

Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Programa Universitario de Investigación
De Estudios para la Paz

INFORME FINAL
CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE MANEJO, PARA MINIMIZAR LA
VULNERABILIDAD ANTE FENÓMENOS NATURALES, DE LA MICROCUENCA
DEL RIO PESHJÁ, LA UNIÓN, ZACAPA.

Equipo de Investigación

Coordinador:

Antonio José Casasola Santisteban

Investigadores auxiliares:

Cristian Alexander Rosales Gómez

Luis Emilio Granados Padilla

3 de Marzo del 2017

Centro Universitario de Zacapa -CUNZAC-

M.Sc. Gerardo Arroyo Catalán
Director General de Investigación

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar
Coordinador General de Programas

Lic. Roberto Barrios Castillo
Coordinador del programa de Investigación

Ing. Agr. Antonio José Casasola Santisteban
Coordinador del proyecto

Ing. Agr. Cristian Alexander Rosales Gómez
Auxiliar de Investigación I

Ing. Agr. Luis Emilio Granados Padilla
Auxiliar de Investigación II

Partida Presupuestaria

4.8.58

Año de ejecución 2016

ÍNDICE

Caracterización y propuesta de manejo, para minimizar la vulnerabilidad ante fenómenos naturales, de la microcuenca del río Peshjá, La Unión, Zacapa

1. Resumen	4
2. Abstract	5
3. Introducción	6
4. Marco teórico y estado del arte	7
5. Materiales y métodos	27
5.1 Técnicas e instrumentos	27
5.2 Muestreo	29
5.3 Operacionalización de las variables	29
5.4 Coherencia de la investigación	30
5.5 Cronograma	31
6. Resultados	32
6.1 Matriz de resultados	42
6.2 Impacto esperado	43
6.3 Análisis y discusión de resultados	43
7. Conclusiones	48
8. Referencias	49
9. Actividades de gestión, vinculación y divulgación	49
10. Orden de pago	51

CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE MANEJO, PARA MINIMIZAR LA VULNERABILIDAD ANTE FENÓMENOS NATURALES, DE LA MICROCUENCA DEL RIO PESHJÁ, LA UNIÓN, ZACAPA.

1. Resumen

El siguiente estudio se realizó como una contribución de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el análisis y formulación de una propuesta que contribuya a resolver problemas ambientales de la microcuenca y satisfacer necesidades de los pobladores de la microcuenca Peshjá, del municipio de la Unión, Zacapa.

El estudio de las cuencas hidrográficas del municipio de la Unión, Zacapa debido a su ubicación en el departamento, que se encuentra en las áreas altas, se ve expuesta ante fenómenos hidrológicos extremos. La importancia de la planificación del uso de los suelos, tanto para su uso agrícola, de hábitat, como de la protección de áreas vulnerables a desastres, es de mucha importancia debido a la precipitación que reciben que se encuentra entre los 1,000 y el 1500 mm.

Para la obtención de resultados, se recabó la información necesaria que generó los datos suficientes de precipitaciones, datos proporcionados por la estación meteorológica del municipio; de texturas, tipos de suelos, cobertura vegetal y forestal, se obtuvieron por medio de muestreos en el campo con GPS, chuzos y bolsas ziploc, las que se trasladaron al laboratorio del Centro Universitario de Oriente y así se identificaron los tipos de texturas; con el programa ArcGis se utilizó la metodología de ponderación de variables, con lo que se concluyó el análisis georeferencial en las distintas áreas de la microcuenca, y se evaluó los distintos niveles de vulnerabilidad ante fenómenos naturales..

Se generó una propuesta para el manejo de la microcuenca del río Peshjá, de La Unión, Zacapa, la cual será de mucha importancia a los pobladores de la microcuenca, para dar el uso apropiado de las distintas áreas con las que cuentan y obtener los excelentes servicios de ellas, considerando las distintas zonas hidrográficas y las áreas que pueden ser afectadas por las escorrentías provenientes de estas áreas.

Palabras claves: Cuenca hidrográfica, hidrológico, vulnerables, SIG, análisis, planificación, propuesta.

2. Abstract

The following study was conducted as a contribution from the Universidad de San Carlos de Guatemala, in the analysis and formulation of a proposal to help resolve problems and meet needs of the residents of the Peshjá watershed, municipality of La Union, Zacapa.

The study watershed of the municipality of La Union, Zacapa due to its location in the department, located in the high areas, are exposed to extreme hydrological events. The importance of planning land use, both for agricultural use, habitat protection and disaster-prone areas, is of great importance because of the large amount of rainfall they receive.

To achieve its planning, the information needed to generate enough data rainfall, textures, soil types, vegetation cover and forest, was collected and thus could be identified with the ArcGis program the different areas that are in the watershed and the different levels of vulnerability to natural phenomena was evaluated.

A proposal for the management of the watershed of Peshjá River, La Union, Zacapa, which will be very important to the residents of the watershed, to give the appropriate use of the various areas that count and get excellent generated services of them, considering the different hydrographic areas and areas that may be affected by runoff from these areas.

Key words: Hydrographic basin, hydrological, vulnerable, GIS, analysis, planning, proposal.

Introducción

Las cuencas hidrográficas cumplen muchas funciones, contando entre las principales la función hidrológica cuando captan el agua de las lluvias, la almacenan y la distribuyen a través de los manantiales y los ríos durante distintos momentos a lo largo del tiempo; la función ecológica cuando provee diversidad de espacios para completar las fases del ciclo hidrológico, especialmente para flora y fauna que conviven con el agua; la función ambiental, pues ayudan en la captura de dióxido de carbono, regulan la distribución del agua de lluvia evitando con ello, en invierno, las inundaciones en la parte baja de la cuenca y contribuyen a conservar la biodiversidad; y la función socioeconómica en la provisión de recursos naturales, para el desarrollo de actividades productivas de las poblaciones que habitan la microcuenca (Jiménez, F. 2005).

Las políticas de desarrollo rural en Guatemala debieran implementarse sobre la definición de entidades espaciales en las que la equidad, la producción y conservación adquiere importancia fundamental para el análisis de las áreas de las cuencas. En el municipio han existido numerosos deslizamientos por lluvia y las evaluaciones sobre vulnerabilidad ante desastres naturales han permanecido prácticamente ausentes en el diseño, ubicación, construcción y mantenimiento de la infraestructura del municipio.

Históricamente, la mayoría de programas y proyectos que han intentado mejorar el uso de los suelos en La Unión, Zacapa; se han enfocado en mejorar el bienestar de los campesinos, con la promoción de buenas prácticas agrícolas, con orientación más a lo social y en beneficio de la gente de escasos recursos, pero no se hace ni proyecta nada para recuperar las áreas con suelos destruidos. El manejo adecuado del ambiente y las cuencas hidrográficas, así como el impacto río abajo, se han visto como segunda opción y no se prioriza en la planificación municipal.

Marco teórico y estado del arte

Conceptos Generales

Cuenca hidrográfica

Son espacios geográficos que se forman por varios causas de agua, sin dependencia de un punto de origen hasta su punto de destino, se compone de diversos ecosistemas naturales, entre ellos un sistema montañoso el cuál le permite capturar humedad; la vegetación que intercepta la lluvia dirigiéndola hacia el suelo lo cual favorece la filtración; sistemas naturales de drenaje que evita los escurrimientos; los cuerpos de agua grandes (mares, lagos y océanos) los animales tienen un auge importante en las cuencas debido a que ayudan en la dispersión de las semillas para la vegetación que compone la cuenca. Las cuencas son verdaderos espacios de vida pues en ella se sientan y desarrollan las actividades humanas, hombre flora fauna, suelo aire entre otros.

Las cuencas están delimitadas por una línea de cumbres a las que se les denomina divisoria de aguas, abasteciéndose de las aguas de lluvia que al juntarse forman causas pequeños que convergen y dan lugar a cursos de agua más profundos e intensos.

Clasificación de cuencas hidrográficas

Dentro del área de los profesionales que trabajan temas acordes al manejo de cuencas, utilizan un tecnicismo adecuado sobre las cuencas hidrográficas en el plano nacional. Dicha clasificación se realiza tomando en cuenta el tamaño, extensión territorial que abarca y que disponibilidad tiene a nivel nacional. Esta comprende: a) Cuenca: La extensión de la cuenca no se puede determinar de forma específica debido a su variabilidad, esta división fue adoptada por el instituto de sismología, vulcanología, meteorología e hidrología, para la República de Guatemala y su delimitación se basa en el punto de aforo considerado según la situación, estos pueden ser el Océano Pacífico, el Atlántico, un lago o la frontera nacional. Con estas características Guatemala cuenta con 38 cuencas hidrográficas. b) Subcuenca: Estas se caracterizan por que abarca una extensión menor a la de la cuenca y superior a 60 Km². En Guatemala aún no existen delimitaciones específicas para el caso de las subcuencas. c) Microcuenca: Cuenca más pequeña que tiene como límite superior 60 Km². Se comprende que el estudio se hace sobre extensiones más pequeñas en el caso de estas últimas. (García, 2009. p 10)

Recarga hídrica

Para el instituto nacional de bosques (2005) citado por Matus (2007) recarga es el nombre que se le da al proceso que permite que el agua alimente un acuífero. Este proceso ocurre de manera natural cuando la lluvia se filtra hacia un acuífero a través del suelo o roca.

La recarga es el proceso de incorporación de agua a un acuífero producido a partir de diversas fuentes: De la precipitación, de las aguas superficiales y por transferencias de otro acuífero. Los métodos para estimarla son de variada naturaleza entre los que se destacan los balances hidrológicos, el seguimiento de trazadores ambientales o artificiales (químicos e isotópicos), las mediciones directas en piezómetros, la cuantificación del flujo subterráneo y las fórmulas empíricas entre los más comunes. Los resultados son inseguros debido a la incertidumbre de los componentes considerados en las ecuaciones, la naturaleza empírica o semiempírica de las fórmulas utilizadas, la simplificación de las variables y de los procesos y errores en las mediciones de calibración.

En términos generales, se denomina recarga al proceso por el cual se incorpora a un acuífero agua procedente del exterior del contorno que lo limita. Son varias las procedencias de esa recarga, desde la infiltración de la lluvia (la más importante en general) y de las aguas superficiales (importantes en climas poco lluviosos), hasta la transferencia de agua desde otro acuífero, si los mismos son externos al acuífero o sistema acuífero en consideración.

Línea divisoria o parteaguas

Es la línea que funge como división entre las diferentes cuencas, así como para identificar, delimitar subcuencas y microcuencas desde la parte más alta del área donde la posibilidad de determinar dicha línea se hace posible a diferencia de las partes más bajas donde se genera dificultad para unirlos.

Área de la cuenca

Indica la superficie del área drenada, es decir, desde donde nace el cauce principal hasta el sitio donde se encuentra la estación medidora de caudal que va a servir de base para el estudio hidrológico de la cuenca y cubre el perímetro de la cuenca. Generalmente, se indica en kilómetros cuadrados o hectáreas (Herrera, 1995).

Manejo de cuencas hidrográficas

Conjunto de esfuerzos, tendientes a identificar y aplicar opciones técnicas, socioeconómicas, que establecen una solución a la problemática causada por el deterioro y mal uso de los recursos naturales renovables, así como de las cuencas hidrográficas, para lograr un mejor desarrollo de la sociedad humana inserta en ellas y de la calidad de vida de su población (Francke Campaña, 2002.).

Puede ser el conjunto de técnicas que se aplican para el análisis, protección, rehabilitación, conservación y uso de los suelos de las cuencas hidrográficas, con fines de controlar y conservar el recurso agua, que proviene de las mismas, de una manera sostenible (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2000).

TIPOS DE CORRIENTES SUPERFICIALES

Permanente

Tipos de agua que se mantienen durante todo el año.

Efímera

Su duración es corta y sólo se da con la existencia de precipitación.

Intermitente

Es el tipo de corriente que se da o disminuye debido a las condiciones climáticas que se generan en las diferentes épocas del año.

ORDEN DE UNA CORRIENTE

Es la medida de las ramificaciones del cauce principal en una cuenca hidrográfica, el número de orden va con relación al número de bifurcaciones de una corriente (Herrera, 1995).

TIPOLOGÍA DE LAS CUENCAS

Consiste en la clasificación de las cuencas de acuerdo a sus características físicas y socioeconómicas, para lo cual se han propuesto varios criterios que a continuación se expresan (Francke Campaña, 2002).

Según el uso dominante de los suelos

Existen cinco tipos:

- Urbanas
- Agrícolas
- Pecuarias
- Forestales
- Usos múltiples.

Puede darse especificación de subtipo, por ejemplo: Cuenca de bosque artificial o bosque degradado, etc.

Según el tipo dominante de tenencia de la tierra

Existen tres tipos básicos:

- Propiedad privada
- Baldía
- Municipal

En el tipo baldío, o sea del estado aparecen tres subtipos, que son: No ocupados, ocupados o invadidos y adquiridos con fines específicos de estado.

Según el tipo dominante de explotación agrícola

Se distinguen cinco tipos principales de cuencas:

- Minifundio
- Latifundio
- Empresarial
- Comunal
- Cooperativa

Según la existencia del área con régimen jurídico especial

Se pueden dar los siguientes casos:

- Reserva hidráulica
- Zona protectora
- Parque nacional
- Reserva forestal
- Área crítica con prioridad de tratamiento
- Otras.

Según la altitud de las cuencas

- Altas
- Medias
- Bajas

Según el área

Se dividen en los siguientes tipos:

- Cuenca hidrográfica
- Cuenca grande
- Subcuenca

- Microcuenca

Según el torrente hidrológico de las crecidas

Se clasifican en:

- Microcuencas de torrentes
- Subcuencas de ríos torrenciales
- Cuencas de ríos grandes

Según la torrencialidad

Pueden clasificarse en tres tipos:

- Flujo torrencial
- Lava torrencial
- Crecida de solo sedimento de grano fino

Según el clima

Se clasifican en dos grupos básicos:

- Cuencas de zonas húmedas
- Cuencas de zonas áridas o semiáridas

Según el tratamiento aplicado

Se dan los siguientes casos:

- Cuencas demostrativas
- Cuencas experimentales
- Cuencas representativas
- Cuencas sin tratamiento
- Cuencas en recuperación o estabilización

(Francke Campaña, 2002).

FUNCIONES DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS

El manejo de una cuenca en forma ordenada brinda beneficios a la sociedad, que originan una amplia gama de bienes y servicios que pueden ser aprovechados por la comunidad local o nacional (MAGA, 2000).

Funciones Ecológicas

Entre los servicios ecológicos que brindan las cuencas y los recursos naturales presentes en ellas figuran, entre otros, la provisión de hábitat y de paisajes por su potencial turístico, la capacidad de mitigar los efectos del calentamiento global, las fuentes de biodiversidad de especies para fines de investigación y el desarrollo industrial.

Funciones Sociales

Proveen a las comunidades que habitan en ellas bienes y servicios, tales como la producción de alimentos para consumo directo, medicinas naturales, materiales de construcción y dendroenergéticos, patrimonio cultural, entre otros.

Funciones Económicas

Los principales beneficios económicos vienen de la dotación de recursos naturales y de las actividades de aprovechamiento de ellos, las que por lo general se traducen en diferente cambio en el uso de los suelos; dichos cambios, en el caso de las cuencas altas, afectan las actividades productivas de tipo hidroeléctrico y riego aguas abajo, provocando una serie de impactos.

VULNERABILIDAD

Grado de pérdida de un elemento o conjunto de elementos en riesgo, como resultado de la ocurrencia de un fenómeno natural de una magnitud dada. Se expresa en la escala de cero (ningún daño) a uno (pérdida total).

EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD

Es el proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos ante una amenaza específica.

CARACTERIZACIÓN DE CUENCAS

Proceso de recolección de información relacionada a la cuenca para conocer los diferentes problemas, delimitaciones y características que presenta la cuenca con la ayuda de instituciones que han tenido conocimiento previo y las personas aledañas o residentes del área donde se encuentra la cuenca.

EL DIAGNÓSTICO COMO HERRAMIENTA DE PLANIFICACIÓN

Es la etapa posterior a la caracterización en la que se analiza e interpreta la información recopilada, para determinar los problemas técnicos, conflictos sociales, limitaciones, restricciones y potencialidades que presenta la cuenca. El diagnóstico debe constituirse en el punto de encuentro entre lo que técnicamente es posible y lo que desean las comunidades, de tal manera que la decisión conlleva a un uso adecuado de los recursos dentro de la cuenca (Ramakrishna, 1997).

El diagnóstico es la obtención y evaluación de la información; la cual nos será de utilidad para plasmar resultados concretos y con posibilidad de ejecutarse; evitando polémicas con las personas que esperan resultados positivos en cuanto a las mejoras que se pretenden realizar en dicho lugar; es por ello que el diagnóstico se debe trabajar de la mano con una buena planificación que va desde los hechos pasados hasta lo que se quiere lograr con objetivos bien establecidos en base a las necesidades captadas mediante un diálogo y las que se ven a simple observación.

Objetivos generales para el manejo integrado de cuencas

- El desarrollo integral de las comunidades dentro de la cuenca, mediante el uso, manejo y aprovechamiento racional-sostenible de sus recursos por los propios habitantes del área.
- La rehabilitación de áreas degradadas a causa de la erosión o agotamiento provocado por establecimiento de cultivos limpios en áreas de ladera.
- Optimizar el rendimiento de agua en términos de calidad, cantidad y regularidad.

LA CUENCA COMO UNIDAD DE PLANIFICACIÓN

Se considera a la cuenca como unidad natural de planificación, la cual permite el adecuado manejo de los recursos naturales. Las unidades tradicionales, por lo general no corresponden a ninguna base técnica, que permita el manejo y uso racional de los recursos mencionados, aunque si corresponde a los sistemas sociales.

MUESTREO DE AGUA

El diagnóstico de la calidad del agua debe ser orientado a conocer las condiciones físicas y químicas y a ejecutar un control sobre la misma.

Los estudios deben de hacerse por un determinado período de tiempo, de tal manera que una fuente debe ser muestreada bajo las diferentes condiciones ambientales que se presenten durante un año y por un determinado ciclo de tres a cinco años, los materiales del lugar de nacimiento o colección; los materiales del recorrido y posibles fuentes de contaminación.

El muestreo de aguas tiene el propósito básico de obtener muestras representativas de las fuentes a utilizar (Castillo, 1989).

MAPAS TEMÁTICOS O ESPECÍFICOS

Otros mapas específicos son: Los mapas políticos, que muestran sólo las ciudades y las divisiones políticas administrativas sin rasgos topográficos; los mapas geológicos que muestran la edad de las rocas y la estructura geológica de un área y los mapas que indican la distribución geográfica de los cultivos, la utilización del terreno, de riesgos que muestran las partes vulnerables a desastres, las precipitaciones y muchos otros tipos de datos naturales y sociales. Otro tipo de mapa muy útil es el mapa en relieve, la escala vertical de estos mapas es muy superior a la escala horizontal. Estos mapas también pueden fabricarse estampando láminas de plástico en un molde. Los mapas en relieve se utilizan mucho en planificación militar y en ingeniería (torres Arroyo, 2005; Lemmenhofer, 1990).

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Es un sistema de información geográfica que integra un conjunto de datos, programas usuarios o personas que los manejan a través de una computadora con la finalidad de desplegar datos que contengan: Ubicación espacial del problema en estudio, un sistema normal de recolección de datos, información organizada, información actualizada, información instantánea, representación gráfica del problema y permitir modelos complejos (Guevara, *s.f.*).

El sistema de información geográfico (SIG) se puede definir como un instrumento para crear y actualizar mapas, es decir que, constituye una técnica para combinar e interpretar mapas.

También se puede definir como un conjunto de operadores que manipulan una base de datos espaciales. En forma más general puede decirse que un sistema de información geográfica es un conjunto de programas de computadora que integran varias funciones, desde la entrada de datos, cargar y almacenar datos de mapas referenciados geográficamente, para uso posterior, analizar, manipular, sobreponer, medir, calcular y recuperar datos espaciales hasta obtener resultados, despliegue de nuevos mapas o resultados en forma tabular (Guevara, *s.f.*). Los sistemas geográficos de información, también se denominan sistemas de información georeferenciada y se conocen por sus siglas en inglés “GIS” (Geo-refered Information Systems) Lemmenhofer, 1990).

RECURSO SUELO

Suelo

Es la capa superficial de la tierra capaz de albergar vegetación natural o cultivada; está compuesto por una parte mineral proveniente de la desintegración de las rocas y una fracción orgánica procedente de la descomposición de organismos vivos (animales o vegetales). El suelo está compuesto por miles de partículas con características diferentes lo que determina su heterogeneidad; entre los espacios que componen el suelo circula aire y agua

Clasificación de Suelos por Capacidad de Uso

La clasificación de suelos por capacidad de uso se fundamenta en el análisis de las características de estos, que limitan su uso y generan riesgos de degradación, principalmente por erosión. Se define como capacidad, al potencial que tienen los suelos para ser utilizadas bajo cierto tipo general de uso con prácticas específicas de manejo. A medida que se incrementa la clase agrológica, a partir de un uso deseado, la diversidad de estos disminuye y las prácticas de manejo aumentan.

Los suelos agrupados por capacidad de uso, a partir de ese potencial pueden ser utilizados en requerimientos menos exigentes. Según este concepto, los suelos de la clase 1, que tienen condiciones apropiadas para la agricultura, se pueden destinar a otros usos como ganadería, agroforestería, conservación y recreación. El sistema de clasificación, indica únicamente el rango de posibilidades de usos que en condiciones naturales pueden ser destinados los suelos de un área específica, y no mostrar o especificar el mejor, ni el más rentable.

Todas las interpretaciones de los factores que interactúan para determinar la capacidad de uso, proveen al usuario de todas las informaciones que se pueden obtener del mapa de suelos. Muchos usuarios de mapas desean informaciones más generales, que aquellas que provee la unidad individual de mapeo. Los suelos se agrupan de diferentes maneras, de acuerdo con las necesidades específicas del usuario del mapa. La clase de agrupamiento y las variaciones

permisibles dentro de cada grupo, difieren de acuerdo al uso que se intenta dar al grupo o agrupamiento.

Análisis Fisiográfico

Etimológicamente, la fisiografía se refiere a la “descripción de las producciones de la naturaleza” (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2005) entendiéndose como naturaleza; el “conjunto, orden y disposición de todas las entidades que componen el universo”. Aplicando el concepto a nuestro planeta, “naturaleza comprende el conjunto, orden y disposición de las entidades que coronen el globo”, como la litósfera, hidrósfera, biósfera y atmósfera, cuyo punto de contacto es la superficie terrestre; por consiguiente, la fisiografía no solo describe los aspectos relativos a la litosfera (relieve, materiales, edad) como lo hace la geomorfología, sino también aquellos relativos al agua, los seres vivos y el clima.

Analizando la fisiografía desde un punto de vista edafológico, esta comprende el estudio, descripción y clasificación de los “cuerpos de suelo” con sus características externas (geoformas) e internas (suelos), considerando para ello aspectos de geomorfología, geología, climas pasados y actual, hidrología e indirectamente aspectos bióticos (incluida la actividad humana) en la extensión en que pudieran incidir en las características internas de esas geoformas o en su aptitud de uso y manejo y, que por ende, pudieran conducir a mejorar los métodos de estudio y mapeo de suelos.

En cuanto al análisis fisiográfico, se trata de un método moderno de interpretación de imágenes de la superficie terrestre, que se basa en la relación fisiografía-suelo. De una parte, el suelo es un elemento de los paisajes fisiográficos y, de otra, el ambiente geomorfológico determinado por el relieve, el material parental y el tiempo, que junto con el clima, son los factores formadores de esos paisajes; por consiguiente, también lo serán de los suelos que encierra.

Con los criterios anteriores se estableció un sistema de clasificación fisiográfica del terreno, mediante el cual es posible jerarquizar una zona cualquiera, de lo general a lo particular, en diferentes categorías. Ello, con el objeto de poder utilizarla en el análisis fisiográfico sobre distintas imágenes de sensores remotos, a diferente escala, y para diferentes niveles de detalle de los levantamientos en los que se utilice (Villalta García, VE. 2006.).

Sistema de Clasificación de Suelos por Capacidad de Uso

Según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (1965), el sistema de clasificación de suelos por capacidad de uso, es un método revisado desde los años cincuenta, clasifica los suelos por capacidad de uso en ocho clases, las cuales van en orden de importancia desde la 1 hasta la 8.

La clasificación por capacidad de uso de los suelos, es un agrupamiento de un número de interpretaciones, que se hace principalmente para fines agropecuarios. En la misma forma que se hace con todas las clases de interpretaciones, la clasificación por capacidad comienza por las unidades de mapeo, las cuales constituyen la piedra angular del sistema. En esta clasificación los suelos arables se agrupan de acuerdo con sus potencialidades y limitaciones, para una producción continua de los cultivos comunes que no requieren condiciones o tratamientos particulares.

Así mismo incluye factores determinantes para cada clase, entre estos se encuentran:

- Profundidad efectiva.
- Pendiente
- Erosión
- Drenaje
- Textura
- Clima
- Cobertura vegetal
- Pedregosidad
- Salinidad
- Sodicidad
- pH

Clases de Capacidad de uso

Según De Rojas (1975), la clase de capacidad agrupa suelos que presentan el mismo grado relativo de limitaciones generales y de riesgos. Los criterios para clasificar los suelos por capacidad de uso al nivel de clase se analizan, describen y aplican según las características globales y específicas de los suelos.

Las clases se reúnen en tres grandes grupos:

- a) Grupo de suelos con capacidad para ser utilizados en agricultura y ganadería tecnificada (Clase 1 a 4).
- b) Grupo de suelos que pueden ser utilizados, en forma restringida, en actividades agrícolas, ganaderas, agroforestales y/o forestales (Clases 5-6-7).
- c) Suelos que deben ser utilizados solo en preservación, conservación y ecoturismo (Clase 8).

Los suelos de las clases 1 a 4, se consideran con capacidad para ser utilizados en agricultura y ganadería en forma amplia e intensiva (Clase 1), a fuertemente restringida (Clase 4); en ese sentido se incrementan las prácticas de manejo y conservación.

Los suelos de la clase 5, no son aptos para agricultura convencional por limitaciones diferentes a erosión, como por ejemplo, la ocurrencia de inundaciones, la presencia de pedregosidad superficial, etc.

En términos generales, las clases 6 y 7 no tienen capacidad para agricultura, excepto para cultivos específicos semiperennes o perennes, semidensos, densos y sistemas agroforestales y forestales, debido a severas limitaciones. Cualquiera de estas clases de uso requiere intensas prácticas de manejo y conservación.

Los suelos de la clase 8, no tienen capacidad para adelantar actividades agropecuarias y forestales de producción.

Los suelos de clase 1 tienen muy pocas limitaciones para que se restrinja su uso. Los suelos de esta clase son adecuados para un amplio margen de plantas y pueden ser usados con toda seguridad para toda clase de cultivos agronómicos, pastos, bosques y vida silvestre. Los suelos son casi planos y los problemas de erosión muy pequeños. Son suelos profundos, generalmente bien drenados y fáciles de trabajar; tienen una buena capacidad de retención de agua y están bien provistos de nutrientes, y responden a los agregados de fertilizantes.

Los suelos de la clase 2, tienen algunas limitaciones que reducen la elección de plantas o requieren moderadas prácticas de conservación. Los suelos en la clase 2 requieren prácticas cuidadosas de manejo, incluyendo prácticas de conservación para prevenir el deterioro o para mejorar las relaciones agua-aire, cuando los suelos son cultivados. Las limitaciones son pocas y las prácticas son fáciles de aplicar. Los suelos pueden ser usados para cultivos agronómicos, pastos, pastoreo y extensivo, lotes de bosques o vida silvestre y cubierta.

Los suelos de la clase 3, tienen severas limitaciones que reducen la elección de plantas o requieren prácticas especiales de conservación, o ambas a la vez. Los suelos en la clase 3, tienen más restricciones de uso que aquellos en la clase 2, y cuando son usados para cultivos agronómicos, las prácticas de conservación son generalmente más difíciles de aplicar y de mantener. Pueden ser utilizados para cultivos agronómicos, pastos, producción forestal, pastoreo extensivo, vida silvestre y cubierta.

Los suelos de la clase 4, tienen limitaciones muy severas que restringen la elección de plantas y requieren un laboreo muy cuidadoso. Las restricciones en el uso, para suelos de clase 4, son mayores que para los de clase 3, lo mismo que la elección de plantas que pueden ser cultivadas, que es mucho más limitada. Cuando estos suelos son cultivados se requieren cuidadosas prácticas de trabajo y también de conservación, que son más difíciles de aplicar y de mantener. Los suelos en la clase 4, pueden ser usados para cultivos agronómicos, pastos, lotes de árboles, sitios o vida silvestre y cubierta vegetal.

Los suelos de la clase 5, no tienen problemas de erosión, o si lo tienen, es muy pequeño. Sin embargo, tienen otras limitaciones que no son prácticas de remover y que limitan su uso únicamente para pastos, sitios, lotes de árboles o vida silvestre y cubierta. En la clase 5, tienen limitaciones que restringen la clase de plantas que pueden ser cultivadas y que prevengan el normal laboreo de cultivos agronómicos. Son terrenos casi planos, pero algunos son húmedos

frecuentemente inundados por cursos de agua, problemas de pedregosidad (será considerada en los casos que se presente y si se conjugan las demás limitaciones), tienen limitaciones climáticas o tienen alguna combinación de estas limitaciones.

Los suelos de la clase 6, tienen limitaciones severas que hacen de ellos generalmente inadecuados para cultivos y limitan su uso, principalmente para pastos o sitios, o lotes de árboles o vida silvestre y cubierta. Las condiciones físicas de los suelos de la clase 6 de suelos, son tales que es práctico aplicar ciertas medidas de mejoramiento en los pastos y en los sitios, si son necesarios, tales como sembrarlos, encalarlos y abonarlos, proceder a medidas de control de agua mediante surcos en contorno, drenaje, etc. Los suelos en la clase 6 tienen limitaciones continuas que no pueden ser corregidas tales como pendientes muy pronunciadas, susceptibles de severa erosión, efecto de erosión pasada, pedregosidad, zona radicular poco profunda, excesiva humedad o inundaciones, baja capacidad de retención de humedad, salinidad o sodio, o factores climáticos severos. Debido a una o más de estas limitaciones, en general estos suelos no son adecuados para cultivos, pero pueden ser utilizados para pastos, sitios, lotes de árboles, o vida silvestre, o para algunas de estas combinaciones.

Los suelos de la clase 7, tienen limitaciones muy severas que los hacen inadecuados para cultivos y restringen su uso fundamentalmente al pastoreo, desarrollo de vegetación o la vida silvestre. Las condiciones físicas de esta clase, son tales, que es impráctico aplicar aquellas medidas que fueron mencionadas para la clase 6. Las restricciones son más severas que las de los suelos de la clase 6, debido a una o más limitaciones continuas que no pueden ser corregidas.

Los suelos y la forma del terreno en la clase 8, tienen limitaciones que indican que su uso para cultivos comerciales está excesivamente restringido y que solamente deben ser usados para recreación, vida silvestre o abastecimiento de agua, y aun también para propósitos históricos. Estos suelos no pueden devolver los gastos que se le han aplicado para su laboreo, en el caso que se realicen cultivos o pastos, aunque si benefician el uso de la vida silvestre, protegen las cuencas hidrográficas y hacen posible la recreación.

La profundidad efectiva de un suelo

Es la capacidad que tiene un suelo de dejar que las plantas penetren sus raíces sin dificultad para la absorción de los nutrientes y el agua que necesitan para desarrollar sus procesos.

Perfil del suelo

Un perfil de suelo es la exposición vertical, de horizontes o capas horizontales, de una porción superficial de la corteza terrestre.

Pendiente

Según Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2006, la pendiente se refiere a la relación entre el cambio en distancia horizontal de dos puntos en el terreno y su respectivo cambio en distancia vertical, de manera que esto determina el grado de inclinación de la superficie del terreno.

Erosión

Es el arrastre del suelo productivo por efecto del agua o del viento desde su origen, a esteros, ríos y mares, transformándose en sustancia inerte, sin utilidad alguna y provocando daños por embancamiento de ríos y puertos. Dicha erosión se puede clasificar de la siguiente forma:

- Erosión hídrica: Se le denomina al desplazamiento debido al agua, provocando el humedecimiento de los suelos y que este se deslave, ya sea por pendiente a cuesta o pendiente en vertical.
- Erosión eólica: Se presenta cuando el viento transporta partículas diminutas que chocan contra alguna roca y se dividen en más partículas que van chocando con otras cosas.
- Erosión kárstica: Se da cuando el agua se interna dentro de los suelos y disuelve las rocas y granos de suelos cercanos. Se suele presentar en ríos subterráneos y ojos de agua, cuando los suelos ya es muy débil para sostener lo de la superficie, se hunde y forma un boquete o agujero más o menos grande.
- Erosión biótica: En esta se involucran todos los procesos químicos que se llevan a cabo en las rocas. Intervienen factores como calor, frío, agua, compuestos biológicos y reacciones químicas del agua con las rocas.

Cárcavas

Son los socavones producidos en los suelos de lugares con pendiente a causa de las avenidas de agua de lluvia. Estas producen la llamada erosión retrogradante. Abarrancamientos formados en los materiales blandos por el agua de arroyada que, cuando falta una cobertera vegetal suficiente, ataca las pendientes excavando largos surcos de bordes vivos.

Drenaje

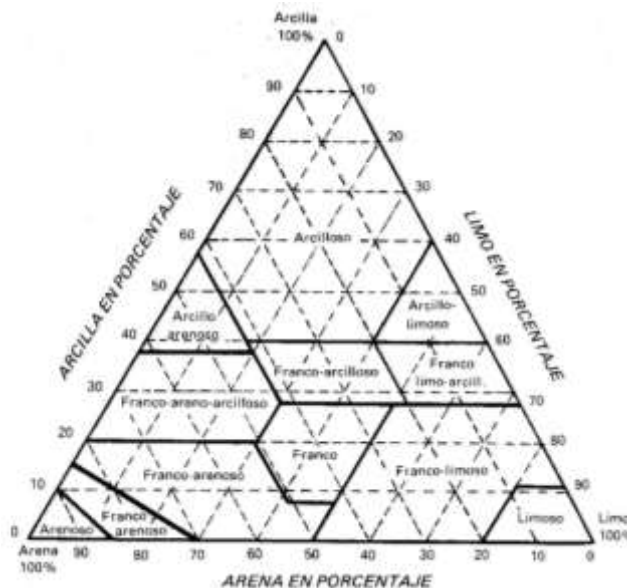
Este se refiere a la facilidad con la que el agua se infiltra y/o percola en el interior del perfil del suelo. Su calificación se hace a través indicadores del drenaje que muestran ciertos elementos como: Presencia directa de capas de agua sobre la superficie del terreno, procesos de reducción dentro del perfil del suelo; sobre todo por la característica en el color (moteados, grisáceos), clase textural, presencia de capas endurecidas (Instituto Nacional de Bosques, 2000).

Textura del Suelo

Está determinada por la conformación granulométrica o composición mecánica del suelo e indica la proporción que existe entre las diferentes fracciones granulométricas como arena (2 – 0.05 mm), limo (0.05 - 0.002 mm) y arcilla (< 0.002mm). Para determinar la clase textural de los suelos, se realizan análisis mecánicos de laboratorio y los resultados se interpretan a través del triángulo de la textura *Figura 1*.

La textura es una de las características básicas del suelo e influyen otras propiedades como las relaciones hídricas, la fuerza o succión con que es retenida el agua por los coloides o arcillas del suelo y el rango de disponibilidad de agua (en porcentaje), para las plantas. Determina parcialmente el grado de aireación del suelo, ya que dependiendo del tipo de textura predominante dominan macroporos (rango 60 – 100 μm) o microporos (menores de 60 μm) y el aire se desplaza más fácilmente en los macroporos.

La infiltración o velocidad con que el agua penetra en la superficie del suelo, es siempre mayor en suelos de textura gruesa (arenosa, franco arenosa, arenosa franca) que en suelos de textura fina o pesados, como los arcillosos.



Fuente: MAGA

Figura 1 Triángulo textural para la determinación de la textura de los suelos en base al porcentaje de sus partículas primarias.

COBERTURA VEGETAL Y USO DE LOS SUELOS

Según Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2006, la cobertura vegetal concierne a la vegetación natural que proporciona una cobertura al suelo y que puede o no estar utilizada por el hombre (pastos, bosques y humedales), y el uso de los suelos concierne al hombre y el uso que este le está dando al suelo para su provecho, principalmente la agricultura.

También es importante considerar que el uso del suelo es dinámico y que un mapa sobre este tema representa un período establecido de tiempo (determinado por la fecha de toma del producto de sensor remoto utilizado y la comprobación de campo). Por lo tanto el mapa en sí, constituye una imagen tridimensional que representa: a) el cultivo y/o cobertura natural, b) la superficie que ocupa y c) el tiempo.

El uso de los suelos puede definirse como cualquier aplicación humana del recurso suelos. El manejo del uso de los suelos es básicamente un asunto de gobierno e incluye la administración, definición y hasta cierto punto el establecimiento de determinados usos dentro de ciertos límites de los suelos. Esto incluye dar licencias para usar los suelos de cierta manera y tal vez cierto tiempo, y puede incluir en alguna forma el control sobre la aplicación de las políticas de uso de los suelos dentro de un contexto legal.

La necesidad del manejo de los suelos se explica mediante dos factores: La apremiante escasez del recurso suelo per cápita y los efectos negativos de los usos del suelo más allá de un potencial sostenible fuera de su propio ambiente en tiempo y espacio.

USO ACTUAL DE LOS SUELOS Y ÁREAS HOMOGÉNEAS

Uso actual del Suelo

Se refiere al uso que el hombre le está dando al suelo para su provecho, principalmente la agricultura.

Áreas homogéneas

Este término se refiere a la agrupación de agricultores que tienen las mismas circunstancias socioeconómicas, lo que los obliga a trabajar dentro de un mismo nicho ecológico, por lo que se dice que son homogéneos en cuanto a sus sistemas tradicionales de producción, que han seleccionado a través de un largo proceso natural, respondiendo de una manera parecida y compartida socialmente, a los factores limitantes (agroclimáticos, socioeconómicos y áreas geográficas) más importantes que enfrentan y que les son comunes.

Este concepto surge a raíz del hecho de que no se puede establecer un programa de asistencia, que ofrezca recomendaciones para cada productor, haciendo notar a su vez que las

necesidades varían entre cada uno, pero se puede lograr agruparlos en cuanto a sus características productivas, tecnológicas, sociales y naturales similares, a fin de ofrecer planes de manejo integrales. Es importante mencionar que las áreas homogéneas son delimitadas geográficamente, pero tomando como base la similitud en el uso que los productores dan a dichas áreas, producto de la influencia de los factores mencionados.

Intensidad de uso

Es la relación que existe entre potencial del suelo de ser utilizado para determinada actividad productiva, sin provocar degradación y el posible uso que en un momento dado se le esté dando, de lo que se deducen los siguientes conceptos:

Uso correcto del suelo

Cuando existe correspondencia entre el uso actual y la capacidad de uso.

Sobreuso del suelo

Uso de una unidad de suelo a una intensidad mayor a la que soporta en términos físicos.

Subuso del suelo

Uso de una unidad de suelo a una intensidad menor que la que es capaz de soportar en términos físicos.

LINEAMIENTOS PARA EL MANEJO DEL SUELO

Es el proceso de desarrollo e implementación de planes para alcanzar propósitos y objetivos. Es el plan operativo que contempla la ejecución de prácticas agrícolas, ambientales, de protección y conservación así como la elaboración de medidas de mitigación, prevención de riesgos, de contingencias y la implementación de sistemas de información ambiental para el desarrollo de las unidades operativas o proyectos a fin de cumplir con la legislación ambiental y garantizar que se alcancen estándares que se establezcan.

Las herramientas que utiliza este método son válidas para la gestión de cualquier plan de manejo de un área territorial, en cuanto a la implementación de proyectos para el desarrollo sostenible local.

Para fines de uso adecuado del suelo, el plan de manejo de suelo tiene por objeto mejorar y desarrollar de forma conservacionista los sistemas de uso de los suelos, partiendo de principios técnicos, que permitan: La sostenibilidad del recurso suelo, en forma natural o en cualquier forma de uso; el aumento de la productividad; el aumento de la cobertura vegetal del terreno; el manejo adecuado de la escorrentía y el manejo adecuado de la fertilidad del suelo, la manutención de la materia orgánica y la reducción de la contaminación.

CLIMA

Abarca los valores estadísticos sobre los elementos del tiempo atmosférico en una región durante un periodo de tiempo representativo: Temperatura, humedad, presión, vientos y precipitaciones, principalmente.

LITOLÓGIA

Es la parte de la geología que trata de las rocas, especialmente de su tamaño de grano, del tamaño de las partículas y de sus características físicas y químicas. Incluye también su composición, su textura.

RECURSO BOSQUE

Situación del Recurso Bosque en La Unión Zacapa

En el municipio de La Unión Zacapa el 30% de superficie cuenta con cobertura boscosa, lo que equivale a 9,122.16 Mz. de las cuales, el 38% está compuesto por bosque mixto y el 62% por latifoliado, ocupando el tercer lugar a nivel departamental en cobertura boscosa, después de Gualán y Río Hondo. De la totalidad de bosque en el municipio, el 75% (6,842 Mz.) está inscrita para producción y protección en el Programa de Incentivos Forestales del Instituto Nacional de Bosques, quien ha identificado 57 especies de árboles en las que predominan: irayol, liquidámbar, pimienta, amate, jobo, encino, danto, aceituno, nance, santa maría, pino colorado y chico zapote. El bosque nuboso es uno de los recursos más importantes del municipio que actualmente, se encuentra en proceso de declararse como área protegida.

Cuadro 1. Cobertura forestal del municipio de La Unión, Zacapa (en Mz.)

Tipo de bosque	Departamento	Municipio
Coníferas	16,279.77	-
Latifoliado	50,660.47	5,698.51
Mixto	18,640.99	3,423.64
Total	85,581.23	9,122.16

Fuente: MAGA, (2003). Mapa de cobertura y uso del suelo

Para el año 2002, la cobertura boscosa del municipio representaba el 10.66% del total departamental; sin embargo, a pesar de los esfuerzos realizados por su conservación, esta se ha ido reduciendo gradualmente durante los últimos años; situación adversa que limita el cumplimiento de la meta 9 del ODM 7, enfocada a incrementar y proteger las áreas de bosque

y fuentes de agua; razón por la cual, se hace necesario incrementar los esfuerzos de reforestación y protección de las áreas boscosas del municipio, lo que a su vez contribuirá, a la protección e incremento del recurso hídrico y biodiversidad, así como la disminución de vulnerabilidad a la erosión de los suelos.

Tasa de Pérdida y Recuperación de la Cobertura Forestal

En términos de reducción de la masa arbórea, estimaciones recientes indican que esta se pierde a un ritmo de 82,000 ha/año. 73% de este total es de bosques latifoliados y 23% es de bosques de coníferas.

Las regiones donde tiene lugar las mayores pérdidas son Petén y las Verapaces. La principal causa es el cambio de uso del suelo principalmente para actividades agropecuarias con un 90%.(INAB. 2003.)

Esta tasa de deforestación que impacta fundamentalmente los bosques naturales con distintas intensidades según el tipo de bosque y la zona geográfica, presupone, sin ninguna intervención para disminuir la pérdida de la cobertura forestal actual, los próximos 28 años. De esta estimación se excluye la cobertura forestal existente en Parques Nacionales, zonas núcleo de las Reservas de Biósfera y los bosques manejados bajo el mecanismo de concesión forestal y bosques privados manejados (aproximadamente 1 millón de ha), bajo el supuesto que los mecanismos de protección del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP) son efectivos.

En términos de recuperación de la masa arbórea, hay dos mecanismos: (a) plantaciones y (b) regeneración natural, principalmente por abandono de los suelos de cultivo y el subsecuente desarrollo de bosque secundarios. En materia de plantaciones, en el período de 1975 a 1995 la tasa de reforestación no superó las 2,000 ha/año, bajo los mecanismos de incentivos fiscales, reforestaciones voluntarias, proyectos de desarrollo rural y compromisos de reforestación por autorización de licencias de aprovechamiento. A partir de 1,996 a la fecha, se ha plantado un total de 5,500 ha, bajo el mecanismo de incentivos forestales con bonificaciones directas, en sitios y especies seleccionados bajo criterios de fortalecer la productividad del sector forestal nacional.

Se estima que en su máxima expresión (financiera, institucional, demanda, entre otros factores) bajo este Programa pueden ser incorporadas a la silvicultura una superficie mínima de tierras forestales entre 15,000 a 20,000 ha/año, bajo el criterio de producción industrial. Bajo este ritmo, se estima que en un plazo de 20 años, podrían ser plantadas en el país un total de 283,000 ha.

Acercas del mecanismo de recuperación de la cobertura forestal por regeneración natural, es importante anotar dos aspectos. El primero de ellos es que indudablemente en suelos desprovistos de bosque y bajo diferentes circunstancias han tenido lugar los procesos de sucesión secundaria y por lo tanto de establecimiento de bosque secundarios. La composición

de tales masas forestales es consecuencia de factores tales como el banco de semillas, el tipo e intensidad de actividades desarrolladas previo al abandono del sitio, el grado de alteración del sitio, entre otros. Seguramente muy pocos bosques secundarios han sido sujetos a intervenciones con fines silvícolas.

El segundo aspecto es que no se cuenta con información confiable, sobre todo en términos de sitio, donde se requiere conocer la composición y estructura de tales bosques para fines de estimar su potencial productivo. En este sentido solamente es confiable mencionar que en el año 1,992 se reportaron 3,600 Km² de bosque secundario y dado que este tipo de bosque crece anualmente a un ritmo similar con el que se deforesta el país, es indudable que actualmente los bosques secundarios crezcan en superficie. Con estas consideraciones solamente es importante destacar que para el sector forestal de Guatemala, se constituye en una tarea importante mejorar el nivel de conocimiento sobre estos tipos de bosque, ya sea para fortalecer su función restauradora de sitios o para incorporarlos a la producción forestal tal y como se hace en otras regiones neotropicales (V Congreso Nacional Forestal, 1999).

3. Materiales y métodos

Tipo de investigación: No experimental, descriptiva, categórica y cualitativa.

5.1 Técnicas e instrumentos:

La primera etapa consistió en definir el diseño y planteamiento de la caracterización, además se recopiló información bibliográfica que permitirá elaborar el diseño preliminar del estudio. Posteriormente, se realizó el análisis con el uso del sistema de información geográfica, mediante la herramienta ArcGis donde se determinaron los datos referenciales de la zona, el clima, zonas de vida, ubicación política y suelos. Se colectó la información en el campo y el diseño de la presente caracterización.

Determinación de unidades de paisaje: el análisis fisiográfico consistió en un método de interpretación de imágenes satelitales de la superficie terrestre, basada la relación existente entre fisiografía y suelo, teniendo en cuenta que el suelo es un elemento de los paisajes fisiográficos, y que al mismo tiempo, el entorno geomorfológico definido por el relieve, el material parental, y el tiempo conjuntamente con el clima, son factores formadores de tales paisajes, y por consiguiente de los suelos que presentan.

El trabajo se realizó en diferentes etapas. En la fase preparatoria se evaluó el material bibliográfico disponible relacionado con la geología, geomorfología, climatología, vegetación, agricultura y otros aspectos de interés general de la zona de estudio, así mismo se analizó si existían mapas e informes de levantamientos de suelos existentes. En una segunda parte, se realizó el mosaico de las fotografías aéreas con el fin de comprobar la zona de cubrimiento, esto por consiguiente proporcionó una idea preliminar de los grandes paisajes en que se dividía la superficie de estudio. Luego se realizó un análisis que permitió identificar los elementos básicos: pendiente y relieve, vegetación natural, cultivos, características de la superficie del suelo, rocas, etc., los elementos compuestos: patrón de drenaje, cobertura vegetal y uso de la tierra; y los elementos inferidos: condición de drenaje, clima y material parental.

A partir de la detección y la delineación de algunos de estos elementos, se logró la realización de un mapa fisiográfico preliminar en donde se reconocieron distintas unidades de terreno con características homogéneas y en donde se utilizó el sistema de clasificación fisiográfica hasta el nivel de subpaisaje. Se seleccionaron áreas de muestreo teniendo en cuenta la presencia de los diferentes paisajes.

Luego se realizaron observaciones en los puntos de muestreo, los cuales fueron distribuidas estratégicamente en función de las características geomorfológicas, y según necesidad, en número suficiente para realizar las comprobaciones de los suelos reconocidos en las áreas de muestreo, o como para caracterizar los suelos definidos en las mismas.

En la segunda etapa, se ejecutó la metodología establecida para la obtención de datos de recurso hídrico, recurso suelo, vegetación, flora, diagnóstico rural participativo y consultas comunitarias, así mismo se desarrollaron actividades, tales como: aforo de caudales, muestreo de suelos, obtención de datos climatológicos en las estaciones meteorológicas. En general, para el desarrollo del trabajo se evaluaron los parámetros considerados en la caracterización y diagnóstico de cuencas hidrográficas. Se interpretaron las ortofotografías y se presentaron resultados.

Para la delimitación de la cuenca, el área, la elevación media, medida de pendientes y realización de los distintos mapas, se utilizaron distintas técnicas con las herramientas de ArcGis 10.1.

Para la obtención de los datos de precipitación y de temperatura para la realización del climadiagrama, se visitó la estación meteorológica del municipio, para la obtención de los datos generados por ella, con los cuales se crearon los datos como evapotranspiración y el balance hídrico que se da en la cuenca.

Para el recurso suelo, como la determinación de áreas homogéneas, capacidad de uso del suelo, el uso actual, profundidad efectiva, drenaje del suelo, cobertura vegetal, pedregosidad superficial, determinación de la erosión y textura del suelo, se realizó: a) un muestreo de suelo en puntos estratégicos, b) recorridos de campo, c) observaciones de pendientes, textura, capacidad de infiltración, profundidad radicular máxima de las especies vegetales presentes, d) utilización de la metodología propuesta por el USDA.

Para la determinación de la vulnerabilidad se recabó información en CONRED, INSIVUMEH y municipalidad, sobre lo sucedido como efectos de la tormenta Dolly y se procedió a la realización del mapeo y determinación de las áreas vulnerable a deslizamientos disparados por lluvias, esta se realizó con la metodología MORA-VAHRSON para el estudio de la vulnerabilidad a deslizamientos.

La metodología MORA-VAHRSON fue utilizada en el programa de ArcGis haciendo traslapes de mapas con la herramienta del álgebra del programa, donde se utilizaron los mapas de clima, uso del suelo, pendientes, entre otros y poder obtener el mapa de vulnerabilidad.

Luego con toda la información recopilada se elaboraron los mapas del área de estudio, como el mapa de vulnerabilidad, mapa de usos del suelo actual, mapa de pendientes, mapa de texturas, entre otros.

La última etapa consistió en la compilación de los mapas, clasificar en forma definitiva los suelos encontrados de acuerdo con los resultados de campo y confeccionar el informe respectivo, obteniendo el mapa para el área de trabajo de fisiografía y geomorfología.

Para la recopilación de los factores socioeconómicos, se realizaron dos diagnósticos rurales participativos, ubicados en las aldeas de Taguayn' y La Laguna que se encuentren situadas en lugares accesibles para las comunidades vecinas. Se realizaron entrevistas a pobladores y principalmente a los miembros de los COCODES de las comunidades.

5.2 Muestreo (si procede),

Para el muestreo de suelos se tomaron en cuenta los criterios de los distintos paisajes que se obtuvieron del mapa fisiográfico.

5.3 Operacionalización de las variables o unidades de análisis:

Tabla 1

Operacionalización de variables o unidades de análisis

Objetivo	Variable	Definición teórica de la variable	Definición operativa	Técnica	Instrumento	Escala de medición
Se identificó las áreas de mayor vulnerabilidad.	Vulnerabilidad: pendientes, clima, uso del suelo.	Grado de pérdida de un elemento o conjunto de elementos en riesgo, como resultado de la ocurrencia de un fenómeno natural de una magnitud dada	Es el proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos ante una amenaza específica	Moravahrson para evaluación de susceptibilidad ante deslizamientos	Mapa de pendientes, Mapa edafológico, datos insivumeh, ArcGis	Muy baja, Baja, Moderada, Alta, Muy alta.

5.4 Coherencia de la investigación.

Tabla 2

Coherencia de la propuesta de investigación.

Objetivos	Actividad	Productos o hallazgos esperados (en función de cada objetivo)	Responsables
Caracterización de la microcuenca	Recopilación de información, DRP, talleres, acercamientos con líderes.	La caracterización de los factores socioeconómicos de la microcuenca y los mapas de los recursos biofísicos para saber los potenciales y limitantes	Coordinador del proyecto
Identificación de áreas de mayor vulnerabilidad	Muestreos, caminamientos, evaluaciones, utilización de herramientas de ArcGis	El mapa de vulnerabilidad y su plan de prevención ante fenómenos naturales	Coordinador del proyecto, Investigador Auxiliar: Cristian rosales
Realización de propuesta para el manejo de la microcuenca	Evaluación y análisis de material y datos, recolectados	La propuesta general para el manejo de la microcuenca	Coordinador del proyecto, Investigador Auxiliar: Emilio Granados

5.5 Cronograma (en relación con el cuadro anterior)

Actividad	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.
Recopilación de información	■							
DRP		■						
Talleres			■					
Acer. Lideres			■					
Muestreos		■						
Caminamientos		■	■	■				
ArcGis					■	■		
Evaluación, análisis de datos y material						■	■	
Propuesta							■	■

Procesamiento de datos y plan de análisis: describa y justifique los instrumentos y técnicas que utilizará.

GPS: para el muestreo y ubicación de áreas vulnerables.

Equipo de cómputo: digitalizar la información recabada, las texturas de las distintas muestras de suelo recolectadas, para la realización del mapa de texturas, las pendientes recolectadas para la verificación del mapa de pendientes, los datos proporcionados por el insivumeh para realización del mapa de clima, los datos vistos en los caminamientos sobre el uso actual del suelo, para la realización del mapa del uso actual del suelo y la propuesta.

Barras con chuzo: para la extracción de las muestras de suelo.

Bolsas Ziploc: para el traslado de las muestras de suelo al laboratorio.

Combustible: no se solicito

Viáticos: no se solicito

4. Resultados

Ubicación y delimitación

La microcuenca del Río Peshjá tiene un área de 11,610.62 hectáreas, que equivalen a 116.10 kilómetros cuadrados, siendo esto más del 50% del área del municipio de La Unión Zacapa.

En la metodología de Pfafstetter su código es el 9518185.

En el área de estudio de la Microcuenca del Río Peshjá, del municipio de La Unión Zacapa, existen 9 aldeas, 12 caseríos.

Caracterización Socioeconómico

En la mayoría de centros poblados poseen infraestructura para diferentes servicios, tales como: Escuelas, salones comunales, templos católicos, evangélicos, campos de fútbol y puestos de salud. Acudiendo al casco urbano el cual no se encuentra dentro de la misma microcuenca a otros servicios como: Servicios municipales, bancarios, cooperativistas, agroservicios, centro de atención permanente en salud, hoteles, ferreterías.

Vivienda

Según el censo de la Dirección Municipal de Planificación, para el 2008 el municipio contó con el 95% de viviendas formales; y, un estimado para el año 2012 de 3,966 viviendas de tipo formal; información que fue confirmada a través de las entrevistas realizadas a los pobladores y caminamientos en toda el área de la microcuenca. Los principales materiales utilizados en la construcción de viviendas de un nivel, destaca paredes de barro y adobe, en el piso predominan la tierra y torta de cemento, mientras que el techo principalmente es de lámina.

Servicio de agua

El cien por ciento de comunidades cuenta con servicio domiciliario de agua entubada, la cual proviene de los nacimientos localizados en las áreas montañosas principalmente, con servicio regular durante todo el día; la totalidad de los sistemas de distribución de agua no cuentan con tratamiento adecuado para el consumo humano, sin embargo los entrevistados manifestaron que no existe necesidad de purificar el agua debido a que no se han contaminado las fuentes de donde se abastecen.

Disposición de excretas

Según el centro de salud de La Unión Zacapa, el 93% de las viviendas poseen sistemas de disposición de excretas; teniendo solo un déficit de 7% con este servicio; según las consultas realizadas en los diagnósticos rurales participativos se pudo estimar que existe un déficit del 30% de los servicios de letrización. *Plan de Desarrollo Municipal La Unión, Zacapa 2010-2025*

Energía eléctrica

En todas las comunidades de la microcuenca informan que cuentan con energía eléctrica, pese a la disponibilidad en cada comunidad aún existen viviendas que no cuenta con este servicio, debido a la distancia al punto más cercano de conexión. Se estima que la cobertura de servicio de energía eléctrico es de 95%.

Infraestructura vial

Según el recorrido realizado en toda la microcuenca, todas las comunidades tienen acceso vial en buenas condiciones durante la época de verano, predominando en el 95% caminos de terracería de una vía. Red vial que se ve afectada especialmente en la época de invierno por procesos erosivos, derrumbes, deslizamientos y hundimientos.

Transporte y comunicaciones

Según el diagnóstico rural participativo, los participantes comentaron que el transporte normalmente lo realizan en vehículos tipo pick-up, no teniendo horarios fijos, pero se puede promediar uno por la mañana y uno por la tarde.

Telefonía Móvil

En toda el área de la microcuenca se cuenta con señal de telefonía móvil, de las empresas Claro y Tigo principalmente; según las consultas realizadas se estima que en promedio cada vivienda cuenta por lo menos con la disponibilidad de un teléfono celular, algunas otras pueden tener dos o más aparatos telefónicos.

Tenencia de tierra

El régimen predominante de tenencia de la tierra en la Microcuenca del Río Peshjá es privado y en las áreas boscosas es municipal. Los habitantes del área, indicaron que han adquirido sus tierras por herencia, en algunos casos tienen documentos legales que amparan la posesión de sus terrenos obtenidos por medio de la municipalidad y profesionales de la materia.

DESCRIPCION DE RECURSOS NATURALES

Análisis de la morfometría e hidrología

Con base en los datos determinados referentes a las características morfométricas de la Microcuenca Rio Peshjá, se realizó una interpretación y descripción general de cada una de las características, respecto a su comportamiento dentro del recurso hídrico superficial.

Forma de la microcuenca

En términos básicos, la forma de la microcuenca hidrográfica es importante pues se relaciona con el tiempo de concentración, tiempo necesario desde el inicio de la precipitación, para que toda la microcuenca contribuya al cauce principal en estudio, es decir, el tiempo que toma el agua precipitada en los límites más extremos de la microcuenca para llegar al punto de salida de la misma.

La forma de la microcuenca, también llamado Índice de Compacidad, da una referencia y la forma de la microcuenca; para este caso el valor es de 1.44, evaluado mediante la ecuación de Gravelius. Con este factor se considera que la microcuenca se va acercando a una forma circular, teniendo mayores posibilidades de producir crecientes con mayores caudales

Perímetro de la microcuenca

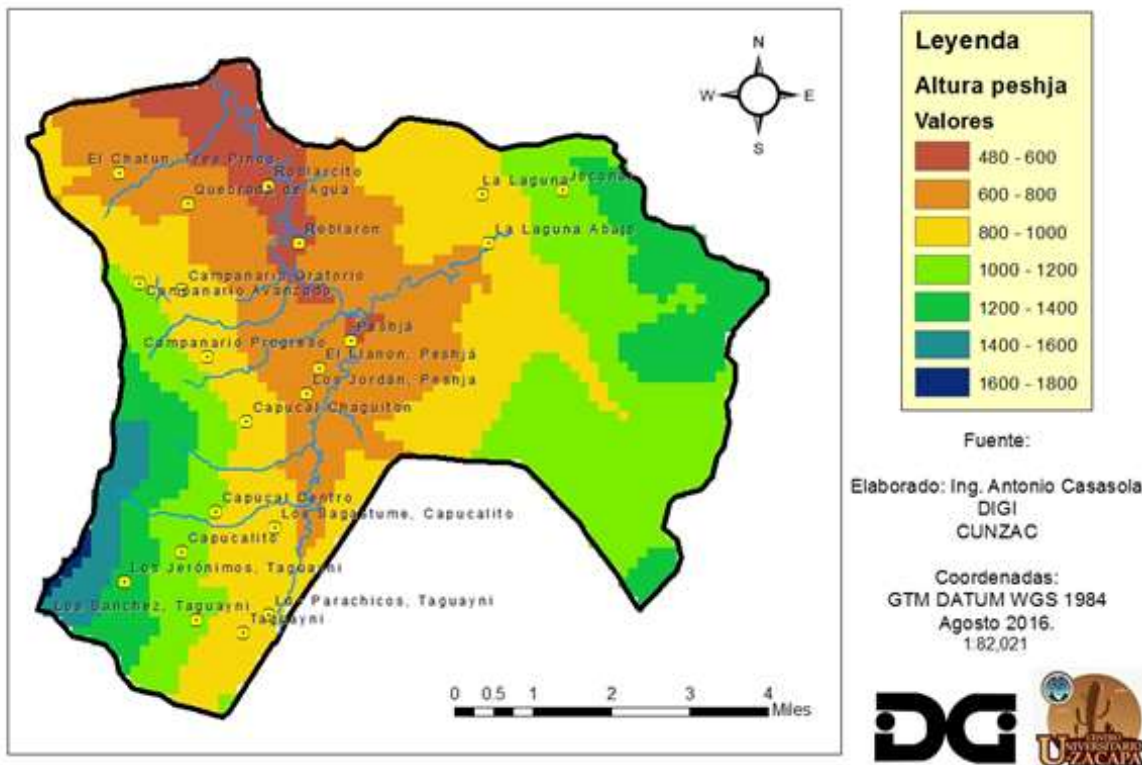
Esta unidad de manejo, tiene un perímetro de 55,679 metros lineales, que equivalen a 55.679 kilómetros.

Longitud de la microcuenca:

La longitud de la microcuenca es de 13,408 metros lineales que equivalen a 13.40 kilómetros y la longitud total de los causes es de 53,830 metros lineales, equivalentes a 53.83 kilómetros.

Elevación media de la microcuenca

La elevación promedio de la microcuenca, según la información analizada es 800 metros sobre el nivel del mar. El punto más alto de la microcuenca se encuentra a 1,610 metros sobre el nivel del mar y el punto más bajo de la microcuenca se encuentra a 480 metros sobre el nivel del mar, haciendo una diferencia de altura de 1,130 metros en los 116.10 Km² que es el área de la microcuenca. Según el rango de altitud la microcuenca presenta muchas áreas vulnerables a deslaves y procesos erosivos, en la parte alta principalmente, los cuales son efecto del cambio de uso del suelo.



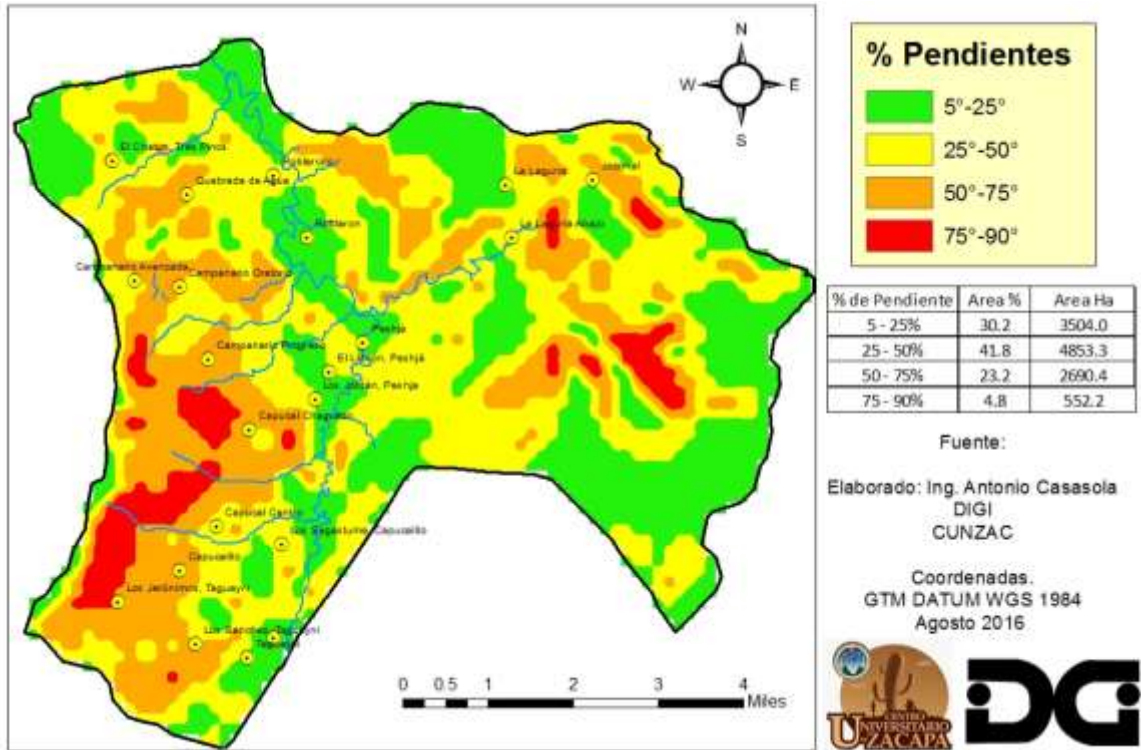
Mapa de Altura, Microcuenca Peshja, La Unión, Zacapa

Pendiente del cauce

Esta variable fue calculada con la diferencia de altitud entre la parte más alta del cauce principal y el punto de salida del drenaje de la microcuenca (1,550 msnm - 480 msnm) dividiéndolo con la longitud total del cauce principal (13,408 m), expresada en porcentaje. Esta microcuenca presenta una pendiente media del cauce de 8 % que representa a un cauce con un comportamiento en muchas ocasiones turbulento, principalmente en la temporada de invierno.

Pendiente media de la microcuenca

En el área de la microcuenca las pendientes se pueden encontrar desde 5% hasta mayor a 75%, predominando el rango de pendientes de 25% a 50% en casi la mitad del área total de la microcuenca.



Mapa de pendientes, Microcuenca Peshja, La Unión, Zacapa

Tipo de corrientes

Durante el proceso de generación de información de campo se visualizaron drenajes de tipo permanente, los cuales tienen un orden 4 en el punto de aforo, localizado en el río Peshjá, ubicado en la comunidad de Roblaron.

Orden de corrientes de la microcuenca

Para clasificar, en el presente estudio se utilizó el sistema de Horton; este índice se refiere a la medida de la ramificación de un cauce; su número de orden va en función al número de bifurcaciones de la corriente, dándonos para esta microcuenca Orden 4.

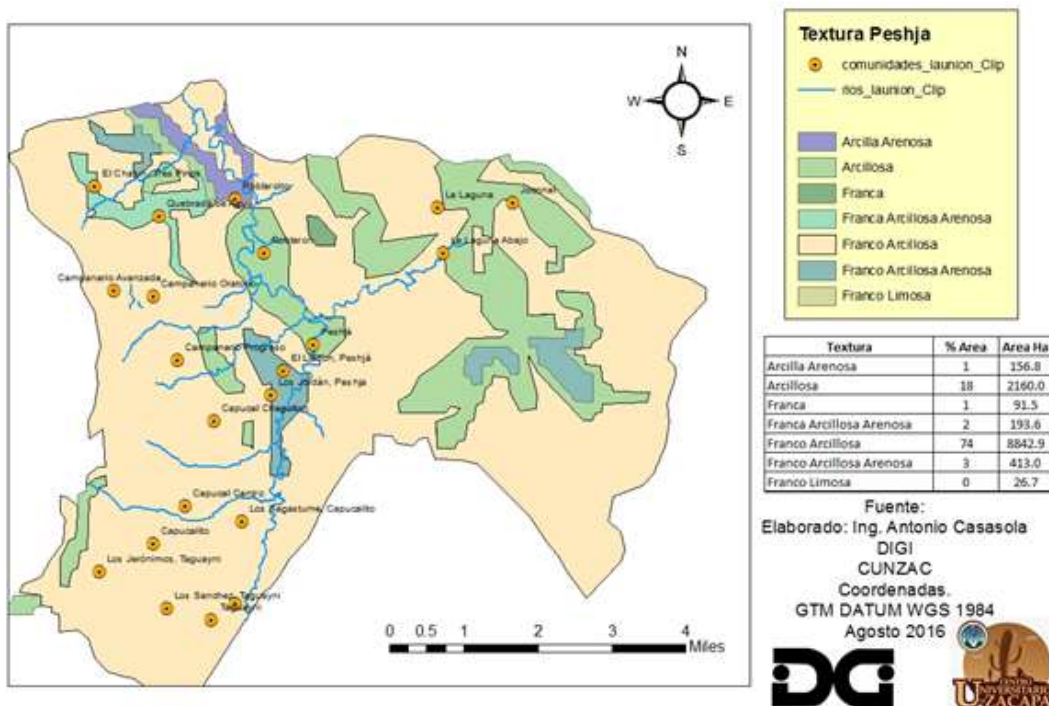
Densidad de drenaje de la microcuenca

Variable que relaciona la longitud de todos los cauces con el área total de la microcuenca. Esta variable da una referencia de la cantidad de drenaje superficial existente. Esta

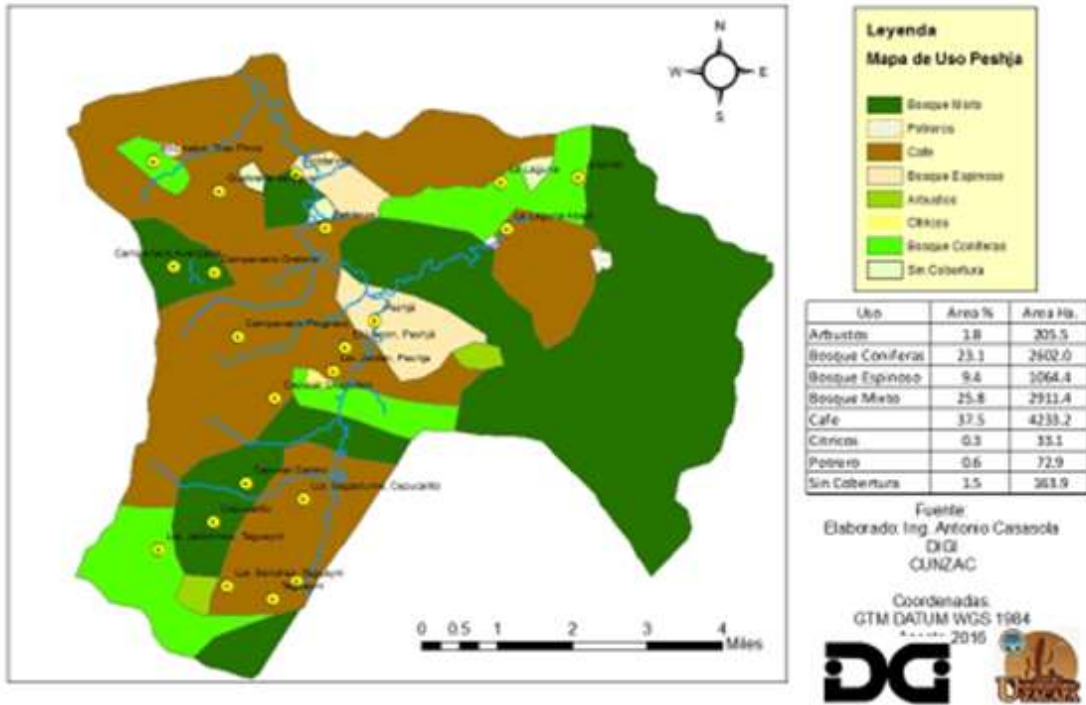
microcuenca tiene una densidad de drenaje igual a $53.83 \text{ km} / 116.10 \text{ km}^2$ equivalente a 0.46 km/km^2 .

Si la densidad de drenaje es mayor que $2,74 \text{ km/km}^2$ se considera una microcuenca bien drenada. Si sólo se considera este índice, sin tener en cuenta otros factores del medio físico de la microcuenca, se puede decir que cuanto mayor sea la densidad de drenaje, más rápida será la respuesta de la microcuenca frente a una tormenta, evacuando el agua en menos tiempo. En efecto, al ser la densidad de drenaje alta, una gota deberá recorrer una longitud de ladera pequeña, realizando la mayor parte del recorrido a lo largo de los cauces, donde la velocidad del escurrimiento es mayor.

Un valor de densidad de drenaje igual a 0.46 km/km^2 , da a entender que las precipitaciones generan una respuesta más lenta. Esto quiere decir que la microcuenca presenta una densidad de drenaje media baja.



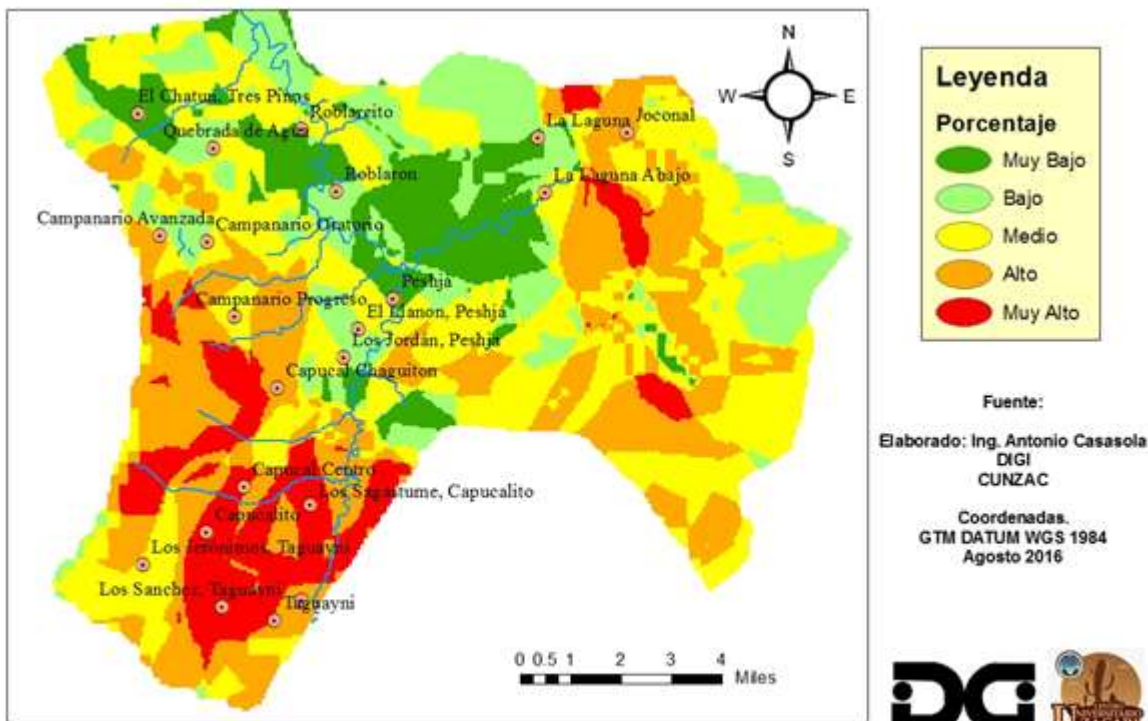
Mapa de Textura del Suelo, Microcuenca Peshja, La Unión, Zacapa



Mapa de Uso del Suelo, Microcuenca Peshja, La Unión, Zacapa

Mapa de áreas susceptibles o vulnerables a deslizamientos disparados por lluvias

Con la metodología de Mora Vahrson se logró identificar las áreas que se encuentran susceptibles o vulnerables a deslizamientos, tomando en cuenta los datos de los mapas de geología, pendientes, textura, cobertura del suelo, se utilizó el álgebra de mapas del programa ArcGIS, con el que se ponderan los mapas, obteniendo el mapa de áreas susceptibles a deslizamientos.



Mapa de susceptibilidad a Deslizamiento en Microcuenca Peshja, La Unión, Zacapa

Clima

El área de estudio tiene una extensión relativamente pequeña, su rango altitudinal varía entre los 480 y los 1,800 msnm. Las condiciones climáticas a nivel local no varían mucho entre la parte baja, media y alta de la microcuenca.

De acuerdo con los modelos climáticos generados por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala; la precipitación en el área propuesta para el estudio varía entre 1,000 y 1,500 mm anuales, aunque estas estimaciones no

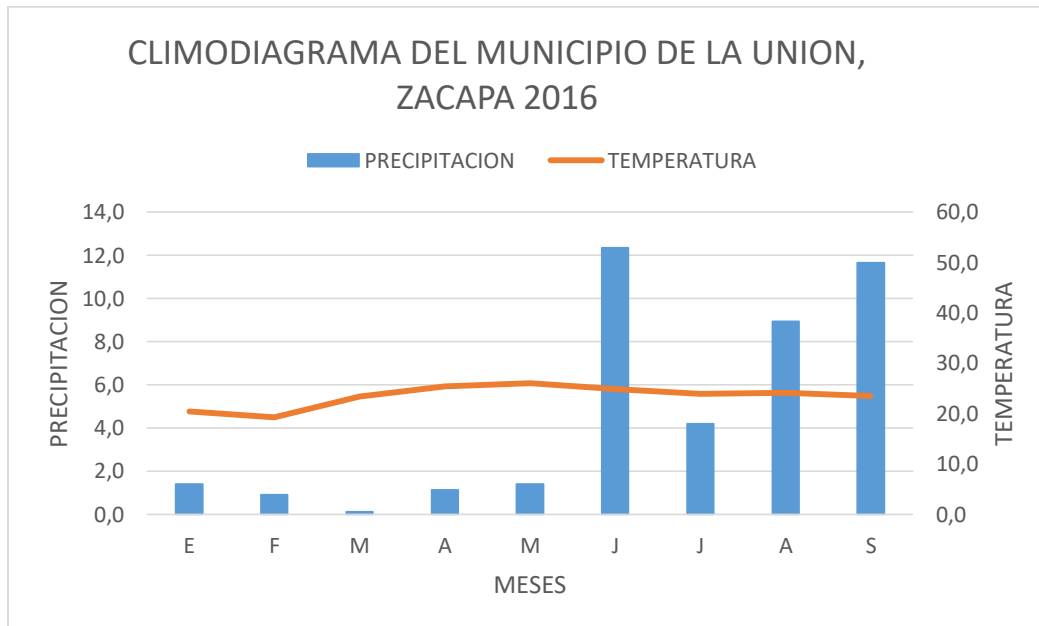
consideran ciertas situaciones microclimáticas que causan que los valores mencionados en este apartado parezcan demasiado conservadores.

Precipitación y temperatura

Se utilizaron los datos de precipitación generados por la estación meteorológica del municipio de La Unión Zacapa, la cual está ubicada dentro del área de la microcuenca, con Latitud Norte 14°57'48" Longitud Oeste 89°17'28", a 1000 msnm.

Construcción de climadiagrama

Con el objetivo de ejemplificar la construcción de un climadiagrama, se graficaron datos del año 2016 de temperatura media mensual, precipitación pluvial mensual de los meses de enero a septiembre de la estación climática ubicada en La Unión Zacapa, utilizando la herramienta del programa de graficas de Excel.



Caudales

Para conocer los caudales del río se realizaron dos aforos, utilizando como flotador una botella plástica de agua de 700 ml, y en una distancia de 10 metros para medir su velocidad, siendo esta una variable importante para evaluar la cantidad de tiempo en que una partícula de agua llega desde la parte alta a la parte baja de la microcuenca y se estima basados en la longitud del cauce principal, el ancho, la profundidad y la diferencia de elevación de los extremos de este. Para la microcuenca del Río Peshjá los aforos dieron un resultado de $1.45 \text{ m}^3/\text{s}$ en la parte alta de la microcuenca y $3.92 \text{ m}^3/\text{s}$ en la parte baja del Río Peshjá en las temporadas antes de las precipitaciones (verano) y en la temporada de invierno en el mes de septiembre los aforos en la mismas ubicaciones dieron un resultado de $2.69 \text{ m}^3/\text{s}$ y en la parte baja un resultado de $4.41 \text{ m}^3/\text{s}$.

6.1 Matriz de Resultados

Objetivo específico	Resultado esperado	Resultado Obtenido
Objetivo específico 1: Caracterizar los recursos biofísicos y factores socioeconómicos de la microcuenca, para conocer la realidad actual, limitantes y potencialidades.	La caracterización de los factores socioeconómicos de la microcuenca y los mapas de los recursos biofísicos para saber los potenciales y limitantes	Se obtuvo la caracterización socioeconómica de la microcuenca y los mapas de los recursos biofísicos con el fin de poder visualizar la realidad de sus potencialidades, de sus límites y debilidades.
Objetivo específico 2: Identificar las áreas de mayor vulnerabilidad, para proponer un plan de prevención ante fenómenos naturales, que apliquen las comunidades ubicadas dentro de la microcuenca.	El mapa de vulnerabilidad y su plan de prevención ante fenómenos naturales	Se obtuvo el mapa de vulnerabilidad con el objetivo de proponer un plan de prevención en las áreas donde pueden ser afectadas por fenómenos naturales.
Objetivo específico 3: Realizar una propuesta para el manejo de la microcuenca del río Peshjá, La Unión, Zacapa.	La propuesta general para el manejo de la microcuenca	Realización de una propuesta general del manejo de la microcuenca.

6.2 Impacto esperado

Se logró visualizar los riesgos en que se encuentran los habitantes de la microcuenca, y poder difundir para conseguir la concientización de los habitantes de la microcuenca del río Peshjá , y así lograr cambios en el uso actual que se está dando a la microcuenca para lograr prevenir a corto plazo desastres.

6.3 Análisis y discusión de resultados

Con base a los resultados obtenidos en los diagnósticos rurales participativos y los diagnóstico del medio natural; se formula la propuesta de manejo, donde se priorizan las áreas más críticas y se propone el plan de acciones inmediatas para la conservación y el manejo de los recursos renovables de la Microcuenca del Río Peshjá de La Unión Zacapa.

En la Microcuenca de Río Peshjá , que cubre una extensión de 116.10 km² predomina el paisaje de montaña, con pendientes promedio entre 25% y 75%, con precipitación media anual entre los 1,000 y 1,500mm., con actividad principal de uso del suelo que gira alrededor del cultivo de café, como motor del desarrollo económico de 9 aldeas y 12 caseríos.

Dentro de la microcuenca existen áreas vulnerables a deslizamientos, localizadas principalmente en las partes altas de la misma, producto de la saturación del suelo por las lluvias, en combinación con otros factores como la pendiente y la geología, pudiendo ocasionar pérdidas humanas, materiales y agrícolas.

Considerando los diagnósticos rurales participativos realizados en el área de la microcuenca, se definieron las líneas estratégicas, para minimizar y prevenir los daños ocasionados en áreas vulnerables a deslizamientos, las cuales se describen en la matriz de planificación.

Propuesta General para el manejo de la microcuenca:

Matriz de planificación:

Tema y Objetivo Estratégico	Indicadores	Proyectos Posibles
<p>Tema: Recurso Humano</p> <p>Objetivo: Concientización de los agricultores sobre un manejo integral ambiental de la microcuenca del río Peshjá .</p>	<p>*Disminuye el mal uso e los recursos naturales de la microcuenca.</p> <p>*Aumentar el uso adecuado de los productos de la microcuenca.</p> <p>*Concientiza a los agricultores en el manejo racional de los recursos naturales.</p>	<p>*Creación y fortalecimiento del Comité de microcuenca, que gestione la protección, manejo, distribución y uso de los recursos.</p> <p>*Formación de comisiones en el comité concernientes a cada uno de los elementos principales dentro de la microcuenca, como bosque, suelo, agua, recurso humano, vulnerabilidad.</p> <p>*Capacitaciones sobre técnicas de conservación de suelos.</p> <p>*Charlas de concientización de la protección de los bosques.</p> <p>*Concientización sobre la protección y uso adecuado del agua.</p>

Tema y Objetivo Estratégico	Indicadores	Proyectos Posibles
	*Disminuye la cantidad de tala del bosque	*Creación de bosques energéticos, con especies nativas
Tema: Bosque	*Aumentar la cantidad de masa boscosa o incrementar las áreas forestales	*Creación de viveros forestales
	*Disminuye la utilización de leña en los hogares	*Implementación de la figura de guardabosques
Objetivo: El manejo integral y protección del recuso bosque de la microcuenca del rio Peshjá .	*Aumentar las áreas inscritas en programas de incentivos forestales	*Implementación de estufas mejoradas o ahorradoras de leña *Creación de rondas para su protección contra incendios.
		*Implementación de sistemas agroforestales

Tema y Objetivo Estratégico	Indicadores	Proyectos Posibles
<p>Tema: Suelo</p> <p>Objetivo: La utilización del suelo de acuerdo a su vocación y capacidad de producción.</p>	<p>*Disminuye el área que se encuentra en mal uso.</p> <p>*Aumentar las áreas de cultivos limpios con, técnicas de conservación de suelos.</p> <p>*Disminuye la cantidad suelo a erosionar, por escorrentía de aguas pluviales.</p> <p>*Aumentar el porcentaje del área que se encuentra en uso correcto del suelo.</p>	<p>*Implementación de técnicas para el manejo y uso correcto del suelo.</p> <p>*Construcción de curvas a nivel, barreras vivas y barreras muertas.</p> <p>*Construcción de acequias y terrazas, para aminorar la velocidad de las aguas pluviales.</p> <p>*Establecimiento de cultivos permanentes en función de la capacidad del uso del suelo.</p> <p>*Reforestación implementación de sistemas agroforestales en los suelos descubiertos.</p>

Tema y Objetivo Estratégico	Indicadores	Proyectos Posibles
<p>Tema: Vulnerabilidad</p> <p>Objetivo: La prevención y mitigación ante desastres naturales.</p>	<p>*Disminuye la vulnerabilidad ante fenómenos naturales.</p> <p>*Aumentar las estructuras de protección en las áreas degradadas.</p>	<p>*Fortalecer las COLRED</p> <p>*Construcción de estructuras que contribuyan a la protección de zanjones y cárcavas.</p> <p>*Construcción de gaviones en áreas afectadas, por escorrentías.</p> <p>*Implementación de reglamento de construcción municipal.</p> <p>*Evitar construir viviendas o beneficios de café en áreas vulnerables o cercanas a deslizamientos.</p> <p>*Limpieza y protección de cunetas y cabezales en las vías de acceso en la microcuenca.</p> <p>*Protección de taludes.</p> <p>*Construcción de infraestructura preventiva como gaviones, en las principales vías de acceso.</p>

5. Conclusiones

- 1) Dado el ciclo productivo de cinco meses de la producción de café como principal fuente de ingresos económicos, la sociedad que compone la Microcuenca, en un alto porcentaje se encuentra con problemas de abastecimiento de alimentos para subsistencia. Consecuentemente los ingresos familiares son insuficientes para la atención y mejoramiento de la salud y sus viviendas.
- 2) La microcuenca del río Peshjá, es abundantemente rica en recursos naturales; cuenta con una red de drenajes conformada por 3 ríos que arrojan $4.41 \text{ m}^3/\text{s}$ de agua en el mes de septiembre, para abastecer a comunidades de la microcuenca y de los municipios de Gualán y Zacapa. Los suelos existentes son del tipo franco arcilloso; siendo el café el cultivo predominante, seguido de bosques mixtos, latifoliados y coníferas.
- 3) El municipio de La Unión departamento de Zacapa, ha tenido serios problemas por deslizamientos, debido a sus fuertes pendientes y altas precipitaciones, que han causado daños humanos y agrícolas. Estos se han incrementado, por la cultura de uso incorrecto de los suelos y por la tala de cobertura forestal; en tal sentido, la microcuenca es catalogada con un nivel medio a alto susceptible a deslizamientos.
- 4) Existe falta de coordinación interinstitucional en el área de estudio, de tal manera que los problemas no son atendidos adecuadamente, tampoco se cuenta con un plan de manejo ordenado de la microcuenca, dándonos como consecuencia resultados de visible vulnerabilidad ante fenómenos naturales.

6. Referencias

Adames, A. J., Gómez, B., & Polo, B. (2004). Análisis de escenario de desarrollo y plan indicativo de ordenamiento territorial ambiental para la región occidental de la cuenca del canal de Panamá. Panamá.

CUNORI. (2006). Curso de Cuencas.

García, A. (2009). Determinación de las zonas potenciales de recarga hídrica en las subcuencas de los ríos Taco y Shusho, municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula. (Tesis de Ingeniero Agrónomo) Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Oriente, Chiquimula.

Herrera. (2014). Cuencas MAGA .

Jiménez, F. 2005. Gestión integral de cuencas hidrográficas. Enfoques y estrategias actuales. CATIE Recursos, Ciencia y decisión. No.2.

León, G. J., (2005) Efectos de los sistemas de manejo sobre el estado físico de un suelo pardo grisáceo del Escambray. Centro Agrícola, año 32, no.1 31-35

Lemmenhofer, C. (1990). Geo-refered Information Systems.

Matus. (2007). INAB.

Mesén, R. A., Dostal, C. B., Vargas, D. D., & Araúz, M. S. (2007). Metodologías fotogramétricas e hidrológicas para estimar la amenaza y vulnerabilidad de inundación en la cuenca del río Purires, Cartago, Costa Rica. (Spanish). Revista Reflexiones, 86(1), 127-139.

Ministerio de Agricultura, G. y. (2000). Cuencas de Guatemala.

Mora, R., mora, S. & Vahrson, W., 1992. Macrozonificación de la amenaza de deslizamientos y resultados obtenidos en el área del valle central de Costa Rica.- Escala 1:286 000, CEPREDENAC, San José de Costa Rica.

Müller U. 1999. Planificando el uso de la tierra. Catálogo de herramientas y experiencias. In: Foro de Proyectos de Desarrollo Rural y Manejo de Recursos Naturales en América Latina. GTZ. Bogotá, Co. 158 p.

Paniagua, S., (1988). Reunión de trabajo sobre la prevención y previsión de desastres naturales en América Central. Revista Geológica de América Central No. 8, 131-134.

Quesada C.A. 1990. Estrategia de conservación para el desarrollo sostenible de Costa Rica. Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas. ECODES. San José, CR. 180 p.

Ramakrishna, B. (1997). Estrategias de extensión para el manejo integrado de cuencas.

S., F. C. (2002). Experiencias de gestión de cuencas.

Saborío Bejarano, J. (s.f.). Metodología para la gestión de cuencas hidrográficas siguiendo el enfoque del riesgo integral -El cambio climático y la adaptación. En J. S. B.,

Metodología para la gestión de cuencas hidrográficas siguiendo el enfoque del riesgo integral -El cambio climático y la adaptación. (pág. 1).

Segura, G., Badilla, E., Obando, L., (2011). Susceptibilidad al deslizamiento en el corredor Siquirres-Turrialba. Revista Geológica de América Central, 45, 101-121.

Torres, A. B., (2007) Elementos conceptuales y desarrollo histórico de la noción de gestión del riesgo y los desastres. Revista Reflexiones, 86(2), 75-91.

Torres Arroyo, J. (2005). Mapas Temáticos.

7. Actividades de gestión, vinculación y divulgación

Presentaciones públicas en los COMUSAN, las revistas científicas de DIGI.

8. Orden de Pago

LISTADOS DE TODOS LOS INTEGRANTES DEL EQUIPO DE INVESTIGACION

Contratados por contraparte y colaboradores
Ing. Antonio José Casasola Santisteban
Ing. Cristian Alexander Rosales Gómez
Ing. Luis Emilio Granados Padilla

CONTRATADOS POR LA DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN

Nombre	Categoría	Registro de Personal	Pago	
			Si	No
Antonio José Casasola Santisteban	Investigador	20150833	X	

Nombre	Firma
Antonio José Casasola Santisteban	

Ing. Agr. Antonio José Casasola Santisteban
Coordinador de Proyecto

Lic. Roberto Barrios Castillo
Coordinador Programa Universitario de Investigación

Vo.Bo. Ing. Agr. MARN. Julio Rufino Salazar
Coordinador General de Programas