques con pastoreo pero no quemados, suelos cubierto por humus vegetal.

Buena: bosques protegidos del pastoreo, y el suelo cubierto adecuadamente por humus vegetal.

Cuadro 40A. Números de curva de escorrentía correspondientes a tres condiciones de AMC

AMC II	AMC I	AMC III	AMC II	AMC I	AMC III
100	100	100	60	40	78
99	97	100	59	39	77
98	94	99	58	38	76
97	91	99	57	37	75
96	89	99	56	36	75
95	87	98	55	35	74
94	85	98	54	34	73
93	83	98	53	33	72
92	81	97	52	32	71
91	80	97	51	31	70
90	78	96	50	31	70
89	76	96	49	30	69
88	75	95	48	29	68
87	73	95	47	28	67
86	72	94	46	27	66
85	70	94	45	26	65
84	68	93	44	25	64
83	67	93	43	25	63
82	66	92	42	24	62
81	64	92	41	23	61
80	63	91	40	22	60
79	62	91	39	21	59
78	60	90	38	21	58
77	59	89	37	20	57
76	58	89	36	19	56
75	57	88	35	18	55
74	55	88	34	18	54
73	54	87	33	17	53
72	53	86	32	16	52
71	52	86	31	16	51
70	51	85	30	15	50
69	50	84			
68	48	84	25	12	43
67	47	83	20	9	37
66	46	82	15	6	30
65	45	82	10	4	22
64	44	81	5	2	13
63	43	80	0	0	0
62	42	79			
61	41	78			

2.10.2. Tablas para factor P y C

Cuadro 41A. Factor de método de control de la erosión, *P*

Pendiente del terreno, porcentaje	Cultivo en contorno	Cultivo en franjas de contorno y surcos irrigados	Terráceo
1-2	0.60	0.30	0.12
3-8	0.50	0.25	0.10
9-12	0.60	0.30	0.12
13-16	0.70	0.35	0.14
17-20	0.80	0.40	0.16
21-25	0.90	0.45	0.18

Cuadro 42A. Factor C en terrenos cultivados o no.

Tipo de cubierta vegetal	C
Suelo desnudo	1
Bosque o matorral denso o cultivos con capa gruesa de materia orgánica	0.002 a 0,004
Pradera densa	0.01
Pradera poco densa o muy pastoreada	0.1
Bosque cobertura del 75 a 100%	0,003 a 0,011
Bosque cobertura del 45 al 70%	0,01 a 0,04
Bosque cobertura 25 al 40% con residuos vegetal superficial	0,41
Bosque cobertura 25 al 40% sin residuos vegetal superficial	0,84
Zonas de cultivo en general	0,4
Cultivos de desarrollo rápido (siembra temprana)	0,01 a 0,1
Cultivos de desarrollo lento (siembra tardía), primer año	0,3 a 0,8
Cultivos de desarrollo lento (siembra tardía), segundo año	0,01 a 0,1
Maíz	0,4 a 0,9
Arroz	0,1 a 0,2
Algodón, tabaco (Desarrollado)	0,5 a 0,7

2.10.3. Factor K

Cuadro 43A. Indicadores generales del factor K de erosibilidad del suelo

Clase de textura	Contenido de materia orgánica		
	0.5 por ciento	2 por ciento	4 por ciento
	K	K	K
Arena	0,05	0,03	0,02
Arena fina	0,16	0,14	0,10
Arena muy fina	0,42	0,36	0,28
Arena migajosa	0,12	0,10	0,08
Arena fina migajosa	0,24	0,20	0,16
Arena muy fina migajosa	0,44	0,38	0,30
Migajón arenoso	0,27	0,24	0,19
Migajón arenoso fino	0,35	0,30	0,24
Migajón arenoso muy fino	0,47	0,41	0,33
Migajón	0,38	0,34	0,29

Continuación Cuadro 43

Migajón limoso	0,48	0,42	0,33
Limo	0,60	0,52	0,42
Migajón arcilloso arenoso	0,27	0,25	0,21
Migajón arcilloso	0,28	0,25	0,21
Migajón arcilloso limoso	0,37	0,32	0,26
Arcilla arenosa	0,14	0,13	0,12
Arcilla limosa	0,25	0,23	0,19
Arcilla		0,13- 0,29	

Cuadro 45A. Cálculo para el factor K

No. UM	Permeabilidad	%M.O.	Estructura	% Arena	% Limo	% Arcilla	Limo + arcilla	Factor K
1	Moderado	4.2	Granular	96.87	2	1.13	3.13	0.02
2	Excesivo	2.24	Grano suelto (Sin estructura)	85.03	11.18	3.79	14.97	0.1
3	Bueno (Bien)	3.46	Grano suelto (Sin estructura)	86.25	10.54	3.2	13.74	0.1
4	Excesivo	6.01	Bloques subangulares	88.69	8.19	3.12	11.31	0.02
5	Excesivo	6.01	Bloques subangulares	88.69	8.19	3.12	11.31	0.02
6	Excesivo	1.35	Bloques subangulares	92.36	6.51	1.13	7.64	0.05
7	Excesivo	1.35	Bloques subangulares	92.36	6.51	1.13	7.64	0.05
8	Bueno (Bien)	1.66	Granular	86.89	10.06	3.06	13.12	0.12
9	Bueno (Bien)	2.47	Granular	78.08	16.31	5.61	21.92	0.1
10	Excesivo	6.01	Bloques subangulares	88.69	8.19	3.12	11.31	0.02
11	Bueno (Bien)	1.66	Granular	86.89	10.06	3.06	13.12	0.05
12	Excesivo	6.01	Bloques subangulares	88.69	8.19	3.12	11.31	0.02
13	Bueno (Bien)	4.75	Bloques subangulares	63.01	17.48	19.51	36.99	0.19
14	Bueno (Bien)	1.66	Granular	86.89	10.06	3.06	13.12	0.12
15	Bueno (Bien)	1.66	Granular	86.89	10.06	3.06	13.12	0.12
16	Excesivo	6.01	Bloques subangulares	88.69	8.19	3.12	11.31	0.02
17	Excesivo	1.35	Bloques subangulares	92.36	6.51	1.13	7.64	0.05
18	Bueno (Bien)	1.66	Granular	86.89	10.06	3.06	13.12	0.12
19	Bueno (Bien)	1.66	Granular	86.89	10.06	3.06	13.12	0.12
20	Bueno (Bien)	5.89	Bloques subangulares	46.32	28.91	24.77	53.68	0.29
21	Moderado	1.3	Bloques subangulares	81.91	6.54	11.55	18.09	0.12
22	Moderado	2	Bloques subangulares	69.54	20.27	10.18	30.45	0.24
23	Bueno (Bien)	0.75	Bloques subangulares	46.32	28.91	24.77	53.68	0.38
24	Bueno (Bien)	1.66	Granular	86.89	10.06	3.06	13.12	0.12
25	Bueno (Bien)	1.66	Granular	86.89	10.06	3.06	13.12	0.12
26	Centro poblado							

Continuación Cuadro 45A

No. UM	Permeabilidad	%M.O.	Estructura	% Arena	% Limo	% Arcilla	Limo + arcilla	Factor K
27	Bueno (Bien)	1.66	Granular	86.89	10.06	3.06	13.12	0.12
28	Bueno (Bien)	4.75	Bloques subangulares	63.01	17.48	19.51	36.99	0.19
29	Bueno (Bien)	4.75	Bloques subangulares	63.01	17.48	19.51	36.99	0.19
30	Bueno (Bien)	5.89	Bloques subangulares	49.62	19.68	30.7	50.38	0.21
31	Bueno (Bien)	0.75	Bloques subangulares	46.32	28.91	24.77	53.68	0.38
32	Bueno (Bien)	5.89	Bloques subangulares	49.62	19.68	30.7	50.38	0.21
33	Bueno (Bien)	5.89	Bloques subangulares	49.62	19.68	30.7	50.38	0.21
34	Moderado	3.71	Bloques subangulares	3.51	42.24	54.25	96.49	0.23
35	Moderado	3.71	Bloques subangulares	3.51	42.24	54.25	96.49	0.23
36	Bueno (Bien)	3.46	Grano suelto (Sin estructura)	86.25	10.54	3.2	13.74	0.24
37	Bueno (Bien)	3.46	Grano suelto (Sin estructura)	86.25	10.54	3.2	13.74	0.24
38	Excesivo	1.25	Bloques subangulares	66.84	30.31	2.85	33.16	0.27
39	Bueno (Bien)	3.46	Grano suelto (Sin estructura)	86.25	10.54	3.2	13.74	0.1
40	Excesivo	1.25	Bloques subangulares	66.84	30.31	2.85	33.16	0.27
41	Excesivo	0.51	Grano suelto (Sin estructura)	95.04	4.01	0.95	4.96	0.05
42	Excesivo	1.35	Bloques subangulares	92.36	6.51	1.13	7.64	0.05
43	Bueno (Bien)	3.23	Bloques subangulares	59.42	22.91	17.66	40.57	0.24
44	Excesivo	1.25	Bloques subangulares	66.84	30.31	2.85	33.16	0.27
45	Bueno (Bien)	1.66	Granular	86.89	10.06	3.06	13.12	0.12
46	Bueno (Bien)	4.75	Bloques subangulares	63.01	17.48	19.51	36.99	0.19
47	Excesivo	6.01	Bloques subangulares	88.69	8.19	3.12	11.31	0.02

2.10.4. Uso de la tierra

Cuadro 44A. Uso actual de la tierra por unidad de muestreo

UM	Área Km	Área Ha	Uso actual
1	0.09	9	Bosque latifoliado
2	1.32	132	Bosque latifoliado
3	0.1	10	Cultivos permanentes arbustivos
4	0.9	90	Agricultura con cultivos anuales
5	0.15	15	Bosque mixto
6	0.09	9	Agricultura con cultivos anuales
7	0.41	41	Bosque mixto
8	0.5	50	Agricultura con cultivos anuales
9	0.19	19	Agricultura con cultivos anuales

Continuación Cuadro 44A

UM	Área Km	Área Ha	Uso actual
10	1.45	145	Agricultura con cultivos anuales
11	0.32	32	Agricultura con cultivos anuales
12	0.35	35	Bosque mixto
13	0.24	24	Cultivos permanentes arbustivos
14	0.21	21	Agricultura con cultivos anuales
15	0.12	12	Agricultura con cultivos anuales
16	0.1	10	Agricultura con cultivos anuales
17	0.62	62	Bosque mixto
18	1.04	104	Cultivos permanentes arbustivos
19	1.51	151	Cultivos permanentes arbustivos
20	0.21	21	Cultivos permanentes arbustivos
21	1.12	112	Cultivos permanentes arbustivos
22	0.25	25	Bosque mixto
23	0.58	58	Cultivos permanentes arbustivos
24	0.8	80	Cultivos permanentes arbustivos
25	3.61	361	Cultivos permanentes arbustivos
26		0	Poblado
27	0.12	12	Bosque mixto
28	3.3	330	Cultivos permanentes arbustivos
29	0.2	20	Cultivos permanentes arbustivos
30	0.16	16	Agricultura con cultivos anuales
31	0.76	76	Cultivos permanentes arbustivos
32	8.47	847	Cultivos permanentes arbustivos
33	0.98	98	Cultivos permanentes arbustivos
34	1.6	160	Bosque mixto
35	8.6	860	Bosque mixto
36	0.13	13	Cultivos permanentes arbustivos
37	0.37	37	Bosque mixto
38	0.19	19	Cultivos permanentes arbustivos
39	2.74	274	Cultivos permanentes arbustivos
40	0.42	42	Bosque mixto
41	0.73	73	Matorrales
42	0.35	35	Bosque mixto
43	3.28	328	Bosque mixto
44	0.09	9	Cultivos permanentes arbustivos
45	0.13	13	Cultivos permanentes arbustivos
46	0.32	32	Cultivos permanentes arbustivos
47	1.16	116	Agricultura con cultivos anuales

2.10.5. Cálculo para precipitación

Cuadro 46A. Cálculos para determinar el valor de la precipitación por unidad de muestreo

UM	ELEVACION MEDIA (m)	Elevación Est. Sta. Margarita msnm	Elevación Est. El Recuerdo msnm	Dif elev. (Sta. Margarita - UF) m	Dif elev. (El recuerdo - UF) m	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
						mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1	2854	1100	2240		614	7.087	4.64	0	0	43.815	160.211	161.705	135.021	216.727	71.333	11.97	3.586	816.096
2	2085	1100	2240		585	7.13	4.893	0	0	47.507	164.594	162.758	137.334	220.377	73.868	12.822	3.794	835.078
3	2001	1100	2240		501	7.255	5.626	0	0	58.204	177.288	165.808	144.035	230.948	81.21	15.288	4.398	890.062
4	2090	1100	2240		590	7.123	4.849	0	0	46.871	163.838	162.577	136.936	219.748	73.431	12.675	3.758	831.805
5	2012	1100	2240		512	7.239	5.53	0	0	56.803	175.626	165.409	143.158	229.564	80.248	14.965	4.319	882.861
6	1915	1100	2240		415	7.383	6.377	0.787	0	69.155	190.285	168.931	150.895	241.772	88.727	17.814	5.016	947.141
7	2115	1100	2240		615	7.086	4.631	0	0	43.687	160.06	161.669	134.941	216.601	71.246	11.941	3.579	815.441
8	1528	1100	2240		28	7.958	9.756	18.704	33.272	118.435	248.769	182.983	181.766	290.476	122.553	29.178	7.799	1251.648
9	1989	1100	2240		489	7.273	5.731	0	0	59.732	179.102	166.244	144.992	232.459	82.259	15.641	4.484	897.916
10	1500	1100	2240	0		9.1	16.46	54.26	108.1	216.23	364.83	210.87	243.03	387.13	189.68	51.73	13.32	1864.74
11	1839	1100	2240		339	7.496	7.041	4.305	2.97	78.832	201.77	171.691	156.958	251.336	95.37	20.045	5.563	1003.377
12	1756	1100	2240		256	7.619	7.765	8.148	11.057	89.402	214.313	174.704	163.579	261.782	102.624	22.483	6.16	1069.636
13	1956	1100	2240		456	7.322	6.019	0	0	63.934	184.089	167.442	147.625	236.612	85.143	16.61	4.722	919.517
14	1974	1100	2240		474	7.295	5.862	0	0	61.642	181.368	166.789	146.189	234.346	83.57	16.081	4.592	907.735
15	1540	1100	2240		40	7.941	9.651	18.148	32.103	116.906	246.955	182.548	180.809	288.966	121.504	28.825	7.712	1242.068
16	1587	1100	2240		87	7.871	9.241	15.972	27.523	110.922	239.852	180.841	177.06	283.051	117.396	27.445	7.375	1204.548
17	1373	1100	2240	273		9.703	13.456	54.495	103.941	250.764	391.554	237.899	272.23	459.161	226.929	50.228	18.933	2089.295
18	1537	1100	2240		37	7.945	9.677	18.287	32.395	117.289	247.409	182.657	181.049	289.344	121.766	28.914	7.734	1244.463
19	1691	1100	2240		191	7.716	8.333	11.157	17.39	97.678	224.136	177.065	168.764	269.962	108.306	24.391	6.627	1121.525
20	1663	1100	2240		163	7.758	8.577	12.454	20.119	101.244	228.367	178.081	170.997	273.486	110.753	25.214	6.828	1143.878
21	1304	1100	2240	204		10.031	11.825	54.623	101.681	269.527	406.073	252.584	288.095	498.296	247.167	49.412	21.983	2211.297
22	1568	1100	2240		68	7.899	9.406	16.852	29.375	113.341	242.724	181.531	178.576	285.442	119.056	28.003	7.511	1219.716
23	1593	1100	2240		93	7.862	9.188	15.694	26.939	110.158	238.946	180.623	176.581	282.296	116.871	27.269	7.331	1199.758
24	1622	1100	2240		122	7.819	8.935	14.352	24.113	106.465	234.563	179.57	174.268	278.646	114.337	26.417	7.123	1176.608

Continuación Cuadro 46A

UM	ELEVACION MEDIA (m)	Elevacion Est. Sta. Margarita msnm	Elevacion Est. El Recuerdo msnm	Dif elev. (Sta. Margarita - UF) m	Dif elev. (El recuerdo - UF) m	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
						mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
25	1822	1100	2240		322	7.521	7.189	5.092	4.627	80.997	204.339	172.308	158.314	253.476	96.855	20.545	5.685	1016.948
26	1450	1100	2240	350		9.338	15.278	54.353	106.463	229.826	375.351	221.511	254.526	415.489	204.345	51.139	15.53	1953.148
27	1340	1100	2240	240		9.86	12.676	54.556	102.86	259.738	398.498	244.922	279.818	477.878	236.608	49.838	20.392	2147.644
28	1216	1100	2240	116		10.449	9.743	54.785	98.799	293.457	424.591	271.312	308.329	548.208	272.977	48.372	25.873	2366.895
29	1482	1100	2240	382		9.186	16.034	54.293	107.511	221.125	368.618	214.701	247.169	397.339	194.959	51.517	14.116	1896.567
30	3679	1100	2240		1439	6.93	3.719	0	0	30.38	144.268	157.874	126.605	203.45	62.112	8.872	2.827	747.039
31	1557	1100	2240		57	7.915	9.502	17.361	30.446	114.742	244.386	181.93	179.453	286.826	120.018	28.326	7.59	1228.497
32	1614	1100	2240		114	7.831	9.005	14.722	24.893	107.483	235.772	179.861	174.906	279.653	115.036	26.652	7.18	1182.994
33	1719	1100	2240		219	7.674	8.088	9.861	14.662	94.113	219.904	176.048	166.53	266.439	105.858	23.569	6.426	1099.173
34	1582	1100	2240		82	7.878	9.284	16.204	28.011	111.558	240.608	181.023	177.459	283.68	117.833	27.592	7.41	1208.54
35	2037	1100	2240		537	7.202	5.312	0	0	53.62	171.848	164.501	141.163	226.418	78.063	14.231	4.139	866.497
36	1558	1100	2240		58	7.914	9.494	17.315	30.349	114.614	244.235	181.894	179.373	286.701	119.93	28.297	7.583	1227.699
37	1501	1100	2240		1	7.999	9.991	19.954	35.903	121.873	252.849	183.964	183.92	293.874	124.913	29.971	7.993	1273.202
38	1213	1100	2240	113		10.463	9.672	54.791	98.701	294.272	425.222	271.951	309.018	549.909	273.857	48.336	26.005	2372.199
39	1895	1100	2240		395	7.413	6.552	1.713	0	71.702	193.307	169.657	152.491	244.289	90.475	18.401	5.16	961.158
40	1808	1100	2240		308	7.542	7.311	5.74	5.991	82.78	206.455	172.816	159.431	255.238	98.079	20.956	5.786	1028.124
41	2565	1100	2240		325	7.517	7.163	4.953	4.334	80.615	203.885	172.199	158.075	253.098	96.593	0	5.664	994.097
42	1412	1100	2240	312		9.518	14.379	54.423	105.218	240.159	383.347	229.599	263.263	437.041	215.49	50.689	17.21	2020.337
43	1240	1100	2240	140		10.335	10.311	54.741	99.585	286.931	419.541	266.205	302.811	534.596	265.938	48.656	24.812	2324.459
44	2060	1100	2240		560	7.168	5.111	0	0	50.691	168.372	163.666	139.329	223.523	76.053	13.556	3.974	851.442
45	2001	1100	2240		501	7.255	5.626	0	0	58.204	177.288	165.808	144.035	230.948	81.21	15.288	4.398	890.062
46	2183	1100	2240		683	6.985	4.038	0	0	35.028	149.784	159.2	129.517	208.044	65.302	9.944	3.09	770.93
47	1538	1100	2240		38	7.944	9.668	18.241	32.298	117.161	247.257	182.62	180.969	289.218	121.679	28.884	7.727	1243.665

2.10.6. Cálculo de intensidad

Cuadro 47A. Cálculo para la intensidad en cada unidad de muestreo

UM	CAMANTULUL				ICTA ALAMEDA				Media
	L	S	TC	I mm/h	L	S	TC	I mm/h	
1	1907.12	0.13	5.75	143.57	1907.12	0.13	5.75	100.56	122.07
2	2401.49	0.35	4.64	146.68	2401.49	0.35	4.64	104.65	125.67
3	646.21	0.23	2.00	154.57	646.21	0.23	2.00	115.65	135.11
4	853.28	0.70	1.61	155.80	853.28	0.70	1.61	117.44	136.62
5	2539.78	0.07	9.10	134.74	2539.78	0.07	9.10	89.65	112.20
6	451.24	0.48	1.14	157.29	451.24	0.48	1.14	119.66	138.47
7	2481.17	0.28	5.20	145.09	2481.17	0.28	5.20	102.54	123.81
8	753.29	0.31	2.00	154.58	753.29	0.31	2.00	115.66	135.12
9	1073.83	0.07	4.70	146.52	1073.83	0.07	4.70	104.44	125.48
10	1249.41	0.48	2.51	153.01	1249.41	0.48	2.51	113.40	133.21
11	571.18	0.15	2.12	154.22	571.18	0.15	2.12	115.14	134.68
12	321.01	0.50	0.87	158.18	321.01	0.50	0.87	121.00	139.59
13	504.23	0.32	1.45	156.30	504.23	0.32	1.45	118.19	137.24
14	3236.69	0.03	14.22	122.84	3236.69	0.03	14.22	76.44	99.64
15	1065.31	0.05	5.16	145.22	1065.31	0.05	5.16	102.71	123.96
16	2844.19	0.03	12.96	125.62	2844.19	0.03	12.96	79.38	102.50
17	483.73	1.50	0.78	158.46	483.73	1.50	0.78	121.43	139.95
18	602.99	0.27	1.79	155.25	602.99	0.27	1.79	116.64	135.95
19	3250.84	0.09	9.88	132.82	3250.84	0.09	9.88	87.41	110.12
20	4555.9	0.03	20.72	110.02	4555.9	0.03	20.72	63.85	86.94
21	3397.45	0.10	9.78	133.05	3397.45	0.10	9.78	87.68	110.37
22	765.14	0.29	2.07	154.36	765.14	0.29	2.07	115.34	134.85
23	1189.83	0.15	3.75	149.28	1189.83	0.15	3.75	108.17	128.73
24	3561.1	0.11	9.70	133.25	3561.1	0.11	9.70	87.91	110.58

Continuación Cuadro 47A

UM	CAMANTULUL				ICTA ALAMEDA				Media
	L	S	TC	I mm/h	L	S	TC	I mm/h	
25	892.21	0.71	1.66	155.65	892.21	0.71	1.66	117.22	136.43
26	783.02	0.12	2.95	151.66	783.02	0.12	2.95	111.48	131.57
27	574.91	0.12	2.31	153.61	574.91	0.12	2.31	114.25	133.93
28	2400.46	0.28	5.05	145.51	2400.46	0.28	5.05	103.09	124.30
29	1829.07	0.17	4.98	145.73	1829.07	0.17	4.98	103.38	124.55
30	1227.52	0.13	4.06	148.35	1227.52	0.13	4.06	106.90	127.63
31	4500.62	0.06	15.05	121.08	4500.62	0.06	15.05	74.61	97.84
32	573.7	1.12	1.00	157.77	573.7	1.12	1.00	120.38	139.07
33	1102.47	0.36	2.52	152.97	1102.47	0.36	2.52	113.34	133.15
34	1120.08	0.52	2.24	153.85	1120.08	0.52	2.24	114.60	134.22
35	3299.52	0.29	6.38	141.83	3299.52	0.29	6.38	98.33	120.08
36	690.16	0.26	2.00	154.57	690.16	0.26	2.00	115.65	135.11
37	141.5	1.87	0.28	160.10	141.5	1.87	0.28	123.94	142.02
38	265.8	1.12	0.55	159.21	265.8	1.12	0.55	122.57	140.89
39	978.22	0.47	2.08	154.33	978.22	0.47	2.08	115.29	134.81
40	1404.32	0.12	4.66	146.64	1404.32	0.12	4.66	104.59	125.62
41	509.33	1.39	0.84	158.28	509.33	1.39	0.84	121.16	139.72
42	1491.04	0.38	3.12	151.17	1491.04	0.38	3.12	110.78	130.98
43	846.93	0.76	1.55	155.99	846.93	0.76	1.55	117.72	136.85
44	1441.95	0.06	6.19	142.35	1441.95	0.06	6.19	98.99	120.67
45	2778.92	0.03	12.52	126.61	2778.92	0.03	12.52	80.45	103.53
46	2717.36	0.05	10.92	130.32	2717.36	0.05	10.92	84.56	107.44
47	1824.82	0.40	3.59	149.75	1824.82	0.40	3.59	108.81	129.28

2.10.7. Cuantificación de la pérdida por erosión hídrica según MUSLE

Cuadro 48A. Cuadro resumen de la cuantificación de pérdida de suelo por erosión hídrica en el escenario actual.

UM	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año
1	0.001482	0.001100	0.000000	0.000118	0.187606	0.397488	0.351401	0.329522	0.462569	0.220835	0.000000	0.000095
2	0.002123	0.000058	0.000000	0.000000	0.204469	0.689701	0.694554	0.604261	0.860135	0.345960	0.019584	0.001518
3	0.000104	0.000836	0.402399	0.908378	2.590450	3.422548	2.431749	2.692131	4.103755	2.445541	0.325746	0.081569
4	0.004814	0.011638	0.000000	0.000000	0.033291	0.206082	0.203658	0.169034	0.275394	0.073999	0.000061	0.017677
5	0.000134	0.000009	0.000000	0.000000	0.015227	0.040247	0.038290	0.034389	0.048660	0.021172	0.001979	0.000010
6	0.004238	0.010216	0.000000	0.000000	0.026411	0.169983	0.168593	0.139468	0.228018	0.060317	0.000090	0.015393
7	0.000153	0.000008	0.000000	0.000000	0.017145	0.046182	0.044164	0.039548	0.055990	0.024195	0.002176	0.000016
8	0.002496	0.002844	0.006275	0.005579	0.111274	0.306702	0.259254	0.239322	0.369844	0.138838	0.004559	0.006144
9	0.013099	0.019700	0.236071	0.000000	0.188633	0.683139	0.604867	0.535868	0.858479	0.276134	0.001631	0.033069
10	0.006025	0.015785	0.000000	0.000000	0.034085	0.245761	0.248387	0.203499	0.332814	0.085839	0.000275	0.023607
11	0.003919	0.001537	0.001165	0.016274	0.166285	0.360546	0.269195	0.267388	0.413006	0.173306	0.010813	0.004214
12	0.000086	0.000008	0.000000	0.000000	0.009926	0.025723	0.024337	0.021927	0.031008	0.013591	0.001321	0.000005
13	0.001281	0.008455	0.259614	0.661772	1.315015	2.003853	1.286512	1.452898	2.094404	1.170486	0.239885	0.001486
14	0.003202	0.003874	0.011062	0.018534	0.059510	0.185636	0.157777	0.143462	0.228058	0.078334	0.001112	0.006908
15	0.010556	0.009909	0.008352	0.001544	0.248789	0.683791	0.558312	0.521138	0.821977	0.300429	0.007641	0.019112
16	0.000645	0.001086	0.000000	0.000000	0.007929	0.031702	0.028751	0.025094	0.040380	0.012484	0.000033	0.001771
17	0.000137	0.000018	0.000000	0.000000	0.015976	0.040442	0.038004	0.034375	0.048576	0.021482	0.002189	0.000004
18	0.008265	0.019359	0.105125	0.272300	1.072252	1.878170	1.515060	1.504450	2.090202	1.106667	0.233055	0.007075
19	0.004610	0.009569	0.046972	0.126964	0.599588	1.075146	0.878896	0.865316	1.204055	0.628483	0.126413	0.003189
20	0.018101	0.058453	9.126382	22.083210	52.058986	73.726037	49.814848	55.685671	82.752103	47.856286	7.965743	0.602522
21	0.056173	0.132207	0.720401	1.862899	7.286779	12.751515	10.280565	10.212210	14.187393	7.515981	1.585748	0.048489
22	0.000174	0.000793	0.063936	0.157242	0.352532	0.509562	0.339359	0.380437	0.560783	0.321315	0.056804	0.002659
23	0.052042	0.006891	0.186626	1.203334	9.192161	18.699838	14.338316	14.221843	21.243111	9.574767	0.907716	0.061638
24	0.003390	0.002011	0.000003	0.007885	0.404404	0.932799	0.755522	0.722198	1.089580	0.456062	0.030316	0.007181
25	0.005925	0.002866	0.000684	0.027712	0.761825	1.711519	1.371495	1.320350	1.988192	0.844567	0.060590	0.011423

Continuación Cuadro 48A

UM	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año
26	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
27	0.007716	0.000568	0.042431	0.235304	1.485702	2.951733	2.237380	2.236894	3.334058	1.525527	0.154308	0.007753
28	0.001639	0.001004	1.633925	3.839116	9.851644	13.505871	9.340710	10.394297	15.637912	9.173967	1.381254	0.194248
29	0.019448	0.034389	0.424444	0.000000	1.242076	3.744291	3.318964	2.994249	4.588447	1.684991	0.047653	0.074616
30	2.527413	1.182421	0.259874	6.941343	98.867452	221.333844	167.613627	164.845509	255.380285	105.041596	5.889203	3.004876
31	0.023693	0.006166	0.033871	0.318899	3.646496	7.725769	6.036411	5.910904	8.859875	3.894801	0.329900	0.035359
32	0.369484	0.215248	0.000384	0.459205	12.875539	30.241480	23.368879	22.664050	35.258930	14.089129	0.669420	0.500439
33	0.732883	0.845746	1.943606	2.318459	15.339523	46.157935	38.932887	35.616281	56.382579	19.756967	0.346559	1.549290
34	0.001793	0.005938	0.000000	0.000000	0.056566	0.255725	0.248905	0.212266	0.330249	0.104499	0.000444	0.010424
35	0.004897	0.013146	0.000000	0.000000	0.205614	0.778818	0.731204	0.636964	0.985348	0.330763	0.003712	0.024610
36	0.000513	0.002873	0.143356	0.358114	0.763154	1.127141	0.739414	0.831414	1.214716	0.689073	0.129559	0.003221
37	0.000062	0.000121	0.042512	0.101441	0.249186	0.347268	0.237350	0.264728	0.395841	0.230561	0.036546	0.003823
38	0.219124	0.217398	4.661225	8.309140	18.457765	23.666747	17.544424	19.135915	27.566919	17.532458	4.088064	1.637751
39	0.000760	0.005084	2.782862	6.290500	17.878269	23.647666	16.787944	18.588444	28.324387	16.871365	2.256022	0.555859
40	0.002302	0.011669	0.074913	0.143857	0.250187	0.353127	0.245028	0.270385	0.370645	0.228679	0.070706	0.008686
41	0.000029	0.000343	0.000000	0.000000	0.010036	0.057745	0.062099	0.051792	0.075497	0.026001	0.000292	0.000869
42	0.000020	0.000006	0.000000	0.000000	0.001629	0.006932	0.007263	0.006185	0.008840	0.003354	0.000115	0.000035
43	0.001332	0.000230	0.003599	0.025857	0.224047	0.462185	0.356729	0.352236	0.526778	0.235375	0.021472	0.001718
44	0.059661	0.114605	0.518722	1.441220	7.764227	14.126438	11.639776	11.402139	15.879997	8.217887	1.606482	0.035844
45	0.003730	0.002665	0.000281	0.002795	0.412040	0.977684	0.800684	0.759809	1.148581	0.473399	0.028960	0.008649
46	0.022403	0.005189	0.039770	0.340108	3.543942	7.445818	5.795661	5.689792	8.522509	3.765533	0.326499	0.032017
47	1.533308	3.211828	0.000000	0.000000	12.993212	66.807823	63.813632	53.972772	87.663891	24.800823	0.000005	4.980353
TOTAL	5.735381	6.195867	23.780838	58.479100	283.078856	586.546151	456.560835	449.202824	688.844767	302.443816	28.972653	13.627215

Cuadro 49A. Cuadro resumen de la cuantificación de pérdida de suelo por erosión hídrica en el escenario ideal.

UM	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año
1	0.001482	0.001100	0.000000	0.000118	0.187606	0.397488	0.351401	0.329522	0.462569	0.220835	0.000000	0.000095
2	0.002123	0.000058	0.000000	0.000000	0.204469	0.689701	0.694554	0.604261	0.860135	0.345960	0.019584	0.001518
3	0.019865	0.013765	0.660489	1.218019	2.884299	3.691556	2.730174	2.982984	4.353392	2.743574	0.567388	0.226439
4	0.003206	0.008921	0.000000	0.000000	0.038833	0.216546	0.214106	0.179165	0.286081	0.081875	0.000002	0.014181
5	0.000134	0.000009	0.000000	0.000000	0.015227	0.040247	0.038290	0.034389	0.048660	0.021172	0.001979	0.000010
6	0.002686	0.007586	0.000000	0.000000	0.031571	0.179916	0.178515	0.149079	0.238178	0.067746	0.000000	0.012018
7	0.000153	0.000008	0.000000	0.000000	0.017145	0.046182	0.044164	0.039548	0.055990	0.024195	0.002176	0.000016
8	0.002909	0.003287	0.006950	0.006212	0.108389	0.303160	0.255741	0.235838	0.366322	0.135736	0.004003	0.006811
9	0.008093	0.013299	0.202666	0.000000	0.213257	0.717916	0.639231	0.569643	0.893481	0.304551	0.004098	0.024342
10	0.004028	0.012244	0.000000	0.000000	0.040319	0.258563	0.261207	0.215892	0.345937	0.095297	0.000024	0.019086
11	0.002406	0.000693	0.002278	0.020475	0.177697	0.373048	0.281596	0.279782	0.425398	0.184833	0.014218	0.002633
12	0.000086	0.000008	0.000000	0.000000	0.009926	0.025723	0.024337	0.021927	0.031008	0.013591	0.001321	0.000005
13	0.006511	0.056878	0.427983	0.867218	1.517907	2.187326	1.490050	1.652369	2.275159	1.376370	0.404240	0.031512
14	0.001955	0.002474	0.008435	0.014911	0.066358	0.194588	0.166608	0.152182	0.237026	0.085869	0.002108	0.004929
15	0.006359	0.005871	0.004716	0.000351	0.274211	0.714975	0.589065	0.551636	0.853094	0.327428	0.012472	0.013110
16	0.000401	0.000752	0.000000	0.000000	0.009047	0.033366	0.030397	0.026708	0.042060	0.013820	0.000116	0.001324
17	0.000137	0.000018	0.000000	0.000000	0.015976	0.040442	0.038004	0.034375	0.048576	0.021482	0.002189	0.000004
18	0.002804	0.009768	0.078750	0.230407	1.017553	1.830087	1.463602	1.452897	2.044088	1.052136	0.193841	0.002171
19	0.001520	0.004538	0.033696	0.104759	0.567527	1.046854	0.848784	0.835083	1.176964	0.596542	0.104252	0.000804
20	0.319992	1.135272	15.016087	29.220446	58.986192	80.017239	56.801292	62.512421	88.777171	54.892080	13.613743	2.763354
21	0.019082	0.066868	0.540493	1.577733	6.915779	12.425439	9.931519	9.862554	13.874648	7.146110	1.319379	0.014985
22	0.004113	0.014132	0.116845	0.219746	0.412347	0.563459	0.399629	0.439247	0.612765	0.382182	0.108023	0.021116
23	0.032627	0.114674	0.928099	2.706067	11.817706	21.221813	16.957543	16.842923	23.693762	12.207286	2.256219	0.025801
24	0.001370	0.002554	0.011676	0.044750	0.543743	1.071646	0.897906	0.865020	1.224275	0.597371	0.090904	0.000163
25	0.002598	0.005624	0.031457	0.112154	1.014791	1.961562	1.628483	1.578039	2.230816	1.100337	0.174384	0.000535
26	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
27	0.015402	0.039423	0.226705	0.569343	1.991696	3.427077	2.735422	2.734949	3.795168	2.031884	0.443111	0.015346

Continuación Cuadro 49A

UM	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año
28	0.067009	0.131587	2.685568	5.108267	11.071484	14.617291	10.574692	11.598586	16.687365	10.412432	2.379602	0.674505
29	0.004189	0.000564	0.143131	0.000000	1.834260	4.390524	3.971853	3.649947	5.215162	2.313530	0.233443	0.001739
30	1.562072	0.578998	0.695353	9.103818	105.931395	229.186601	175.392072	172.611805	263.169580	112.215815	7.876141	1.933294
31	0.012695	0.037082	0.271496	0.851490	4.756910	8.804554	7.151546	7.027917	9.907417	5.011315	0.869556	0.006348
32	0.051993	0.135615	0.912720	2.998997	19.823817	37.326555	30.588426	29.888405	42.182234	21.121611	3.536055	0.019068
33	0.062566	0.037387	0.026781	0.072731	26.603812	58.626321	51.490700	48.171817	68.580708	31.596844	3.801825	0.002298
34	0.001017	0.000002	0.000000	0.000000	0.107569	0.318057	0.311366	0.275158	0.390522	0.163465	0.012165	0.000305
35	0.003190	0.000224	0.000000	0.000000	0.362780	0.958868	0.912261	0.819309	1.159307	0.504423	0.047139	0.000248
36	0.004136	0.025804	0.236147	0.471042	0.873939	1.227459	0.850778	0.940413	1.312419	0.801572	0.219517	0.026959
37	0.003105	0.006787	0.077590	0.142744	0.288236	0.382592	0.276828	0.303201	0.429381	0.270277	0.070189	0.019489
38	0.119817	0.118583	4.201304	7.820102	18.047803	23.301425	17.126026	18.732123	27.230396	17.113948	3.642757	1.325179
39	0.136587	0.098739	4.567935	8.432561	19.911918	25.509093	18.852999	20.601182	30.052725	18.934055	3.928113	1.552111
40	0.002302	0.011669	0.074913	0.143857	0.250187	0.353127	0.245028	0.270385	0.370645	0.228679	0.070706	0.008686
41	0.000020	0.000975	0.000000	0.000000	0.007353	0.053504	0.057889	0.047525	0.071427	0.022091	0.000026	0.001822
42	0.000020	0.000006	0.000000	0.000000	0.001629	0.006932	0.007263	0.006185	0.008840	0.003354	0.000115	0.000035
43	0.002351	0.005281	0.027781	0.073025	0.305329	0.539229	0.437045	0.432661	0.601443	0.316835	0.065657	0.001871
44	0.019336	0.052106	0.360005	1.166913	7.337225	13.748646	11.238967	10.999233	15.518579	7.792553	1.317841	0.007775
45	0.001388	0.002178	0.007270	0.030666	0.559577	1.126010	0.952453	0.912093	1.292445	0.623556	0.090847	0.000075
46	0.012383	0.037631	0.282515	0.872092	4.609274	8.478341	6.863952	6.759688	9.525257	4.836017	0.850118	0.006860
47	0.964598	2.325758	0.000000	0.000000	15.186745	70.543989	67.528797	57.589420	91.463001	27.681321	0.039663	3.825881
TOTAL	3.492812	5.126799	32.867832	74.201015	326.950812	633.175038	504.522566	496.819485	734.421573	348.033955	48.391245	12.616853

Cuadro 50A. Cuadro resumen de la cuantificación de pérdida de suelo por erosión hídrica en el escenario sin cobertura.

UM	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año
1	0.24654	0.41292	3.15736	4.76042	127.99650	319.58834	276.66842	256.37890	380.43263	157.28441	0.00000	9.56132
2	0.94374	8.08893	0.00000	0.00000	113.39920	537.64235	542.13886	458.83438	696.31744	228.35411	1.67206	19.80961
3	3.05793	5.72258	296.22032	729.54459	2248.56713	3011.19217	2103.42653	2341.63371	3636.26036	2116.03299	233.41371	13.96302
4	2.91452	8.11011	0.00000	0.00000	35.30296	196.86009	194.64161	162.87701	260.07353	74.43210	0.00143	2.56801
5	0.04084	0.21528	0.00000	0.00000	9.43293	31.80943	29.99266	26.38504	39.65859	14.47222	0.39277	1.07170
6	2.44197	6.89638	0.00000	0.00000	28.70089	163.56027	162.28615	135.52604	216.52567	61.58711	0.00011	2.14355
7	0.04826	0.26815	0.00000	0.00000	10.53241	36.45535	34.58197	30.31405	45.60445	16.48784	0.41103	1.23833
8	5.06952	5.55501	10.00874	9.13820	85.40541	258.69648	215.84833	197.94821	316.08414	109.12676	1.61109	1.14864
9	7.35741	12.08988	184.24152	0.00000	193.86957	652.65076	581.11947	517.85751	812.25506	276.86414	3.72548	7.38541
10	3.66171	11.13109	0.00000	0.00000	36.65405	235.05723	237.46132	196.26585	314.48786	86.63366	0.02144	3.15437
11	2.18710	0.62980	2.07124	18.61338	161.54260	339.13479	255.99656	254.34719	386.72563	168.03035	12.92556	3.00779
12	0.02527	0.12558	0.00000	0.00000	6.20287	20.35697	19.07000	16.84081	25.28882	9.32037	0.27582	0.67982
13	5.49226	2.07940	190.73875	536.61504	1124.28608	1754.06931	1098.35491	1249.93064	1837.09893	992.97998	174.50819	9.15225
14	1.77755	2.24938	7.66805	13.55562	60.32519	176.89809	151.46170	138.34772	215.47781	78.06292	1.91640	1.89414
15	5.78109	5.33694	4.28725	0.31864	249.28261	649.97745	535.51338	501.48683	775.54041	297.66224	11.33779	6.58280
16	0.36440	0.68387	0.00000	0.00000	8.22461	30.33263	27.63398	24.27983	38.23607	12.56318	0.10531	0.35432
17	0.03814	0.17565	0.00000	0.00000	10.08746	32.05777	29.79274	26.43508	39.64940	14.79042	0.48387	1.05900
18	0.12643	0.03646	7.87787	35.26818	218.30601	423.78443	330.53788	327.82286	478.37553	226.91541	28.10181	10.85821
19	0.08578	0.00237	2.81632	14.80008	120.85395	241.89775	191.51761	188.04420	275.08322	128.05618	14.70423	6.34252
20	35.22434	0.07894	1845.52384	4904.47219	12335.57313	17790.62166	11772.49086	13246.62335	20067.73117	11281.54872	1583.40035	87.85669
21	0.85202	0.26204	54.39985	242.18814	1484.15958	2877.55354	2243.00488	2225.51328	3247.24560	1541.50701	191.48588	73.65774
22	3.75417	0.21362	172.34055	466.22084	1111.36883	1638.31212	1067.33204	1204.77213	1810.58606	1007.08384	150.85387	8.22421
23	36.79813	13.03737	17.98857	208.80319	2066.19061	4428.03683	3337.04460	3308.03755	5067.15560	2159.69291	148.93375	31.91415
24	2.24134	1.62502	0.18761	0.65922	89.21422	219.74920	175.47929	167.19445	259.09154	101.71725	4.42738	1.73076
25	3.96358	2.56093	0.03266	3.23186	168.72270	403.60675	318.66748	305.94783	473.05495	188.78930	9.08934	3.12515
26	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
27	73.98422	21.35061	65.09415	567.16317	4468.57364	9329.45059	6946.11525	6944.50225	10610.84308	4598.58059	344.09521	65.96520

Continuación Cuadro 50A

UM	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año	ton/ha/año
28	4.91766	0.67000	330.56459	850.64822	2342.45106	3262.95848	2214.10307	2478.90175	3800.90548	2172.24776	273.55637	15.66954
29	11.89150	17.66909	140.26106	0.00000	263.34183	874.55589	768.64571	688.13307	1085.83189	368.46501	4.66311	7.91430
30	11.35652	6.50132	0.00912	10.53031	219.97877	521.60339	388.09713	381.25568	606.73715	234.88261	8.55987	0.83036
31	16.33469	7.70544	1.76088	50.14377	814.67810	1826.20497	1403.86954	1372.63118	2111.06811	875.16869	52.28208	13.57533
32	132.80960	84.73375	1.01624	76.23073	2994.88292	7295.63613	5583.28003	5408.22277	8550.21236	3291.70377	118.93029	21.38513
33	258.34832	292.23508	610.79480	717.11495	3497.20284	11082.87957	9285.99346	8463.66567	13635.09298	4566.47203	46.68945	37.16661
34	13.82369	33.50905	0.00000	0.00000	150.22306	789.23822	766.66207	645.85098	1037.18118	297.93008	0.01522	8.18939
35	38.48680	78.72345	0.00000	0.00000	561.46860	2412.06909	2254.28096	1943.23088	3100.02095	951.45086	2.11451	23.76048
36	0.71414	0.12200	28.97392	79.73184	180.02645	271.59688	174.07937	197.15040	293.68489	161.48604	25.85475	1.38593
37	1.94747	0.02542	114.64836	300.05695	788.61979	1117.95911	748.99984	840.70117	1281.36018	726.29275	96.69119	5.44672
38	1.53069	1.47250	777.19547	1638.25369	4221.82964	5562.30185	3986.64011	4396.46970	6563.24278	3983.55906	651.73749	96.34140
39	5.89059	10.34511	563.34401	1389.47486	4267.14082	5721.23605	3992.93054	4445.88811	6901.34454	4013.89976	444.62921	26.55939
40	0.00437	9.40190	166.04935	384.23050	744.25126	1097.54970	726.57528	813.51918	1157.62684	670.62719	153.69492	20.82982
41	3.66760	13.31436	0.00000	0.00000	8.81149	140.80393	155.18087	121.44739	200.26559	44.58827	1.42714	1.48778
42	0.35837	1.22960	0.00000	0.00000	1.57450	16.63876	17.74391	14.17408	23.11365	5.59696	0.06547	0.19505
43	12.44049	4.90239	3.98957	58.11843	670.07433	1458.34505	1106.69776	1091.78126	1674.73666	706.94611	46.43120	10.62568
44	1.23825	0.00001	25.87466	154.88269	1555.24153	3172.84549	2534.61970	2473.85692	3624.23218	1668.05714	182.68016	84.33455
45	2.43814	1.97361	0.65892	0.07642	90.51845	230.08292	185.89750	175.73865	272.95468	105.33761	4.10211	1.84409
46	15.52128	6.94040	2.49194	54.79570	792.75839	1760.65621	1348.07311	1321.71961	2031.12398	846.77608	52.12554	13.00732
47	2.41149	5.81440	0.00000	0.00000	37.96686	176.35997	168.82199	143.97355	228.65750	69.20330	0.09916	2.20351
TOTAL	734.60994	686.22718	5632.28757	13519.64180	50775.81583	94590.87403	70689.37045	71872.45870	110504.27715	51709.26712	5084.24311	767.20108

2.10.8. Metodología Soil Fertility Capability Classification (FCC)

Cuadro 51A. Metodología Soil Fertility Capability Classification (FCC)

UM	RESULTADOS				CODIFICACION			CODIFICACIÓN
	Calicata	0-20	20-50	Modificador	Tipo (0.2m)	Subtipo (0.5m)	Modificador	
1	41201	Arena	Arena franca	seco/mucha gravilla/75%	S	S	d(75)"	Sd(75)"
2	41213	Arena franca	Arena franca	minerales amorfos/55%/poca gravilla	S	S	x(55)'	Sx(55)'
3	41113	Arena	Arena	seco/minerales amorfos/75%/mucha gravilla	S	S	dx(75)"	Sdx(75)"
4	41113	Arena	Arena	seco/minerales amorfos/12%/mucha gravilla	S	S	dx(12)"	Sdx(12)"
5	41113	Arena	Arena	seco/minerales amorfos/75%/mucha gravilla	S	S	dx(75)"	Sdx(75)"
6	41113	Arena	Arena	seco/minerales amorfos/75%/mucha gravilla	S	S	dx(75)"	Sdx(75)"
7	41222	Arena	Arena franca	minerales amorfos/12%/mucha gravilla	S	S	x(12)"	Sx(12)"
8	41222	Arena	Arena franca	minerales amorfos/12%/mucha gravilla	S	S	x(12)"	Sx(12)"
9	41113	Arena	Arena	seco/minerales amorfos/12%/mucha gravilla	S	S	dx(12)"	Sdx(12)"
10	41213	Arena franca	Arena franca	minerales amorfos/12%/Poca gravilla	S	S	x(12)'	Sx(12)'
11	41113	Arena	Arena	seco/minerales amorfos/12%/mucha gravilla	S	S	dx(12)"	Sdx(12)"
12	41106	Franco arcillo arenosa	Franco	minerales amorfos/12%/Poca gravilla	L	L	x(12)'	Lx(12)'
13	41222	Arena	Arena franca	minerales amorfos/12%/mucha gravilla	S	S	x(12)"	Sx(12)"
14	41222	Arena	Arena franca	minerales amorfos/12%/mucha gravilla	S	S	x(12)"	Sx(12)"
15	41113	Arena	Arena	seco/minerales amorfos/12%/mucha gravilla	S	S	dx(12)"	Sdx(12)"
16	41113	Arena	Arena	seco/minerales amorfos/75%/mucha gravilla	S	S	dx(75)"	Sdx(75)"
17	41109	Franco arenosa	Franca	minerales amorfos/12%/poca gravilla	L	L	x(12)'	Lx(12)'
18	41109	Franco arenosa	Franca	minerales amorfos/12%/Poca gravilla	L	L	x(12)'	Lx(12)'
19	41115	Arena	Arena franca	minerales amorfos/12%/Poca gravilla	S	S	x(12)'	Sx(12)'
20	41106	Franco arcillo arenosa	Franco	minerales amorfos/55%/poca gravilla	L	L	x(55)'	Lx(55)'
21	41115	Arena	Arena franca	minerales amorfos/75%/poca gravilla	S	S	x(75)'	Sx(75)'
22	41115	Arena	Arena franca	minerales amorfos/12%/Poca gravilla	S	S	x(12)'	Sx(12)'
23	41105	Franco arenosa	Franca	minerales amorfos/poca gravilla/12%	L	L	x(12)'	Lx(12)'

Continuación Cuadro 51A

UM	RESULTADOS				CODIFICACION			CODIFICACIÓN
	Calicata	0-20	20-50	Modificador	Tipo (0.2m)	Subtipo (0.5m)	Modificador	
24	41105	Franco arenosa	Franca	minerales amorfos/poca gravilla/12%	L	L	x(12)'	Lx(12)'
25	41105	Franco arenosa	Franca	minerales amorfos/poca gravilla/12%	L	L	x(12)'	Lx(12)'
26	41106	Franco arcillo arenosa	Franco	minerales amorfos/55%/poca gravilla	L	L	x(55)'	Lx(55)'
27	41115	Arena	Arena franca	minerales amorfos/55%/poca gravilla	S	S	x(55)'	Sx(55)'
28	41115	Arena	Arena franca	minerales amorfos/55%/poca gravilla	S	S	x(55)'	Sx(55)'
29	41115	Arena	Arena franca	minerales amorfos/12%/Poca gravilla	S	S	x(12)'	Sx(12)'
30	41108	Franca	Franca	minerales amorfos/55%/poca gravilla	L	L	x(55)'	Lx(55)'
31	41115	Arena	Arena franca	minerales amorfos/75%/poca gravilla	S	S	x(75)'	Sx(75)'
32	41108	Franca	Franca	minerales amorfos/55%/poca gravilla	L	L	x(55)'	Lx(55)'
33	41108	Franca	Franca	minerales amorfos/75%/poca gravilla	L	L	x(75)'	Lx(75)'
34	41115	Arena	Arena franca	minerales amorfos/75%/poca gravilla	S	S	x(75)'	Sx(75)'
35	41109	Franco arenosa	Franca	minerales amorfos/75%/poca gravilla	L	L	x(75)'	Lx(75)'
36	41109	Franco arenosa	Franca	minerales amorfos/75%/poca gravilla	L	L	x(75)'	Lx(75)'
37	41213	Arena franca	Arena franca	minerales amorfos/55%/poca gravilla	S	S	x(55)'	Sx(55)'
38	41213	Arena franca	Arena franca	minerales amorfos/75%/Poca gravilla	S	S	x(75)'	Sx(75)'
39	41213	Arena franca	Arena franca	minerales amorfos/75%/Poca gravilla	S	S	x(75)'	Sx(75)'
40	41101	Arena	Arena	seco/baja CICE/k deficiente/mucha gravilla/75%	S	S	dek(75)"	Sdek(75)"
41	41113	Arena	Arena	seco/minerales amorfos/75%/mucha gravilla	S	S	dx(75)"	Sdx(75)"
42	41109	Franco arenosa	Franca	minerales amorfos/75%/Poca gravilla	L	L	x(75)'	Lx(75)'
43	41105	Franco arenosa	Franca	minerales amorfos/poca gravilla/12%	L	L	x(12)'	Lx(12)'
44	41105	Franco arenosa	Franca	minerales amorfos/poca gravilla/12%	L	L	x(12)'	Lx(12)'
45	41115	Arena	Arena franca	minerales amorfos/12%/Poca gravilla	S	S	x(12)'	Sx(12)'
46	41113	Arena	Arena	seco/minerales amorfos/12%/mucha gravilla	S	S	dx(12)"	Sdx(12)"
47	41109	Franco arenosa	Franca	minerales amorfos/75%/Poca gravilla	L	L	x(75)'	Lx(75)'

Descripción de la metodología Capacidad-Fertilidad

La metodología fue propuesta por Buol y colaboradores en 1975 y modificado por Sánchez *et al.* En 1982 y en una última versión en el 2003.

La clasificación por capacidad-fertilidad propone tres niveles: tipo, subtipo y Modificadores.

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

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

Modificadores: se 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.

“g” Esceso de agua

“d” Aridez

“e” Baja capacidad de cambio

“a” Aluminio en cantidades consideradas como tóxicas

“h” acidez

“v”	Características vérticas
“k”	deficiencia de potasio
“b”	Carbonatos libres
“s”	salinidad
“n”	sodio
“ ’ ”	pocas gravas y fragmentos gruesos
“ ‘ ”	muchas gravas y fragmentos gruesos
“ % “	Pendiente (se indica el valor directamente, entre paréntesis)

CAPITULO 3. Informe de servicios prestados a la Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo-UPGGR-MAGA- y a las comunidades de la microcuenca Río El Caracol, Acatenango, Chimaltenango, Guatemala C.A.

3.1. PRESENTACION

La unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo 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, proyecto que fue presentado al Banco Internacional 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 Publicas y el BID firmaron el 26 de junio del año dos mil uno el convenio No. ATN/SF-7443, con el objetivo de otorgar un monto de ciento cincuenta mil dólares estadounidenses (US\$ 150,000.00) por el 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 (PEND). La duración de esta fase se estimó en 12 meses contados a partir del 1 de septiembre del 2001. El laboratorio fue adscrito directamente al despacho del ministerio bajo la supervisión de la UPCEF y la administración de los fondos del mismo a fue asignada a CIPREDA.

La UPGGR tiene un convenio con la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala (FAUSAC), que consiste en contratar estudiantes como parte de su estudio profesional supervisado (EPS) para el apoyo en diversas actividades dentro del laboratorio o en el proyecto de taxonomía de suelos, convenio firmado en mes de enero del año 2007.

En la estadía de 10 meses dentro de la UPGGR, que exige el estudio profesional supervisado (EPS), se llevo a cabo los servicios, que están vinculados también en el área de estudio de campo, en la microcuenca del río el Caracol Acatenango, Chimaltenango.

3.2. OBJETIVOS

3.2.1. General

Apoyar con asistencia técnica en actividades asignadas dentro de la Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo (UPGGR), así como a la población que se encuentra dentro de la microcuenca del río el Caracol, área donde se realiza la investigación.

3.2.2. Específicos

- Apoyar a la unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo en actividades relacionadas con el proyecto del Mapa de Taxonomía de Suelos y Capacidad de Uso de la Tierra a Escala 1:50,000 de la República de Guatemala, así como en actividades en el laboratorio de información geográfica.
- Realizar una concientización acerca del recurso bosque dirigido 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 Riesgo –UPGGR-

3.3.1. Actividad 1. Digitalización y levantamiento de información de hojas cartográficas.

A. Objetivos

a. General

— Apoyo en actividades realizadas en el laboratorio de información geográfica.

b. Específico

— Digitalización de buzamientos de hojas cartográficas, del departamento de Alta Verapaz.

B. Metodología

a. Levantamiento de información geológica

Toda la información recabada y marcada en hojas cartográficas por el Dr. Sambonis, geólogo norteamericano encargado de ver la parte de la geología referida al proyecto de taxonomía de suelos. Se ubicó y digitalizó con ayuda del programa ArcGis todos los buzamientos ubicados dentro de la hoja cartográfica del área de Raxrujá, municipio de Alta Verapaz, para levantar una capa de información conocida como *shape*, y así generar nuevos mapas con datos puntuales y actualizados referentes a información geológica del lugar.

C. Resultados

Se digitalizó un total de 670 buzamientos, ubicados principalmente en áreas de importancia agrícola como forestal, para levantar la información y generar un mapa de geología para el departamento de Alta Verapaz correspondiente al municipio de Raxrujá.

Conjuntamente se elaboró un archivo en *Excel*, con el objetivo de realizar un inventario de todas las hojas cartográficas que fueron trabajadas por el Dr. Sambonis, para que la información estuviera ordenada para estar más accesible por cualquier consulta a realizar.

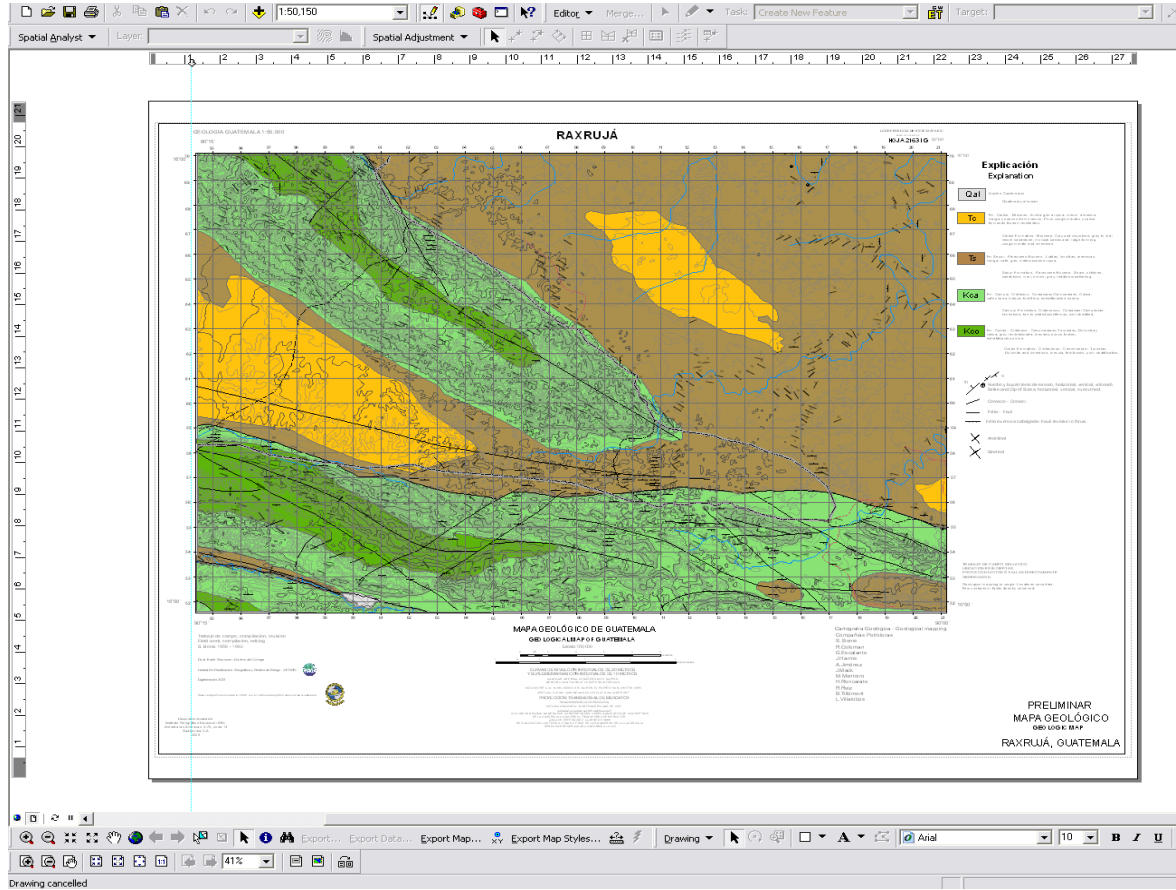


Figura 29. Levantamiento de datos, preliminar mapa geológico Raxruja, Guatemala

3.3.2. Actividad 2. Apoyo en la fase complementaria de campo a los edafólogos en el proyecto de taxonomía de suelos de la República de Guatemala, para el Departamento de Chimaltenango.

A. Objetivos

a. General

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

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 algunos suelos.

B. Metodología

a. Preparación de información y herramientas a usar en el campo:

Para la fase complementaria de campo se necesitaron fotografías aéreas para ubicar cada uno de las observaciones a realizar. Para poder seleccionarlas se inició ordenando las fotografías de todo el departamento de Chimaltenango.

Después de ordenarlas, se ubicó la cajuela modal y se seleccionó la boleta de campo que se utilizó para ubicar la calicata.

b. Salida hacia el campo:

La salida de campo se planificó para el 25 de marzo, y comprende aproximadamente 30 días hábiles.

c. Ubicación de las autoridades correspondientes, presentación y solicitud de permiso para realizar la calicata y su descripción:

Para iniciar la fase de campo se realizó la presentación con las autoridades correspondientes, dándoles a conocer el objetivo del proyecto e indicando los municipios a trabajar. Se solicitó una carta de respaldo de la municipalidad.

d. Ubicación del punto de la calicata con GPS y material cartográfico:

Por medio de una hoja cartográfica escala 1:25,000 se ubicaron los puntos de muestreo con una hoja de coordenadas planas, se ingresaron las coordenadas en el eje (y) y en eje (x) en el GPS, luego del ingreso de coordenadas se ubicaron algunos accidentes geográficos en la hoja cartográfica tales como ríos, volcanes, cerros y comunidades, para corroborar que se encuentra dentro de la unidad muestreada.

Ubicado el punto se debe de tener cuidado que el área sea la correcta, que no sean caminos, rellenos, deposiciones de otros materiales, ubicando el área que mejor represente la unidad de muestreo, ya con esto se procede a marcar y designar el lugar de la calicata.

e. Descripción y recolección de las muestras de la calicata:

Luego de ubicar el punto, se procedió a realizar las medidas para iniciar la calicata. Al finalizar la apertura del agujero se procede a realizar 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.

f. Ordenado y etiquetado de las muestras:

Después de la descripción del perfil, se deben coleccionar las muestras de suelo dos por cada horizonte descrito, ya que una es para análisis físico y otra es para análisis químico. Además se coleccionan las muestras de densidad aparente, una por cada horizonte, las cuales se encuentran en los primeros 60 centímetros. Cada muestra debe ser etiquetada 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 y por número de ortofoto, creando un folder para cada línea de vuelo e identificándolo con la línea y número de ortofotos que contiene.

Se seleccionaron 73 ortofotografías que son las que se utilizarán para ubicar las nuevas calicatas y se seleccionaron 73 boletas de campo de cajuelas modales, que servirán en la descripción de las nuevas calicatas. Se guardaron las 73 boletas en sobres transparentes, para evitar que se desintegren en el campo; cada una de las boletas de campo, lleva su ortofoto correspondiente.

Asimismo se imprimió un juego de hojas cartográficas, una leyenda y un listado de las calicatas con su respectivo número de correlativo, para cada grupo de campo.

La salida de campo para los edafólogos fue el día 25 de marzo, pero por actividades de la universidad planificadas para esta fecha, la actividad se inició el 26 de marzo.

La primera actividad realizada fue la presentación del equipo de taxonomía de suelos a las autoridades del departamento de Chimaltenango, indicando en qué municipios se iba a trabajar y cuál era el objetivo del proyecto. En cada municipio, se realizaba la actividad de presentación a las autoridades, pero en estos sólo se realizaba con el encargado de socialización, quien debía de llegar un día antes al lugar que se trabajaría y así conseguir el permiso y los contactos para poder ingresar al lugar para realizar la calicata.

Con estos permisos el día que se trabajaban las calicatas, se proporcionaba a cada grupo de trabajo el número de teléfono y nombre de la autoridad o persona encargada para dejarlos entrar al lugar.

Se distribuyeron las calicatas para cada equipo de trabajo, proporcionando las ortofotos 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 servía de apoyo para definir el camino para la ubicación de la calicata.

Luego de ubicar la calicata y con la autorización correspondiente, se procedió a ubicar el mejor lugar para realizar la calicata, trazándola con 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 realizó 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 colectaron las muestra de 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 30. División y descripción de calicatas



Figura 31. Extracción de muestra de suelo

3.3.3. Actividad 3. Apoyo al laboratorio de suelos en la Facultad de Agronomía Salvador Castillo, en el proceso de selección y preparación de muestras de suelo del departamento de Chimaltenango.

A. Objetivos

a. General

— Apoyar en las actividades del proyecto de obtención de imágenes digitales del laboratorio de sistemas de información geográfica.

b. Específicos

— Apoyar en actividades para complementar la información y digitalización de hojas geológicas de Guatemala.

— Apoyar en el proceso de carga de imágenes digitales para el portal web de la UPGGR

B. Metodología

Eliminación de materia orgánica: Se ordenó, extendió, secó y tamizaron las muestras de suelo que se encontraban en uno de los invernaderos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala –FAUSAC-.

Para eliminar la materia orgánica se coaguló la muestra. Se pesaron 30 grs. de suelo en un beacker de 200 ml Se agregó agua y 5ml de peróxido de magnesio, posteriormente se calentó para terminar de eliminar la materia orgánica.

Se ordenaron las muestras por grupos según el municipio del departamento de Chimaltenango: San Martín Jilotepeque, San Miguel Pochuta, Yepocapa, Acatenango y Patzicia.

Al obtener las muestras coaguladas se procedió a revertir el proceso de cada grupo aplicando citrato de sodio y ditionito. Se calentó la muestra en baño maría para continuar con el proceso de destrucción de materia orgánica de las muestras.

C. Resultados

Se ordenaron 256 muestras de suelos de los municipios de San Martín Jilotepeque, San Miguel Pochuta, Yepocapa, Acatenango, Patzicia del departamento de Chimaltenango, en base al listado proporcionado por el Ingeniero Anibal Sacbajá con su orden y correlativos.

Se procedió a preparar, extender, secar y tamizar las 256 muestras de suelo en el laboratorio de la FAUSAC. Posteriormente se colocó cada una de las muestras secas en un beacker de 200 ml aplicándoles 5 ml de peróxido de magnesio y agua, para calentarlos y terminar de eliminar la materia orgánica de cada muestra. En el 70% de las muestras se presentó un fenómeno conocido como coagulación, con la obtención de estas muestras coaguladas se procedió a revertir el proceso de las muestras de los grupos aplicando citrato de sodio y ditionito.

Con estos pasos se lograron obtener los resultados por método de la pipeta de las 256 muestras de suelo de los municipios mencionados anteriormente del departamento de Chimaltenango.



Figura 32. Secado de muestras en el horno, laboratorio



Figura 33. Preparación de reactivos para separación de materia orgánica



Figura 34. Inicio proceso de organización, tamizaje y secado de muestras



Figura 35. Método de la pipeta

3.4. Servicio 2. Realizar una concientización acerca del recurso bosque dirigido a la población de las comunidades que se benefician de un manantial en común.

3.4.1. Actividad 1. Concientización sobre la Importancia del recurso bosque para los pobladores de tres comunidades del municipio de Acatenango.

A. Objetivos

a. General

— Realizar una concientización acerca del recurso bosque a las personas del poblado Pajales I, Pajales II, Quisaché y a los 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 la manera en que este recurso puede ser sostenible.

B. Metodología

La concientización se dirigió a las personas de tres comunidades cercanas a Acatenango, Los Pajales I y II y Quisaché, que fueron elegidas por los técnicos de la Oficina Municipal de Planificación – OMP- y 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 realizó la bienvenida dando a conocer la importancia de la participación en la concientización y el papel que juegan ellos en la conservación y uso sostenible del recurso bosque.

c. Presentación: para realizar la presentación se utilizó el programa *PowerPoint* de diversos temas del recurso bosque: se dieron a conocer tres temas acerca del recurso bosque, cada uno teniendo una duración de 5 minutos.

— ¿Qué es el bosque?

— ¿Cuál es la importancia del bosque en nuestra vida cotidiana y en el mundo?

— ¿Cómo hacer un buen uso del bosque?

d. Dinámica: Se dividieron en grupos de 15 estudiantes y de 15 personas para formar 4 grupos. Cada grupo escribió lo más importante de la presentación.

e. Presentación de video educativo: después de realizar la dinámica se presentó un video con duración de 20 minutos, donde se explicó la importancia del bosque de una forma global complementaria.

f. Conclusiones por grupo: al finalizar el video se concluyó por grupos y se seleccionó a una persona por grupo exponiendo las ideas grupales y de esta manera incentivarlos a la conservación y uso sostenible del bosque.

C. Resultados

La metodología que se presentó se utilizó para ambos casos, el instituto y las comunidades. 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 los nombres, institución que el grupo representa e indicando cual es el objetivo de la actividad así como los resultados esperados al finalizar la concientización, el cual era que las personas adquirieran interés por la protección del recurso bosque.

b. Bienvenida a los participantes

Se dio una bienvenida a los participantes, alumnos y personas de las comunidades, dando 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

Se realizó la presentación en *PowerPoint* acerca de tres temas del recurso bosque. Cada uno tuvo una duración de 5 minutos, se realizaron los siguientes cuestionamientos: ¿Qué es el bosque?, ¿Cuál es la importancia del bosque en nuestra vida cotidiana y en el mundo? ¿Cómo hacer un buen uso del bosque?



Figura 36. Presentación en el Instituto de educación Básica, Pajales II



Figura 37. Presentación con las personas adultas de la comunidad

d. Dinámica

Se dividieron a los participantes en grupos de 15 estudiantes formando cuatro grupos. Se les dio a cada grupo papel y marcadores para que escribieran lo entendido en la presentación, siguiendo las preguntas de la presentación.

Con las personas de las comunidades no se realizó la dinámica, ya que ellos no tenían tiempo disponible para la dinámica.



Figura 38. Trabajo en grupo en el Instituto de educación Básica, Pajales II

e. Presentación de video educativo

Después de realizar la dinámica se presentó un video de 20 minutos donde se explicó la importancia del bosque de una forma global complementaria, así mismo se tocó el tema de la conservación de los recursos mostrando ejemplos de la situación actual de Guatemala.

f. Conclusiones

Al terminar el video, en cada uno de los grupos, se realizaron las conclusiones y se seleccionó a una persona por grupo para que expusiera lo concluido. De ésta manera incentivarlos a la conservación y uso sostenible del bosque.

En total se realizó la concientización a 98 estudiantes del instituto y a 50 personas de las diferentes comunidades.



Figura 39. Material educativo entregado al instituto

3.4.2. Actividad 2. Reforestación simbólica del área de influencia para conservar un manantial y un área verde del Instituto de educación básica Pajales II.

A. Objetivos

a. General

— Realizar una reforestación simbólica para reforzar la concientización acerca del recurso bosque de las personas del poblado Pajales I, Pajales II, Quisaché y a los estudiantes del instituto de educación básica.

b. Específicos

— Reforestar el área de influencia para conservar un manantial.

— Reforestar el área verde en el instituto de educación básica Pajales II para evitar la erosión de la ladera.

B. Metodología

Reforestación simbólica: la reforestación simbólica se realizó en distintas fechas, una para los estudiantes y otra para los comunitarios. La reforestación con los estudiantes se realizó

dentro de las instalaciones del instituto en áreas deportivas así como en una ladera anexa al campo de futbol, la programación se muestra a continuación.

Cuadro 52. Cronograma de actividades realizadas el 20 de mayo 2009 en el instituto

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 53. Cronograma de actividades realizadas el 23 de mayo 2009 con los comunitarios

Reforestación en el manantial de la aldea Pajales II	
8:00 – 10:00	Preparación del terreno: marcado y ahoyado
10:00 – 11:30	Siembra
11:30 – 12:00	Clausura

C. Resultados

Reforestación simbólica. Las plantas para la reforestación en el instituto se obtuvieron 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 que se proporcionó fue pino (*Pinus maximinoi*).

Antes de iniciar la reforestación con los estudiantes, se hizo el marcado del área para dejar señalizado donde se plantarían los árboles. Para realizarlo se utilizó una cuerda marcada a cada 3 metros de distancia, para dejar un área de (3*3) 9mt², por cada árbol. En el marcado ayudaron se obtuvo la ayuda de del técnico de la oficina forestal de Acatenango y la ayuda del vicepresidente del Consejo Comunitario de Desarrollo – COCODE-.

Se marcó con cal alrededor del área a reforestar. Luego de estar marcado, se juntó a los estudiantes para explicarles de qué 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 hombres hacían los agujeros y las mujeres iban plantando, aproximadamente 4 árboles por alumna.

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 fue la encargada de ir a recoger las plantas y llevarlas al 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 dos metros. La distancia entre estos árboles fue menor debido ésta área es de protección de manantiales dónde los árboles protegerán los suelos de la erosión hídrica y esto disminuirá la acumulación de suelo en la parte baja de cauce. La siembra se realizó al tresbolillo y cada persona fue marcando donde sembrar su árbol, utilizando dos reglas de madera que median dos metros simulando un nivel en A, y dejando así las plantas al tresbolillo. Aproximadamente eran 50 comunitarios, por lo que se sembraron 6 árboles por cada persona.

La actividad de reforestación con los comunitarios finalizó a las 12:00 del día, indicándoles que era una reforestación simbólica y que era el inicio para que ellos siguieran con la protección de ese manantial. El presidente del COCODE indicó que con la ayuda de la municipalidad ellos iban a tratar de conseguir más plantas, para terminar de reforestar.

En total se sembraron 300 árboles en el manantial en un área de 1200 m², y 200 árboles de pino en un área de 1800 m², en el instituto. La responsabilidad del mantenimiento de las plantaciones y el seguimiento de las actividades de concientización fue asumida por el

técnico forestal de la municipalidad, los maestros del instituto y los representantes del COCODE.



Figura 40. Reforestación en el área del manantial



Figura 41. Reforestación en el Instituto de educación básica, Pajales II

3.5. BIBLIOGRAFÍA

1. INE (Instituto Nacional de Estadísticas, GT). 2002. Censo nacionales de XI de población y VI de habitación. Guatemala. 1 CD.
2. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 2006. Mapa topográfico de la República de Guatemala: hoja Chimaltenango, no. 2059-IV. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
3. Lira, R 2003. Diagnostico general de la montaña El Socó. EPSA Diagnostico. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 61 p.
4. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2006 Mapas temáticos de la República de Guatemala a escala 1:250,000. Guatemala. 1CD.
5. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT).s.f. Base de datos y mapas electrónicos en formato shape del mapa de taxonomía de suelos del departamento de Chimaltenango. Guatemala, Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo. 500 p.
6. Municipalidad de Acatenango, Acatenango, Chimaltenango, GT. 2006. Monografía del municipio de Acatenango, Chimaltenango. Guatemala. 22p.
7. Rosal, G. 2010. Diagnostico de la Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo, UPGGR, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 45 p. Sin publicar.