



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**ESTUDIO DE LA CUENCA DEL RÍO CAJOLÁ CON FINES DE  
MANEJO DE SUELOS, MUNICIPIO DE CAJOLÁ,  
DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO, GUATEMALA**

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

**POR**

**FILIBERTO SALVATIERRA COLÍNDRES**

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**EN  
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**EN EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADO**

**Guatemala, noviembre de 2,006**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**RECTOR**

**Lic. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA**

<b>DECANO</b>	<b>Dr. ARIEL ABDERRAMÁN ORTÍZ LÓPEZ</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>Ing. Agr. PEDRO PELÁEZ REYES</b>
<b>VOCAL PRIMERO</b>	<b>Ing. Agr. ALFREDO ITZEP MANUEL</b>
<b>VOCAL SEGUNDO</b>	<b>Ing. Agr. WALTER ARNOLDO REYES SANABRIA</b>
<b>VOCAL TERCERO</b>	<b>Ing. Agr. DANILO ERNESTO DARDÓN ÁVILA</b>
<b>VOCAL CUARTO</b>	<b>Br. DOUGLAS ANTONIO CASTILLO ÁLVAREZ</b>
<b>VOCAL QUINTO</b>	<b>P. Agr. JOSÉ MAURICIO FRANCO ROSALES</b>

**Guatemala, noviembre de 2,006**

Guatemala, noviembre de 2,006

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

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación Titulado **ESTUDIO DE LA CUENCA DEL RÍO CAJOLÁ CON FINES DE MANEJO DE SUELOS, MUNICIPIO DE CAJOLÁ, DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO.**

Esperando que el presente trabajo cumpla con los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Filiberto Salvatierra Colindres

## ACTO QUE DEDICO

A:

MI DIOS,

MI PADRE

TESIS QUE DEDICO

A:

TODOS MIS MAESTROS

## AGRADECIMIENTO

Mi mas profundo agradecimiento a las personas

## CONTENIDO

Introducción	13	1.
1. Definición del problema	14	
2. Justificación	15	
3. Marco Teórico	16	
3.1 Marco conceptual	16	
3.1.1 Cuenca Hidrográfica	16	
3.1.2 Parte Aguas	16	
3.1.3 Tipos de corrientes superficiales	17	
3.1.3.1 Permanentes	17	
3.1.3.2 Efímeras	17	
3.1.3.3 Intermitentes	17	
3.1.4 Orden de una corriente	17	
3.1.5 Pendiente	17	
3.1.6 Curva de nivel	17	
3.1.7 Perímetro de la cuenca	17	
3.1.8 Patrones de drenaje	18	
3.1.9 Morfometría de la cuenca	18	
3.1.10 Orden de corrientes	19	
3.1.11 Longitud media de una corriente	19	
3.1.12 Aspectos de superficie	19	
3.1.12.1 Área de la cuenca	19	
3.1.12.2 Forma de la cuenca	19	
3.1.12.3 Relación de forma	20	
3.1.12.4 Densidad de Drenaje	20	
3.1.12.5 Frecuencia o densidad de corrientes	20	
3.1.13 Aspectos de relieve	21	
3.1.13.1 Pendiente media de la cuenca	21	
3.1.13.2 Pendiente del canal o cauce principal	21	
3.1.13.2 Elevación media de la cuenca	22	
3.2 Capacidad productiva de la tierra	22	
3.3 Conservación de suelos	23	
3.3.1 Técnicas de conservación	23	
3.3.2 Definiciones de manejo y conservación técnica de Suelos	23	
3.3.2.1 Manejo	23	
3.3.2.2 Conservación	23	
3.3.2.3 Intervenciones técnicas	23	
3.3.2.4 Estructura de conservación de suelo	24	
3.4 Terrazas	24	
3.5 Terrazas de banco	24	
3.5.1 Terrazas contiguas	25	
3.5.2 Terrazas individuales	25	
3.6 Los métodos para construcción de terrazas de Banco según la necesidades de Guatemala	25	
3.6.1 Diseño de terrazas de banco por fórmula	25	
3.6.2 Método de conservación del ancho del terraplen	29	



3.6.3	Método de movimiento de tierra en terrazas de Banco	30
3.6.4	Método cajón o de lado	30
3.6.5	Método de falsa acequia	32
3.6.6	Método de Acequias	33
3.6.7	Barreras muertas y barreras vivas	34
3.6.8	Sistemas agroforestales	35
4.	Marco Referencial	39
4.1	Marco Geográfico	39
4.1.1	Descripción del municipio	39
4.1.2	Localización Geográfica	39
4.1.3	Superficie Geográfica	40
4.1.4	Recursos Naturales	40
4.1.4.1	Clima	40
4.1.4.2	Zonas de Vida	40
4.1.4.3	Ecología Vegetal	40
4.1.4.4	Uso de la Tierra	40
4.1.5	Suelos	40
4.1.5.1	Geología	40
4.1.5.2	Descripción de los suelos	40
4.1.5.2.1	Suelos Camanchá	40
4.1.5.2.2	Suelos Quetzaltenango fase quebrada	41
4.1.5.2.3	Suelos Totonicapán	41
4.1.6	Fisiografía	41
4.1.7	Hidrografía	41
5.	Objetivos	42
5.1	Objetivo General	42
5.2	Objetivos específicos	42
6.	Materiales y métodos	43
6.1	Materiales	43
6.2	Metodología	46
6.2.1	Criterios de sectorización	46
6.2.2	Delimitación de áreas por uso de la tierra	32
6.2.3	Determinación de áreas por capacidad productiva de la tierra	47
6.2.4	Determinación de pendientes	47
6.2.5	Delimitación de áreas susceptibles a la erosión	47
6.2.6	Determinación de tipo de prácticas de conservación de suelos	47
6.2.7	Ubicación física de la cuenca	47
6.2.7.1	Aspectos lineales	48
6.2.7.1.1	Perímetro	48
6.2.7.1.2	Clases de corrientes	48
6.2.7.1.3	Orden de corrientes	48
6.2.7.1.4	Radio de bifurcación media	48
6.2.7.1.5	Longitud media de corrientes	48
6.2.7.1.6	Radio de longitud media	48
6.2.7.1.7	Longitud acumulada de corrientes	48

6.3	Aspectos de superficie	48
6.3.1	Área de la cuenca	48
6.3.2	Forma de la cuenca	49
6.3.2.1	Relación de forma	49
6.3.2.2	Relación circular	49
6.3.2.3	Radio de elongación	49
6.3.2.4	Densidad de drenaje	49
6.3.2.5	Frecuencia o densidad de corrientes	49
6.4	Aspectos de relieve	49
6.4.1	Pendiente media de la cuenca	49
6.4.2	Pendiente del canal o cauce principal	50
6.4.2.1	Método analítico	50
6.4.2.2	Método gráfico	50
6.4.3	Elevación media de la cuenca	50
6.4.3.1	Método de la curva hipsométrica	50
6.4.4	Coefficiente de relieve	50
6.4.5	Coefficiente de robustez	50
7.	Resultados	51
8.	Conclusiones	55
9.	Recomendaciones	57
10.	Bibliografía	58
11.	Anexos	59
	Glosario hidrológico	60
	Hoja topográfica Quetzaltenango	65
	Mapa de la cuenca del río Cajolá	66
	Mapa Hidrográfico	67
	Mapa de Curvas a Nivel	68
	Mapa de límites municipales de la cuenca	69
	Mapa de capacidad productiva del suelo	70
	Mapa de taxonomía de suelos	71
	Mapa de suelos de Simmons	72
	Mapa geológico	73
	Mapa de pendientes	74
	Mapa fisiográfico	75
	Mapa de zonas de vida	76
12.	Resumen de cuadros	
	Cuadro 1 Simbología utilizada para la caracterización del relieve	21
	Cuadro 2 Prácticas de conservación de suelos	24
	Cuadro 3 Estructura de conservación según textura del suelo	24
	Cuadro 4 Distancia entre estructuras según la pendiente	34
	Cuadro 5 Especies forestales recomendadas según el sistema agroforestal	38
	Cuadro 6 De órdenes de corrientes	51
	Cuadro 7 De intervalos entre curvas de nivel	52
	Cuadro 8 Área de acuerdo al uso actual de la tierra	53

	Cuadro 9	Áreas susceptibles a la erosión hídrica y diferentes grados de susceptibilidad	54
13.	Índices de figuras		
	Figura 1	Ancho del Terraplén	26

**ESTUDIO DE LA CUENCA DEL RIO CAJOLÁ, CON FINES DE MANEJO DE SUELOS,  
MUNICIPIO DE CAJOLÁ, DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO, GUATEMALA.**

**STUDY OF THE CAJOLA'S RIVER WATERSHED, WITH HANDLING LANDS FINES,  
CAJOLA'S MUNICIPALITY, QUETZALTENANGO'S DEPARTMENT, GUATEMALA.**

**RESUMEN**

La demanda del recurso suelo y el crecimiento de la población, hace que se necesario contar con un elemento que permita una toma de decisiones acertadas que conduzcan al uso óptimo del recurso suelo. Las municipalidades de Cajolá y San Carlos Sija, no cuenta con mapas completos de las áreas urbanas y rurales comprendidas dentro de la cuenca del río Cajolá, y , con dificultad muestran la identificación de algunos servicios, área destinada a vivienda, áreas con cobertura boscosa, áreas dedicada a la agricultura intensiva, etc. La falta de información, sobre los elementos que están destinados al uso del suelo y la combinación de los elementos que encaminen a su uso controlado, donde se defina pendientes, áreas protegidas, bosques comunales, propiedad privada, etc., no cuenta con ningún registro al respecto, por lo que se hace difícil iniciar un programa de restauración y rescate de las áreas de vocación forestal.

La mayor presión sobre el recurso suelo la ejerce el ser humano, especialmente por los espacios urbanos y su constante accionar de modificación en el medio sobre el cual se asientan, el crecimiento de los asentamientos humanos, ha provocado la ocupación de áreas de habitación dentro de la subcuenca. Consecuentemente en la medida que crece la población, crece la demanda de tierras de cultivo, lo cual los ha llevado a habilitar tierras con este fin, en donde debería de existir bosque o cualquier otro tipo de cobertura permanente del suelo.

La disminución de la cubierta vegetal de la áreas con alta pendiente y otras áreas ubicadas dentro de la subcuenca; tiene como resultado un impacto negativo, ya que la precipitación pluvial incrementa la susceptibilidad a la erosión, deslizamientos de tierra, y se incrementa el riesgo de desastres naturales como ocurrió durante la tormenta Stan. Estas modificaciones sobre el uso del suelo también tienen otras implicaciones sobre las áreas de recarga de acuíferos, pues disminuye la conservación de los mantos de agua, pues disminuye la infiltración en el suelo y el mismo queda expuesto a una mayor radiación solar.

La subcuenca del río Cajolá ubicada en el municipio del mismo nombre, en el departamento de Quetzaltenango, es un afluente principal de la parte alta del río, Tumulá, el cual a su vez es afluente del río Xequijel o Samalá, el cual es el segundo río más grande de la cuenca del Pacífico; esta subcuenca con el transcurrir del tiempo ha sido afectada por factores tales como: deforestación, expansión urbana, mala planificación en el uso y distribución de la tierra entre otros, lo que ha provocado el deterioro de los recursos naturales aún existentes y factibles de aprovechar adecuadamente por las generaciones futuras. Posee un área aproximada de 17.84 kilómetros cuadrados, abarca los municipios de Cajolá con un 55% del área total de la cuenca, y San Carlos Sija con el 45% restante, y la mayor parte de concentración urbana está en el municipio de Cajolá.

## INTRODUCCIÓN

Tanto el agua como el suelo son recursos fundamentales del medio ambiente y de la agricultura. La creciente presión del aumento de la población, asistida de su derecho de alimentarse adecuadamente y tener agua suficiente y de buena calidad, ha motivado que estos recursos se tornen cada vez más escasos o ha llevado a su abuso en muchas partes del mundo. La necesidad de manejar adecuadamente el suelo en forma continua es una de las tareas vitales de nuestra época.

El conocimiento teórico y las aplicaciones tecnológicas a cerca del manejo de los suelos, y la Ingeniería Agrícola han alcanzado un desarrollo muy importante, basado en los espectaculares avances de la ciencia y de la técnica de las últimas décadas. Estos conocimientos, implementados adecuadamente pueden contribuir a transformar la producción agrícola, así como a la conservación de los recursos naturales del lugar, con un gran dinamismo de continua modernización.

Cajolá micro cuenca hidrográfica localizada en el departamento de Quetzaltenango, se caracteriza por presentar gran variedad de pendientes y desniveles, estos últimos que van desde los 2,500 hasta los 3,100 metros sobre el nivel del mar; en dicha cuenca, se puede llevar a cabo un adecuado manejo de suelos por sus pronunciadas pendientes y riesgos de susceptibilidad a la erosión.

Gran parte de la micro cuenca se encuentra irrigada por varios ríos, siendo el río Cajolá el de mayor importancia por ser el mayor afluente del área en estudio.

Durante el desarrollo del presente trabajo, se definieron los diferentes trabajos de conservación, además se desarrolló una serie de mapas temáticos con características propias del área, sus bosques, ríos y pendientes, los cuales nos llevaron a establecer las técnicas de manejo de suelos apropiadas para el área a estudiada.

## 1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Gran parte del desarrollo agrícola de un país, depende de la existencia y utilización racional de sus recursos naturales renovables, entre los que se encuentra el suelo. Su uso, manejo y aprovechamiento irracional, provoca un deterioro de la fauna y la flora, elementos básicos, en la generación de riqueza de cualquier país.

Uno de los mayores problemas de degradación de suelos en el mundo, lo constituye la erosión, diferenciando la erosión geológica que ocurre en condiciones naturales y que escapa del alcance del hombre. Cuando la erosión es provocada por intervención humana, las tasas de erosión son mayores, y, es que la erosión no es solamente un fenómeno físico, sino también, un problema social y económico, que resulta de una inadecuada relación entre el suelo y el hombre; en el intervienen una serie de aspectos, tales como: tamaño y distribución de la propiedad rural, tradiciones y costumbres, ignorancia, etc.

La falta de conocimiento de las distintas prácticas de conservación de suelos, tiene como resultado una pérdida continua de este recurso, además del uso de lugares en donde alguna vez hubo bosques para usarlos con cultivo temporales, acelera mucho más la degradación del recurso en mención.

La cobertura vegetal, desempeña la principal resistencia al proceso de erosión, pudiendo retardar el proceso. Pero cuando ésta no existe, los distintos métodos de conservación de suelos son una alternativa para disminuir la erosión, lo cual comprende una serie de acciones para alterar las características de los factores que la favorecen.

Guatemala es un país rico en biodiversidad y recursos naturales, pero también posee una población que crece a un ritmo acelerado, lo cual, en alguna medida, genera presión sobre los mismos, por lo que es indispensable estudiarlos y aportar soluciones, con el propósito fundamental de lograr su preservación.

Por encontrarse la cuenca del río Cajolá, dentro de un perímetro relativamente corto y rodeado de pendientes muy pronunciadas, y agregado a esto, el crecimiento de la población y la consecuentemente mayor demanda de tierras para cultivo, ha hecho que la degradación del recurso suelo sea un problema que se incrementa año tras año.

El uso inapropiado del recurso suelo, nos conduce a la realización del presente trabajo para aportar ideas que ayuden a minimizar dichos daños.

## 2.- JUSTIFICACIÓN

La conservación de suelos es un conjunto de prácticas utilizadas para variar la topografía del terreno, fundamentalmente, la pendiente. La conservación persigue mejorar el uso de los recursos naturales, de acuerdo a los principios que aseguran sus mejores beneficios económicos, sociales y culturales, a las gentes en la perpetuidad.

La cuenca del río Cajolá cuenta con un gran número de pendientes y variedad de áreas. Así como con una amplia variedad de suelos según su capacidad de uso y capacidad de conservación, los cuales varían desde la clase agrológica I hasta la VIII. La variación de pendientes dentro de la cuenca varía desde 4° hasta 32° grados de inclinación, lo cual obliga a pensar en diferentes métodos de conservación de suelos.

El estudio de las cuencas permite mejorar la evaluación de los riesgos de inundación y la gestión de recursos hídricos, gracias que es posible medir la entrada, acumulación y salida de sus aguas y planificar en base a esto, la gestión de su aprovechamiento analíticamente.

La poca asistencia técnica y la utilización de metodologías ancestrales transmitidas de padres a hijos, han generado que el recurso suelo se vaya degradando año tras año, ya que en algunos lugares de la cuenca los agricultores realizan sus cultivos en el sentido de la pendiente, lo cual ocasiona erosión hídrica y la consecuentemente pérdida de suelo.

### **3. MARCO TEORICO**

#### **3.1 MARCO CONCEPTUAL**

##### **3.1.1 CUENCA HIDROGRÁFICA:**

Según García Pelayo, citado por Herrera Ibáñez, Isaac; (8) es el territorio cuyas aguas fluyen a un mismo río, lago o mar.

Según Rodríguez, citado por Herrera Ibáñez, Isaac; (8) se define como el área drenada por una corriente o por un sistema de corrientes cuyas aguas concurren a un mismo punto de salida.

Según el Manual Agropecuario; (7), Cuenca hidrográfica es el territorio en que las aguas convergen hacia los puntos más bajos de la superficie del mismo y se unen en una corriente resultante o río principal que las evacua hacia un lago, mar u océano.

Sus límites suelen coincidir con la línea de cimas que marca la divisoria de las aguas entre las vertientes.

Según Faustino, M. J; 1993 (5) Una cuenca es una unidad fisiográfica que corresponde al área de acopio de un sistema de cursos de agua definidos por el relieve. El concepto de cuenca es importante para los planificadores y técnicos involucrados en acciones para prevenir la degradación del medio natural.

Según CATIE, (1) La cuenca hidrográfica se concibe como un sistema natural dinámico compuesto de elementos biológicos, físicos y antrópicos que reaccionan dialécticamente entre sí, creando por lo tanto un conjunto único e inseparable en permanente cambio. Esto fundamentalmente nos ha conducido a entender que la cuenca hidrográfica puede distinguirse bajo dos marcos principales: Un Marco Biofísico que la define conceptualmente como tal, y, un Marco Político referido fundamentalmente a su Manejo, Rehabilitación y Ordenamiento.

Según Faustino, M. J. 1993 (5) Las cuencas hidrográficas son áreas naturales donde se depositan y corren tanto las aguas de lluvias como las aguas procedentes de nevados, que van hacia un desagüe principal, el cual funciona como eje de la región. El conjunto de cuencas se denomina hoyo o cuenca principal y el conjunto de cuencas principales se denomina vertiente.

Según Faustino, 1995 citado en el Manual para la Caracterización y Diagnóstico de Cuencas Hidrográficas (9). Es el espacio territorial limitado por las partes más altas de las montañas, laderas y colinas, en el que se desarrolla un sistema de drenaje superficial que concentra sus aguas en un río principal que se integra al mar, lago u otro río más grande. Este espacio se puede delimitar en una carta altimétrica, siguiendo la divisoria de las aguas "divortium aquarum". Los límites están claramente marcados y normalmente no corresponden con límites administrativos u otros límites.

##### **3.1.2 PARTE AGUAS**

Según Herrera Ibáñez, I. (8) Línea divisoria entre cuencas que corresponde igualmente a los límites de una cuenca, es decir, son partes que poseen la mayor cota en una cuenca. También se dice, que es la extensión comprendida entre dos valles



próximos, que comprende por lo tanto, la línea que separa, a dos vertientes pertenecientes a dos valles distintos.

Según el Manual para la Caracterización y Diagnóstico de Cuencas Hidrográficas (9). Línea divisoria o parte aguas, es la línea divisoria entre cuencas, sub-cuencas o micro cuencas y no es más que los límites determinados por las partes más altas del área y que separan la dirección del flujo de la escorrentía superficial. Esta definición se aplica a cuencas hidrográficas, ya que para las cuencas hidrogeológicas, el parte aguas está determinado por las formaciones geológicas.

### **3.1.3 TIPOS DE CORRIENTES SUPERFICIALES**

Según Herrera Ibáñez, Isaac; (8) las hay:

#### **3.1.3.1 PERMANENTE**

Es aquella que siempre lleva agua o tiene un caudal en cualquier época del año.

#### **3.1.3.2 EFÍMERA**

Es aquella que sólo lleva agua cuando ocurre una precipitación, corriente típica de zanjones y surcos.

#### **3.1.3.3 INTERMITENTE**

Es aquella clase de corriente que lleva agua en alguna época del año, como en verano o invierno.

#### **3.1.4 ORDEN DE UNA CORRIENTE**

Según Herrera Ibáñez, Isaac; (8) Es la medida de las ramificaciones del cauce principal en una cuenca hidrográfica, y el número de orden va en relación al número de bifurcaciones de una corriente.

#### **3.1.5 PENDIENTE:**

Según Herrera Ibáñez, Isaac; (8) Se obtiene utilizando la relación entre el desnivel de la cuenca y la longitud promedio de la misma. El desnivel se puede obtener por intermedio de las curvas de nivel.

#### **3.1.6 CURVA DE NIVEL**

Según Herrera Ibáñez, Isaac; (8) Línea curva compleja resultante de intersectar al relieve por un plano horizontal. Esta línea representa el trazado formal de la superficie del terreno a una altura.

Por lo tanto, una curva de nivel, es una línea trazada en el mapa pasando por puntos de la misma altitud.

#### **3.1.7 PERÍMETRO DE LA CUENCA**

Según Herrera Ibáñez, Isaac; (8) Consiste en establecer la longitud del perímetro de la cuenca delimitada, lo cual se realiza con un longímetro o curvímetro pasándolo sobre toda la línea del parte aguas que limita la cuenca hidrográfica.

### **3.1.8 PATRONES DE DRENAJE**

Según Herrera Ibáñez, Isaac; (8) Cuando la escorrentía se concentra, la superficie terrestre se erosiona creando un canal. Los canales de drenaje forman una red que recoge las aguas de toda la cuenca y las vierte en un único río que se halla en la desembocadura de la cuenca. El clima y el relieve del suelo influyen en el patrón de la red, pero la estructura geológica subyacente suele ser el factor más relevante. Los patrones hidrográficos están tan íntimamente relacionados con la geología que son muy utilizados en geofísica para identificar fallas e interpretar estructuras.

La clasificación de los principales patrones incluye las siguientes redes: Dendríticas (en forma de árbol) enrejadas, paralelas, rectangulares, radiales y anulares.

### **3.1.9 MORFOMETRIA DE LA CUENCA**

Según Herrera Ibáñez, Isaac; (8) Las características de una cuenca y de las corrientes que forman el sistema hidrográfico pueden presentarse cuantitativamente mediante índices de la forma y relieve de la cuenca y de la conexión con la red fluvial.

Muchos de los índices son razones matemáticas, por lo que pueden utilizarse para caracterizar y comparar cuencas de diferentes tamaños.

En 1945, Horton citado por Linsley (12) estableció leyes estadísticas de la composición de las redes de drenaje en las que relacionaba la categoría, número, longitud y área de drenaje de las corrientes.

Las leyes de Horton como se le denomina, fueron modificadas y ampliadas con posterioridad, principalmente por A.N. Strahler y R.L. Shreve, sin embargo éstos, han sido criticados por K.S. Richards, porque, según su opinión, carece de fundamento dentro de la física de formación de canales y caudales de aguas; Asimismo, se ha señalado que la recopilación de datos morfométricos adolece de varios problemas relacionados con la escala de los mapas y los ajustes dinámicos de la red durante las inundaciones. Además los estudiosos de los temas están divididos con respecto a la determinación de las cabeceras de muchas corrientes fluviales.

La morfometría hidrográfica actual tiende a concentrarse en el área, longitud, forma, atributos del relieve y densidad de drenaje de la cuenca. Los índices principales empleados para analizar la forma y relieve de la cuenca son el cociente de alargamiento y el cociente de relieve. El primero se calcula dividiendo el diámetro de un círculo de la misma área de la cuenca de drenaje por la longitud máxima de la cuenca. Es muy importante tener en cuenta esta proporción para comprender la hidrología de la cuenca y calcular los riesgos de inundación. Esto se debe a que, dada una determinada cantidad de lluvia, cuanto menos alargada sea una cuenca, mayor será la escorrentía máxima y antes alcanzarán las aguas la salida o desembocadura.

El cociente o radio de relieve se define como la diferencia de altura entre el punto más bajo y el más alto de la cuenca dividida por la longitud máxima de la misma. La proporción de conversión de energía potencial en energía cinética de las aguas que recorren la cuenca depende del cociente de relieve.

La escorrentía suele ser más rápida en las cuencas con pendientes altas, lo que provoca caudales más elevados y mayor poder erosivo

La densidad de drenaje está considerada como un índice relevante, se calcula dividiendo la longitud total de los canales por el área global de la cuenca. Es una medida de la textura de la red, y expresa el equilibrio entre el poder erosivo del caudal terrestre y la resistencia del suelo y rocas de la superficie. Los valores oscilan entre cinco kilómetros por canal por kilómetro cuadrado en piedra arenisca, permeable y

resistente a la erosión, y quinientos kilómetros por kilómetro cuadrado en tierras arcillosas, impermeables y muy erosionables. La escorrentía y el caudal máximo aumentan considerablemente con la densidad del drenaje.

### **3.1.10 ORDEN DE CORRIENTES**

Horton, citado por Herrera Ibáñez (8), sugirió la clasificación de cauces de acuerdo al número de orden de un río, como una medida de la ramificación del cauce principal en una cuenca hidrográfica. Un río de primer orden es un tributario pequeño sin ramificaciones. Un río de segundo orden es el que posee únicamente ramificaciones de primer orden. Un río de tercer orden es uno que posee solamente ramificaciones de primero y segundo orden y así sucesivamente. El orden de una cuenca hidrográfica está dado por el número de orden del cauce principal y este es extremadamente sensitivo a la escala del mapa utilizado.

Es una relación que se utiliza para determinar si los ordenes de corrientes y los números de cada uno, se definieron correctamente. La gráfica se plotéa en papel semilogarítmico, colocando en el eje de las abscisas “u” y en el de las ordenadas “Nu”. El gráfico tiene que coincidir con una recta, de sentido negativo, si no es así, quiere decir que no se dio un buen conteo de orden de corrientes. Nu significa el número de corrientes de orden u; y, u significa el orden de una corriente.

### **3.1.11 LONGITUD MEDIA DE UNA CORRIENTE (Lu)**

Es indicador de pendientes de tal cuenta que las cuencas con corrientes con longitudes cortas reflejan pendientes muy escarpadas y las cuencas con longitudes largas van a reflejar pendientes suaves o planas

$$\text{Lu} = \frac{\text{Longitud acumulada de corrientes de orden u}}{\text{Número de corrientes (u)}}$$

Debe ser una relación de sentido positivo, donde la gráfica debe coincidir con una recta. Se coloca en el eje de las abscisas (u, orden de corrientes), y en el eje de las ordenadas Log Lu (longitud media de corrientes), en papel semilogarítmico.

Si los puntos ploteados, no dan una línea recta, significa que no se determinaron correctamente las longitudes de los ordenes u y por lo tanto, habrá que chequear estas.

### **3.1.12 ASPECTOS DE SUPERFICIE**

Según Herrera Ibáñez, Isaac; (8) Estos aspectos, combinados con los lineales nos dan una clara idea de las características de una cuenca en general.

#### **3.1.12.1 ÁREA DE LA CUENCA (Ak)**

Este 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.

El área de la cuenca se calcula con planímetro polar o por los métodos de la cuadrícula o el de la pesada.

#### **3.1.12.2 FORMA DE LA CUENCA**

La forma de la cuenca tiene fundamental importancia en la cantidad de escorrentía para una misma área y una misma intensidad de lluvia, por lo que el hidrograma de salida depende directamente de la forma de la hoya. El factor de forma

da alguna indicación de la tendencia de las avenidas en el cauce, porque una cuenca con un factor de forma bajo, tiene menos tendencias a concentrar las intensidades de lluvia que una cuenca de igual área, pero con un factor de forma más grande.

### 3.1.12.3 RELACIÓN DE FORMA (Rf)

$$Rf = \frac{A_k}{L_c^2}$$

Donde:

**A<sub>k</sub>** = El área de la cuenca,

**L<sub>c</sub>** = La longitud del cauce principal, medida desde el nacimiento del cauce hasta la salida en la cuenca o punto de aforo.

### 3.1.12.4 DENSIDAD DE DRENAJE (D)

Es una característica física importante, que se debe tener en cuenta al hacer la evaluación hidrológica de una cuenca.

Esta es indicativa de la relación entre la infiltración y la escorrentía, es decir, de las condiciones de permeabilidad de acuerdo a la textura del suelo.

Por densidad de drenaje se entiende la mayor o menor facilidad que presenta una cuenca hidrográfica para evacuar las aguas provenientes de las precipitaciones y que quedan sobre la superficie de la tierra, debido al grado de saturación de las capas del subsuelo. Si éste se encuentra saturado, y la lluvia continúa almacenándose sobre la superficie, llegará un momento en que las aguas allí contenidas, escurren hacia el cauce natural, produciéndose así el drenaje de la cuenca, variando los valores de 3 hasta 400.

La longitud total de los cauces dentro de una cuenca, dividida por el área total de drenaje, define la densidad de drenaje o longitud de canales por unidad de área.

$$D = \frac{L_a \text{ Km.} / \text{km}^2}{A_k}$$

Donde:

**L<sub>a</sub>** = Significa longitudes acumuladas de las corrientes y

**A<sub>k</sub>** = El área de la cuenca.

Una densidad alta refleja una cuenca bien drenada que debería responder relativamente rápido al influjo de la precipitación; una cuenca con baja densidad refleja un área pobremente drenada con respuesta hidrológica muy lenta. En sitios en donde los materiales del suelo son resistentes a la erosión o muy permeables y donde el relieve es bajo, ocurren densidades de drenajes bajas. Los valores altos de la densidad reflejan generalmente áreas con suelos fácilmente erosionables o relativamente impermeables, con pendientes fuertes y escasa cobertura vegetal.

### 3.1.12.5 FRECUENCIA O DENSIDAD DE CORRIENTES (F<sub>c</sub>)

La frecuencia de drenaje indica la eficiencia hidrológica de una cuenca, a mayor número de corrientes, mayor frecuencia y mayor eficiencia de drenaje.

$$F_c = \frac{N_{tc}}{A_k}$$

Donde:

**N<sub>tc</sub>** = Número total de corrientes.

### 3.1.13 ASPECTOS DE RELIEVE

Según Herrera Ibáñez, Isaac; (8) La topografía o relieve de una cuenca puede tener más influencia sobre la respuesta hidrológica que la forma de la misma. Numerosos parámetros para describir el relieve de una cuenca han sido desarrollados por varios autores.

La configuración topográfica de una cuenca es uno de los factores que determinan el hidrograma de la cuenca. En vista de que con el aumento de la pendiente crece también la velocidad del agua y con ello, la capacidad de erosión, es necesario entonces; buscar un coeficiente que caracterice el relieve de la cuenca.

Por lo tanto los aspectos de relieve, se refieren al comportamiento altitudinal tanto lineal y de superficie de la cuenca.

#### 3.1.13.1 PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA (SC)

Un primer parámetro que da una idea del relieve es su pendiente media. Esta es posible determinarla mediante un plano de curvas de nivel de la cuenca a escala conveniente, así como con la ayuda de un planímetro y un curvómetro.

Dada la variación considerable de la pendiente del terreno en una cuenca típica, es necesario definir un índice promedio que la represente, cuya precisión dependerá de la calidad del mapa utilizado. Este aspecto, tiene una relación importante con la infiltración, el escurrimiento, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea.

En este estudio se utilizó el método de Alvord para calcular la pendiente de la cuenca. Este método utiliza la ecuación siguiente:

$$Sc = \frac{D * L}{Ak} * 100$$

Donde:

**D** = Diferencia vertical entre curvas de nivel

**L** = Longitud de las curvas de nivel dentro de la cuenca

**Ak** = Área de la cuenca.

En el siguiente cuadro se describe la simbología utilizada para la caracterización del relieve

**CUADRO 1**  
**SIMBOLOGIA UTILIZADA PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL RELIEVE**

PENDIENTES MEDIAS	RELIEVE	SÍMBOLO	COLOR
0 a 12 %	Suave	P1	Amarillo
12 a 25 %	Moderado	P2	Anaranjado
25 a 50 %	Pronunciado	P3	Rosado
50 a 75 %	Muy pronunciado	P4	Marrón claro
Mayor de 75 %	Escarpado	P5	Marrón oscuro

Además es necesario preparar un mapa de la cuenca en base a una zonificación por rango de pendientes; esto permite tener una idea más clara a cerca de las distintas pendientes presentes en la subcuenca y a su vez, servirá de mucho al momento de preparar un mapa de uso futuro del suelo.

#### 3.1.13.2 PENDIENTE DEL CANAL O CAUCE PRINCIPAL (Scp)

La pendiente de un canal influye sobre la velocidad de flujo, y debe jugar un papel importante en la forma del hidrograma. Los perfiles típicos de los cauces

naturales, son cóncavos hacia arriba; además, todas las cuencas, con excepción de las más pequeñas, tienen varios canales cada uno con un perfil diferente. Por esta razón, la definición de la pendiente promedio de un cauce en una cuenca, es muy difícil. Por lo general sólo se considera la pendiente del cauce principal.

$$S_{cp} = \frac{\Delta H}{dH} * 100$$

Donde:

$\Delta H$  = Diferencia de nivel entre la curva más alta y la más baja que toca el cauce principal.

$dH$  = Longitud o distancia horizontal del cauce principal.

### 3.1.13.3 ELEVACIÓN MEDIA DE LA CUENCA (Em)

Uno de los parámetros de mayor importancia de encontrar en la cuenca es la Elevación Media de la cuenca, ya que da idea del grado de madurez de la misma.

Este aspecto relaciona también a la temperatura y la precipitación. A su vez la variación de la temperatura influye en la variación de las pérdidas de agua por evaporación, y por esta razón, en hidrología se utiliza como parámetro representativo la elevación media de la cuenca.

## 3.2 CAPACIDAD PRODUCTIVA DE LA TIERRA

La metodología de clasificación planteada por USDA ha sido un método muy aplicado a tierras de Guatemala, siendo completa y adecuada para el establecimiento de estudios detallados y semi detallados. Las variables que utiliza el sistema son: profundidad efectiva del suelo, textura, pendiente, relieve, estructura, erosión, drenaje, zonas de restricción (grado de compactación del suelo, salinidad, alcalinidad, nivel freático, capacidad de retención de humedad, capacidad de retención de la fertilidad (CIC). Factores inhibitorios (pedregocidad), cobertura de malezas y mecanización. Este sistema de clasificación establece ocho clases de suelo luego de medir las variables propuestas.

Debido a este tipo de variables que toma en cuenta, es factible su utilización en algunas regiones tropicales y subtropicales de Guatemala.

Además esta metodología propone el uso alternativo de suelos según su clase (I, II, III, IV, V, VI, VII y VIII), esta clasificación es decreciente desde el punto de vista agrícola a partir de la clase I, en la cual se pueden establecer cultivos de tipo anual, y estableciendo un uso de reserva forestal a la clase VIII.

Cabe mencionar que a nivel semi detallado los estudios podrán utilizarse para fines catastrales, anteproyectos de planificación general, recomendaciones generales de uso y manejo. La escala para foto interpretación es de 1:50,000.

A continuación se describen las ocho clases de capacidad productiva de la tierra:

**CLASE I.** Tierras cultivables con ninguna o pocas limitaciones aptas para el riego, con topografía plana, productividad alta con buen nivel de manejo.

**CLASE II.** Tierras cultivables con pocas limitaciones, aptas para el riego, con topografía plana, ondulada o suavemente inclinada, alta productividad de manejo moderadamente intensivo.

**CLASE III.** Tierras cultivables sujetas a medianas limitaciones, aptas para el riego con cultivos muy rentables, con topografía plana a ondulada o suavemente inclinadas productivas, mediana con prácticas intensivas de manejo.

**CLASE IV.** Tierras cultivables sujetas a severas limitaciones permanentes no aptas para el riego, salvo en condiciones especiales, con topografía plana ondulada o inclinada apta para pastos y cultivos perennes, requieren prácticas intensivas de manejo, productividad de mediana a baja.

**CLASE V.** Tierras no cultivables salvo para arroz en áreas específicas, principalmente aptas para pastos, bosques o para desarrollo de la vida silvestre, factores limitantes muy severos para cultivos, generalmente drenaje y pedregocidad, con topografía plana a inclinada.

**CLASE VI.** Tierras no cultivables, salvo para cultivos perennes y de montaña, principalmente para fines forestales y pastos, con factores limitantes muy severos, de topografía profundidad y rocosidad; topografía ondulada fuerte o quebrada y pendiente fuerte.

**CLASE VII.** Tierras no cultivables, aptas solamente para fines de uso o explotación forestal, de topografía muy fuerte y quebrada con pendiente muy inclinada.

**CLASE VIII.** Tierras no aptas para el cultivo, aptas sólo para parques nacionales, recreación y vida silvestre y para protección de cuencas hidrográficas, con topografía muy quebrada, escarpada o playones inundables

### 3.3 CONSERVACION DE SUELOS

#### 3.3.1 Técnicas de conservación.

Es un conjunto de prácticas utilizadas para variar la topografía del terreno, fundamentalmente, la pendiente. Se incluyen prácticas que obstaculiza el flujo de escorrentía como: labranza en contorno, barreras vegetativas, estructuras de conservación de suelos y sistemas agroforestales.

#### 3.3.2 Definiciones de manejo y conservación técnica de suelos:

**3.3.2.1 Manejo:** El manejo del suelo, implica el uso de técnicas para evitar el deterioro violento del suelo; estas técnicas ayudan a conservarlo para su uso y aprovechamiento.

**3.3.2.2 Conservación:** La protección, persigue mejorar el uso de los recursos naturales, de acuerdo a los principios que aseguran sus mejores beneficios económicos, sociales y culturales, a las gentes en la perpetuidad.

**3.3.2.3 Intervenciones Técnicas:** La intervención técnica, se refiere a todas aquellas actividades a realizar que tiendan y den soluciones a la resolución de problemas específicas en los suelos, para conseguir los objetivos planteados. Las intervenciones técnicas comprenden básicamente, los siguientes aspectos: Conservación de suelos; Conservación y cosecha de agua; Agroforestería y manejo forestal; Manejo racional de plagas y plaguicidas, etc.

#### 3.3.2.4 Estructuras de conservación de suelo

En el cuadro siguiente se muestran las prácticas y/o estructuras de conservación de suelos recomendadas según la pendiente del terreno, así mismo se indica la distancia inclinada a la que se deberán ubicar las mismas en el terreno.

A continuación se describen las prácticas de conservación de suelos

**CUADRO 2**  
**PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS**

% PENDIENTE DEL TERRENO	DISTANCIA INCLINADA M ENTRE CURVAS DE NIVEL	PRACTICA DE CONSERVACIÓN DE SUELOS RECOMENDADA
2 a 4	45 - 95	barreras vivas, acequias, barreras muertas, sistemas agroforestales.
5.00	35 - 40	
10.00	20.00	
15.00	13.00	
20.00	10.00	
25.00	8.00	
30.00	6.00	
40.00	5.00	
50.00	4.00	terrazas continuas e individuales barreras muertas, sistemas agroforestales.
60 a 70	3 - 3.5	
80 a 90	2.50	sistemas agroforestales, cultivos permanentes, terrazas.
100 o más	2.00	

**Fuente:** Fitzgerald, G; PALMA, E.1989. Manual Agroforestal

Es importante determinar la textura del suelo, a fin de establecer el tipo de estructura que más se adaptará al terreno, para cumplir el objetivo principal que es conservar el suelo.

A continuación se tiene el cuadro de estructura de conservación según textura del suelo.

**CUADRO 3**  
**ESTRUCTURA DE CONSERVACIÓN SEGÚN TEXTURA DEL SUELO**

ESTRUCTURA DE CONSERVACIÓN	SUELO			
	ARENOSO	FRANCO	ARCILLOSO	PEDREGOSO
Terrazas	NO	SI	SI	
Acequias	NO	SI	NO	Difficil
Barrera muerta	SI	SI	SI	SI
Barrera viva	SI	SI	SI	SI

**Fuente:** Fitzgerald, G; PALMA, E.1989. Manual Agroforestal

### 3.4 Terrazas

Desde hace varios siglos, los agricultores de diferentes regiones han recurrido a la construcción de canales, distribuidos a intervalos en el terreno, para cortar la escorrentía. En esta forma, se evita que las aguas adquieran velocidad y volumen suficientes para arrastrar partículas de suelo. Un tipo de canales que cumplen esa finalidad son las llamadas terrazas, las cuales, se distinguen por tener una sección transversal de gran anchura y poca profundidad, la cual permite que el mismo canal se siembre y cultive, en forma similar al resto del terreno. Las terrazas así definidas, son estructuras utilizables en terrenos con pendientes inferiores al 15 %.

### 3.5 Terrazas de banco

La construcción de terrazas, implica convertir un terreno inclinado en una serie de escalones de superficie casi horizontal, denominada terraplén o bancal, y taludes



casi rectos. Se requiere gran cantidad de trabajo y alto costo para su construcción, por lo que se recomienda para cultivos altamente rentables. Se adaptan a pendientes mayores de 45%.

Las terrazas de banco, con pendientes mayores del 20%, no se adaptan a nuestras condiciones. Surgen por ello, métodos prácticos desarrollados por guías agrícolas y agrónomos Guatemaltecos; formas nuevas de terrazas de banco, adaptables a la idiosincrasia del agricultor Guatemalteco, y a la diversidad de suelos en los que él cultiva. Las terrazas de banco, son plataformas o escalones continuos que están construidas, perpendicularmente a la pendiente del terreno y separadas por taludes protegidos con desnivel hacia el talud superior de 5% y un desnivel a lo largo de 1 % dependiendo éste de la precipitación pluvial y la textura del suelo. El talud de las paredes de la terraza depende de la firmeza del suelo; puede usarse de 0.5:1 y en suelos sueltos de 1:1 ó 1:5.

### **Existen dos tipos principales de terrazas de banco**

#### **3.5.1. Terrazas contiguas**

Estas cubren toda la longitud de la ladera del terreno y se construyen excavando en la mitad superior de la faja, donde se ubicará la terraza y rellenando con la tierra extraída la otra mitad de la terraza.

Pueden construirse con paredes verticales reforzadas con muro de piedra o solamente proteger el talud inclinado con vegetación permanente. La pendiente de la terraza puede construirse totalmente horizontales o con pendiente suave, cuando se desea regar cultivos.

Con una pendiente de la terraza a favor de la pendiente del terreno (pendiente externa); Con pendiente inversa a la pendiente del terreno (pendiente interna), se utiliza en lugares de alta precipitación, para evacuar los excesos de humedad por medio de una canal de drenaje o en lugares de baja precipitación, se sustituye por una zanja de infiltración.

#### **3.5.2 Terrazas individuales**

Son pequeños terraplenes de forma circular u oval, construidas individualmente alrededor de los árboles ya plantados o que se plantarán posteriormente, preferiblemente, se recomienda para: frutales, café o cultivos arbóreos o arbustivos en pendientes no mayores al 60%

Este tipo de terraza, también posee un área plana de bancal y un talud, pero de menor proporción, los volúmenes de cortes y rellenos son pequeños y es por ello, que se recomiendan donde la profundidad del suelo es una limitante.

De preferencia se construyen con una pendiente interna (5 a 10%), para evitar pérdidas de humedad por escorrentía y daños al talud.

### **3.6 Los métodos para construcción de terrazas de banco según las necesidades de Guatemala, son los siguientes**

#### **3.6.1 Diseño de terrazas de banco, por formula:**

Los datos requeridos para el diseño de terrazas de banco son:

Profundidad del horizonte A del suelo (h).

Pendiente del terreno (P).

Textura del suelo superficial, para estimar taludes.

Determinación del corte de la terraza:

$$C = \frac{3 \times h}{4 \times p}$$

Donde:

**C** = corte

**h** = espesor del horizonte A en m

**p** = pendiente del terreno en m

Determinación del ancho del terraplén:

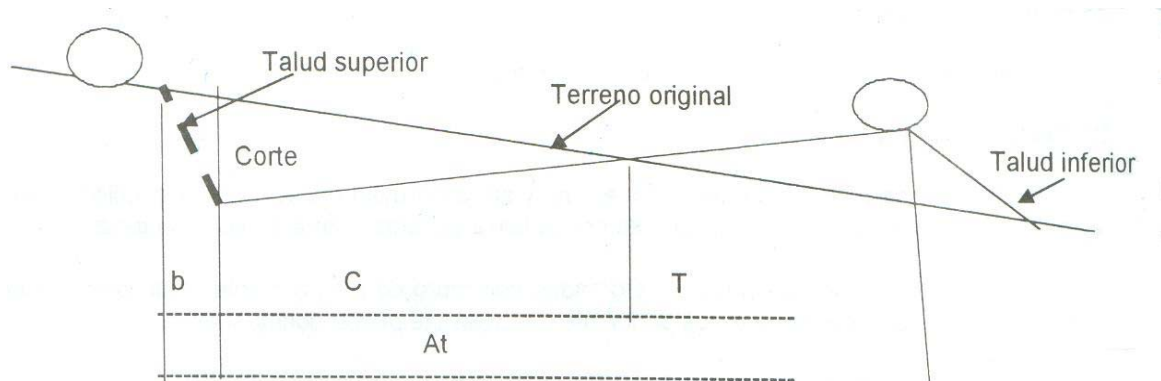
$$At = C + T + h$$

Donde:

**C** = corte

**h** = espesor del horizonte "A" en mts.

$$T = C - h \text{ (c menor h)}$$



**FIGURA No. 1 ANCHO DEL TERRAPLÉN**

**At** = Ancho total de la terraza, en Mts.

**C** = Corte, en Mts.

**T** = Terraplén.

**b** = Se estima de acuerdo a la textura del suelo, aunque en términos generales en taludes 1:1, el valor se considera como la profundidad del horizonte A, ( $h = b$ ).

Distanciamiento entre terrazas:

Utilizar la ecuación de Shen

$$IV = \frac{P \cdot A}{100} - (P \cdot m)$$

Donde:

**IV** = intervalo vertical (m)

**P** = pendiente original del terreno (%) **A** = ancho del bancale (m)

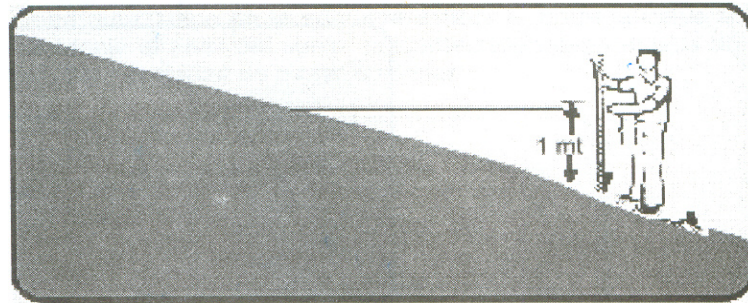
**m** = relación de taludes 2. Método Chavela (conservación del talud y del terraplén).

Consiste en establecer alturas fijas de talud y terraplén, para ello, es preciso usar una regla de 1.50 Mts. de altura, una cuerda de 5 Mts. de largo con una gaza en un extremo. Sus creadores fueron los agrónomos Sabino Chan Tetzaguic y Dionidas

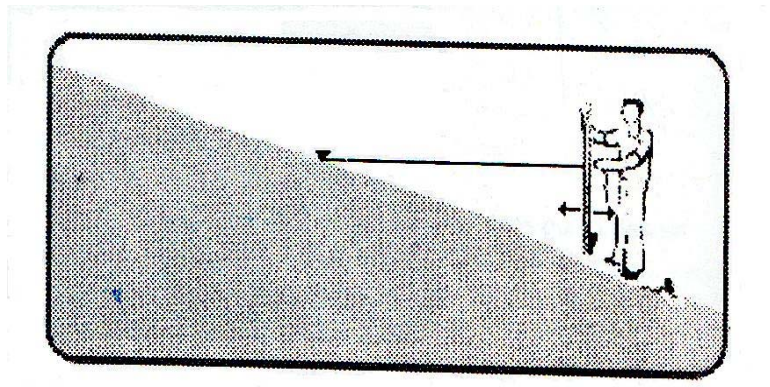
Velásquez, de donde viene su nombre Chavela.

### LOS PASOS A SEGUIR PARA DETERMINAR LA ALTURA DEL TALUD SON LOS SIGUIENTES

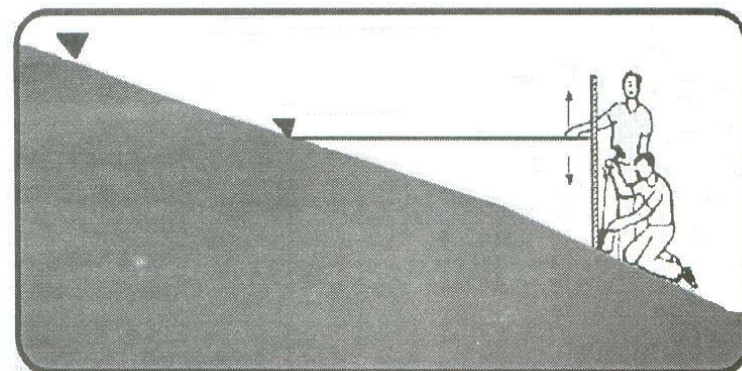
- a. En la línea gula coloque la primera estaca y marque en la regla la altura que se quiere (no menos de 1 metro) y retírese hasta coincidir la marca con la cuerda.



- b. Sitúe la cuerda hasta hacer coincidir con la regla en el lugar donde se marcó el ancho deseado (nudo), suba o baje la cuerda hasta encontrar el nivel longitudinal del terraplén y coloque una estaca.

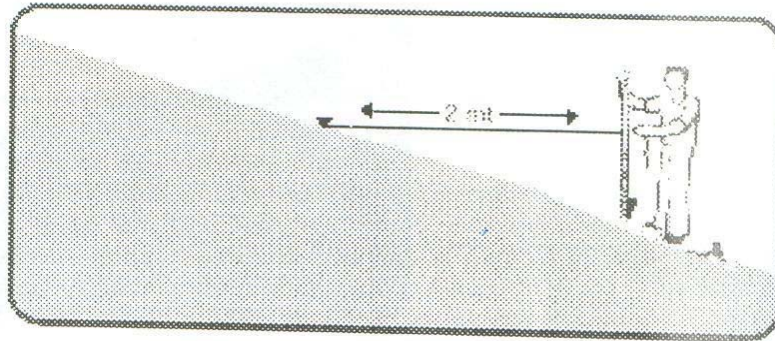


- c. Ya establecido el alto del talud, trace la primera curva, luego repita el procedimiento hasta terminar todo el terreno, siguiendo la línea gula.

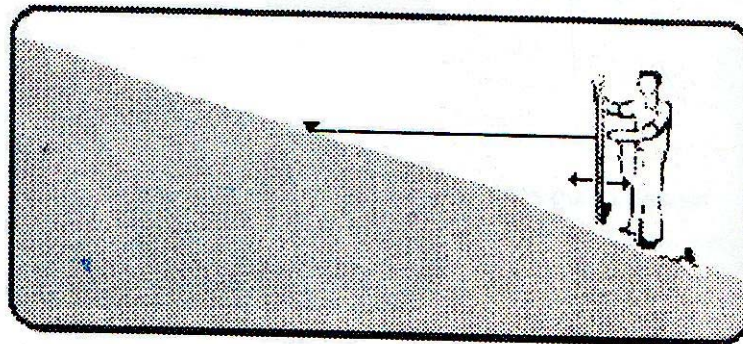


## LOS PASOS A SEGUIR PARA ESTABLECER EL ANCHO DEL TERRAPLÉN SON LOS SIGUIENTES

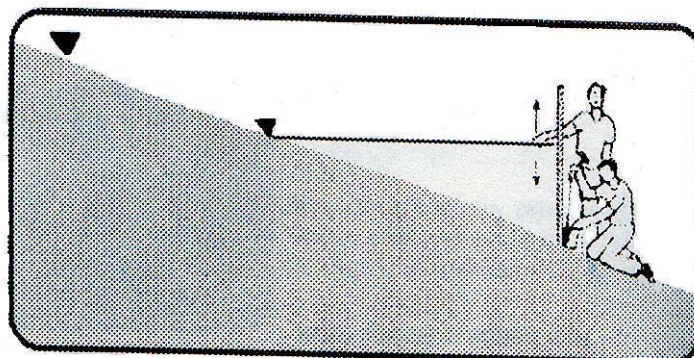
- a. Siga la línea guía como base, dé a la cuerda el largo deseado (hágale un nudo), que será el ancho del terraplén (mínimo 2 metros)



- b. Sitúe la cuerda hasta hacer coincidir con la regla con el lugar en donde marcó el ancho deseado (nudo), suba o baje la cuerda hasta encontrar el nivel de longitud del terraplén, coloque una estaca, al pie de la regla.



- c. Obtenido ya el nivel transversal del terraplén y su respectivo ancho, realice la estructura y repita el método hasta terminar todo el terreno siguiendo la línea guía.

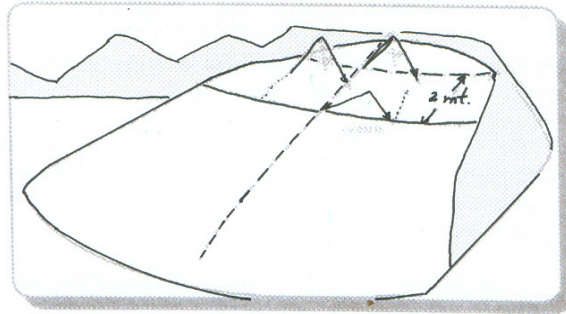




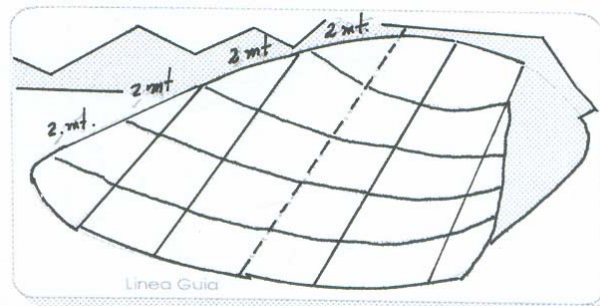
### 3.6.2 MÉTODO DE CONSERVACIÓN DEL ANCHO DEL TERRAPLÉN

Este método tiene como medida fija el ancho del terraplén, dependiendo de la pendiente del terreno, entre 1, 1.5, o 2 metros al nivel del suelo. Se siguen los siguientes pasos:

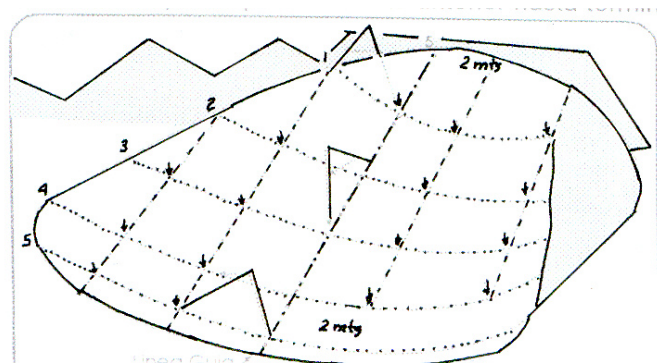
1. Siga la línea guía, trace en la segunda estaca la primera curva a nivel, mida 2.00 mts., de distancia al nivel del suelo, únicamente en cada estaca de la parte baja del terreno, sin necesidad de trazar o nivelar.



2. Por medio de un escantillón (regla o patrón para fijar dimensiones) o el nivel en "A" que tenga 2.00 mts., o simplemente midiendo con pita o cinta métrica los 2.00 mts., en 3 o 4 curvas más, ya que la quinta curva, pierde el nivel, a no ser homogéneo el relieve del terreno.



3. En la quinta, se mide en la línea guía 2.00 mts., y se traza con el nivel en "A". A partir de esta curva, se repite el procedimiento anterior hasta terminar el terreno.



### 3.6.3 MÉTODO DE MOVIMIENTO DE TIERRA EN TERRAZAS DE BANCO

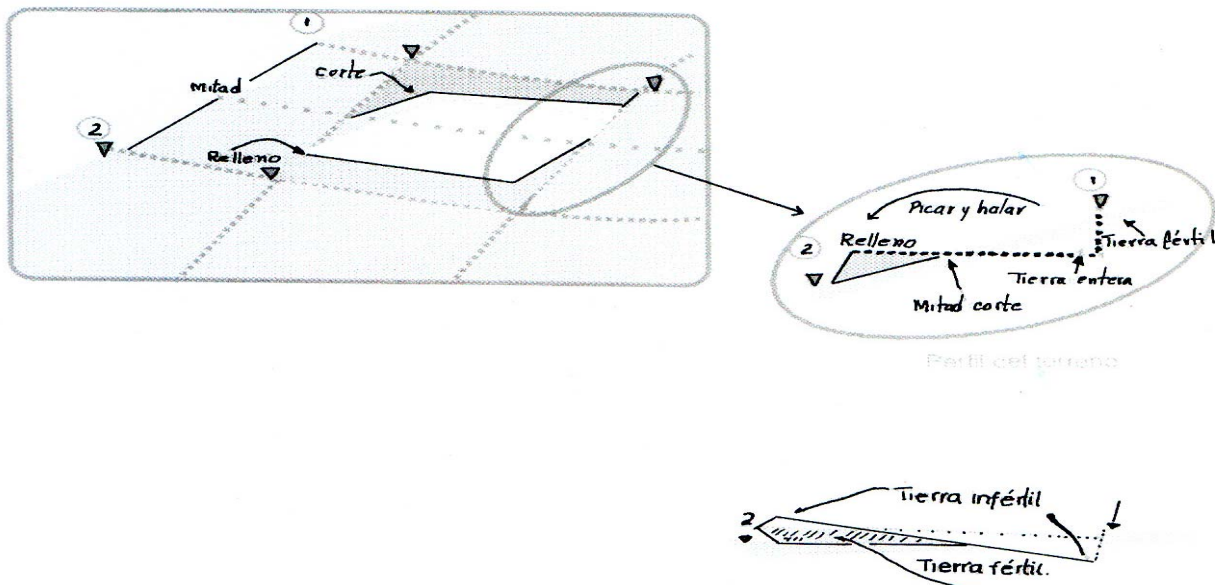
Los movimientos prácticos de movimiento de tierra fértil, persiguen dejar esa tierra en el lugar donde se encontraba originalmente, con algunos métodos se aprovecha toda la tierra fértil del horizonte **A**, e inclusive horizonte **B**, cuando es suelto en suelos profundos.

#### MÉTODO TRADICIONAL

Es conocido como corte-relleno. Es el más usado y recomendado par suelos muy profundos. Los pasos a seguir son:

1. Se traza el terreno para terrazas en curvas a nivel y se adapta la distancia a las condiciones del terreno. Pique la mitad entre dos curvas hacia arriba, deje un talud 1:1 y hale la tierra hacia bajo de línea otra curva a nivel.
2. Hale la tierra hacia abajo y acondicione con un declive del 1 % al 5% hacia el centro de la terraza.

NOTA: Los suelos poco profundos, presentan problemas porque tienen tierra infértil en la mitad de la terraza y esto provoca que el cultivo casi no se desarrolle. Para solucionarlo, pique el área y agregue materia orgánica.

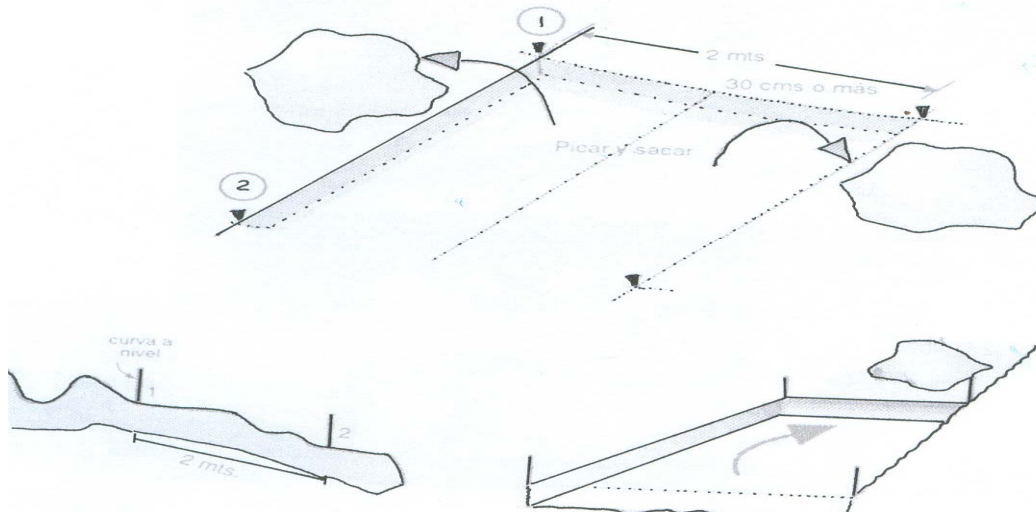


### 3.6.4 MÉTODO CAJÓN O DE LADO

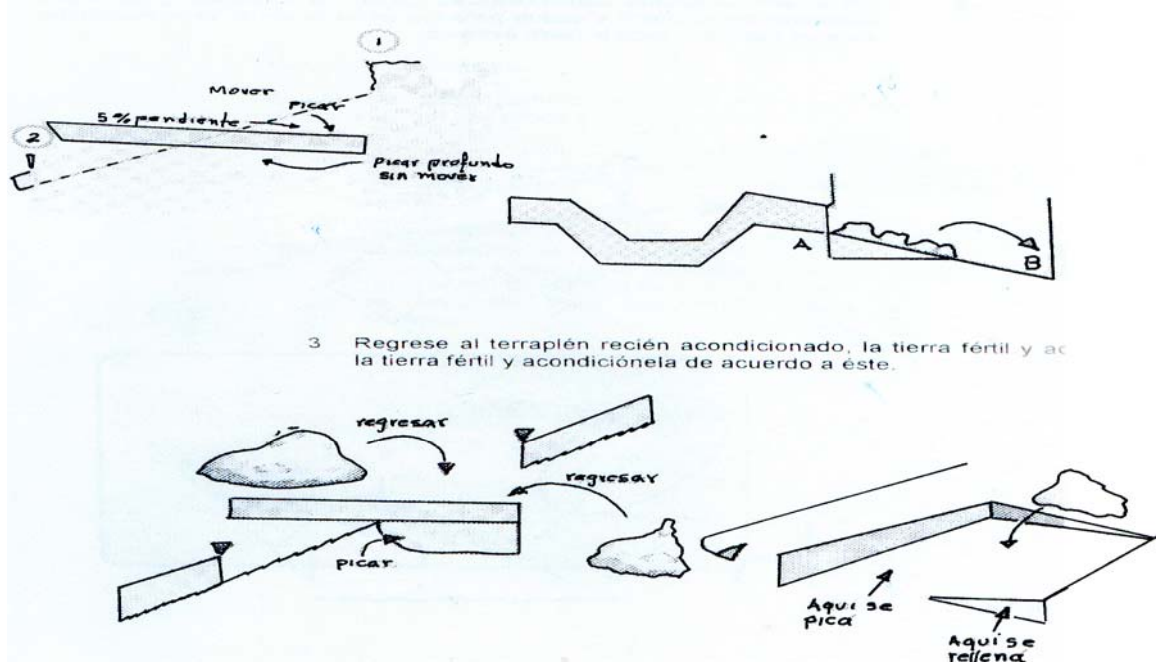
Consiste en apartar tierra fértil, para luego colocarla sobre el terraplén; de la misma forma en que se encontraba originalmente. Es recomendable para suelos poco profundos con horizonte "A" inferior a los 15 cm.

Se debe seguir los siguientes pasos:

1. En el área marcada con 4 estacas (2 de cada curva). pique hasta encontrar tierra infértil y saque para los lados la tierra fértil. Por último, deje un cajón con toda la tierra extraída.



2. Descubierta la tierra infértil pique la mitad hacia arriba, igual método de corte-relleno (tradicional) y acondicione la tierra infértil en la parte de abajo. Deje un desnivel del 1 al 5 % y pique profundo la parte adyacente al talud, para así aflojar sin mover la tierra.

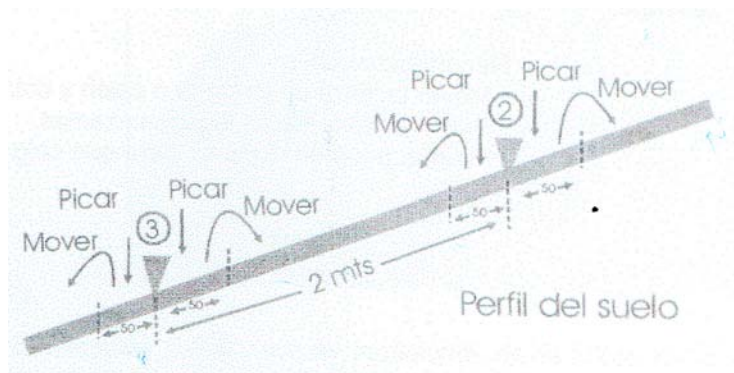


### 3.6.5 MÉTODO DE FALSA ACEQUIA

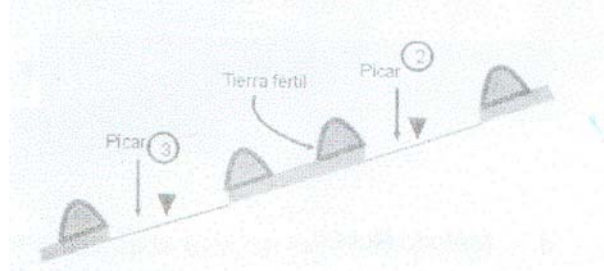
Permite hacer tal movimiento de tierra que deja parte del ancho de la terraza con la tierra original. Este método es usado por agrónomos y guías agrícolas. Para la construcción de terrazas de banco por el método de falsa acequia es preciso que su base sea un sistema de curvas a nivel, de acuerdo al distanciamiento de terrazas de banco, ya sea por fórmula o por método chavela. El ancho mínimo de la terraza deberá ser de 2 mts., y este dependerá de la pendiente del terreno.

Los pasos a seguir son:

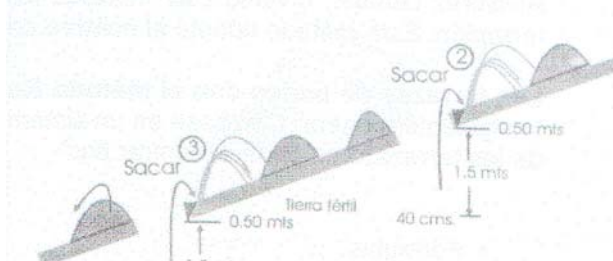
1. De la segunda estaca de la línea guía, pique 0.5 mts., arriba y 0.5 mts., debajo de ésta, su profundidad será hasta donde llegue el horizonte "A" o tierra fértil



2. Mueva la tierra fértil hacia arriba y abajo, formando bordes regulares, deje una cama o cajón, y pique 0.40 mts., de zanja debajo de cada estaca.

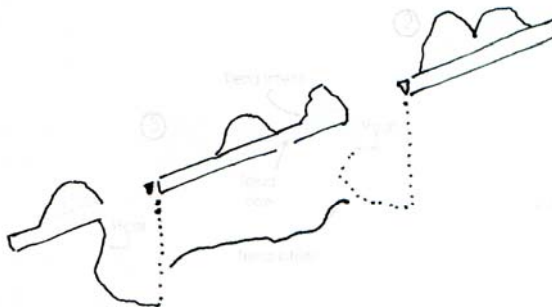


3. La tierra fértil que salga de la zanja, colóquela a 0.50 mts., de arriba y pique hasta una profundidad considerable, a modo que no exceda del 1.50 mts.



4. Para formar el talud de la terraza de arriba, pique el talud de la zanja de abajo, y, haga caer la tierra infértil en la zanja, para que quede arriba de la tierra fértil.

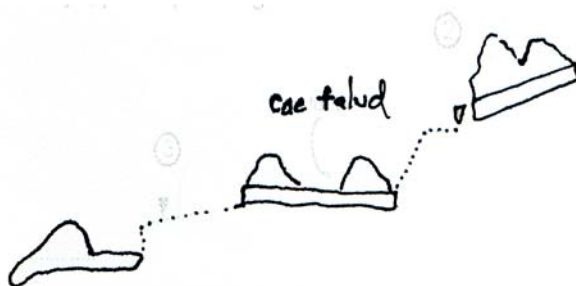




5. Acondicione la tierra fértil para formar el terraplén con un declive hacia el centro de la terraza.

Recomendaciones:

- Mover la tierra de la cama o cajón y colocar.
- Primeramente hacer todas las zanjas.
- Picar el talud de la zanja, para que caiga.



### 3.6.6 METODO DE ACEQUIAS

Son estructuras utilizadas en lugares con altas precipitaciones, para minimizar el arrastre de sedimentos o bien en lugares secos para la absorción de agua, donde la pendiente no supera el 30%. Consiste en canales de 0.30 mts., de ancho fijo en el fondo con taludes 1:1 de profundidad y desnivel variable. A todo lo largo de la acequia, a unos 0.15 mts., del borde, se siembra una barrera viva, para filtrar el agua que llega al canal.

Se deben establecer de preferencia antes de sembrar los cultivos, ya que con plantaciones perennes, es difícil su construcción por lo daños que se pueden causar a los árboles.

El siguiente cuadro, muestra el distanciamiento entre acequias según la pendiente del terreno:

**CUADRO 4**  
**DISTANCIA ENTRE ESTRUCTURA SEGÚN LA PENDIENTE**

<b>% pendiente Del terreno</b>	<b>Distancia inclinada m. Barrera y acequias</b>	<b>Distancia inclinada m. Terrazas</b>	<b>Ancho total m. Terrazas</b>
12.00	10.50	14.00	2.34
14.00	10.50	13.00	2.40
16.00	10.00	12.50	2.42
18.00	10.00	12.50	2.46
20.00	9.50	12.00	2.50
22.00	9.00	12.00	2.56
24.00	9.00	12.00	2.60
26.00	8.50	12.00	2.64
28.00	8.50	12.00	2.70
30.00	8.00	12.00	2.74
32.00	8.00	--	--
34.00	7.50	--	--
36.00	7.00	--	--
38.00	7.00	--	--
40.00	6.50	--	--
42.00	6.50	--	--
44.00	6.00	--	--
46.00	6.00	--	--
48.00	6.00	--	--
50.00	6.00	--	--

FUENTE: Herrera, M. 1996. Tablas de aplicación para el dimensionamiento.  
Prácticas de conservación de suelo y agua

### 3.6.7 METODO DE BARRERAS MUERTAS Y BARRERAS VIVAS

Las barreras muertas, son estructuras de piedra y a nivel, en sentido perpendicular a la pendiente, siendo más utilizadas en terrenos pedregosos. Mientras que la barreras vivas, son un surco de plantas sembradas a nivel, pudiendo utilizarse una serie de plantas de preferencia perennes y que macollen como: pastos izote, piña, maguey, té de limón, vetiver, piñuela, limoncillo, sauco, etc., existiendo en cada lugar plantas que reúnen las condiciones mencionadas para utilizar como barreras vivas.

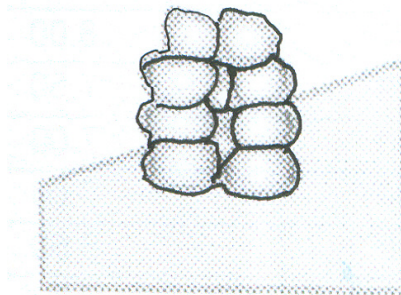
Para su establecimiento se realizan los siguientes pasos:

- Determinar la pendiente promedio del terreno.
- Buscar en el cuadro No. 3 la distancia entre barreras.
- Trazar curvas de nivel.
- Colocar las piedras cuando son barreras muertas o plantas cuando son barreras vivas, al tresbolillo y distanciadas de 0.15 a 0.20 mts.

El mantenimiento de las barreras es importante, principalmente, si se trata de barreras vivas, porque pueden provocar problemas de extenderse mucho e invadir el terreno, o un excesivo macollamiento, por lo que deben recortarse periódicamente.

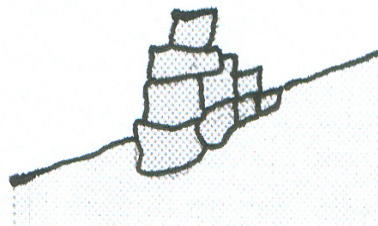


En terrenos pedregosos puede hacerse dos tipos de barreras muertas:  
 Cimiento (doble cara) Aquí el muro se deberá sostener por sí mismo. Las piedras se colocan de acuerdo a su tamaño y forma, para que éste se mantenga firme.



Recostado. (Una sola cara)

El muro se recostará sobre el suelo, perpendicular a la pendiente. Las piedras se colocan formando un pequeño terraplén. (El terraplén es una sección del terreno plano levemente inclinada perpendicular a la inclinación de la ladera).



### 3.6.8 SISTEMAS AGROFORESTALES

Son un conjunto de técnicas de uso de la tierra que implican la combinación de árboles forestales con cultivos, con ganadería o ambos. Esta combinación puede ser secuencial como cuando se utiliza en las etapas iniciales de establecimiento de

plantaciones forestales (1 a 3 años), o bien, simultanea en tiempo y espacio cuando se integran cultivos anuales o perennes con árboles maderables, frutales o de uso múltiple.

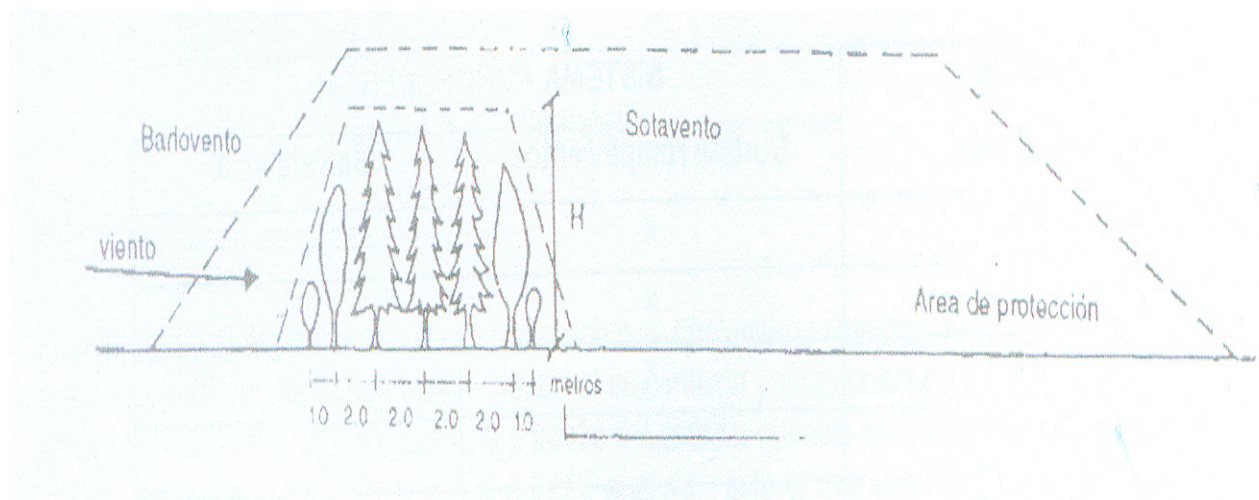
Algunos sistemas agroforestales, que pueden ser utilizados para minimizar los procesos erosivos son:

### 1. CORTINAS ROMPEVIENTOS

Son líneas de árboles o arbustos plantados entre el cultivo y la dirección del viento, en sentido perpendicular para disminuir la velocidad del viento, reduciendo la erosión eólica, transpiración excesiva de las plantas, evaporación, daño mecánico a los cultivos y mejorar la productividad de animales pastoreados en zonas de mucho viento

La efectividad de una cortina para proteger un terreno contra los vientos depende de su orientación. Altura, estructura y continuidad. La altura es la característica de mayor importancia para el área que se desea proteger, ya que se considera que protege una distancia aproximada de 20 veces su altura, aunque su máxima protección es de 10 a 15 veces.

La estructura de la cortina se ha definido que idealmente debería dejar pasar un 40% del viento, reduciendo así, la turbulencia en el área cercana a la cortina. Es recomendable construir cortinas de 2 a 5 niveles de copa en filas alternas de árboles.



### 2. Árboles en barreras vivas

Plantación de árboles o arbustos en curvas de nivel dentro de un terreno, para disminuir la erosión y pérdida de humedad. Se debe manejar la plantación como un seto bajo y compacto para minimizar la competencia con los cultivos.

Estas barreras vivas, interceptan la escorrentía producida por la lluvia y el suelo que ésta arrastra, de tal manera que, con el tiempo la acumulación del suelo da como resultado, la formación de terrazas estabilizadas que pueden utilizarse para la producción agrícola.

Características de las especies a utilizar en barreras vivas:

- Persistentes.
- Alta densidad radicular y aérea.
- Formar macolla para interceptar y retener el suelo.
- Porte bajo a mediano para no competir con los cultivos.
- Fácil de propagar para formar barreras densas.

### **3. Árboles asociados a estructuras de conservación de suelos**

Se ha comprobado que la utilización de especies arbóreas asociadas a prácticas de conservación de suelos, contribuyen fuertemente a contrarrestar la erosión provocada por la lluvia en terrenos de altas pendientes. Además de ese efecto favorable sobre la erosión, los árboles suministran otros beneficios a los cultivos asociados y al agricultor.

Para el uso de árboles asociados a prácticas de conservación de suelos, es necesario considerar:

- Grado de pendiente.
- Dirección de la pendiente.
- Tipo de suelo.
- Especie forestal a utilizar.
- Hábito de crecimiento de la especie forestal.
- Reproducción del árbol.
- Distancia entre las estructuras de conservación de suelos.
- Mantenimiento de la barrera y control del crecimiento de la especie.

A continuación se presenta el cuadro de especies forestales recomendadas según el sistema agroforestal.

**CUADRO 5**  
**ESPECIES FORESTALES RECOMENDADAS SEGÚN EL SISTEMA AGROFORESTAL**

<b>ESPECIE FORESTAL</b>	<b>SISTEMA AGROFORESTAL CORTINA ROMPEVIENTOS</b>	<b>BARRERA VIVA</b>
<i>Acacia farnesiana</i>	<b>X</b>	
<i>Albizia lebbek</i>	<b>X</b>	
<i>Alnus acuminata</i>	<b>X</b>	
<i>Azadirachta indica</i>	<b>X</b>	
<i>Bambusa spp.</i>	<b>X</b>	
<i>Cajanus cajan</i>		<b>X</b>
<i>Calliandra calothyrsus</i>		<b>X</b>
<i>Cassia siamea</i>	<b>X</b>	
<i>Casuarina equisetifolia</i>	<b>X</b>	
<i>Cupressus lusitanica</i>	<b>X</b>	
<i>Erythrina berteroana</i>	<b>X</b>	<b>X</b>
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	<b>X</b>	
<i>Eucalyptus citriodora</i>	<b>X</b>	
<i>Eucalyptus globulus</i>	<b>X</b>	
<i>Eucalyptus robusta</i>	<b>X</b>	
<i>Gliricidia sepium</i>	<b>X</b>	<b>X</b>
<i>Gmelina arborea</i>	<b>X</b>	
<i>Grevillea robusta</i>	<b>X</b>	
<i>Leucaena sp.</i>	<b>X</b>	<b>X</b>
<i>Melia asederach</i>	<b>X</b>	
<i>Moringa oleifera</i>	<b>X</b>	
<i>Pinus sp.</i>	<b>X</b>	
<i>Pithecollobium dulce</i>	<b>X</b>	
<i>Prosopis juliflora</i>	<b>X</b>	
<i>Psidium guajava</i>		<b>X</b>
<i>Ricinus comunis</i>		<b>X</b>
<i>Salix sp</i>	<b>X</b>	
<i>Salix sp</i>		
<i>Sambucus mexicana</i>	<b>X</b>	<b>X</b>
<i>Schinus molle</i>	<b>X</b>	
<i>Sesbania grandiflora</i>	<b>X</b>	
<i>Tecoma stans</i>	<b>X</b>	
<i>Tectona grandis</i>	<b>X</b>	

## 4. MARCO REFERENCIAL

### 4.1 Marco Geográfico

#### 4.1.1 Descripción del Municipio de Cajolá

Según el Diccionario Municipal de Guatemala; (3) Cajolá es un Municipio del Departamento de Quetzaltenango. Se desconoce el nombre mam primitivo, en caso de que se derive del Quiché, sería cajol, "hijo"; y já, de há, "agua"; quizá como referencia a los diversos accidentes hidrográficos con que cuenta. Categoría de la cabecera municipal: Pueblo. Extensión: 36 kilómetros cuadrados. Altura: 2,150 metros sobre el nivel del mar. Clima: Frío. (Ver figura No.2 de anexos) Límites: Al Norte con Sibilia; al este con San Carlos Sija, Olinstepeque y la Esperanza; al Sur con San Mateo; al Oeste con San Juan Ostuncalco (todos del departamento de Quetzaltenango). División Política Administrativa: Un pueblo y dos caseríos. Accidentes geográficos: En su territorio se encuentran las sierras: Santa Rita y Sija; la montaña Xetalbitoj; los cerros: Bolonaje, del Granizo, San Sijá y Sechicul.

Lo cruzan los ríos: Alongo, Arenas, Julia, La Unión, Los Encuentros, Panajachel, Piedra Blanca, Seco, Tumulá y Xecol, estos juntos forman el río Cajolá que es la parte alta del río Samalá, cuyos orígenes se encuentran por Sibilia, San Carlos Sija y San Francisco El Alto, recibiendo numerosos afluentes; penetra al municipio de Quetzaltenango por Salcajá, con un ancho medio de quince metros y un metro de profundidad. Pasa por Zunil en terrenos sumamente quebrados formando cascadas y arrastrando gran cantidad de piedra y arena. Entra en el departamento de Retalhuleu, entre el Palmar y San Felipe, desemboca en el Pacífico, en el lugar en donde estuvo el puerto de San Luís que se destruyó durante la erupción del volcán San María en 1902. Mueve molinos de trigo en Totonicapán, San Cristóbal y Cantel, donde también da fuerza a la fábrica de hilados y tejidos. En Zunil y Santa María de Jesús mueve la hidroeléctrica que proporciona la energía de que goza casi todo el Occidente. Es el más largo y caudaloso de la cuenca del Pacífico. Su principal afluente es el Xequijel o Siguilá. Número de habitantes: 9,724. Idioma indígena predominante: Mam.

Producción agropecuaria: Maíz, trigo, frijol, habas y ganado lanar.

Producción artesanal: Tejidos de algodón, muebles de madera, escobas de palma, candelas, cuero, teja y ladrillo de barro, tejamanil y cohetería.

Servicios públicos: Correos, teléfonos y telégrafo, agua potable, escuela, campos deportivos, puesto de salud, energía eléctrica, servicio de buses, iglesia parroquial, radio local en frecuencia modulada, servicio de cable y correo electrónico.

Fiestas: La fiesta titular se celebra del 1 al 3 de mayo en honor a la Santa Cruz. Al municipio se puede llegar por dos vías, una es por la ruta nacional que de Quetzaltenango se dirige a San Marcos desviándose a mano derecha medio kilómetro adelante de San Juan Ostuncalco, y la otra; es por la ruta departamental que une a Quetzaltenango con el municipio de Sibilia, ambas asfaltadas y en regular estado.

#### 4.1.2. Localización Geográfica

El municipio se encuentra en Latitud Norte 14 grados, 55 minutos, 17 segundos; y Longitud Este 91 grados 36 minutos 53 segundos; con una altitud promedio de 2,510 MSNM., de la hoja cartográfica Quetzaltenango No. 1860 I a escala 1:50,000. (6)

### 4.1.3 Superficie Geográfica

Según el Diccionario Municipal de Guatemala; (3) El municipio de Cajolá posee un área física de 36 kilómetros cuadrados.

### 4.1.4. Recursos Naturales

#### 4.1.4.1. Clima

Según Obiols del Cid, R. (12) El Mapa Climatológico de Guatemala de Thornthwaite define a la zona como un clima frío con una temperatura que varía de 8 hasta 18 grados

#### 4.1.4.2. Zonas de Vida

Según de la Cruz S, J. René (2) bmh-MB, bosque muy húmedo Montano Bajo, compuesto por un bosque mixto perturbado.

#### 4.1.4.3. Ecología Vegetal

El área en estudio cuenta con las siguientes especies como vegetación natural dispersa:

Encino (*Quercus acuminata*).

Pino (*Pinnus spp.*).

Ciprés (*Cupresus lusitánica*).

Además se cultiva maíz, trigo, frijol, habas y en pequeña escala, diferentes hortalizas como Papa (*Solanum tuberosum*), Lechuga (*Lactuca sativa*), Cebolla (*Allium cepa*), Remolacha (*Beta vulgaris*), Zanahoria (*Daucus carota*), Guicoy (*Cucúrbita pepo*), Maíz (*Zea mais*), y algunas gramíneas de corte para alimentar al ganado vacuno, caballar, ganado lanar y porcino.

#### 4.1.4.4. Uso de la Tierra

Según el mapa de Uso y Cobertura de la tierra, la tierra es usada para:

Hortalizas y pasto de corte. (2.1.1)

Maíz. (2.1.3)

Trigo. (2.1.4)

Bosque denso, coníferas. (4.1.1)

### 4.1.5 Suelos

#### 4.1.5.1. Geología

Según el Mapa de suelos de la República de Guatemala de Simmons, Tárano y Pinto (10). Su ubicación natural está en la Provincia Geológica "Tierras Volcánicas" y la Región Fisiográfica "Tierras Altas Volcánicas. Su geología la conforman rocas sedimentarias (Qp) y Tierra altas volcánicas terciarias (Tv).

#### 4.1.5.2 Descripción de los suelos

##### 4.1.5.2.1 Suelos Camanchá

Características importantes que influyen su uso.

El declive dominante es de 10%, el drenaje a través del suelo es moderado, la capacidad de abastecimiento de humedad es alta, no hay ninguna capa que limite la



penetración de las raíces, el peligro a la erosión es regular, con fertilidad alta, los problemas especiales en el manejo de suelos son las elevaciones altas.

El material madre es ceniza volcánica de color claro, su relieve es ondulado a fuertemente ondulado, el drenaje interno es bueno.

El suelo superficial es de color café muy oscuro, la textura y consistencia es franca y friable, con un espesor aproximado de 50 cm.

Es subsuelo es de color café amarillento con consistencia friable, con textura franco arcillosa y un espesor aproximado de 75 cm.

#### **4.1.5.2.2 Suelos Quetzaltenango fase quebrada**

Características importantes que influyen su uso.

El declive dominante es de 0 a 3%, el drenaje a través del suelo es moderado, la capacidad de abastecimiento de humedad es regular, no hay ninguna capa que limite la penetración de las raíces, el peligro a la erosión es leve, la fertilidad natural es alta, los problemas especiales en el manejo del suelo es el mantenimiento de la materia orgánica y el combate a la erosión.

El material madre es ceniza volcánica de color claro, de relieve es casi plano, el drenaje interno es bueno.

El suelo superficial es de color café oscuro, con textura de consistencia franco arenoso fina y firme, con un espesor aproximado de 50 a 75 cm.

Es subsuelo es de color café amarillento, con consistencia friable, su textura es franco arcillo arenosa y un espesor aproximado de 100 cm.

#### **4.1.5.2.3 Suelos Totonicapán**

Características importantes que influyen su uso.

El declive predominante es de 5 a 25%, el drenaje a través del suelo es moderado, la capacidad de abastecimiento de humedad es muy alta, no hay ninguna capa que limite la penetración de las raíces, el peligro a la erosión es alto, con fertilidad natural es regular, los problemas especiales en el manejo de suelos son las elevaciones altas y el combate a la erosión.

El material madre es ceniza volcánica de color claro, su relieve es escarpado, el drenaje interno es muy rápido.

El suelo superficial es de color café a café grisáceo, la textura y consistencia es suelto, con un espesor aproximado de 10 cm.

Es subsuelo es de color café grisáceo, con consistencia suelta, con textura franco arenosa y un espesor aproximado de 30 a 40 cm.

#### **4.1.6 Fisiografía**

Según (10) El área en estudio forma parte de la región fisiográfica de las tierras altas volcánicas en las cuales se encuentran ubicadas las cuencas de los ríos Alongo, Arenas, Julia, La Unión, Los Encuentros, Panajachel, Piedra Blanca, Seco, Tumulá y Xecol.

#### **4.1.7 Hidrología**

Según el Mapa hidrológico del Instituto de sismología, Vulcanología, meteorología e hidrología, la cuenca se encuentra ubicada dentro de un área de 125 días promedio de lluvia al año con una precipitación promedio de 2000 milímetros anuales.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 General**

Realizar los estudios necesarios para determinar la situación actual de la cuenca hidrológica del río Cajolá, en cuanto al uso actual del suelo, capacidad productiva de la tierra y susceptibilidad a la erosión a efecto de establecer las prácticas adecuadas para su aprovechamiento

### **5.2 Específicos.**

1. Delimitar la cuenca del Río Cajolá.
2. Delimitar las áreas de acuerdo al uso actual de la tierra.  
(Bosque, cultivo, poblada o industrial).
3. Determinar la capacidad de uso de la tierra.
4. Delimitar las áreas susceptibles a la erosión hídrica y diferenciar los grados de susceptibilidad.
5. Elaborar propuesta de manejo sostenible de los suelos de la cuenca.

## 6. MATERIALES Y METODOS

### 6.1 Materiales

- Hoja topográfica Quetzaltenango 1860 I del Instituto Geográfico Nacional.
- Papel Calco.
- Rapidógrafos.
- Curvímetro.
- Planímetro.
- Impresora.
- Fotografía aérea.
- Plantilla de círculos.
- Sistema de Geoposicionamiento Global -GPS-
- Computadora.
- Equipo Multifuncional (scanner, fotocopidora, fax)
- Programa MapMaker.

MapMaker, es un sistema de información geográfica (SIG) sencillo, que se ejecuta en el sistema Windows, diseñado para permitir a usuarios de diferentes disciplinas crear y manipular mapas en un sistema de computo que contenga los requerimientos básicos.

Fue creado por Eric Dudley, una persona quien trabaja en desarrollo comunitario, con el objetivo de dar la oportunidad a las comunidades, técnicos de desarrollo, investigadores, y el público en general, de producir sus mapas ellos mismos. Se consideró que el proceso de creación y edición de mapas facilita el proceso de análisis y de toma de decisiones, y produce una retroalimentación hacia el usuario para ayudarlo a realizar un mejor mapa. El programa actualmente consta de dos versiones, una en español (el "Popular") que se distribuye gratuitamente ya que un costo de adquisición aún pequeño puede ser un gran obstáculo para su uso. Existe además una versión no gratuita, el MapMaker Pro, cuyo costo es muy bajo en relación a otros programas de este tipo (alrededor de 300 dólares) La idea no es de remplazar los poderosos programas de SIG y los técnicos que saben manejarlos, sino más bien facilitar el uso de los productos derivados de estos sistemas, por personas no especializadas en SIG.

MapMaker es un sistema fundamentalmente vectorial, que maneja "objetos geográficos" y la información que se refiere a ellos. Sin embargo, puede leer y desplegar datos matriciales (i.e. fotografías o mapas escaneados, o imágenes de sensores remotos transformadas a un formato adecuado), permitiendo usarlos como trama de fondo para un mapa o para el levantamiento de información en la pantalla. Por lo tanto es un buen complemento a los sistemas matriciales como IDRISI. Usando una variedad de herramientas, se puede navegar en el mapa, medir distancias y áreas, dibujar polígonos, líneas y símbolos, desplegar y editar datos.

MapMaker permite imprimir mapas directamente en cualquier impresora o ploteador soportado por Windows. Permite también exportar imágenes para incluir en documentos producidos con programas compatibles con Windows, tales como Microsoft Word, Word Perfect, Lotus Ami-Pro, Correl Draw!, Power Point y Page Maker.

Se pueden importar (y exportar) archivos vectoriales, matriciales o de datos, provenientes de (y hacia) otros programas. También se puede usar archivos de localización o datos de levantamiento de campo para realizar un mapa. Se puede generar superficies a partir de datos puntuales tales como la elevación o la precipitación.

Los usos más comunes de MapMaker son la edición de mapas y croquis para documentos, la impresión de mapas en formato poster para reuniones comunitarias, el manejo de datos asociados a localizaciones geográficas (inventarios biológicos o forestales, muestreo de agua, encuestas de salud, etc.), y la producción de sistemas de educación interactivos, incorporando textos, imágenes, mapas y fotografías escaneadas.

Los mapas se van formando por medio de una serie de capas. Una capa es un archivo que contiene información geográfica compuesta por objetos ubicados geográficamente. Las capas pueden ser sobrepuestas unas sobre otras para mostrar un conjunto de información en relación con otro conjunto que se refiere al mismo espacio geográfico. Un mapa está generalmente compuesto de varias capas, cada una describiendo un tema diferente, tales como fronteras, ríos, servicios, etc. Hay tres tipos de archivos que pueden ser usados como capas:

1. Los dibujos hechos con vectores (con extensión .DRA),
2. Las imágenes barridas o escaneadas (.TIF o .BMP), y
3. Los archivos de localización (.LOC).

En MapMaker, se puede manejar las capas desplegadas en pantalla con el administrador de capas.

**A. Las capas** (archivos) agrupan por lo general objetos geográficos del mismo tipo, es decir, una capa (\*.DRA) contiene todos los objetos que representan a las viviendas de una zona, otra capa (\*.DRA) tendrá los ríos, otro archivo las carreteras, etc. Este tipo de organización es fuertemente recomendado ya que presenta varias ventajas:

– Facilita la selección de capas que se quiere mostrar, por ejemplo, si tenemos en la misma capa las ciudades, los pueblos y los caseríos, cada vez que queremos mostrar las ciudades principales, aparecerían automáticamente los pueblos y los caseríos.

Esto puede llegar a ser un problema en caso por ejemplo que se quisiera imprimir un mapa de todo el país con las ciudades en una hoja de tamaño carta, ya que la hoja saldría totalmente cubierta por los puntos y los nombres de las ciudades, pueblos y caseríos.

**B. Objetos geográficos** Los objetos geográficos en una capa son formas geométricas usadas para representar entidades (objetos "reales", límites o fenómenos) del espacio geográfico, y se caracterizan por una localización geográfica. Cada objeto geográfico es una entidad entera y separada, que tiene su identificador, etiqueta, estilo, y eventualmente una serie de datos en una base de datos. Los objetos geográficos son puntos, líneas o polígonos. Los puntos se usan para representar objetos que se pueden caracterizar por una sola coordenada geográfica, tales como pozos, estaciones pluviométricas, muestras, escuelas, árboles, etc. Las líneas se usan para representar objetos que tienen una longitud, como ríos, transectos, caminos, fronteras. Los polígonos se usan para representar objetos que tienen un área. Por ejemplo, un país es mejor representado con un polígono, pero sus fronteras con líneas. En MapMaker, se pueden también definir objetos de representación que son textos y

flechas. Estos objetos están ubicados en un lugar específico por que caracterizan un lugar o un objeto geográfico, pero no se les puede enlazar datos.

**C. Imágenes escaneadas** Las imágenes escaneadas (matriciales) son formadas por una cuadrícula en la cual cada celda tiene un valor numérico (que se refleja visualmente en colores diferentes). Las fotografías escaneadas pueden ser desplegadas como fondo en un mapa, y a partir de ellas se puede digitalizar en pantalla la información pertinente al estudio en curso. Se puede escanear un mapa para reproducirlo. Las imágenes resultantes no contienen objetos a los cuales se pueden atribuir identificador, etiqueta, estilo, datos, etc. y por esto muchas veces se deben dibujar los objetos en pantalla a partir de ellas (o "sobre" ellas).

**D. La capa viva** La capa viva es la capa que está "encima" de las demás, donde se pueden dibujar objetos, y donde los objetos existentes se pueden modificar o borrar. El contenido de la capa viva se puede guardar como un archivo, y archivos existentes se pueden cargar a la capa viva.

**E. Escala** La escala determina el tamaño que tendrán los objetos del mapa, una vez impreso o desplegado, en relación con el tamaño real de los objetos que representan.

La escala se expresa con 1:10,000; 50,000, etc., que en realidad representa un cociente 1/10,000; 50,000, etc.

Para un mapa impreso, el denominador de este cociente, el número 10,000; 50,000, etc., se calcula con la relación:

$$\frac{\text{distancia entre dos puntos en el terreno}}{\text{distancia entre los mismos puntos en el mapa}}$$

Para especificar la escala de un mapa, nos referimos generalmente a este nombre. Por ejemplo, para referirse a un mapa a escala 1:10,000, hablamos a menudo de un mapa "escala 10,000", y nunca de un mapa a escala 0.0001. Lo que nos lleva a mucha confusión, es el hecho de que las nociones de "escala grande" y "escala pequeña" se refieren al cociente 1/10,000; 50,000, etc. Entre mayor es el número a la derecha de los dos puntos, la escala es menor. La escala 1:500,000 es más pequeña que 1:10,000. Un estudio que cubre todo un continente se dice "a escala pequeña", y otro que cubre una comunidad pequeña se dice "a escala grande".

**F. Estilos de despliegue** La apariencia de los objetos en pantalla y en impresión está controlada por estilos de despliegue (un nuevo tipo de archivo). Para cambiar la apariencia de un objeto, se le puede asignar un estilo diferente o modificar el estilo que se le ha asignado.

Los estilos controlan:

- Para puntos: el tipo, tamaño y color del símbolo; el formato de la etiqueta.
- Para una línea: su color, su tipo y su ancho; el formato de la etiqueta.
- Para polígonos: el tipo y el color del relleno y del contorno; el formato de la etiqueta.

**G. Accesorios de mapa** Los accesorios de mapa son los componentes de un mapa que no tienen ubicación geográfica, tales como títulos, texto, escala, leyenda, norte (o rosa de los vientos), logos, etc.

**H. Composición de mapas** Una composición de mapa es un conjunto de todos los elementos necesarios para formar un mapa, sean capas, archivos de datos, "accesorios", y configuración de página. Los componentes del mapa compuesto son guardados en un archivo con una extensión .MAP. Cuando un usuario carga (abre) un

archivo .MAP, MapMaker carga automáticamente todos los componentes del mapa y arregla la pantalla conforme a la información que contiene el archivo.

**I. Herramientas** La herramienta seleccionada en un momento dado determina lo que el usuario puede hacer con el cursor: hacer acercamientos, dibujar, editar, interrogar, crear accesorios de mapas, editar márgenes, etc. Ciertas herramientas, tales como el dibujo y la edición, se pueden realizar únicamente sobre objetos de la capa viva.

**J. Enlace con bases de datos** Se puede relacionar los objetos de una capa a una base de datos creada con el editor de MapMaker, con un programa de bases de datos o de hoja electrónica. Una vez que esta relación está hecha, se puede interrogar la base de datos sobre la capa en pantalla con la herramienta "**Consultar Datos**" (**Data Query**). Se puede también realizar un enlace específico al despliegue, que hace que una columna de la base de datos controle el estilo del objeto, y otra columna la etiqueta. Así se puede por ejemplo controlar el color del relleno de distritos en función de su población, el ancho o el color de los ríos en función del caudal o de la calidad de agua, o el tamaño del símbolo que representa escuelas en función del número de alumnos.

**K. Navegación** Se puede desplazar el punto de vista sobre el mapa, realizar acercamientos y alejamientos, regresar hasta la "vista" anterior o centrar el mapa sobre un objeto en particular.

**L. Importación/Exportación** MapMaker puede leer archivos vectoriales provenientes de otros programas de sistemas de información geográfica, por ejemplo acepta los formatos shape de ARC/Info y el DXF de Autocad (ambos formatos se pueden también producir con IDRISI). La versión profesional tiene más opciones. A partir de estos formatos, se crea un archivo .DRA que es el formato vectorial propio de MapMaker. Los archivos creados en MapMaker se pueden también exportar hacia otros formatos. Los archivos de localización (.LOC) son archivos en formato ASCII, que contienen el identificador y las coordenadas de puntos, y pueden también representar líneas y polígonos. Se puede también formar archivos .DRA a partir de ellos.

Se puede formar un archivo .DRA a partir de datos de levantamiento de campo almacenados en un formato propio de MapMaker, con extensión .XY. Se pueden leer y crear imágenes matriciales (formatos TIF o BMP). Se puede exportar un mapa hecho en MapMaker para introducirlo en un documento producido en otro programa compatible con Windows, en la forma de un archivo "Windows metafile".

## 6.2. METODOLOGIA

### 6.2.1 Criterios de sectorización

El criterio a seguir para la sectorización de la cuenca, fue estrictamente hidrológico; esto quiere decir que la delimitación se hizo siguiendo las líneas de división o líneas de parte-aguas, considerando el rango de hectáreas de la subcuenca Cajolá se usó un mapa a escala 1: 50,000.

### 6.2.2 Delimitación de áreas por uso de la tierra

Para delimitar las áreas de acuerdo al uso actual de la tierra (Bosque, cultivo, poblada o industrial), se hizo uso de fotografía aérea de la región y se delimitaron los sitios con el uso de GPS directamente en el campo y se trasladaron los datos a la computadora para elaborar el mapa con el programa Map Maker. Esto fue verificado a través de fotografías satelitales del sistema LANDSAT.

### **6.2.3 Determinación de áreas por capacidad productiva de la tierra**

Para determinar la capacidad productiva de la tierra se siguieron los criterios de la clasificación de USDA.

### **6.2.4 Determinación de pendientes**

Para determinar los grados de pendiente existentes, se usó la Hoja topográfica Quetzaltenango 1860 I del Instituto Geográfico Nacional Escala 1:50,000 que determina las curvas de nivel a cada 20 y 100 metros, y así determinar la capacidad de uso de la tierra, delimitando los diferentes tipos y diferenciarlos por clase, y se verificó en el campo con el uso de GPS y clinómetro trasladándose los datos a la computadora para elaborar el mapa con el programa Map Maker.

### **6.2.5 Delimitación de áreas susceptibles a la erosión**

Para delimitar las áreas susceptibles a la erosión hídrica y diferenciar los grados de susceptibilidad, se hizo uso de la Hoja topográfica Quetzaltenango 1860 I del Instituto Geográfico Nacional escala 1.50, 000 y se verificó la información en el campo con el uso de clinómetro y ubicación por medio del GPS trasladándose los datos a la computadora para elaborar el mapa con el programa Map Maker

### **6.2.6 Determinación de tipo de prácticas de conservación de suelos**

Para determinar qué tipo de prácticas de conservación de suelos son aptas para el área, de acuerdo con la capacidad de uso de la tierra, grado de pendiente y capacidad del suelo se hizo una sobre posición de los mapas anteriores y se creó por medio del Map Maker un mapa de las prácticas a recomendar.

### **6.2.7 Ubicación Física de la cuenca**

Esta descripción incluye aspectos fáciles de obtener o calcular tales como:

a. Ubicación geográfica: definir mediante coordenadas geográficas la latitud y longitud, la ubicación de la cuenca en la hoja cartográfica Quetzaltenango 1860 I del Instituto Geográfico Nacional.

:

b. Ubicación Político-territorial: Municipio: Cajolá, Departamento: Quetzaltenango

c. Ubicación de la cuenca: La cuenca del río Cajolá, se encuentra ubicada dentro de la vertiente del Pacífico.

Los ríos que corresponden a la vertiente del Pacífico, tienen longitudes cortas (110 Km. promedio) y se originan a una altura media de 3,000 MSNM.

Las pendientes son fuertes en las partes altas de las cuencas, entre el 10% y el 20% cambiando bruscamente a pendientes mínimas en la planicie costera, creando grandes zonas susceptibles a inundación en esta área.

Estas condiciones fisiográficas producen crecidas instantáneas de gran magnitud y corta duración así como tiempos de propagación muy cortos.

Por otro lado, todos los ríos de la Vertiente del Pacífico acarrean grandes volúmenes de material, especialmente escorias y cenizas volcánicas, debido a que la cadena volcánica se encuentra entre los límites de la vertiente. Debido a este arrastre de material los ríos tienen cursos inestables causando daños e inundaciones en la

planicie costera.

La precipitación en la vertiente del Pacífico tiene períodos de gran intensidad, típica de las zonas costeras con una precipitación media anual de 2200 mm.

Cada una de las vertientes se subdivide en cuencas, las cuáles son áreas tributarias de un río, es decir que es toda el área drenada por un río. Los límites de una cuenca se obtienen de la topografía del lugar.

Cuenca	Área (km <sup>2</sup> )
Samalá	1,510

### 6.2.7.1 ASPECTOS LINEALES

#### 6.2.7.1.1 *Perímetro*

Se midió de acuerdo al método del planímetro.

#### 6.2.7.1.2 **Clases de corrientes**

En el plano topográfico se determinó el número de corrientes Permanentes, Intermitentes y Efímeras.

#### 6.2.7.1.3 **Orden de corrientes**

En la hoja topográfica se determinó el orden de la cuenca del río Cajolá y el total de corrientes de orden 1, 2, 3...etc., y se elaboró un cuadro de Órdenes de Corrientes.

#### 6.2.7.1.4 **Radio de Bifurcación Medio (Rb)**

$$\text{Donde } Rb = \frac{Un}{N(u+1)} \quad Rb = \frac{Rb_1}{n}$$

#### 6.2.7.1.5 **Longitud Media de Corrientes (Lu)**

Conocidas todas las longitudes de cada orden de corriente se determinó la longitud media.

$$\text{Donde } Lu = \frac{Lu(1)}{Un}$$

#### 6.2.7.1.6 **Radio de Longitud Media (RL)**

Se establecerá el radio de longitud media en la hoja topográfica.

$$\text{Donde } R = Lu / L(u-1) \\ RL = \frac{(Lu / Lu(u-1))}{U}$$

#### 6.2.7.1.7 **Longitud acumulada de corrientes (La)**

$$\text{Donde } La = Lu * Nu$$

## 6.3 ASPECTOS DE SUPERFICIE

**6.3.1 Área de la cuenca** Se determinó de acuerdo al método del Planímetro.



### 6.3.2 Forma de la cuenca

#### 6.3.2.1 Relación de forma (Rf)

Donde 
$$Rf = \frac{A_k}{L_c}$$

#### 6.3.2.2 Relación Circular (Rc)

$$Rc = \frac{A_k}{A_c}$$

Donde:

**A<sub>c</sub>** = Área de un círculo con perímetro igual al de la cuenca.

**P<sub>c</sub>** = Perímetro de un círculo =  $2*r = d$  (1)

**A<sub>c</sub>** = Área de un círculo =  $\pi*R^2 = (2)$

#### 6.3.2.3 Radio de Elongación (Re)

$$Re = \frac{D_c}{L_c}$$

Donde:

**D<sub>c</sub>** = Diámetro de un círculo de área igual al de la cuenca.

**L<sub>c</sub>** = Longitud del cauce principal de la cuenca.

#### 6.3.2.4 Densidad de drenaje (D)

$$D = \frac{L_a}{A_k}$$

Donde:

**L<sub>a</sub>** = Longitud acumulada de corrientes.

**A<sub>k</sub>** = Área de la cuenca.

#### 6.3.2.5 Frecuencia o densidad de Corrientes (Fc)

$$F_c = \frac{N_{tc}}{A_k}$$

Donde:

**N<sub>tc</sub>** = Número total de cauces

**A<sub>k</sub>** = Área de la cuenca

## 6.4 ASPECTOS DE RELIEVE

### 6.4.1 Pendiente media de la cuenca (Sc)

#### Método de Alvord

Se estableció teniendo como base el mapa de curvas de nivel

$$S_c = \frac{d * L_{tc}}{A_k}$$

Donde

**d** = Diferencia vertical entre curvas de nivel.

**Ltc** = Longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca.

**Ak** = Área total de la cuenca.

## 6.4.2 Pendiente del canal o cauce principal (Scp)

### 6.4.2.1 Método Analítico

$$\text{Scp} = \frac{H * 100}{Lc}$$

Donde:

**H** = Diferencia de nivel entre la curva más alta y la más baja, que tocan el cauce principal.

**Lc** = Longitud del cauce principal.

### 6.4.2.2 Método Gráfico

$$\text{Scp} = \frac{Y * 100}{X}$$

Donde:

**Y** = Diferencia de elevación, de acuerdo a un segmento seleccionado.

**X** = Diferencia horizontal, de acuerdo al mismo segmento.

## 6.4.3 Elevación media de la cuenca (Em)

### 6.4.3.1 Método de la curva hipsométrica

Se tomó en cuenta el intervalo entre curvas de nivel. Las áreas parciales entre curva, porcentaje de áreas parciales y porcentaje de área acumulada y se le restó el valor de la elevación media del gráfico de área bajo la curva de elevación.

### 6.4.4. Coeficiente de relieve (Rh)

$$\text{Rh} = \frac{h}{1000 * Ltc}$$

Donde:

**h** = Diferencia de nivel entre la curva más alta y la más baja, que tocan el cauce principal.

**Ltc** = Longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca.

### 6.4.5 Coeficiente de robustez (Rr)

$$\text{Rr} = \frac{h * D}{1,000}$$

Donde:

**h** = Diferencia de nivel entre la curva más alta y la más baja, que tocan el cauce principal.

**D** = densidad de drenaje.

## 7. RESULTADOS

### 7.1 DELIMITACIÓN DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CAJOLÁ Y LA DETERMINACION DE SUS CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS

#### 7.1.1 CRITERIOS DE DELIMITACIÓN

El criterio que se tomó para la sectorización de la cuenca, fue de carácter estrictamente hidrológico, es decir; que la delimitación se hizo siguiendo las líneas de división o parte aguas, considerando el rango a nivel de subcuencas, en escala 1:50,000.

#### 7.1.2 UBICACIÓN FÍSICA DE LA CUENCA

Ubicación Geográfica:

La subcuenca del río Cajolá, se localiza en la hoja Cartográfica Quetzaltenango 1860 I del Instituto Geográfico Nacional en Escala 1: 50,000. y se encuentra entre las coordenadas siguientes:

Latitud Norte: 91° 33' 17" y 91° 38' 19"

Longitud Oeste: 14° 55' 05" y 14° 57' 28"

Este estudio se realizó en el municipio de Cajolá, departamento de Quetzaltenango.

De acuerdo a la clasificación hidrológica por vertientes del país, la cuenca del río Cajolá, es la parte alta de la cuenca del río Tumulá, Xequijel o Samalá el cual tiene una longitud total de 145 Km., siendo el segundo mayor afluente de la vertiente del pacífico, con un caudal medio en el punto de control Candelaria de 8.7 metros<sup>3</sup> por segundo.

#### 7.1.3 ASPECTOS LINEALES

Se determinó que el área en estudio tiene un perímetro de 19.49 Km., lineales y un área de 17.84 Km., cuadrados.

#### CLASE DE CORRIENTES

Se determinó que hay 17 Corrientes Permanentes.

**Orden de corrientes: 1, 2, 3.**

A continuación se encuentra el cuadro de órdenes de corrientes

**CUADRO 6  
CUADRO DE ÓRDENES DE CORRIENTES**

Orden de Corrientes	Número de Corrientes	Longitud de Corrientes
u	Nu	Lu
1	12	16.53
2	4	5.20
3	1	2.82
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	<b>24.55</b>

1. Radio de Bifurcación Media = 2.66
2. Longitud media de corrientes = 0.0235 Km.
3. Radio de Longitud media (RL) = 10.05 Km.
4. Longitud Acumulada de corrientes (La) = 21.93 Km.
5. Longitud del cauce principal : 5.02 Km.

6. Área de la Cuenca ( de acuerdo al método del planímetro)  
 $A_k = 17.84$  kilómetros cuadrados (1,784 Hectáreas)

7. Forma de la cuenca:

8. Relación de Forma (Rf) = 0.71 Km.

9. Relación Circular = 0.59 Km.<sup>2</sup>

10. Relación Circular = 0.59 Km.<sup>2</sup>

11. Radio de elongación = 0.95 Km.

12. Densidad de drenaje = 1.22 Km. / Km.<sup>2</sup>

13. Frecuencia o densidad de corrientes (Fc) = 0.95 cauces / Km.<sup>2</sup>

### Aspectos de relieve

1. Pendiente media de la cuenca = 33.74 %

2. Pendiente del canal o cauce principal = 12.35 %

3. Elevación media de la cuenca = 2,819.85 mts. s.n.m.

4. Coeficiente de relieve =  $4.3 \times 10^{-5}$

5. Coeficiente de robustez = 52 m.

A continuación se encuentra el cuadro de intervalos entre curvas de nivel

**CUADRO 7**  
**CUADRO DE INTERVALOS ENTRE CURVAS DE NIVEL**

INTERVALO ENTRE CURVAS DE NIVEL	ÁREA PARCIAL (KM <sup>2</sup> )	% DE ÁREA PARCIAL	% DE ÁREA ACUMULADA
3000 - 3100	0.5282	2.96	2.96
2900 - 3000	1.99	11.15	14.11
2800 - 2900	2.8750	16.12	30.23
2700 - 2800	3.8410	21.53	51.76
2600 - 2700	4.5615	25.57	77.33
2500 - 2600	2.9645	16.62	93.95
2400 - 2500	1.0798	6.05	100.00
	<b>Ak = 17.8400</b>		

## 7.2 USO ACTUAL DE LA TIERRA.

En el siguiente cuadro se encuentra la delimitación de áreas de acuerdo al uso actual de la tierra

**CUADRO 8  
ÁREAS DE ACUERDO AL USO ACTUAL DE LA TIERRA**

Uso actual	Ha.	% del área total de la cuenca
<b>1. Urbano</b>		
1.1 Industrial	7.67	
1.2 Urbano residencial	53.69	
1.3 Urbano no residencial	15.34	
<b>TOTAL</b>	<b>76.70</b>	<b>4.29</b>
<b>2. Cultivos</b>		
2.1 Anuales	312.8	
2.2 Semipermanentes	223.2	
2.3 Permanentes	253.1	
<b>TOTAL</b>	<b>789.1</b>	<b>44.23</b>
<b>3.- Pastos</b>		
3.1 Cultivados	109.5	
3.2 Naturales	143.3	
<b>TOTAL</b>	<b>252.8</b>	<b>14.7</b>
<b>4. Bosques</b>		
4.1 Cultivados	58.0	
4.2 Naturales	546.7	
4.3 Bajos o matorral	24.9	
<b>TOTAL</b>	<b>629.6</b>	<b>35.29</b>
<b>5. Suelos Descubiertos</b>	<b>35.8</b>	<b>2.00</b>
<b>SUPERFICIE TOTAL</b>	<b>1784.00</b>	<b>100.00</b>

## 7.3 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE USO

Con relación a la capacidad de uso de la tierra, se logró establecer que el 91.16 % (1,626.43 hectáreas) del área en estudio está catalogada según la clasificación de suelos de USDA, como suelos tipo VIII, es decir, tierras no aptas para el cultivo, aptas sólo para parques nacionales, recreación y vida silvestre y para protección de cuencas hidrográficas, con topografía muy quebrada, escarpada o playones inundables.

El 5.42 % (96.75 hectáreas) de los suelos pertenece a la categoría IV es decir, tierras cultivables sujetas a severas limitaciones permanentes no aptas para el riego, salvo en condiciones especiales, con topografía plana ondulada o inclinada apta para pastos y cultivos perennes, requieren prácticas intensivas de manejo, productividad de mediana a baja.

El 2.62 (46.54 hectáreas) de los suelos corresponde a la categoría VI, es decir, tierras no cultivables, salvo para cultivos perennes y de montaña, principalmente para fines forestales y pastos, con factores limitantes muy severos, de topografía profundidad y rocosidad; topografía ondulada fuerte o quebrada y pendiente fuerte.

El 0.80 % (14.28 hectáreas) pertenece a la clase VII, es decir, tierras no cultivables, aptas solamente para fines de uso o explotación forestal, de topografía muy fuerte y quebrada con pendiente muy inclinada.

## 7.4 DELIMITACIÓN DE ÁREAS SUSCEPTIBLES A LA EROSIÓN HÍDRICA Y GRADOS DE SUSCEPTIBILIDAD

**CUADRO 9**  
**ÁREAS SUSCEPTIBLES A LA EROSIÓN HÍDRICA Y**  
**DIFERENTES GRADOS DE SUSCEPTIBILIDAD.**

Área (Km. <sup>2</sup> )	Grados de susceptibilidad	Porcentaje	Color
4.39	Muy fuerte en surcos	24.60	Rojo
2.28	Fuerte Laminar	12.79	Gris
0.73	Fuerte en surcos	4.09	Azul
1.66	Moderado laminar	9.30	Amarillo Ocre
7.03	Ligero laminar	39.41	Verde
1.75	Moderado en surcos	9.81	Amarillo
<b>17.84</b>		<b>100.00</b>	

## 7.5 PROPUESTA DE MANEJO SOSTENIBLE DE LOS SUELOS

Para el área de erosión muy fuerte en surcos se recomienda la construcción de acequias.

Para el área de erosión fuerte laminar se recomienda usar el método de terrazas de banco.

Para el área de erosión fuerte en surcos se recomienda usar el método de conservación de ancho del terraplen

Para las áreas de erosión moderado laminar y ligero laminar se recomienda usar el método de curvas a nivel distanciándolas de acuerdo a la pendiente del terreno.

Para el área de erosión moderado en surcos se recomienda usar el método de barreras vivas, utilizando materiales vegetativos del lugar.

## 8. CONCLUSIONES

**8.1** La cuenca del río Cajolá, ubicada en el municipio del mismo nombre, constituye en realidad una sub cuenca del río Tumulá, que a su vez es la parte alta del río Samalá o Xequijel, y es parte de la vertiente del océano Pacífico

El perímetro de la cuenca es de 19.49 kilómetros lineales presentando corrientes intermitentes y perennes que se inician en las aldeas Panorama y Los Días; Confluyendo en el puente de la entrada al área urbana del municipio, los habitantes lo reconocen como río Cajolá, aunque en la hoja cartográfica se identifica como río Tumulá.

De acuerdo al número de orden, es una cuenca de orden 3; por lo tanto es bastante pequeña, con 17 corrientes y una longitud total acumulada de 24.55 kilómetros. La longitud media de las corrientes están comprendidas entre 16.53 en corrientes de orden 1 de 5.20 en corrientes de orden 2 y de 2.82 en corrientes de orden 3.

Respecto a los aspectos de superficie, se puede considerar que es una cuenca pequeña ( $17.84 \text{ Km}^2 = 1,784 \text{ Hectáreas}$ ) de forma alargada relación de forma de 0.71, con baja densidad de drenaje  $1.22 \text{ Km. / Km}^2$ , que indica que los suelos son relativamente resistentes a la erosión y permeable por sus estructuras gruesas. La eficiencia de drenaje es baja ya que la frecuencia de corrientes es de 0.95 cauces /  $\text{Km}^2$ . es decir que responde lentamente al flujo de superficie (escorrentía superficial) por lo que tiene una respuesta hidrológica de baja a media.

La pendiente de la cuenca es de 38.73 % y la pendiente del cauce principal es de 12.35 %; indican que la velocidad de flujo es mediana, lo que explica que el cauda total, recibe una mediana contribución de la aguas subterráneas.

La elevación media es de 2,819.85 M.S.N.M. lo que supone una cuenca con poco grado de madurez, con un proceso de erosión incipiente, ya que es una cuenca joven (Período cuaternario), indicado esto también por un coeficiente de relieve muy bajo ( $4.3 \times 10^5$ ).

**8.2** En cuanto al uso actual de la tierra se concluye que las áreas industriales, urbanas residenciales y urbanas no residenciales, ocupan un 4.29% del área total de la cuenca; aunque con un crecimiento continuo de la población.

Los cultivos ocupan un área de 44.23%, debido a la demanda de tierra cultivable, pero; esto ha hecho que áreas de vocación forestal estén siendo usadas para cultivos.

Los pastos ocupan un 14.7 del área total de la cuenca y son utilizados para repasto de ganaderías de tipo familiar.

El 35.29% del total del área de la cuenca se utiliza actualmente en bosques y porcentualmente ocupa el segundo lugar en área, pero; su degradación y sobre aprovechamiento es preocupante ya que se hacen extracciones de madera, pero, no existen programas de reforestación.

Los suelos descubiertos ocupan el 2.00 % del área total de la cuenca, aunque esto no los exime de ser objeto de cuidados y recuperación, toda vez que por la influencia del aire y el agua, su porcentaje de crecimiento es gradual año tras año.

**8.3** En cuanto a la capacidad de uso de la tierra, se concluye que la misma, de acuerdo con la clasificación establecida para el efecto, se le está dando usos totalmente contrapuestos a la metodología de USDA, toda vez que las áreas de vocación forestal,

que es la mayoría de la cuenca, está siendo utilizada para cultivos anuales y en áreas muy pequeñas para cultivos perennes.

**8.4** De acuerdo con las características físicas de la cuenca, especialmente en función de la pendiente y uso del suelo, existe una predominancia de áreas en proceso de erosión y un uso intensivo (sobre uso) del suelo con cultivos no indicados para estas áreas tomando en cuenta el tipo de suelos y las pendientes pronunciadas.

**8.5** Con relación al manejo sostenible de los suelos se concluye que es importante solicitar a la mayor brevedad posible la asistencia de entidades relacionadas con el tema para evitar que se siga degradando la cuenca.



## 9. RECOMENDACIONES

**9.1** Por ser una cuenca joven, se recomienda empezar a dar un tratamiento de conservación de suelos, aguas arriba, por medio de la construcción de terrazas, curvas de nivel y acequias dependiendo del grado de pendiente en el terreno de cada uno de los propietarios.

**9.2** Se recomienda que el uso actual que se está haciendo de los suelos de vocación forestal, sea minimizado en la medida de lo posible, ya que se le está dando un uso diferente al suelo.

**9.3** Se recomienda respetar hasta sea posible la vocación natural de los suelos y hacer un programa de participación con los maestros de las escuelas del lugar, para que los jóvenes se vayan involucrando en los programas de conservación de suelos, coordinados a través de la Oficina Municipal de Planificación y con la asistencia de los técnicos del MAGA.

Establecer un plan conjunto entre las municipalidades para la creación de viveros municipales, que tengan como meta la reforestación de la cuenca., promoviendo entre los propietarios de los terrenos la siembra de árboles a través del programa PINFOR, el cual les beneficiará en los costos de plantación y tendrán la asistencia técnica que dicho programa contempla.

La Universidad de San Carlos a través de la Facultad de Agronomía del Centro Universitario de Occidente CUNOC, con sede en Quetzaltenango, debe involucrarse en la solución de esta problemática, ya que no es propia de la cuenca en estudio sino de toda la parte alta del río Samalá o Xequijel.

**9.4** Es necesario que las municipalidades de Cajolá y San Carlos Sija, trabajen de forma coordinada el control de la cuenca ya que el 45 % de la misma es jurisdicción de San Carlos Sija y el 55% restante es jurisdicción de Cajolá

El porcentaje de pendientes arriba del 32 % también pone de manifiesto la urgente necesidad de iniciar un plan de conservación de suelos.

**9.5** La utilización inmediata de métodos de manejo y conservación de suelos es de vital importancia para detener el deterioro de lo mismos dentro de la cuenca, lo que implica involucrar a toda la población en su uso racional y adecuado por parte de ambas municipalidades a través de las Oficinas Municipales de Planificación, por medio de los respectivos Comités Comunitarios de Desarrollo, COCODE's, y Comités Municipales de Desarrollo, COMUDE<sub>s</sub>.

La capacidad productiva de los suelos se encuentra en un 80% comprendida en los suelos tipo VIII de la Clasificación de suelos USDA, lo cual nos da un índice de la relevancia que tiene, el emprender un programa de manejo de suelos a la mayor brevedad posible.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

1. CATIE, CR. 1993. Curso de rehabilitación de cuencas hidrográficas. Turrialba, Costa Rica. 59 p.
2. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de zona de vida de Guatemala basada; en el sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
3. Faustino, MJ. 1984. Manual de hidrología. Italia, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 350 p.
4. Herrera Ibáñez, IR. 1995. Manual de hidrología. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 223 p.
5. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1982. Mapa topográfico de la república de Guatemala, hoja Quetzaltenango, no. 1860-I. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
6. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1985. Mapa de uso y cobertura de la tierra. Guatemala. Hoja ND 15-8, Esc. 1: 250,000
7. Linsley, RK; Kohler, MA; Paulhus, JL. 1986: Hidrología para ingenieros. 2 ed. México, Mc Graw-Hill. 386 p.
8. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT); UNOR (Unidad de Normas y Regulaciones, Área de Agua y Suelo, GT). 1999. Manual para la caracterización y diagnóstico de cuencas hidrográficas. Guatemala. 63 p.
9. Obiols del Cid, R. 1975. Mapa climatológico preliminar de la república de Guatemala. Guatemala, Instituto Geográfico Nacional. Esc. 1:1.000,000. Color.
10. Oficina del Comisionado Presidencial para la Modernización y Descentralización del Estado, GT; Fundación Friedrich Naumann, GT. 2001. Diccionario municipal de Guatemala. 3 ed. Guatemala. 52 p.
11. Salvat Editores. ES. 1975. Diccionario Salvat. España. 13 tomos.
12. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1946. Mapa de suelos de la república de Guatemala: carta agrológica de reconocimiento. Guatemala. Esc. 1:200,000.
13. Tecnologías orgánicas de la granja integral autosuficiente: biblioteca del campo. 2004. España, IBALPE. 1200 p. (Manual Agropecuario).

# 11. ANEXOS

## GLOSARIO HIDROLOGICO

Afluencia	Acción y efecto de una corriente que vierte sus aguas en la de otra corriente, a un lago o a otro cuerpo de agua.
Afluente	Río tributario de otro.
Aforo	Proceso y arte de medir las alturas, áreas, velocidades y caudales en los ríos
Agua freática	Sinónimo de agua subterránea
Agua subterránea	Agua del suelo que se encuentra en la zona de saturación y que alimenta pozos, manantiales y escorrentía subterránea
Agua superficial	Agua sobre la superficie del suelo
Aguas abajo	Dirección en el sentido de la corriente
Aguas arriba	Dirección en el sentido contrario de la corriente
Año Hidrológico	División anual que principia en el mes en el que se considera que empieza la época de lluvias o invierno en los diferentes países. En el caso de Guatemala, el año hidrológico inicia el 1 de mayo y finaliza el 30 de abril del año siguiente.
Área de captación de escorrentía superficial	Superficie correspondiente a un lugar determinado, delimitada de forma que toda precipitación que pueda tener lugar en cualquier punto de ella, contribuya al valor de la escorrentía superficial en dicho lugar
Área de captación de escorrentía subterránea	Superficie, correspondiente a un lugar determinado, delimitado de forma que toda precipitación que pueda tener lugar en cualquier punto de ella, contribuya al valor de la escorrentía de agua subterránea en dicho lugar
Balance Hidrológico	Balance de la entrada, salida y contenido de agua en una unidad hidrológica como por ejemplo una cuenca de desagüe, un lago, un embalse, un sistema de regadío, una napa freática o una zona determinada del subsuelo
Banco	Banco de arena o lodo que se forma en una corriente
Brazo de Río	Rama divergente de un río que después se une de nuevo a la corriente principal
Calidad del Agua	Calidad que debe tener el agua según su empleo como, por ejemplo, para uso domestico, riego, suministro de agua para fines industriales, etc.
Capa acuífera	Sinónimo de napa freática
Capacidad de infiltración	Ritmo máximo con que el suelo, bajo condiciones dadas, puede absorber el agua de lluvia o de fusión de nieve
Caudal	Magnitud del flujo de una corriente en un lugar determinado de su curso, o del flujo que mana de una fuente. Se mide por el volumen de agua que en la unidad de tiempo pasa por la sección transversal de la corriente o es vertida por la fuente. En un río el caudal suele expresarse en metros cúbicos por segundo
Caudal medio	Media aritmética de los caudales de todos los años hidrológicos completos registrados, sean o no consecutivos. Generalmente solo se publican los caudales medios cuando el numero de años es igual o mayor de cinco
Ciclo Hidrológico	Circulación del agua desde el mar a la tierra y desde esta de nuevo al mar. Esta

circulación es muy compleja estando constituida por un circuito principal y muchos circuitos secundarios. En el circuito principal el agua pasa del mar a la atmósfera por evaporación y de la atmósfera a la tierra por precipitación, regresando al mar siguiendo rutas superficiales y subterráneas y en parte a través de la atmósfera. Los circuitos secundarios se refieren a la circulación entre la tierra y la atmósfera mediante los procesos de precipitación, evaporación y transpiración.

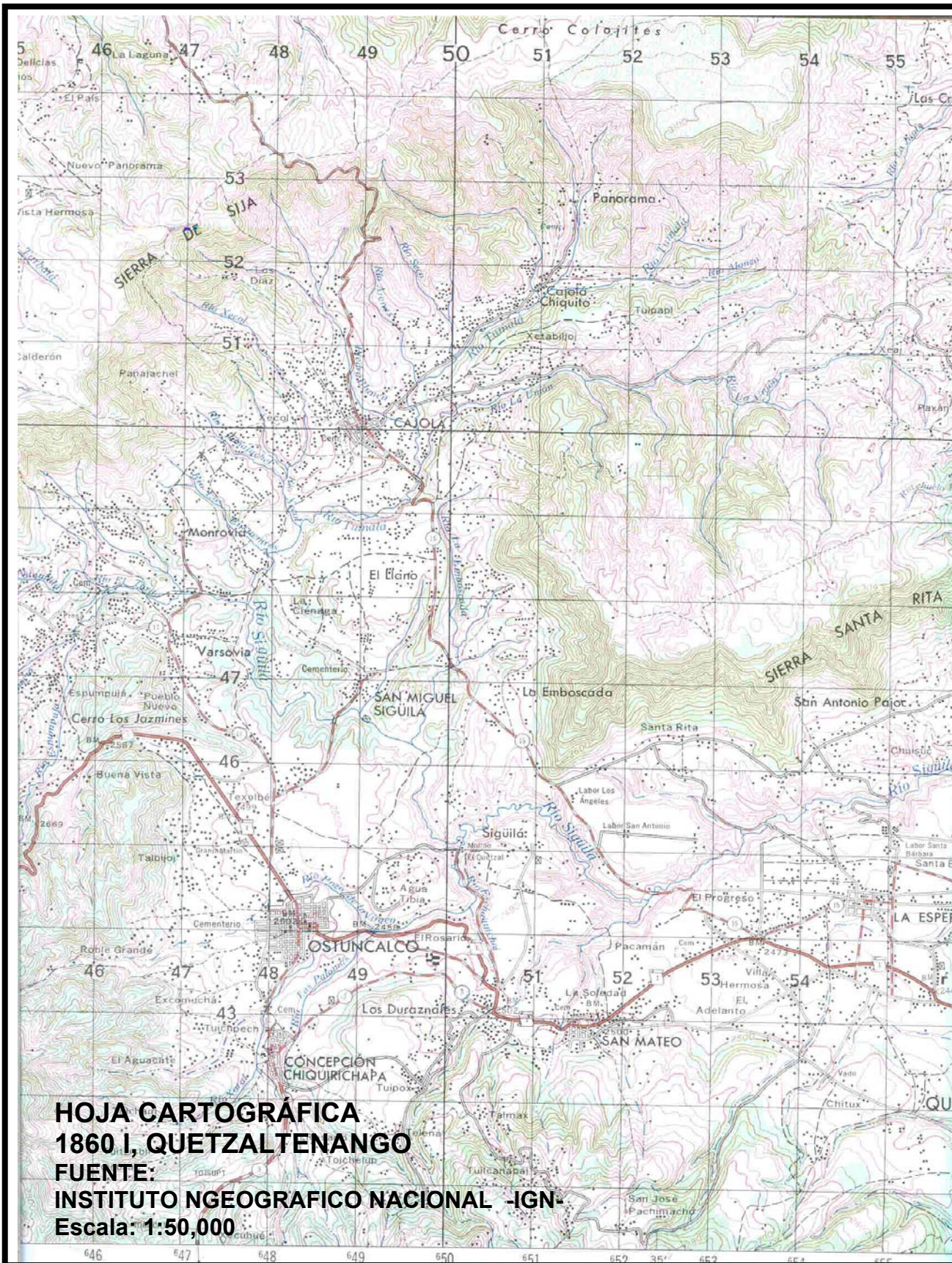
Condensación	Proceso por el cual se produce el cambio del estado del agua de vapor a líquido o sólido
Corriente	Termino general para dominar la masa de agua que fluye en un cauce natural o artificial. Las corrientes en cauces naturales, se pueden clasificar con relación al tiempo, en: Perennes (con flujo continuo); Intermitentes o estacionales (que solo fluyen en ciertas épocas del año, al recibir agua de manantiales o de fuentes superficiales); efímeras (que fluyen solo en respuesta a la precipitación y cuyo cauce siempre está por encima de la napa freática). Con relación al espacio en: Continuas (que no tienen interrupciones en su recorrido); Interrumpidas (formadas por tramos alternativos tanto perennes, intermitentes o efimeras). Con relación a las aguas subterráneas: Con ganancias (que reciben agua de la zona de saturación); con perdidas (que suministran agua a la zona de saturación); Aisladas, las que ni reciben ni suministran agua a la zona de saturación, de la que esta separada por un lecho impermeable; Suspendidas (las aisladas o con ganancias, que están separada del agua subterránea inferior)
Crecida	Flujo relativamente alto de una corriente
Cuenca de desagüe	Parte continua de la superficie de la tierra ocupada por un sistema de desagüe y que consta de una corriente principal superficial, o un cuerpo de agua superficial cerrado junto con todas las corrientes superficiales y cuerpos cerrados de agua tributarios
Descarga de una corriente	Volumen de agua que, por unidad de tiempo, un canal o una corriente vierte a un lago, deposito corriente u océano. En algunos países hispanoamericanos el termino descarga se emplea como sinónimo de caudal
Divisoria de aguas	Límite entre dos cuencas de desagüe
Divisoria freática	Límite del área que contribuye agua subterránea a cada sistema de corrientes. Generalmente se determina de la estructura geológica, aunque a veces esta influenciada por la topografía
Divisoria topográfica	Límite de área de una cuenca de desagüe que determina el área de la cual se deriva la escorrentía
Escorrentía	Parte de la precipitación que se manifiesta más tarde como corrientes de superficie. Cuando en un cauce el caudal no es afectado por desviaciones, regulaciones, o cualquier otra forma de intervención del hombre entonces la escorrentía es numéricamente igual al caudal. Este caudal, que podemos llamar natural, puede ser alimentado por la escorrentía superficial y/o por la escorrentía de aguas subterráneas. Las unidades de escorrentía de uso más corriente son: Metro cúbico por segundo ( $m^3/s$ ); Altura en milímetros sobre la cuenca por día, mes o año; Millón de litros por día (m l d); Pie cúbico por segundo ( $p^3/s$ ); Altura en pulgadas sobre la cuenca, por día, mes o año; Millón de galones por día (m g d). Las unidades $m^3/s$ y $p^3/s$ , se emplean para medir el volumen del agua que en un segundo pasa por una sección de una corriente, mientras que la medición de altura en milímetros o pulgadas, es importante debido a que la precipitación generalmente se expresa en alturas sobre la superficie de la cuenca con estas dimensionales, y por lo tanto, por comparación es conveniente expresar la escorrentía en la misma unidad.
Escorrentía de	Aquella parte del flujo de una corriente que tiene su origen en la precipitación que,

agua subterránea	después de filtrarse en el suelo, se une a las aguas subterráneas, y entonces, después de días, semanas e incluso períodos más largos, se abre camino a través del suelo hacia la corriente
Escorrentía superficial	Aquella parte del agua precipitada sobre la superficie del suelo, que se abre camino hacia el cauce de una corriente sin filtrarse en el suelo. Para los efectos prácticos dentro del concepto de escorrentía superficial puede incluirse también la escorrentía de aguas subsuperficiales, por comportarse esta de manera muy parecida a la primera, llegando a alcanzar la corriente tan rápidamente que casi siempre resulta imposible distinguirla de la escorrentía superficial
Estación de aforos	Estación para la medida regular del caudal de una corriente. De acuerdo con las instalaciones y métodos empleados para medir el caudal, las estaciones de aforos se pueden clasificar en: 1. Estaciones con presa de aforo; 2. Estaciones con medidor de control; 3. Estaciones de velocidad por área, constituidas por un control, un limnógrafo y una sección de aforos
Estación hidrológica	En un más amplio sentido esta denominación incluye tanto a las estaciones fluviométricas como a las estaciones limnimétricas, no obstante, generalmente, la denominación hidrológica es sinónima de fluviométrica
Estación limnimétrica	La que efectúa medidas regulares del nivel del lago y temperatura del agua
Evaporación del suelo	Perdida de humedad, mediante la evaporación del agua contenida en las partículas de tierra situadas en y cerca de la superficie del suelo. Su intensidad es gobernada por los mismos factores que afectan a la intensidad de la evaporación de una superficie de agua libre y de un factor denominado "oportunidad de evaporación", que mide la posibilidad de que se produzca evaporación de la superficie del suelo
Flujo natural de una corriente	Caudal de una corriente natural de agua superficial, tanto si esta afectada o no por desviación o regulación
Flujo superficial	El flujo del agua de lluvia o de la fusión de la nieve sobre la superficie de la tierra hacia los cauces de las corrientes. Una vez entra en la corriente se convierte en escorrentía
Hidrología	Ciencia que trata de las características y propiedades del agua sobre el suelo y en su interior, y principalmente de la distribución del agua procedente de lluvias recientes o de la fusión de las nieves
Humedad absoluta del aire	Masa del vapor de agua contenido en un volumen unitario de aire. Generalmente la humedad absoluta se expresa en gramos de vapor por metro cúbico de aire
Humedad absoluta del suelo	Cantidad de agua contenida en el suelo expresada en porcentaje de la masa de suelo a cada nivel
Índice de infiltración	Ritmo medio de la infiltración, en milímetros por hora, que iguala a una intensidad media de la lluvia determinada de forma tal que el exceso del volumen de la lluvia caída a un ritmo mejor igual a la escorrentía total directa
Infiltración	Movimiento del agua desde la superficie hacia el interior del suelo. La infiltración es igual a la precipitación total menos las pérdidas debidas a la interceptación por la vegetación, a la retención en depresiones, a la evaporación y a la escorrentía superficial
Intensidad de la precipitación	Cantidad de agua recogida durante un intervalo de tiempo dado, por unidad de superficie

Inundación	Invasión de las tierras situadas junto a un cauce por el desbordamiento de sus aguas, debido a crecidas del caudal causado por lluvias abundantes o fusión de las nieves y hielos en la cuenca correspondiente
Isoyetas	Línea que une puntos de la superficie de la tierra donde la cantidad de precipitación durante un período dado tiene el mismo valor
Lecho de río	Superficie del cauce de los ríos
Limnógrafo	Instrumento que mide y registra, de forma automática y continua la altura de la superficie de un lago. Generalmente el termino limnógrafo se emplea también para designar a los fluviógrafos
Limnómetro	Escala que permite efectuar la lectura de la altura de la superficie de un lago. Generalmente este termino <i>también</i> se emplea para designar a los fluviómetros
Lisímetro	Aparato para medir la cantidad de agua procedente de la precipitación que penetra en el suelo. Consiste de un recipiente lleno hasta cierta altura de la tierra, bien desnuda o cubierta de hierba o de algún tipo de vegetación
Mapa de isocronas de precipitación	Mapa que muestra, para una cuenca o una zona, las isocronas de la hora en que ha tenido lugar algún momento clave de un temporal, como por ejemplo el momento del comienzo de la precipitación
Molinete	Instrumento para medir la velocidad del flujo
Napa Freática	Estrato o formación de material permeable capaz de suministrar agua subterránea, por efecto de la gravedad, en cantidades apreciables
Napa freática artesiana	Napa freática capaz de alimentar pozos artesianos
Nivel de agua freática	Superficie superior de la zona de saturación
Permeabilidad	Capacidad variante con la que el agua penetra en el suelo bajo la fuerza de la gravedad. Por consiguiente expresa la intensidad de la percolación
Pluviógrafo	Instrumento que registra gráficamente la cantidad de precipitación en función del tiempo
Pluviómetro	Instrumento para medir la cantidad de precipitación, de la altura que alcanzaría el agua que cubriese la superficie del suelo si la precipitación pudiera mantenerse sobre ella sin filtrarse ni evaporarse
Pozo artesiano	Pozo en el que el nivel del agua queda por encima del nivel del agua freática
Precipitación	Hidrometeoro constituido por una agregación de partículas acuosas, líquidas o sólidas, que cae de una nube o grupo de nubes y que llega a alcanzar la superficie de la tierra. Las unidades de precipitación son los milímetros o las pulgadas (sistemas decimal o inglés, respectivamente). En algunos documentos, la precipitación se presenta en litros por metro cuadrado, que numéricamente es igual a la altura en milímetros
Red hidrológica de estaciones	Conjunto de estaciones meteorológicas e hidrológicas en una cuenca situadas de forma que sus observaciones puedan facilitar los datos básicos necesarios para el conocimiento del régimen de la cuenca en el espacio y en el tiempo

Reservorio	Estanque, lago o cuenca, naturales o artificiales, para la conservación, regulación y control de agua
Río	Corriente de agua superficial que va a desembocar a otra o al mar
Sección de aforos	Sección transversal de una corriente donde se mide el caudal
Sedimentos	Materiales fragmentarios originados por la acción de los elementos atmosféricos en las rocas y que es transportado, en estado de suspensión, por el agua o el viento, o que es depositado por estos dos agentes naturales, o acumulado por otros, en los lechos de las corrientes
Sedimentos en suspensión	Materiales sólidos que se mantienen en suspensión en el agua de una corriente. La cantidad se expresa por el peso del material sólido contenido en la unidad de volumen de agua o en la unidad de peso del agua
Sólidos en suspensión	Véase sedimentos en suspensión
Temporada de seca	Periodo caracterizado por la escasez de las precipitaciones
Temporal	En hidrología suele emplearse para designar un período de lluvias persistentes y generales
Terraza	Parte relativamente llana, en un valle, situada a cierta altura de la llanura de inundación, de la que formo parte en otras edades
Tierras de aluvión	Terrenos que se han ido formando lentamente por la sedimentación de acarreo de los ríos y por los desvíos o las variaciones en el curso de los mismos
Transpiración	Perdida de agua a través de los poros de las plantas
Tributario	Cauce que vierte sus aguas a otro cauce de orden superior
Volumen de escorrentía	Volumen de agua que afluye a lo largo de la superficie del suelo durante y después de la precipitación
Zona de inundación	Tierras que bordean un río y que están sujetas a inundaciones con una frecuencia parecida
Zona de saturación del suelo	Zona del suelo saturada de agua, cuyo límite superior constituye el nivel del agua freática





**HOJA CARTOGRÁFICA**  
**1860 I, QUETZALTENANGO**  
**FUENTE:**  
**INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL -IGN-**  
**Escala: 1:50,000**







