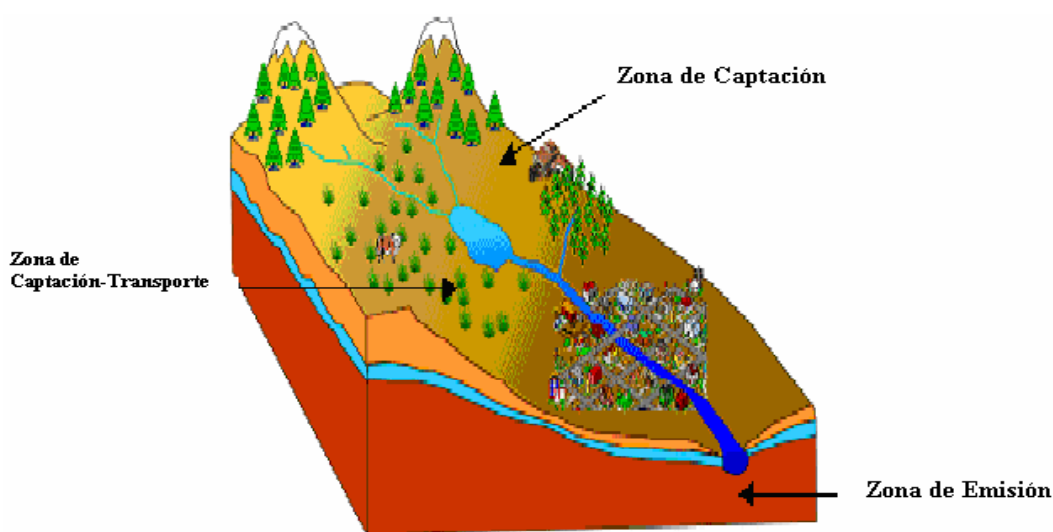




Universidad Nacional de Loja  
Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables  
Carrera de Ingeniería Forestal

# MANUAL PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS



Recopilado por:  
Nikolay Aguirre M.  
Agosto, 2007

# Tabla de contenido

|              |   |
|--------------|---|
| Presentación | 3 |
|--------------|---|

## **Parte I: Caracterización de la cuenca hidrográfica** 4

### **1. Conceptos básicos de cuenca** 4

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1. La cuenca hidrográfica                                              | 4  |
| 1.2. La cuenca hidrográfica como sistema                                 | 4  |
| 1.3. Funciones de la cuenca                                              | 5  |
| 1.4. Componentes principales de la cuenca                                | 5  |
| 1.5. Tipos de cuencas                                                    | 6  |
| 1.6. Sistema de clasificación de cuencas                                 | 9  |
| 1.7. Zonas que integran la cuenca                                        | 10 |
| 1.8. Características morfológicas de la cuenca                           | 10 |
| 1.9. Manejo cartográfico para la delimitación de unidades hidrográficas. | 17 |
| 1.10. Balance hídrico en una Cuenca                                      | 20 |

### **2. Generalidades del Manejo de Cuencas** 33

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| 2.1. Tipos de manejo de cuencas                     | 33 |
| 2.2. Beneficios de un manejo adecuado de cuencas    | 33 |
| 2.3. Procesos de estudio y planificación de cuencas | 33 |

### **3. Procesos de estudio y planificación de cuencas** 34

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| 3.1. Tipos de estudios y planificación de cuencas | 34 |
| 3.2. Importancia del diagnóstico de una cuenca    | 34 |
| 3.3. Metodología del diagnóstico de una cuenca    | 35 |

### **4. Elementos del diagnóstico biofísico** 39

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| 4.1. Ubicación                                | 39 |
| 4.2. Clima;                                   | 39 |
| 4.3. Clasificación climatológica              | 44 |
| 4.4. Geología                                 | 44 |
| 4.5. Fisiografía                              | 45 |
| 4.6. Hidrología                               | 46 |
| 4.7. Suelo                                    | 47 |
| 4.8. Vegetación                               | 49 |
| 4.9. Fauna                                    | 51 |
| 4.10. Uso del suelo                           | 51 |
| 4.11. Valoración de los Servicios ambientales | 52 |
| 4.12. Minería                                 | 52 |

### **5. Elementos del diagnóstico Socioeconómico** 53

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| 5.1. Socioeconomía básica                        | 53 |
| 5.2. Estudio demográfico                         | 53 |
| 5.3. Estudio de propiedad de la tierra           | 53 |
| 5.4. Sistemas de producción                      | 53 |
| 5.5. Organización y Desarrollo comunitario       | 55 |
| 5.6. Instituciones y organizaciones              | 55 |
| 5.7. Infraestructura física                      | 56 |
| 5.8. Información documental                      | 56 |
| 5.9. Herramientas para la recopilación de datos. | 57 |
| 5.10. Registro de los datos                      | 58 |

### **6. Análisis de la información** 59

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.1. La sistematización de la información                                | 59 |
| 6.2. Elaboración de mapas y cuantificación                               | 59 |
| 6.3. Creación de mapas secundarios a través de la sobreposición de mapas | 63 |
| 6.4. Elaboración de un mapa de calidad de agua y contaminación           | 64 |
| 6.5. Formulación de un mapa de acciones prioritarias                     | 65 |
| 6.6. Creación e interpretación de Climadiagramas                         | 65 |

### **7. Problemática y deterioro general de la cuenca** 66

## **Parte II. Planificación de cuencas hidrográficas 68**

### **1. Marco conceptual del manejo de cuencas hidrográficas 68**

- 1.1. Antecedentes del manejo de cuencas en el Ecuador 68
- 1.2. Enfoques del manejo de cuencas 68
- 1.3. Definición del manejo de cuencas 69
- 1.4. Tipos de manejo de cuencas 70
- 1.5. Estrategias para un manejo integral de cuencas 71
- 1.6. Limitantes del manejo de cuencas. 71
- 1.7. Condicionantes del manejo de cuencas 75
- 1.8. Finalidades de la gestión integrada de cuencas 75
- 1.9. Degradación de Cuencas hidrográficas 75

### **2. Situación actual del manejo de cuencas en el Ecuador. 76**

- 2.1. Políticas ambientales y forestales relacionadas al manejo de cuencas en el Ecuador. 76
- 2.2. Principales problemas relacionados al manejo de cuencas en el país 78
- 2.3. Principales y actuales políticas, programas, proyectos y estudios para resolver los problemas ambientales relacionados a las cuencas hidrográficas. 80

### **3. Ejemplos de manejo de Cuencas y/o planes de manejo 84**

- 3.1. Estudio de caso 1: Formulación y ejecución participativa de un programa de manejo de cuencas hidrográficas enfocado a conservación de suelos y aguas 84
- 3.2. Estudio de caso 2: El manejo comunitario de los páramos con énfasis en participación y género la propuesta conceptual y metodológica del proyecto PÁRAMO 87

### **4. El proceso de planificación del manejo de cuencas 91**

- 4.1. Introducción 91
- 4.2. Etapas para abordar un proceso de planificación de cuencas hidrográficas 91

### **5. Proceso de elaboración del plan de manejo de una cuenca hidrográfica 95**

- 5.1. Proceso metodológico 95
- 5.2. Pasos para la construcción del plan de manejo 95
- 5.3. Sistemas de seguimiento, Vigilancia y evaluación del plan de manejo 99

### **Literatura consultada 102**

### **ANEXOS: Lecturas complementarias 103**

- Anexo 1. La Gestión de cuencas de montañas tropicales 103
- Anexo 2. El enfoque de planificación participativa para enfrentar la degradación de tierras en América latina 107
- Anexo 3. Manejo de cuencas orientados a la recuperación y conservación de suelos 109
- Anexo 4. La importancia del recurso Agua dentro de la Gestión de Cuencas hidrográficas 113
- Anexo 5. Evaluación física de la pérdida de suelo, aplicando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) 114

## **Presentación**

La presente guía es una recopilación de temas relacionados a la planificación y manejo integral de cuencas hidrográficas, en este documento se presentan diferentes conceptualizaciones que van desde el manejo, la planificación y la gestión de estas unidades de ordenamiento territorial; aclarando que a pesar que estas tres visiones son utilizadas como sinónimos, en la presente guía, son utilizados en forma diferente.

Entendiéndose al término Gestión, como un concepto comúnmente utilizado para definir un proceso generalmente administrativo, normativo o regulatorio. En su sentido más amplio, se refiere al conjunto de actividades, funciones, formas de organización institucional de organismos de gobierno, y no gubernamentales, recursos e instrumentos de política y sistemas de participación, relacionados con uno o varios objetivos que definen el sentido y el objeto de la gestión.

Por otro lado, entiéndase al Manejo Integral de Cuencas como el proceso que consiste en armonizar el uso, aprovechamiento y administración de todos los recursos naturales (suelo, agua, flora y fauna) y el manejo de los ecosistemas comprendidos en una cuenca hidrográfica, tomando en consideración, tanto las relaciones establecidas entre recursos y ecosistemas, como los objetivos económicos y sociales, así como las prácticas productivas y formas de organización que adopta la sociedad para satisfacer sus necesidades y procurar su bienestar en términos sustentables.

La estructura del presente manual consta de dos partes.

- La primera parte hace referencia a los principales aspectos necesarios a considerar para diseñar y ejecutar el diagnóstico de una cuenca hidrográfica. Así como, también se presenta una base conceptual sólida relacionada a la temática del manejo integral de cuencas hidrográficas. El propósito de éste capítulo es proporcionar algunos de los aspectos de orden conceptual y práctico sobre la cuenca, con fines de planeación y ejecución de las acciones de aprovechamiento y conservación de los recursos naturales suelo, agua y vegetación.
- La segunda parte de este manual, presenta las consideraciones necesarias para el proceso de planificación de cuencas hidrográficas. Así como algunos estudios de caso relacionados al manejo integral de cuencas. Además se presenta una sistematización del estado actual del manejo de cuencas en el Ecuador. El propósito de este capítulo, es brindar las bases teóricas y metodológicas y técnicas para diseñar y elaborar planes de manejo para una determinada cuenca hidrográfica.

# Parte I:

## Caracterización de la cuenca hidrográfica

### 1. Conceptos básicos de cuenca

#### 1.1. La cuenca hidrográfica

Existe una variedad de conceptualizaciones del término “cuenca hidrográfica”; entre las que rescatamos se mencionan las siguientes:

...Es el área que contribuye al escurrimiento y que proporciona parte o todo el flujo de la corriente principal y sus tributarios ( Springall, 1970).

...Es la totalidad del área drenada por una corriente o sistema interconectado de cauces, tales que todo el escurrimiento originado en tal área es descargado a través de una única salida (Linsley *et. al.*, 1993).

...En términos hidrológicos, una cuenca hidrográfica es un ámbito territorial formado por un río con sus afluentes y por un área colectora de las aguas. En la cuenca existen los recursos naturales básicos- agua, suelo, vegetación y fauna, para el desarrollo de múltiples actividades humanas.

...Para la FAO, una cuenca hidrográfica es la unidad hidrológica que ha sido descrita y utilizada como unidad fisico-biológica y como una unidad socio-económica para la planificación y ordenación de los recursos naturales.

#### 1.2. La cuenca hidrográfica como sistema

La cuenca hidrográfica es un sistema constituido por el ambiente físico y los organismos vivos existentes e interrelacionados entre sí. La cuenca hidrográfica puede estar compuesta por uno o más sistemas. También es necesario tener presente la existencia y la interrelación de otros subsistemas como por ejemplo el subsistema social, el subsistema demográfico y el subsistema económico.

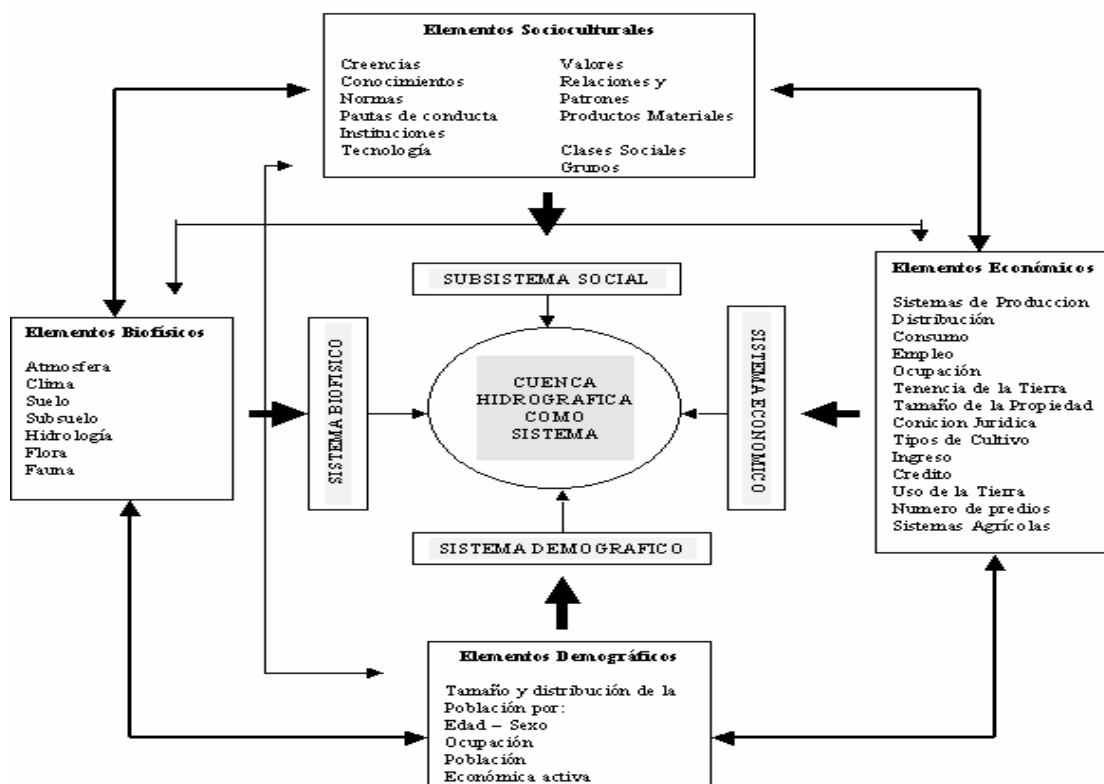


Figura 1. Subsistemas componentes del Sistema Cuenca Hidrográfica (fuente Vasquez, 1997)

### **1.3. Funciones de la cuenca**

Los procesos de los ecosistemas que describen el intercambio de materia y flujo de energía a través de la vinculación de los elementos estructurales del ecosistema pueden ser vistos como un sistema: Dentro de la cuenca, se tienen los componentes hidrológicos, ecológicos, ambientales y socioeconómicos, cuyas funciones a continuación se describen:

#### **1.3.1. Función Hidrológica**

- Captación de agua de las diferentes fuentes de precipitación para formar el escurrimiento de manantiales, ríos y arroyos.
- Almacenamiento del agua en sus diferentes formas y tiempos de duración.
- Descarga del agua como escurrimiento.

#### **1.3.2. Función Ecológica**

- Provee diversidad de sitios y rutas a lo largo de la cual se llevan a cabo interacciones entre las características de calidad física y química del agua.
- Provee de hábitat para la flora y fauna que constituyen los elementos biológicos del ecosistema y tienen interacciones entre las características físicas y biológicas del agua

#### **1.3.3. Función Ambiental**

- Constituyen sumideros de CO<sub>2</sub>.
- Alberga bancos de germoplasma.
- Regula la recarga hídrica y los ciclos biogeoquímicos.
- Conserva la biodiversidad.
- Mantiene la integridad y la diversidad de los suelos

#### **1.3.4. Función Socioeconómica.**

- Suministra recursos naturales para el desarrollo de actividades productivas que dan sustento a la población.
- Provee de un espacio para el desarrollo social y cultural de la sociedad.

#### **1.3.5. Servicios Ambientales**

- **Del flujo hidrológico:** usos directos (agricultura, industria, agua potable, etc), dilución de contaminantes, generación de electricidad, regulación de flujos y control de inundaciones, transporte de sedimentos, recarga de acuíferos, dispersión de semillas y larvas de la biota.
- **De los ciclos bioquímicos:** almacenamiento y liberación de sedimentos, almacenaje y reciclaje de nutrientes, almacenamiento y reciclaje de materia orgánica y absorción de contaminantes.
- **De la Producción biológica:** creación y mantenimiento de hábitat, mantenimiento de la vida silvestre, fertilización y formación de suelos.
- **De la descomposición:** procesamiento de la materia orgánica, procesamiento de desechos humanos.

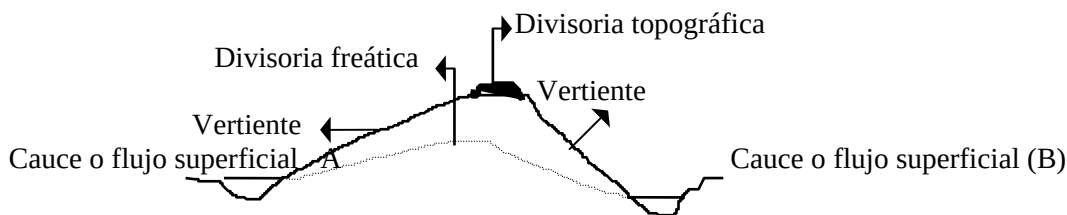
### **1.4. Componentes principales de la cuenca**

#### **1.4.1. Divisoria o parte aguas:**

Línea imaginaria del contorno de una cuenca hidrográfica, que la separa de las adyacentes y distribuye el escurrimiento originado por la precipitación, en el sistema de cauces que fluye hacia la salida de la cuenca. (figura 2). En una cuenca pueden identificarse dos tipos de divisorias: una de agua superficiales (*divisoria topografica*) y otra de aguas subsuperficiales (*divisoria geologica*); en general es los estudios de cuencas se identifica solamente la divisoria de aguas superficiales.

#### **1.4.2. Vertientes: Áreas de captación de la cuenca.**

Es el área comprendida entre el cause y la divisoria topográfica, pueden ser izquierda o derecha en relación al movimiento del agua en el cause. En las vertientes, se concentran la mayoría de los usos de las cuencas, por lo que la respuesta hidrológica de la misma esta estrechamente relacionada con la utilización de las vertientes.



**Figura 2.** Divisoria o parte aguas freática y topográfica en una cuenca hidrográfica.

#### **1.4.3. Cauce**

Es la sucesión de puntos de cota mas baja de cada sección transversal. También llamada TALWEG, que significa camino en el valle.

En su sección transversal se pueden distinguir: el lecho y los taludes, los cuales varían de acuerdo al tipo de corriente, a la zona de la cuenca en la que se encuentren, el volumen de sedimentos que acarrea entre otras.

Los cauces pueden ser: permanentes y temporales o efímeros y pueden cambiar de una condición a otra dependiendo del uso que se le da a la cuenca.

#### **1.4.4. Valle**

Es el área mas o menos plana que puede existir entre la finalización de las vertientes empinadas y el cauce.

En cuencas montañosas el valle es muy pequeño o casi no existe, debido a que las vertientes caen directamente al cauce. En cuencas mas grandes y planas, existen valles extensos y de diferente amplitud, que constituyen una verdadera zona de amortiguamiento de la esorrentía que se dirige hacia el cauce.

#### **1.4.5. Interflujos**

Son sectores de forma triangular que se encuentran entre dos cuencas vecinas y drenan directamente al río receptor.

### **1.5. Tipos de cuencas**

En las cuencas existen situaciones físicas y socioeconómicas con variados grados de complejidad, sobre los cuales actúan factores técnicos, institucionales y políticos también diversos. Para entender su funcionamiento y facilitar su manejo, se las clasifica en función de varios criterios; algunos de los criterios más comúnmente usadas se mencionan a continuación:

#### **1.5.1. Según el uso dominante de las tierras**

- a) Cuencas urbanas
- b) Cuencas agrícolas
- c) Cuencas pecuarias
- d) Cuencas forestales
- e) Cuencas de uso múltiple.

#### **1.5.2. Según el tipo dominante de tenencia de la tierra**

- a) Cuencas privadas
- b) Cuencas estatal
- c) Cuencas municipal

#### **1.5.3. Según el tipo dominante de explotación agrícola**

- a) Cuencas de minifundio
- b) Cuencas de latifundio

- c) Cuencas empresariales
- d) Cuencas comunales o en cooperativas

#### **1.5.4. Según la altitud**

- a) Cuencas de altas.- ubicadas en las nacientes de los ríos, con fuertes pendientes, perfil transversal en forma de V y ausencia de valle.
- b) Cuencas medias.- se encuentran entre la zona de montaña y la zona más o menos plana de la costa
- c) Cuencas bajas.- es la zona de deposición o confluencia con el río receptor

#### **1.5.5. Según el Area**

No existe un consenso general sobre los rangos de las áreas a utilizar para la clasificación. Sin embargo existen algunas clasificaciones con uso frecuentes y ampliamente distribuidas, tal es el caso de la recomendada por el Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Suelos (CIDIAT-MARNR, 1978). Este sistema de clasificación es el siguiente:

- a) Sistema hidrográfico (+ de 300.000 ha)
- b) Cuencas (60.000 - 300.000 ha)
- c) Subcuencas (10.000 - 60.000 ha)
- d) Microcuenca (< 10.000 ha)

En el Ecuador, la clasificación aceptada es la siguiente:

- a) Sistema hidrográfico (+de 300.000 ha)
- b) Cuencas (100.000 - 300.000 ha)
- c) Subcuencas (15.000 - 100.000 ha)
- d) Microcuenca (4.000 - 15.000 ha)
- e) Minicuenca o Quebrada (< 4.000 ha)

#### **1.5.6. Según la permanencia del caudal durante el año**

- a) Cuencas Permanentes.- son las que tienen escorrentía durante todo el año
- b) Cuencas intermitentes.- tienen escorrentía en los meses de precipitación
- c) Cuencas Efímeras.- la escorrentía se presenta solo horas después de un evento de lluvias.

#### **1.5.7. Según el clima**

- a) Cuencas de clima húmedo.- la estrategia de manejo se orienta a controlar los excesos de agua y problemas de erosivos.
- b) Cuencas de zonas secas.- la estrategia es disminuir la evapotranspiración siempre que se mantenga la estabilidad de los suelos.

#### **1.5.8. Según el comportamiento hidrológico de las crecidas**

- a) Microcuencas de torrentes.- el histograma de crecidas tiene una rama ascendente muy pendiente, el pico agudo y la recesión muy abrupta.
- b) Cuencas de ríos torrenciales.- incluye varias microcuencas de torrentes
- c) cuencas de ríos grandes.- incluye subcuencas de ríos torrenciales y tramos de ríos de llanuras.

#### **1.5.9. Según la torrencialidad.**

- a) Cuencas de flujo torrencial.- cuando las crecidas tienen un caudal sólido mayor del 75% en relación al caudal total; con velocidades mayores a 20 m/seg.
- b) Cuencas de lava torrencial.- tienen un caudal sólido en relación al total del 25 al 75%, la velocidad y capacidad de transporte es menor.

#### **1.5.10. Según el tipo dominante del proceso erosivo**

- a) Cuencas de socavación.- inducida por escurrimiento superficial y escorrentía
- b) Cuencas con potencial de represamiento por material proveniente de deslizamiento en las vertientes.
- a) Cuencas de torrentes especiales.- activadas por terremotos.



### **1.5.11. Según la intervención antrópica**

- a) Cuencas con impacto fuerte
- b) Cuencas con impacto mediano
- a) Cuencas con impacto débil

### **1.5.12. Según la división política-administrativa**

- a) Cuencas interprovinciales.
- b) Cuencas internacionales

### **1.5.13. Según el propósito de l tratamiento**

- a) Cuencas demostrativas.- para demostración y divulgación de prácticas de manejo
- b) Cuencas experimentales.- pequeñas, homogéneas, en ellas se mide los efectos de diferentes tratamientos en el tiempo
- c) Cuencas representativas.- son aquellas que representan las características generales de una region.

### **1.5.14. Según destino de los escurrimientos**

- a) Cuencas exorreicas. El sistema de drenaje llega al mar por vía superficial o subterránea. Se clasifican en tres tipos:

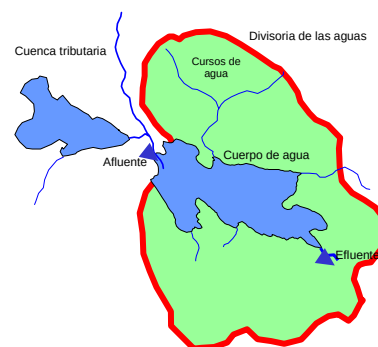
Cuencas Vertiente  
Cuencas lacustre  
Cuencas lacustres con afluente



**Cuenca vertiente**



**Cuenca lacustre**



**Cuenca lacustre con afluente**

- b) Cuencas endorreicas.- El área de captación de la cuenca forma un sistema de corrientes que desemboca en un embalse o lago interior sin llegar al mar..



**Cuenca endorreica**

## 1.6. Sistema de clasificación de cuencas

Diversos criterios se manejan en cuanto a las dimensiones que deben tener las cuencas. Campos, (1992) propone la clasificación de cuencas siguiente **con base en su magnitud**:

| Tamaño de la cuenca (km <sup>2</sup> ) | Descripción        |
|----------------------------------------|--------------------|
| < 25                                   | muy pequeña        |
| 25 a 250                               | pequeña            |
| 250 a 500                              | intermedia-pequeña |
| 500 a 2500                             | intermedia-grande  |
| 2500 a 5000                            | grande             |
| > 5000                                 | muy grande         |

Es muy común, que cuando se menciona el término cuenca, su magnitud se asocia a la división de las unidades hidrográficas de cuenca, subcuenca y microcuenca, esperando encontrar una definición clara en cuanto a los rangos de la superficie que cada una debiera tener.

Para aclarar lo anterior, se deben tomar en cuenta dos aspectos:

a). El concepto de **cuenca**, ya descrito, que expresa dos elementos bien definidos, los límites de la cuenca (divisoria o parte-aguas) y el sistema de drenaje de la cuenca. En éste contexto se aplica la propuesta de Campos (1992) para referenciar la magnitud de una cuenca, que no implica la división de la cuenca en unidades hidrográficas, sino solamente el tamaño físico de la cuenca con fines descriptivos derivado de la definición conceptual.

b). El sistema de clasificación de cuencas tiene como uno de sus objetivos eficientar y preservar la cantidad y la calidad del agua, objetivo indisolublemente ligado al aprovechamiento y conservación de los recursos suelo y vegetación. Para ello, **se considera a la cuenca como la unidad de planeación**. En este marco, surge la **división de la cuenca** (Marco hidrográfico) con la finalidad de definir los niveles de planeación y ejecución de acciones, en donde, la importancia en la determinación de la superficie se encuentra al nivel de operación de las acciones, es decir, en la **unidad hidrográfica básica de operación**.

Con base en lo anteriormente expuesto, se considera que el sistema de clasificación de cuencas propuesto por la (SARH, 1987). Consiste en las siguientes divisiones:

### 1.6.1. Región hidrológica

Es el área natural agrupada a partir de cierta uniformidad de algunos de sus elementos, siendo la red hidrográfica el elemento principal en la subdivisión del paisaje a nivel región. La representación cartográfica se realiza principalmente a las escalas; 1: 1 000 000 y 1: 500 000.

### 1.6.2. Cuenca

Se considera como parte integrante de la Región Hidrológica. Se define como una área natural donde el agua de lluvia es captada y desalojada o depositada en un almacenamiento natural; por un sistema de drenaje, definido por medio de líneas divisorias, topográficamente llamadas parte-aguas. Las cuencas, como áreas con sistema de drenaje definido, se representarán cartográficamente a una escala de 1: 500 000 y 1: 250 000.

### 1.6.3. Subcuenca

Se considera como parte integrante de una cuenca, se define como el área cuyos escurrimientos superficiales son captados y conducidos por un afluente o arroyo secundario, que según su posición dentro de la cuenca tiene regímenes hídricos determinados. Su representación cartográfica se recomienda a una escala de 1: 250 000 y 1: 100 000.

#### **1.6.4. Subcuenca tributaria**

Se considera como parte de una subcuenca, se define como el área de aporte del escurrimiento superficial hacia una sección de un afluente. La representación cartográfica representativa es 1: 100 000 y 1: 50 000.

#### **1.6.5. Subcuenca específica**

Éstas se obtienen a partir de las subcuencas tributarias considerando superficies mayores a 6 000 ha y menores de 10 000 ha. La representación cartográfica varía de 1: 50 000 a 1: 10 000 de acuerdo a las características específicas de la misma subcuenca específica y a los programas a desarrollar en ella.

#### **1.6.6. Microcuenca**

Constituyen la unidad hidrográfica básica de operación, forman parte y se obtienen a partir de la subcuenca específica, considerando superficies menores de 6 000 ha. La escala representativa es de 1: 20 000 y 1: 10 000.

### **1.7. Zonas que integran la cuenca**

La figura 3, define las partes que integran la cuenca, en ella se sitúa el origen y el transporte de los sedimentos causados por la erosión hídrica, hasta su deposición.

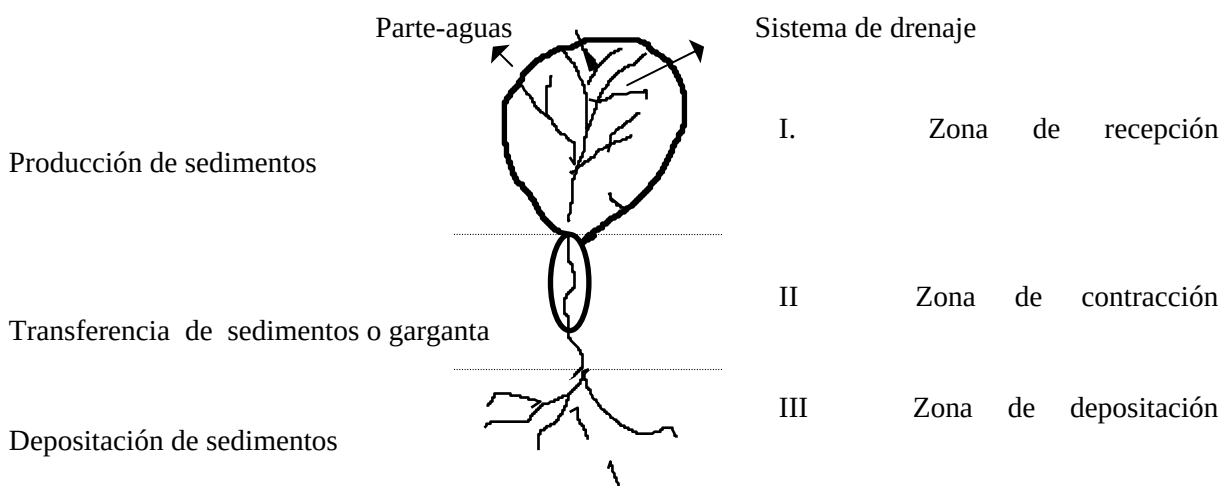


Figura 3. Partes constitutivas de una cuenca hidrográfica. Tomado de Schumm, (1977).

### **1.8. Características morfológicas de la cuenca**

Los parámetros morfométricos de una cuenca integran un conjunto de estimaciones realizadas, en la mayoría de los casos, al iniciar un estudio hidrológico, con fines de aprovechamiento o control; sobre todo cuando la cuenca en análisis no cuenta con información hidrométrica y habrá que aplicar ciertos métodos y criterios, para efectuar las determinaciones hidrológicas básicas, como son: el régimen de escurrimientos líquidos y sólidos y sus avenidas normales y máximas.

El análisis morfométrico es el estudio de un conjunto de variables lineales, de superficie y de relieve; que permite conocer las características físicas de una cuenca, lo cual permite realizar comparaciones entre varias cuencas, así como ayuda a la interpretación de la funcionalidad hidrológica y en la definición de las estrategias para la formulación de su manejo

En general, todos los parámetros son fáciles de obtener y constituyen el punto de partida de las estimaciones hidrológicas en una cuenca.

A continuación se describen los parámetros físicos y de relieve que forman las características morfológicas de la cuenca:

### **1.8.1 Parámetros físicos**

#### **a) Área o magnitud de la cuenca, ( $A_c$ )**

Es el área plana en proyección horizontal, encerrada por su divisoria o parte-aguas (diferente a superficie). Usualmente el área es determinada con un planímetro y se reporta en kilómetros cuadrados, excepto para las cuencas pequeñas las cuales se expresan en hectáreas.

Las investigaciones hidrológicas han puesto de manifiesto que existe una diferencia significativa entre una cuenca pequeña y una grande. En una cuenca pequeña la cantidad y distribución del escurrimiento son influenciadas principalmente por las condiciones físicas del suelo y cobertura, sobre las cuales el hombre tiene algún control. En cambio para grandes cuencas el efecto del almacenamiento en el cauce llega a ser pronunciado y habrá que darle más atención a la hidrología de la corriente principal (Chow, 1962).

#### **b) Perímetro de la cuenca (P)**

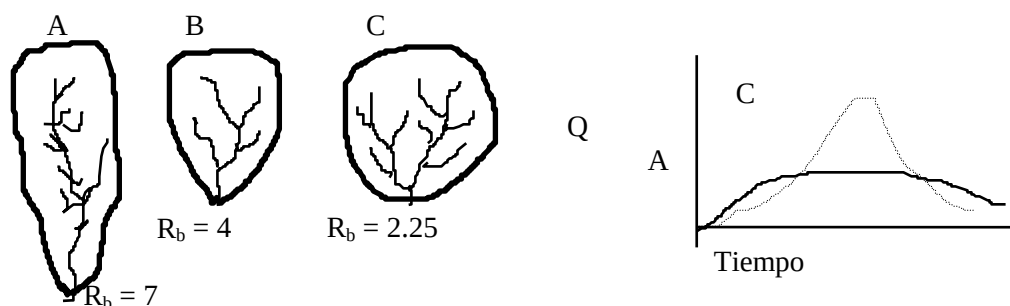
Es la medición lineal del parte-aguas de la cuenca y se expresa en **km**. Usualmente se mide con la utilización de un curvímetro, el cual contiene una rueda giratoria graduada en **cm**, mismos que se multiplican por el factor de conversión de la escala utilizada.

#### **c) Longitud de la cuenca ( $L_c$ )**

Es la longitud medida desde la salida de la cuenca hasta el límite de la divisoria paralela al cauce principal, a lo largo de una línea recta, se expresa en **km**. Se mide directamente con un escalímetro.

#### **d) Forma de la cuenca**

La forma de la cuenca afecta las características de la descarga de la corriente, principalmente en los eventos de flujo máximo. En general, los escurrimientos de una cuenca de forma casi circular serán diferentes a los de otra, estrecha y alargada, de la misma área como se ilustra en la figura 4 (Strahle, 1964).



**Figura 4.** Cuencas hipotéticas de relación de bifurcación extrema y moderadas, con sus hidrogramas esquemáticos de avenida.

Para evaluar la forma de una cuenca se usan algunos índices que dan una idea numérica de esta.

#### **1) Índice de Horton ( $R_f$ )**

Horton, (1932) sugirió un factor adimensional de forma,  $R_f$ , como **índice de la forma** de una cuenca según la ecuación:

$$R_f = A_c / L_c^2 \quad (1)$$

donde:

$R_f$  = índice de forma

$A_c$  = área de la cuenca

$L_c$  = longitud de la cuenca

Este índice ha sido usado extensamente como indicadores de la forma del hidrograma unitario. El valor resultante solo da idea, qué tan cerca o lejos se está de la forma del círculo, cuyo valor  $R_f = 0.79 (\pi / 4)$ .

## 2) Índice Gravelius o Compacidad (IC)

H. Gravelius definió el llamado **coeficiente de compacidad ( $C_c$ )** como el cociente adimensional entre el perímetro de la cuenca ( $P$ ) y el perímetro de un círculo ( $P_c$ ) con área igual al tamaño ( $A_c$ ) de la cuenca en  $\text{km}^2$ , es decir:

$$C_c = P / P_c = 0.282 P / \sqrt{A_c} \quad (2)$$

El coeficiente de compacidad tendrá como límite inferior la unidad, indicando entonces que la cuenca es circular y conforme su valor crece indicará una mayor distorsión en su forma, es decir, se vuelve alargada o asimétrica (Wisler and Brater, 1959).

Este índice relaciona el perímetro de la cuenca bajo análisis de la cuenca circular con área equivalente.  $ic = 0.28 \times p/a$ .

Valores cercanos a 1 indican que las cuencas tienden a una forma circular y con mayor facilidad para concentrar la escorrentía. Sin embargo, las cuencas alargadas presentan alta peligrosidad a las crecidas cuando la tormenta se mueve en la dirección aguas abajo.

La superficie de la cuenca nos ofrece una idea de la magnitud de la misma. Así, en las cuencas ovaladas, las aguas circulan por más cauces secundarios y su tiempo de concentración (tiempo que tarda la gota más alejada de la sección de salida en llegar hasta dicha sección) será mayor que en las cuencas alargadas, en las cuales las gotas de agua llegan

## 3) Relación de elongación ( $R_e$ )

S.A. Schumm propuso la denominada **relación de elongación ( $R_e$ )**, definida como el cociente adimensional entre el diámetro ( $D$ ) de un círculo de la misma área de la cuenca ( $A_c$ ) y la misma longitud de la cuenca ( $L_c$ ), (Ward, 1975). Entonces:

$$R_e = D / L_c = 1.1284 \sqrt{A_c} / L_c \quad (3)$$

## e) Características de la red de drenaje

La red de drenaje es el sistema de cauces o corrientes por el que fluyen los escurrimientos superficiales, subsuperficiales y subterráneos, de manera temporal o permanente. Su importancia se manifiesta por sus efectos en la formación y rapidez de drenado de los escurrimientos normales o extraordinarios, además de proporcionar indicios sobre las condiciones físicas del suelo y de la superficie de la cuenca.

Los parámetros físicos relacionados con la red de drenaje de la cuenca hidrográfica. Se define como red hidrográfica o red de drenaje al camino natural, permanente o temporal, por el que fluyen las aguas de los escurrimientos superficiales, hipodérmicos y subterráneos. Entre las formas mas frecuentes se pueden encontrar:

- **río.**- corriente natural de agua de carácter permanente con una anchura media mayor de 5 m. Desde el punto de vista hidráulico: régimen lento.
- **arroyo.**- corriente natural de agua de carácter intermitente según las estaciones y de anchura inferior a 5 m.
- **torrente.**- corriente natural de agua de carácter irregular localizada en fuertes pendientes. Régimen hidráulico rápido.
- **Lagos.**- masas de agua permanente que ocupan hondonadas del terreno y cuya superficie es superior a una hectárea.
- **Lagunas.**- lo mismo que el lago pero con una superficie menor a 1 ha.

- **Zonas húmedas.**- terrenos pantanosos que se inundan bien por las aguas de los ríos o del mar (marismas), bien por el ascenso de la capa freática o por la presencia de una capa impermeable de terreno (turberas).

Entre las aguas subterráneas se tiene:

-**aguas subterráneas.**- aguas bajo la superficie terrestre que originan manantiales, pozos y cursos de agua.

- **acuífero.**- formación geológica subterránea que se caracteriza por contener y transmitir agua en grandes cantidades.

- **capa freática.**- nivel superior al que llegan las aguas subterráneas y que se encuentra sometido a la presión atmosférica.

Las características que señalaremos en este apartado son: Tipos de corriente, número de orden de un cauce, relación de bifurcación, longitud de cauces, densidad de drenaje y densidad hidrográfica o también denominada frecuencia de corrientes.

- **Tipos de corrientes**

Comúnmente se clasifican en tres tipos: perennes, intermitentes y efímeras, con base en la constancia de su escurrimiento o flujo. Las **corrientes perennes** conducen agua todo el tiempo, excepto durante las sequías extremas. Las **corrientes intermitentes** llevan agua la mayor parte del tiempo, pero principalmente en épocas de lluvias, y por último, las **corrientes efímeras** sólo conducen agua durante las lluvias o inmediatamente después de éstas (Linsley *et. al.*, 1977).

- **Número de orden de cauce (u) y colector principal**

El orden de cauce es una clasificación que refleja el grado de **ramificación o bifurcación** dentro de una cuenca (Linsley *et. al.*, 1977)

Horton (1945), sugirió la clasificación de cauces de acuerdo al **número de orden de un río (u)** como una medida de la ramificación del cauce principal en una cuenca hidrográfica. Un río de primer orden es un tributario pequeño sin ramificaciones (Figura 4). Un río de segundo orden es un que posee únicamente ramificaciones de primer orden. Un río de tercer orden es uno que posee solamente ramificaciones de primero y segundo orden. Un río de cuarto orden es uno que contiene únicamente ramificaciones de primero, segundo y tercer orden, y así sucesivamente. El orden de una cuenca hidrográfica está dado por el número de orden del cauce principal.

Entonces el orden de la corriente o colector principal será un indicador de la magnitud de la ramificación y de la extensión de la red de drenaje dentro de la cuenca. Al respecto, la determinación del cauce principal, se lleva a cabo del punto de salida de la cuenca hacia aguas arriba, siguiendo a la corriente de más alto orden, hasta alcanzar una bifurcación de dos corrientes de igual orden, entonces, la rama o cauce que tenga una mayor área de cuenca es seleccionado; a partir de tal punto el proceso se repite hasta terminar en un tributario de orden uno (Figura 4).

- **Relación de bifurcación ( $R_b$ )**

Horton también introdujo éste concepto para definir el cociente entre el **número de cauces** de cualquier orden ( $N_u$ ) y el número de cauce de orden ( $u$ ) del siguiente orden superior, es decir:

$$R_b = N_u / N_{u+1} \quad (4)$$

donde:

$R_b$  = relación de bifurcación

$N_u$  = número total de cauces con orden  $u$

$u$  = número de orden de cauce

Las relaciones de bifurcación varían de 3.0 a 5.0 para cuencas en las cuales las estructuras geológicas no distorsionan el modelo de drenaje. En condiciones naturales y en general, el valor promedio es 3.5. D. R. Coates encontró que la  $R_b$  de corrientes de primero a segundo orden varía de 4.0 a 5.1 y de las de segundo a tercer orden varía de 2.8 a 4.9.

- **Longitud de cauces (L)**

Es la medición lineal de la longitud total de cauces (**L**) expresada en km. Para el caso del colector principal, se considera desde la salida de la cuenca hasta su cabecera principal, el resto se mide desde la cabecera hasta su descarga. El resultado de éste valor se utiliza para definir la densidad de drenaje en una cuenca hidrográfica.

- **Densidad de drenaje ( $D_d$ )**

Se define como la longitud total de los cauces (**L**) dentro de la cuenca, dividida entre el área total de drenaje (**A<sub>c</sub>**). Se expresa mediante la relación:

$$D_d = L/A_c \quad (5)$$

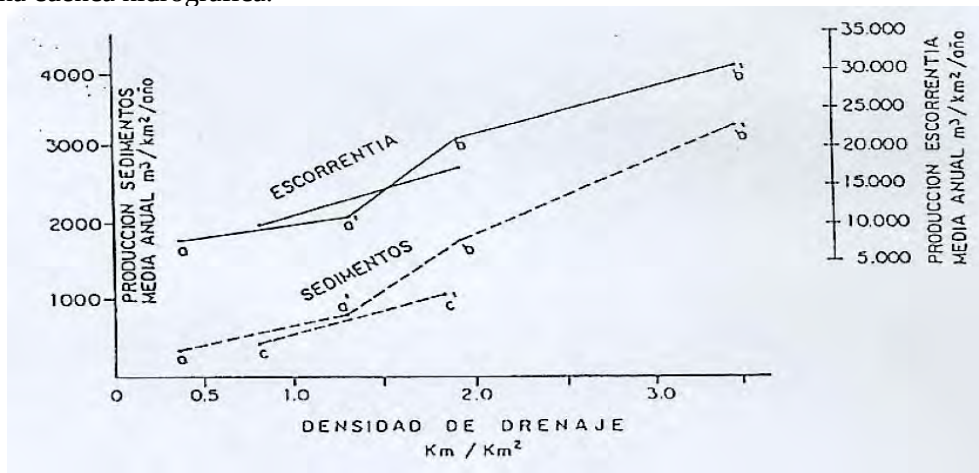
Por lo común se encuentran bajas densidades de drenaje en regiones de rocas resistentes o de suelos muy permeables con vegetación densa y donde el relieve es débil. En cambio, se obtienen altas densidades de drenaje en áreas de rocas débiles o de suelos impermeables, vegetación escasa y relieve montañoso (Strahler, 1964).

- **La Densidad de corriente ( $D_c$ )**

Se define mediante la relación del **número total de cauces ( $N_u$ )**, independientemente del número de orden de cauce (**u**), entre el **área de la cuenca ( $A_c$ )**, o sea:

$$D_c = N_u / A_c \quad (6)$$

A continuación se presenta las relaciones de la densidad de drenaje y la producción de sedimentos de una cuenca hidrográfica.



## 1.8.2 Parámetros de relieve

### a) Pendiente media de la cuenca

Tiene una importante pero compleja relación con la infiltración, el escurrimiento superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea al flujo en los cauces. Es uno de los factores físicos que controlan el tiempo del flujo sobre el terreno y tiene influencia directa en la magnitud de las avenidas o crecidas (Wisler and Brater, 1959).

Para su estimación se presentan dos criterios, el criterio de Alvord y el de Horton:

**Criterio de Alvord** Se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$S_c = D_n \cdot L_b / A_c \quad (7)$$

donde:

- $S_c$  = pendiente media de la cuenca (Adimensional)
- $L_b$  = longitud total de curvas de nivel dentro de la cuenca, en km
- $D_n$  = desnivel constante entre curvas de nivel, en km
- $A_c$  = área de la cuenca, en  $km^2$

Con el objeto de obtener resultados confiables, se recomienda utilizar intervalos entre curvas de nivel de 30 a 150 metros en cuencas grandes o de fuerte pendiente y del orden de 5 a 15 metros en el caso de cuencas pequeñas o de topografía plana.

**Criterio de Horton** El primer paso de éste criterio es el establecimiento de una malla de cuadrados sobre el plano de la cuenca (Figura 5), la cual conviene orientar en el sentido del cauce principal (Springall, 1970). Si la cuenca es de 250 km<sup>2</sup> o menor, se requiere por lo menos de cuatro cuadrados por lado, aumentano su número según crezca el tamaño de la cuenca (Linsley et, al., 1949). Enseguida se mide la longitud de cada línea de la malla dentro de la cuenca y se cuentan las intersecciones y tangencias de cada línea con respecto a las curvas de nivel. La pendiente de la cuenca se evalúa en cada dirección con las ecuaciones:

$$S_x = N_x \cdot D_n / L_x \quad (8)$$

$$S_y = N_y \cdot D_n / L_y \quad (9)$$

Entonces la pendiente media de la cuenca se define como:

$$S_c = S_x + S_y / 2 \quad (10)$$

Donde:

**S<sub>x</sub>, S<sub>y</sub>** = pendiente adimensional de la cuenca en cada una de las direcciones de la malla de cuadrados.

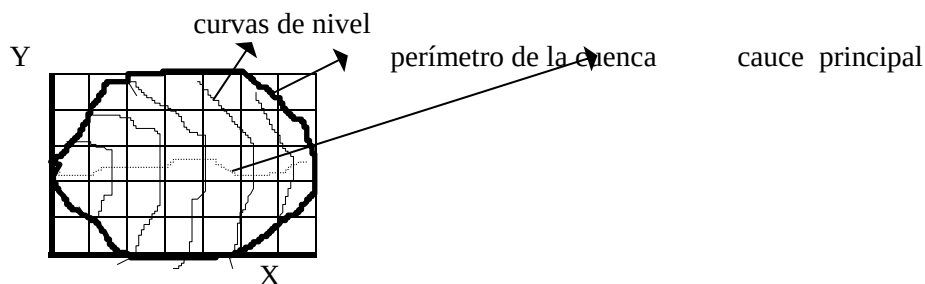
**N<sub>x</sub>, N<sub>y</sub>** = número total de intersecciones y tangencias de las líneas de la malla en la dirección **x** e **y**, con las curvas de nivel, respectivamente.

**L<sub>x</sub>, L<sub>y</sub>** = longitud total de las líneas de la malla en la dirección **x** e **y**, dentro de la cuenca, en Km.

**D<sub>n</sub>** = Desnivel constante entre las curvas de nivel de la cuenca, en Km.

Debiéndose respetar las recomendaciones citadas a éste respecto en el criterio de Alvord, anteriormente descrito.

**S<sub>c</sub>** = Pendiente media de la cuenca, adimensional



**Figura 5.** Malla de cuadrados sobre el plano de la cuenca

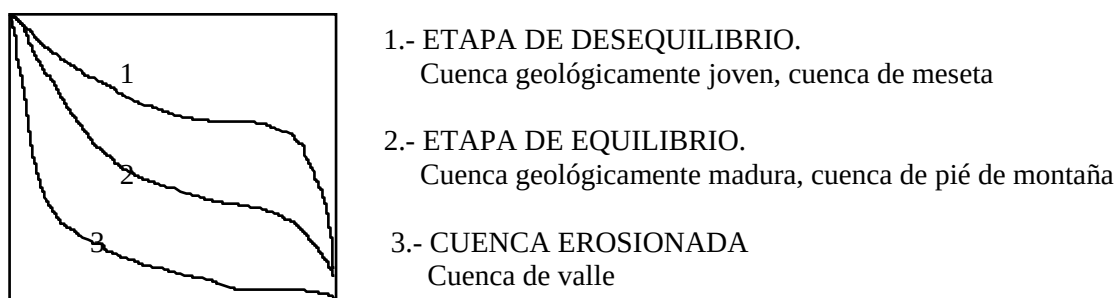
#### **b) Elevación media de la cuenca**

La altura media de la cuenca tiene influencia fundamental en el régimen hidrológico, puesto que la tiene sobre las precipitaciones que alimentan al ciclo hidrológico de la cuenca (Klohn, 1970).

A partir de la **Curva Hipsométrica** se puede determinar fácilmente la denominada elevación mediana de la cuenca (Linsley et. al., 1949), la cual equivale a la cota correspondiente al 50 % del área de la cuenca (figura 7). Es frecuente definir el relieve de una cuenca por medio de ésta curva, la cual representa gráficamente las elevaciones del terreno en función de las superficies correspondientes (López y Blanco, 1976).

Las curvas hipsométricas reflejan características del ciclo erosivo y del tipo de cuenca, como se observa en la siguiente figura:



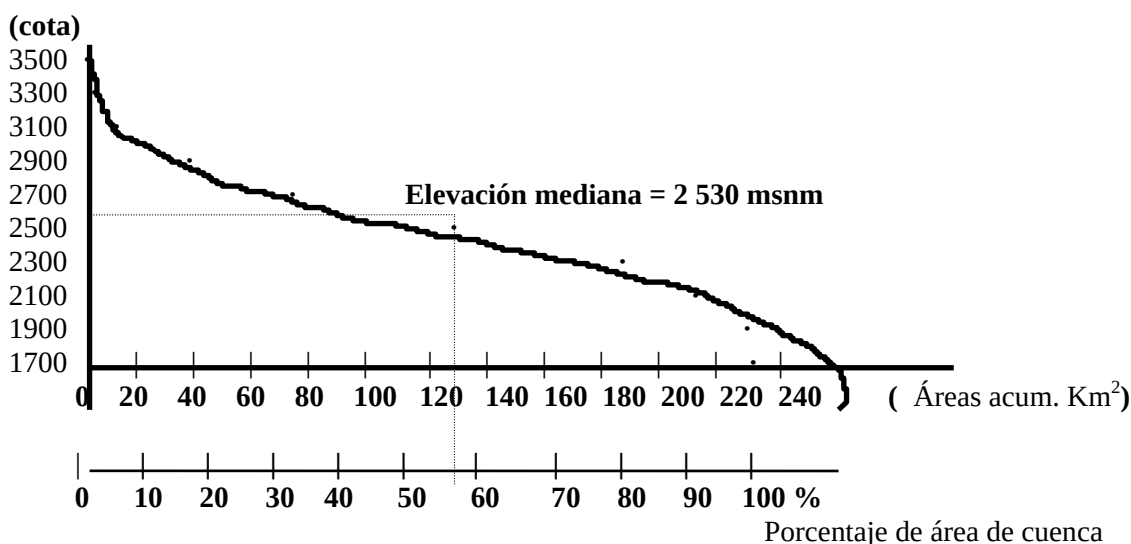


**Figura 6.** Etapas del equilibrio de la cuenca mediante el análisis hipsométrico.

La curva hipsométrica o curva de área-elevación se construye determinando con un planímetro el área entre curvas de nivel y representando en una gráfica el área acumulada por encima o por debajo de una cierta elevación, en función de tal cota (Lynsley et. al., 1977).

Ejemplo: En la figura 7, se tiene la tabulación de cálculo y la curva hipsométrica para una cuenca, la cual indica que se trata de una cuenca geológicamente madura, de pié de montaña, de acuerdo a la figura 6.

| Elevación (msnm) | Área (km <sup>2</sup> ) | Área acumulada ( km <sup>2</sup> ) |
|------------------|-------------------------|------------------------------------|
| 3500-3300        | 5.95                    | 5.95                               |
| 3300-3100        | 10.62                   | 16.57                              |
| 3100-2900        | 23.46                   | 40.03                              |
| 2900-2700        | 34.11                   | 74.14                              |
| 2700-2500        | 50.21                   | 124.35                             |
| 2500-2300        | 60.65                   | 185.00                             |
| 2300-2100        | 24.72                   | 209.72                             |
| 2100-1900        | 18.28                   | 228.00                             |
| 1900-1700        | 2.75                    | 230.75                             |



**Figura 7.** Tabulación y cálculo de la curva hipsométrica de una cuenca

### c) Pendiente y perfil del cauce principal

*Pendiente* La pendiente del colector principal se relaciona con las características hidráulicas del escurrimiento, en particular con la velocidad de propagación de las ondas de avenida y con la capacidad para el transporte de sedimentos (Klohn, 1970).

Con fines prácticos la pendiente del cauce principal se puede estimar mediante el **criterio simplificado** que consiste en dividir el desnivel del río entre su longitud, esto es:

$$S_1 = H / L_p \quad (11)$$

Donde:

$S_1$  = pendiente del cauce principal, adimensional

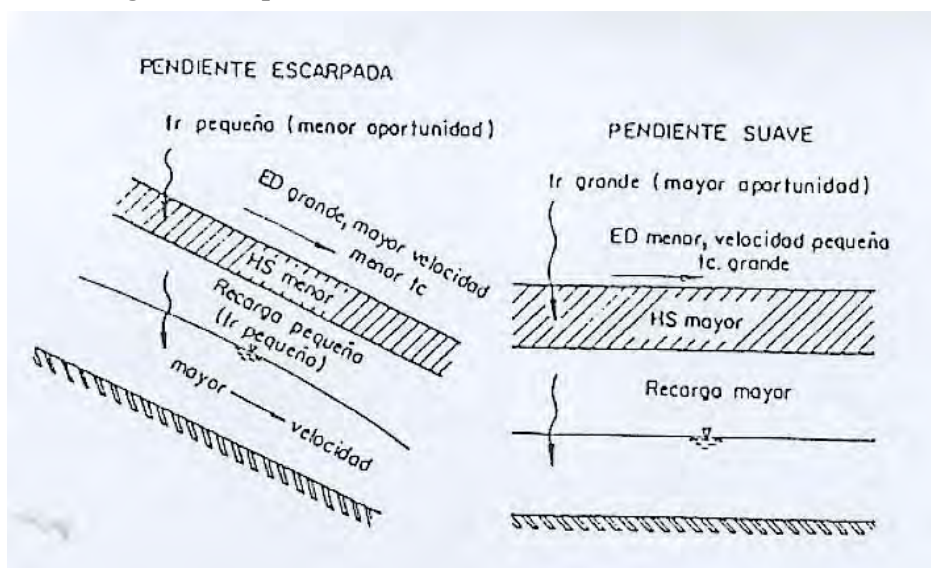
$H$  = desnivel del río, en m

$L_p$  = longitud del cauce principal, en m

De acuerdo al valor anterior de la pendiente, se puede clasificar el relieve o topografía del terreno, según los valores propuestos por Heras (1976), citados en la tabla siguiente:

| Pendiente ( $s_1$ ) (%) | Tipo de terreno         |
|-------------------------|-------------------------|
| 2                       | Llano                   |
| 5                       | Suave                   |
| 10                      | Accidentado medio       |
| 15                      | Accidentado             |
| 25                      | Fuertemente accidentado |
| 50                      | Escarpado               |
| >50                     | Muy Escarpado           |

### Efectos hidrológicos de la pendiente



## 1.9. Manejo cartográfico para la delimitación de unidades hidrográficas.

El primer paso para elaborar el plan de manejo de una cuenca es la delimitación espacial del área de estudio, es decir, la unidad hidrográfica básica de operación.

La delimitación de cada nivel o unidad hidrográfica, requiere de su localización geográfica mediante el conocimiento y manejo cartográfico, en éste caso, la base es el mapa topográfico que se configura con las curvas de nivel o cotas topográficas. Las **curvas de nivel o cotas topográficas**; son líneas isométricas, es decir, son líneas de igual elevación o altitud respecto al nivel medio del mar.

### 1.9.1. Procedimiento para la delimitación de las unidades hidrográficas.

a) Delimitar el contorno (divisoria o parte-aguas) de la unidad hidrográfica de interés

La delimitación de la divisoria topográfica se elabora en una carta topográfica considerando las siguientes reglas prácticas (Heras, 1976):

- Primera, se identifica en el plano topográfico la red de drenaje o corrientes superficiales.

- Segunda, invariabilmente, la divisoria corta perpendicularmente a las curvas de nivel y pasa por los puntos de mayor nivel topográfico.
- Tercera, cuando la divisoria va aumentando su altitud, corta a las curvas de nivel por su parte convexa.
- Cuarta, cuando la altitud de la divisoria va decreciendo, corta a las curvas de nivel por la parte cóncava.
- Quinta, como comprobación, la divisoria nunca corta a un arroyo o río, excepto en el punto de interés de la cuenca (salida).

**b).** Definir las coordenadas extremas geográficas de la unidad hidrográfica de interés, con base en la carta topográfica.

#### **Ejemplo:**

##### **Cuadrícula universal de mercator**

Norte: 1 913.6 N (significa posicionamiento a 1 913.6 km respecto de la línea ecuatorial terrestre)

Sur: 1 909.0 N (significa posicionamiento a 1 909.0 km respecto de la línea ecuatorial terrestre)

Poniente: 680.3 E (significa posicionamiento a 680.3 km respecto de una línea longitudinal )

Oriente: 683.6 E (significa posicionamiento a 683.6 km respecto de una línea longitudinal)

##### **Coordenadas en grados**

Norte: 17° 18' 05" n (posición en grados latitudinales respecto a la línea ecuatorial terrestre)

Sur: 17° 15' 42" n (posición en grados latitudinales respecto a la línea ecuatorial terrestre)

Poniente: 97° 18' 15" w (posición en grados longitudinales respecto a la línea de Greenwich )

Oriente: 97° 16' 24" w (posición en grados longitudinales respecto a la línea de Greenwich )

#### **c)** Calcular la superficie de la cuenca

Ejemplo: en un mapa que se encuentra a escala 1: 50 000, lo cual significa que:

1 cm en el plano es igual a 50 000 cm en el terreno = 500 m en el terreno

2 cm en el plano equivalen a 1 km en el terreno

2 cm en el plano = 4 cm<sup>2</sup> en el plano = 1 km<sup>2</sup> en el terreno = 100 ha

El cálculo de la superficie de la cuenca se puede elaborar por varios métodos, los principales son:

**C.1** - Equipo de cómputo y digitalización, utilizando el módulo Área del programa IDRISI.

**C.2** - Planímetro.

**C.3** - Conteo de las cuadrículas del plano que forman parte interior del contorno de la cuenca.

**C.4** - Sobreposición en el contorno de la cuenca, de una malla de cuadrados elaborada en acetato, en donde, el tamaño de los cuadrados se determina con base en superficies conocidas de la escala que se utilice.

#### **d)** Cálculo de las pendientes a partir del mapa topográfico

En primer término, se establece una clasificación de pendientes con base en el relieve predominante de la cuenca (pendiente media), obteniendo de cinco a 10 grupos de pendientes uniformes.

#### **Ejemplo** de posibles clasificaciones:

| Cuencas con pendiente media < 10 (%) |        | Cuencas con pendiente media < 30 (%) | Cuencas con pendiente media < 50 (%) |
|--------------------------------------|--------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 0 - 1                                | 5 - 6  | 0 - 5                                | 0 - 10                               |
| 1 - 2                                | 6 - 7  | 5 - 10                               | 10 - 20                              |
| 2 - 3                                | 7 - 8  | 10 - 15                              | 20 - 30                              |
| 3 - 4                                | 8 - 9  | 15 - 20                              | 30 - 40                              |
| 4 - 5                                | 9 - 10 | 20 - 30                              | 40 - 50                              |

- Se calcula la distancia entre curvas de nivel o cotas en el plano, para cada pendiente límite de grupo, de acuerdo con la siguiente expresión:

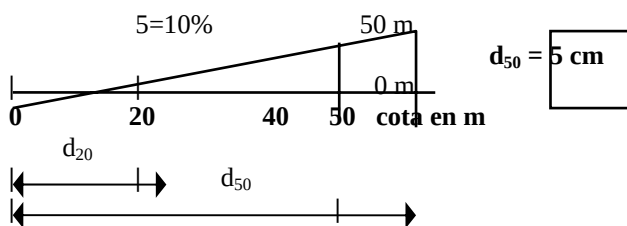
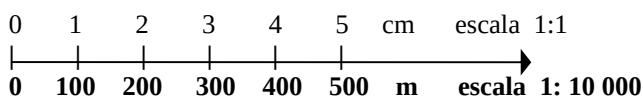
$$d_a = (e \cdot a) / s \quad (12)$$

donde:

$d_a$  = distancia entre líneas isométricas en el plano, en m  
 $e$  = escala del plano, en m/m  
 $a$  = diferencia de elevaciones entre curvas de nivel, en m  
 $s$  = pendiente, en m/m

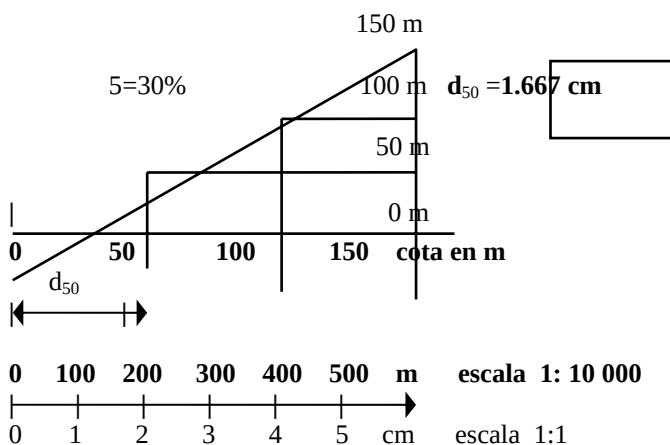
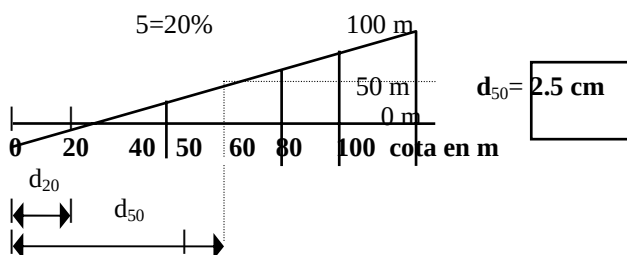
- En una hoja de papel se dibuja una línea (regla) con determinada dimensión y divisiones unitarias, en función de la escala que se utilice, donde se marca el valor **da** de cada valor límite de grupo de pendientes y se asigna a cada grupo el espacio intermedio (Ver Figura 8).
- Con la regla se mide la diferencia de elevaciones entre curvas de nivel en el plano, de acuerdo al criterio siguiente: Al sobreponer la regla en el plano para el cálculo de pendientes, si la división unitaria cubre al menos el 80 % del espacio intermedio entre curvas de nivel, entonces pertenece a ese grupo de pendientes determinado.
- Se delimitan en el plano las áreas que pertenezcan a cada grupo de pendientes de acuerdo a la clasificación establecida.

El resultado es un plano de pendientes, que puede sobreponerse a otros planos, como el de uso actual de suelo o al plano edafológico para diseñar programas de conservación de suelos.



$$d_a = e \cdot a / s$$

$d_a$  = distancia en plano entre cotas con diferencia de altura  $a$ , en m  
 $e$  = escala en m/m  
 $a$  = diferencia en altura entre cotas, en m  
 $s$  = pendiente, en m/m

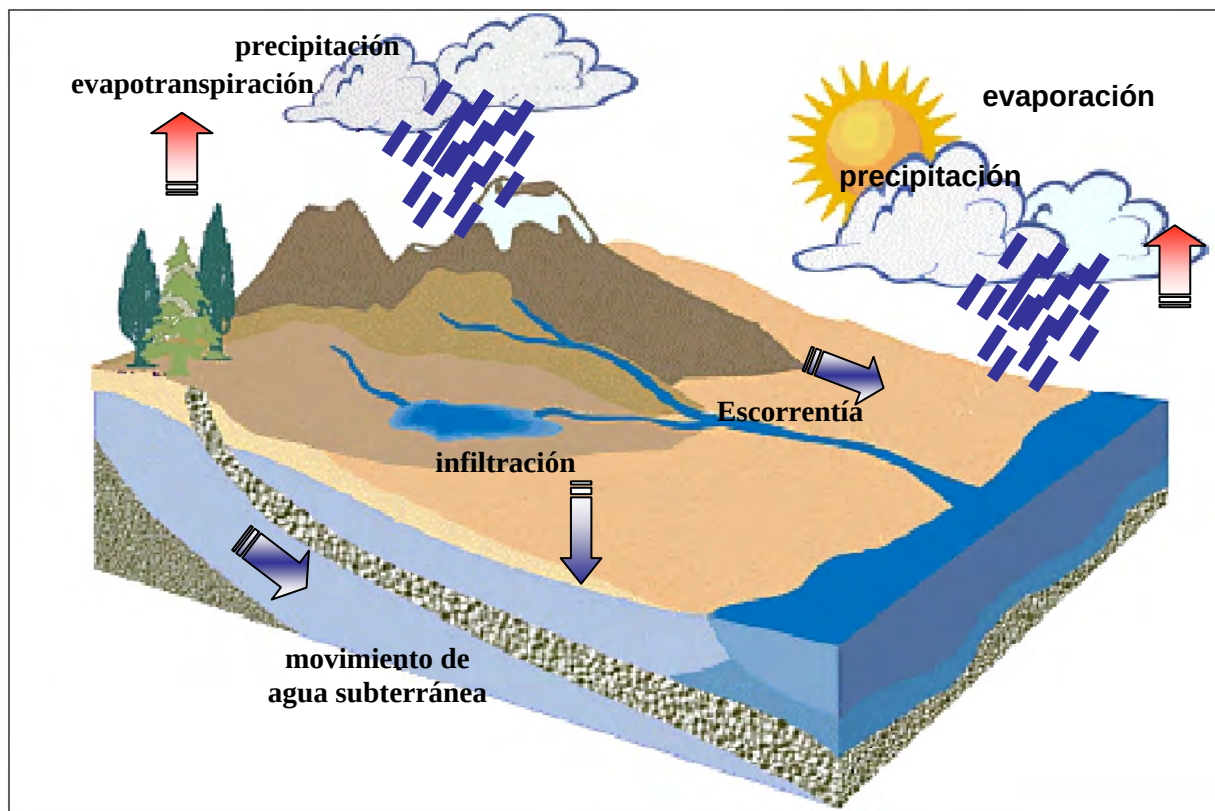


**Ejemplo:**  $d_a = ?$

$e = 1 / 10\,000 \text{ m/m}$   
 $a = 50 \text{ m}$   
 $s = 0.3 \text{ m/m} = 30\% = 3/10$

$d_a = 0.01667 \text{ m}$   
 $d_a = 1.667 \text{ cm}$

### 1.10. Balance hídrico en una Cuenca



El comportamiento hidrológico normal de una cuenca consiste en recibir agua en forma de precipitación, retenerla temporalmente y posteriormente entregarla a una cuenca más grande. Se habla que existe un balance hídrico cuando las entradas de agua son iguales a las salidas más los cambios de agua en el suelo y subsuelo.

El agua entra a la cuenca como precipitación (P) en sus diversas formas; esta es interceptada por la vegetación (I) en la que una parte es almacenada temporalmente (A<sub>1</sub>) y otra parte vuelve a la atmósfera al evaporarse parte del agua interceptada (C<sub>1</sub>); el resto cae desde el follaje (F<sub>dj</sub>) directamente al suelo o deslizándose por las ramas y troncos. Cuando el agua llega al suelo y se pone en contacto con el mantillo comienza la infiltración (IN), proceso mediante el cual el agua penetra a los horizontes superficiales del suelo.

Si la precipitación caída es mayor que el agua infiltrada se satura el suelo y el F<sub>dj</sub> o la P se transforma en flujo superficial (F<sub>s</sub>). El F<sub>s</sub> recorre por la línea de máxima pendiente de la vertiente concentrándose en hitos de agua hasta alcanzar los causes mas grandes.

El agua que infiltra al suelo constituye el almacenaje en el suelo (A<sub>sue</sub>), parte del cual puede dirigirse hacia abajo como percolación (PER) o en movimiento paralelo a la vertiente como flujo subsuperficial (F<sub>ss</sub>) hasta llegar al cause. El agua percolada alimenta almacenaje subterráneo (A<sub>sub</sub>) en donde el espacio poroso del suelo siempre esta saturado, este alimenta de agua a los causes mediante el flujo base (F<sub>b</sub>). El flujo subterráneo varía en profundidad y su parte superior constituye la capa freática. En algunas cuencas debido a su estructura geológica es posible que por percolación profunda se produzcan escapas (E<sub>p</sub>), en cuyo caso la elaboración del balance hídrico de la cuenca es difícil.

El aporte de agua mediante el flujo superficial, flujo subsuperficial y flujo subterráneo conforman al llegar al cause, la escorrentía (E). Desde los diferentes almacenajes y de la escorrentía en los causes existen movimientos verticales ascendentes en forma de evaporación, los que se identifican como

SUP. SUE, SUB. Otra salida de agua de la cuenca se produce en forma de transpiración de la vegetación (I), esta junto con la evaporación forma la evapotranspiración (ET)

La escorrentía es el proceso hidrológico final de la serie de procesos y almacenajes temporales a que esta sujeta el agua en una cuenca hidrográfica.

La ecuación del balance hídrico es la siguiente:

$$P = E + ET + AA + Ep$$

Donde:

P = precipitación

E = escorrentía

ET = evapotranspiración

AA= almacenajes

EP = escapes profundos.

Los almacenajes son variables en el tiempo, pero en periodos largos tienden a compensarse. Si en la cuenca no existen escapes de agua profundos; el balance hídrico se simplifica y ocurre cuando la vegetación, las tierras y las aguas se usan de acuerdo con su potencial y utilizando medidas necesarias de conservación. Para este caso la ecuación del balance hídrico puede simplificarse a la siguiente expresión:

$$P = E + ET$$

### **1.10.1. Componentes del balance hídrico de un ecosistema forestal**

#### **Precipitación (P)**

**Intercepción (I).**- Retención del agua por la biomasa aérea de un bosque

**Precipitación directa (Pd).**- Fracción de la precipitación que llega al suelo por los claros del bosque  
+ Agua que gotea desde la biomasa aérea hasta alcanzar el suelo

**Escurrimiento fustal (Pf).**- Agua que alcanza el suelo usando como senda de fluido el fuste de los árboles

**Precipitación neta.**- Total del agua de lluvia que alcanza el piso del bosque

**Pérdidas de agua por intercepción (Ic).**- Agua que se evapora desde la biomasa aérea del bosque

**Infiltración (In)** .- Ingreso del agua de lluvia al suelo

**Escorrentía superficial (Es0).**- Movimiento horizontal del agua que no infiltró

**Escorrentía subsuperficial (Au).**- Movimiento horizontal del agua en el interior del suelo

**Evaporación (Ev).**- Ingreso de agua a la atmósfera desde el suelo.

**Transpiración (Tr).**- Pérdida de agua en forma de vapor por parte de los vegetales producto de sus procesos biológicos

**Evapotranspiración neta (Evtrn).**- Total del agua que pasa desde el suelo de un bosque a la atmósfera. Incluye: Evaporación y Transpiración

**Evapotranspiración total (Evtrt).**- Total del agua que pasa desde un bosque a la atmósfera. Incluye: Evaporación, Transpiración y Pérdidas de agua por intercepción

**Percolación (Per).**- Movimiento vertical del agua más allá de los sistemas radiculares hasta alcanzar la napa freática

**Aporte de agua desde la napa (An).**- Aporte de agua al bosque desde la napa freática por movimiento capilar ascendente del agua

**Variación del contenido de agua del suelo ( $\Delta W$ )**

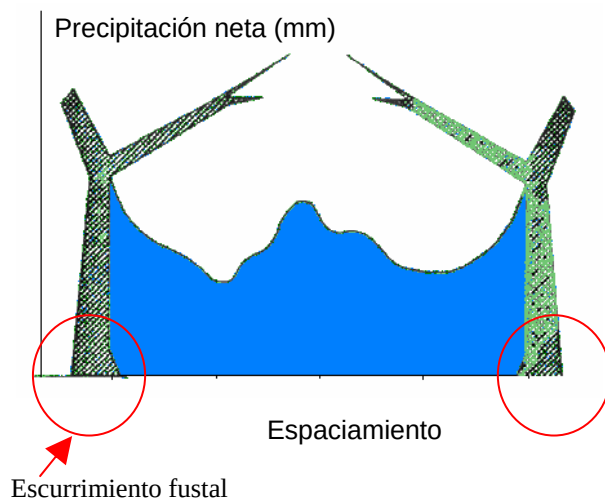
$$\Delta W = R - B$$

R = Ganancia

B = Pérdida

### 1.10.2. Metodología para determinar los componentes del balance hídrico de ecosistemas forestales

#### 1) Precipitación al interior de una cubierta boscosa (redistribución de las precipitaciones)



Precipitación directa (Pd)



Esguerrimiento fustal (Pf)



Precipitación neta

$$P_n = P_d + P_f$$

Pérdida de agua por intercepción

$$I_c = P - (P_d + P_f)$$

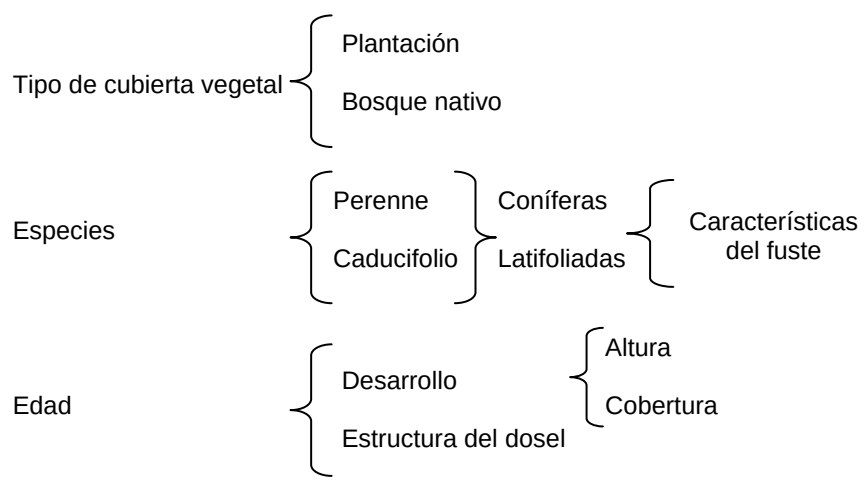
Ic = pérdidas de agua por intercepción del dosel  
P = precipitación  
Pd = precipitación directa  
Pf = escurrimiento fustal  
Pn = precipitación neta

### Factores reguladores de la redistribución de las precipitaciones.

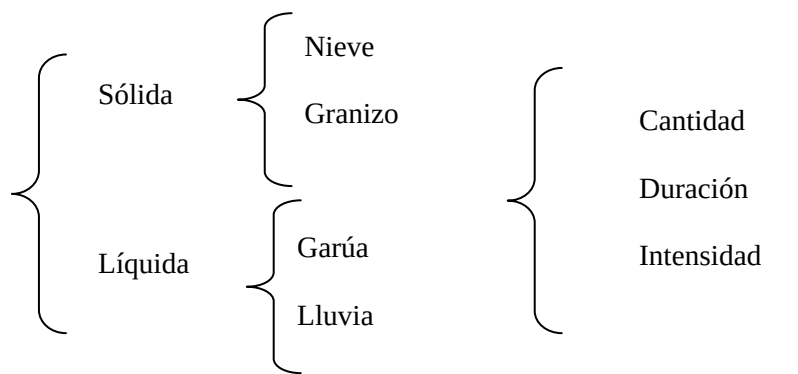
Los componentes de la redistribución de las precipitaciones están influenciados por:

- características de las cubierta vegetal
- características de las precipitaciones
- las condiciones ambientales
- el manejo del bosque

#### a) Características de las cubiertas vegetales



#### b) características de las precipitaciones



#### c) las condiciones ambientales

Principalmente de:

- Temperatura del aire
- Humedad relativa / Déficit de saturación
- Viento

#### d) el manejo del bosque

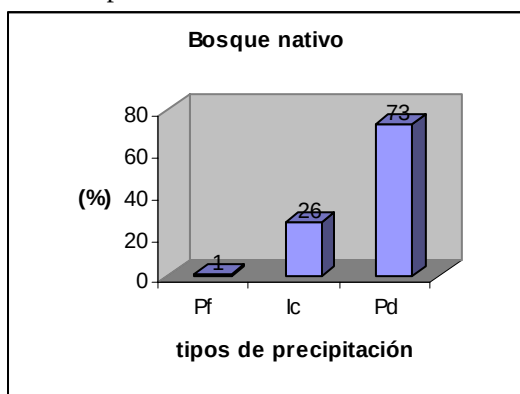
- Raleo / Densidad / Estructura
- Poda / Características de copa



Ejemplo: Redistribución de las precipitaciones entre un bosque nativo y una plantación forestal. A continuación se presentan los datos de cada ecosistema.

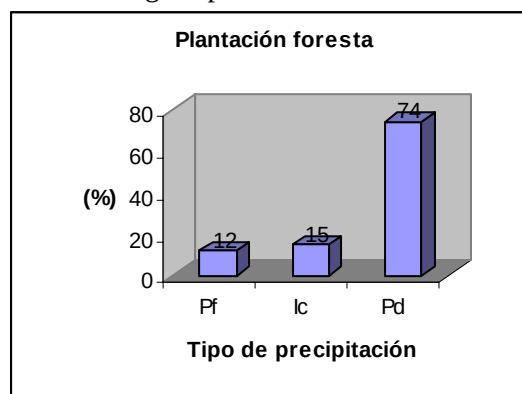
#### Bosque nativo (Tipo Forestal Siempreverde)

- 3 estratos:  
más de 30 m: olivillo, roble  
15 a 30 m: laurel  
menor de 15 m: luma, avellano
- arbustos, epifitas y enredaderas
- cobertura total 94 %
- Suelo serie Pelchuquín: trumao aluvial; profundos; gran cantidad de agua aprovechable.



#### *Pinus radiata*

- Año de plantación: 1974
- Densidad: 423 árboles / ha
- DAP medio: 35 cm
- Altura media: 31 m
- Cobertura de copas: 70 %
- Escaso sotobosque
- Suelo serie Los Ulmos (rojo arcilloso); moderadamente profundo; gran cantidad de agua aprovechable



## 2. Evapotranspiración neta

$$Evtrn = Pn - \Delta W - Ao - Per$$

Donde:

Evtrn : Evapotranspiración neta

Pn : Precipitación neta.....( $Pn = Pd + Pf$ )

$\Delta W$  : Variación del contenido de agua del suelo

Ao : Escorrentía = 0

Per : Percolación

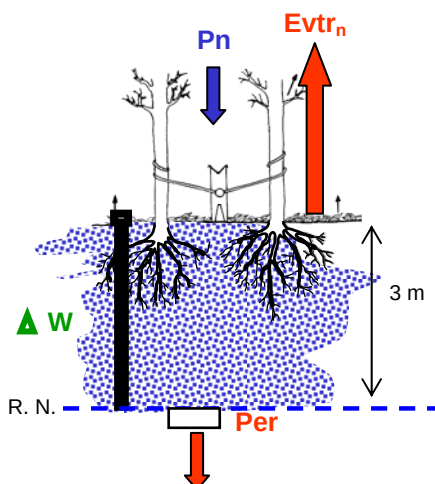


Figura8. Componentes de la evapotranspiración neta.

Precipitación neta (Pn)

$$P_n = P_d + P_f$$

### 3. Percolación

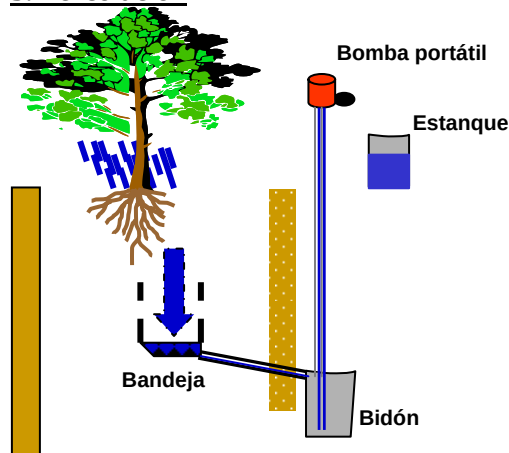
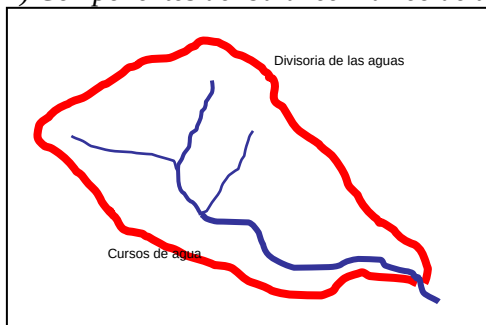


Figura 9.

#### 1.10.3. Balance hídrico en cuencas

La determinación del balance hídrico, varía en función del tipo de cuenca, así a continuación se las diferentes variaciones en el calculo del balance hídrico.

##### 1) Componentes del balance hídrico de una cuenca vertiente



$$P_p - Q_e - D R - E_{vtr} = 0$$

Donde

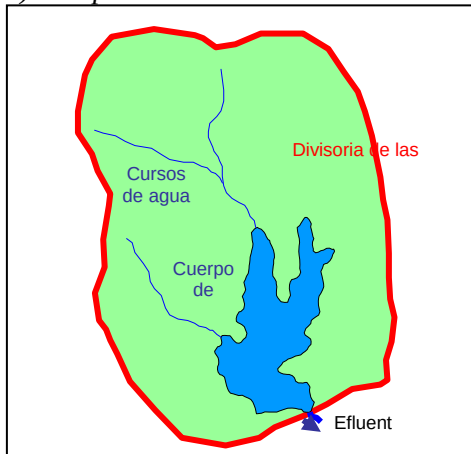
$P_p$  : Precipitación

$Q_e$  : Caudal efluente

$R$  : Variación del contenido de agua del suelo

$E_{vtr}$  : Evapotranspiración

##### 2) Componentes del balance hídrico de una cuenca lacustre



$$P_p - Q_e - E_v - D C - D R - E_{vtr} = 0$$

$P_p$  : Precipitación

$Q_e$  : Caudal del efluente

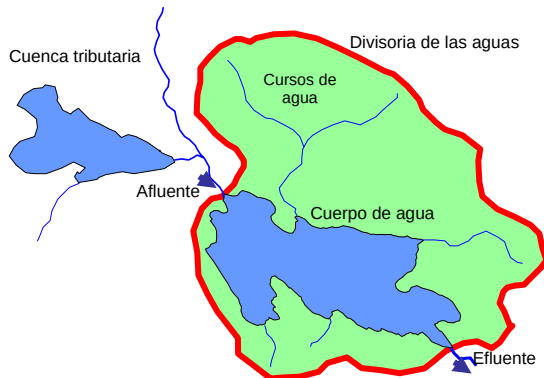
$E_v$  : Evaporación de los cuerpos de agua

$D C$  : Variación del volumen del cuerpo de agua

$R$  : Variación del contenido de agua del suelo

$E_{vtr}$  : Evapotranspiración

### 3) Componentes del balance hídrico de una cuenca lacustre con afluente



$$Pp + Qa - Qe - Ev - C - R - Evtr = O$$

- Pp : Precipitación
- Qa : Caudal del afluente
- Qe : Caudal del efluente
- Ev : Evaporación de los cuerpos de agua
- C : Variación del volumen del cuerpo de agua
- R : Variación del contenido de agua del suelo
- Evtr : Evapotranspiración

### 4) Componentes del balance hídrico de una cuenca endorreica



$$Pp - Ev - C - R - Evtr = O$$

- Pp : Precipitación
- Ev : Evaporación de los cuerpos de agua
- C : Variación del volumen del cuerpo de agua
- R : Variación del contenido de agua del suelo
- Evtr : Evapotranspiración

## 1.10.4. Determinación de los componentes del Balance Hídrico a nivel de cuenca

### a) Medición de las precipitaciones a nivel de cuenca

Para conocer la cantidad de precipitación que recibe la cuenca hidrográfica, es necesario recopilar información a cerca de la existencia de estaciones pluviométricas. De las cuales se recopilara los datos de los eventos registros en periodos de tiempo no inferiores a los 10 años.

En el caso que no existan estaciones, será necesario instalar una red de estaciones pluviométrica. Esta red debe cumplir con las siguientes características; a) su distribución debe ser homogénea y accesible; b) ubicadas a diferentes rangos altitudinales (para registrar la variabilidad) y c) y la Exposición de preferencia debe estar en dirección de Barlovento y Sotavento

En la siguiente figura se presenta la distribución de 7 estaciones pluviométricas distribuidas en una cuenca hidrográfica. Cada estación pluviométrica dispone una media de precipitaciones.

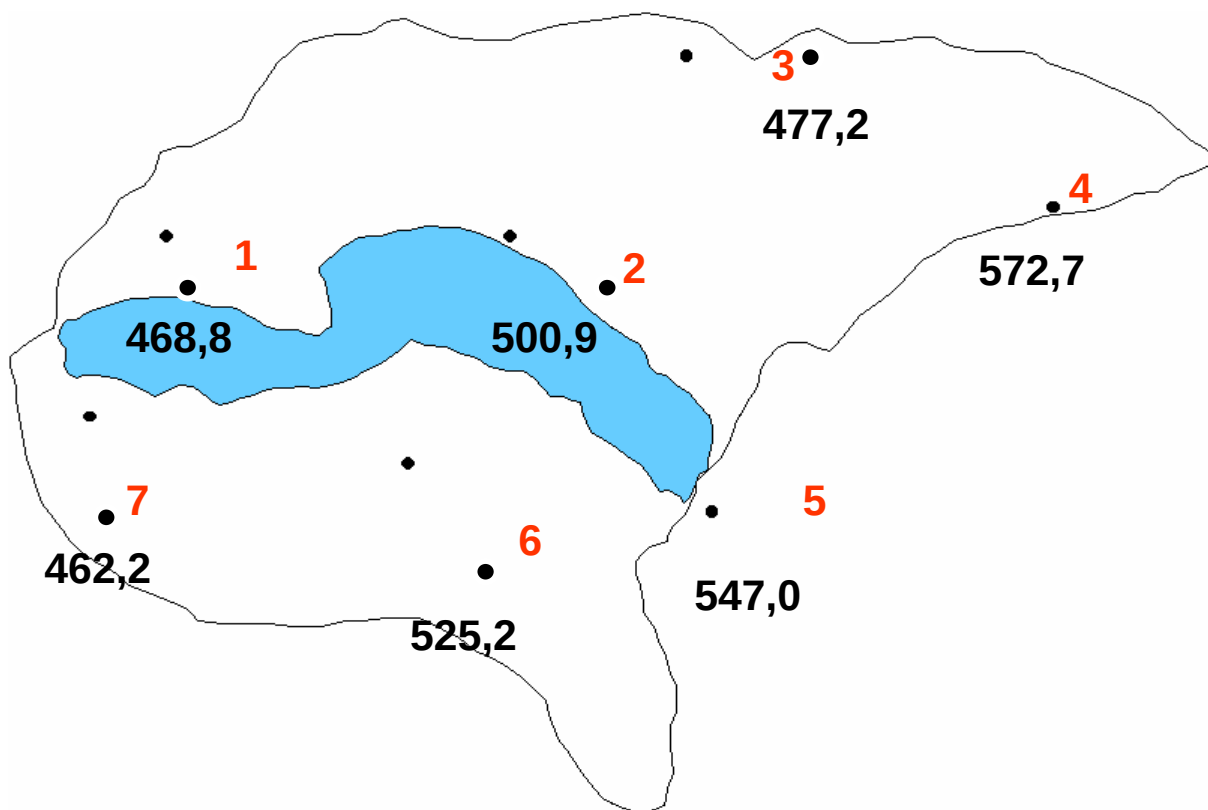


Figura 10. Distribución de una red de estaciones pluviométricas en una cuenca hidrográfica, con sus respectivas medias.

### Cálculo del volumen de agua precipitado

Para determinar el volumen de agua que cae en una cuenca hidrográfica se los puede realizar con los siguientes métodos: a) Método aritmético; b) método del Polígonos de Thiessen y b) con el Método de isoyetas. A continuación se detallan el procedimiento para cada uno de los métodos.

#### 1.- Método aritmético

Considera la estimación de aporte de agua de lluvia a través del cálculo de la media aritmética entre las estaciones pluviométricas

$$PP \text{ media} = \frac{\sum ppi}{N^{\circ} E}$$

Donde:  
 PP media : precipitación media de la cuenca (mm)  
 $\sum ppi$  : sumatoria de las precipitaciones (mm)  
 $N^{\circ} E$  : número de estaciones

El Volumen total = PP media X superficie de la cuenca.

Ejemplo: para la cuenca de la figura 10, se tiene una PPmedia de 507,5 mm y la cuenca tiene una extensión de 30.658,0 ha.

$$\begin{aligned} \text{Entonces el volumen total} &= 507,5 \text{ mm} \times 30.658,0 \text{ ha} \\ &= 155.611,3 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

#### 2.- Polígonos de Thiessen

Pondera la precipitación de cada estación por el área que representan. Consecuencia de ello divide la cuenca en subáreas (polígonos), estimando precipitación media de cada una de ellas

Su cálculo se lo realiza con la siguiente expresión:

Donde:

$$PP\ media = \sum ppi * Si / St$$

PP media : precipitación media de la cuenca (mm)  
 $\sum ppi$  : sumatoria de las precipitaciones (mm)  
 $Si$  : superficie del polígono de la estación  
 $St$  : superficie total de la cuenca

El Volumen total = pp media X superficie de la cuenca.

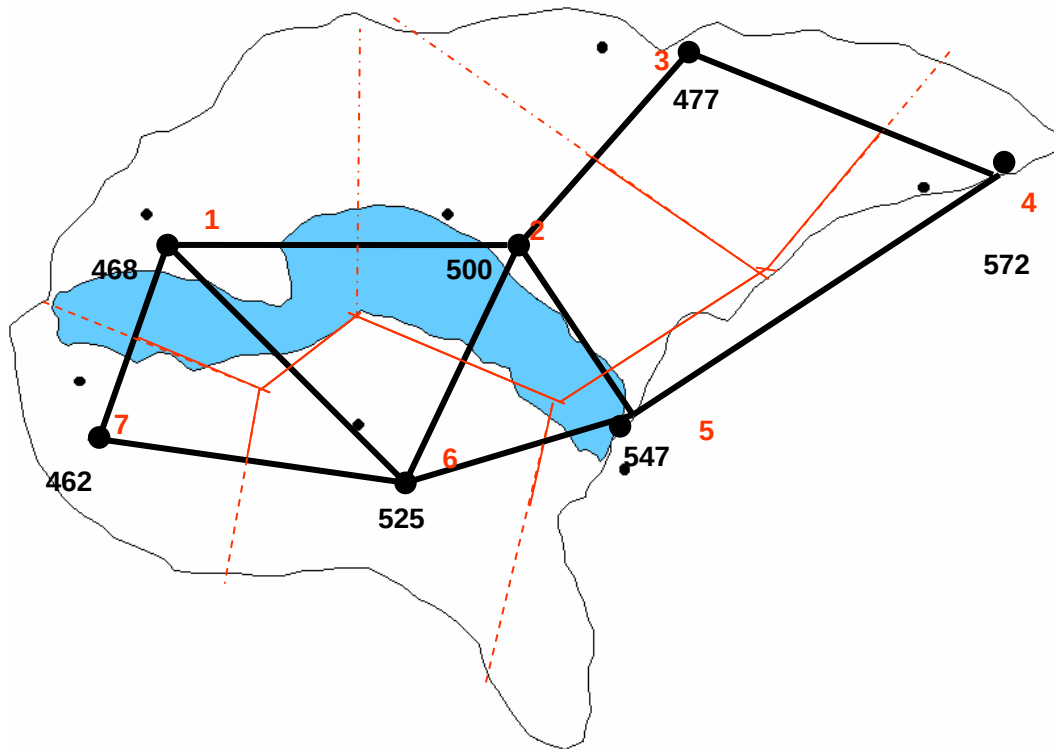


Figura 11.

Ejemplo: En la siguiente tabla se presenta las superficies y precipitaciones de cada polígono formado

| Polígono | Superficie (ha) | Precipitación (mm) | Volumen ( $10^3\ m^3$ ) |
|----------|-----------------|--------------------|-------------------------|
| 1        | 3.636,6         | 468,8              | 17.048,4                |
| 2        | 5.691,8         | 500,9              | 28.510,5                |
| 3        | 4.178,2         | 477,2              | 19.938,3                |
| 4        | 3.609,5         | 572,7              | 20.671,8                |
| 5        | 4.134,8         | 547,0              | 22.617,6                |
| 6        | 6.016,8         | 524,2              | 31.540,0                |
| 7        | 3.390,2         | 462,2              | 15.669,5                |
| TOTAL    | 30.658,0        |                    | 155.996,1               |

### 3.- Método de isoyetas

Para determinar el volumen total de precipitación de la cuenca a través de este método se procede de la siguiente manera.

- Se delimita el área de estudio (p.e. cuenca) (x, y)
- Se ubican las estaciones pluviométricas (x, y)
- Se ingresa el valor de precipitación (x, y, z)
- Se elige un método de interpolación:
- Métodos geoestadísticos (Surfer: Kriging)

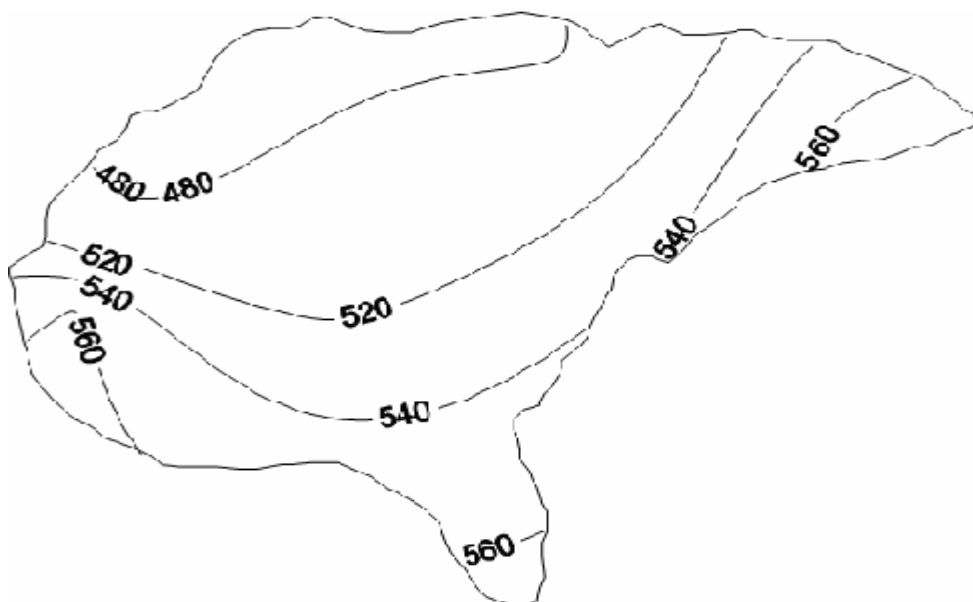


Figura12. mapa con isoyetas en una cuenca hidrográfica

El Volumen obtenido por este método es de: 161.767,9 103 m<sup>3</sup>

A continuación se presenta la comparación de la Pp, obtenidas por cada método (los datos son del mismo ejemplo)

| Método                       | Pp<br>(10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ) |
|------------------------------|-----------------------------------------|
| Media aritmética             | 155.611,3                               |
| Polígonos de Thiessen        | 155.996,1                               |
| Método de isoyetas (Kriging) | 161.767,9                               |

#### b) Determinación de caudales en cauces naturales (Qa, Qe)

La determinación de caudales en cauces naturales puede ser realizada mediante varios métodos: entre los mas usados están: a) con el Limnígrafo; b) a través de aforos en cauces naturales, c) mediante la construcción de vertederos.

A continuación en la figura 13, se presenta el proceso de funcionamiento del limnógrafo.

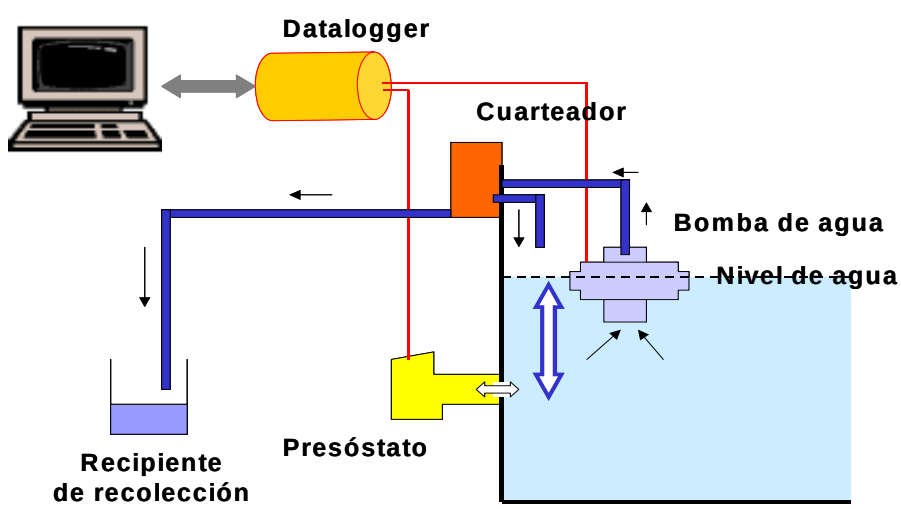


Figura 13. Principio de funcionamiento del limnógrafo

A continuación se presenta en forma esquemática el Modelo de aforo de caudal para cauce natural (DGA). Uno de los equipos mas usados para la medición del caudal es, el Correntómetro

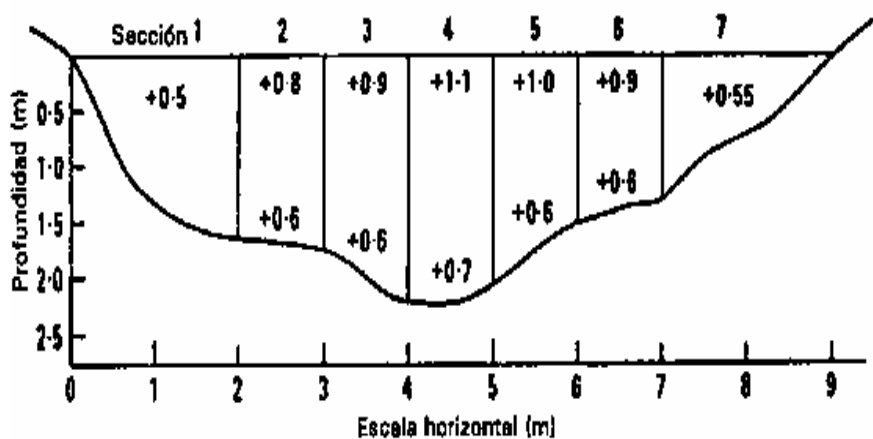


Figura 14. Modelo de aforo de caudal para cauce natural (DGA)

### Determinación de caudales en vertederos controlados

Otra de los métodos para determinar caudales es a través de la construcción de vertederos. Existen diferentes tipos de vertederos, los principales se presentan a continuación.

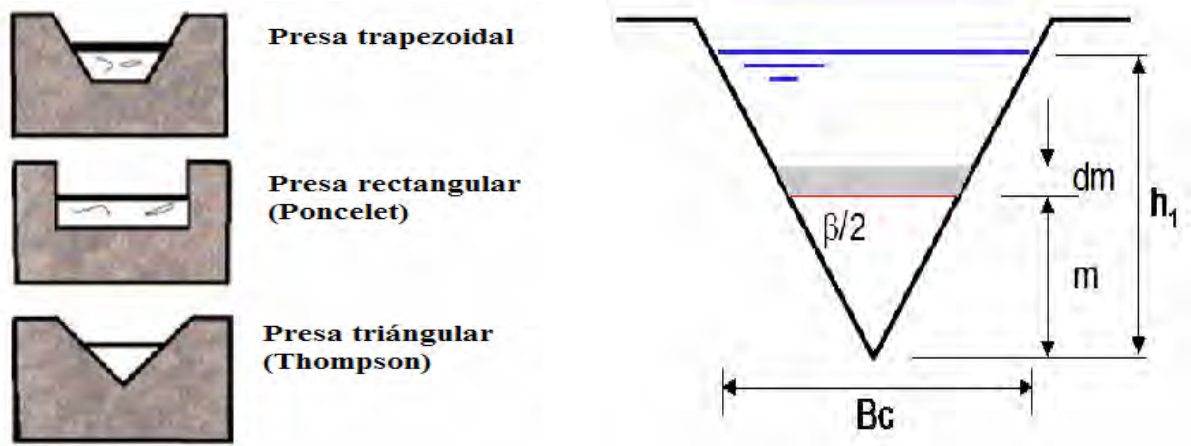


Figura 15. Diferentes tipos de vertederos para la determinación de caudales. Modelo esquemático para la construcción de un vertedero triangular.

La fórmula matemática más práctica para determinar el caudal por este método es:

$$Q = C \tan \frac{\beta}{2} h_1^{5/2}$$

Donde:

C = Coeficiente de descarga

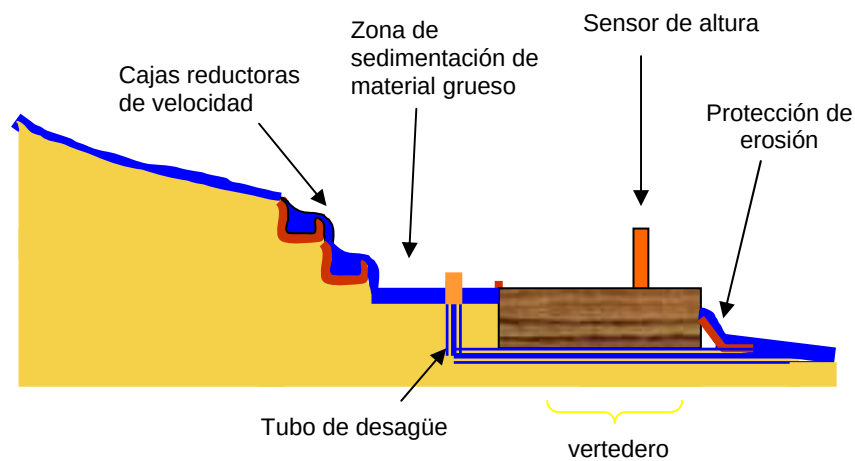
β = ángulo de la escotadura

h1 = carga hidráulica del vertedero en m

Si no se considera la velocidad de llegada del agua y si el ángulo de escotadura del vertedero es de 60°, la ecuación se reduce a la siguiente expresión:

$$Q = 0,775 h_1^{2,47} \text{ (m}^3/\text{s)}$$

En la figura siguiente, se presenta algunas indicaciones técnicas para el diseño de un vertedero, así como los principales componentes de un vertedero.



### c) Pérdidas de agua por evaporación desde el cuerpo de agua ( $E_v$ )

**Evaporación potencial** (Es igual a la cantidad de agua evaporada multiplicada por la superficie del cuerpo).

**Variación del volumen del cuerpo de agua.-** es igual a la variación del nivel de agua ( $\Delta$  nivel) multiplicada por la superficie del cuerpo de agua



En la siguiente figura se presenta la variación del volumen de agua de un determinado cuerpo.

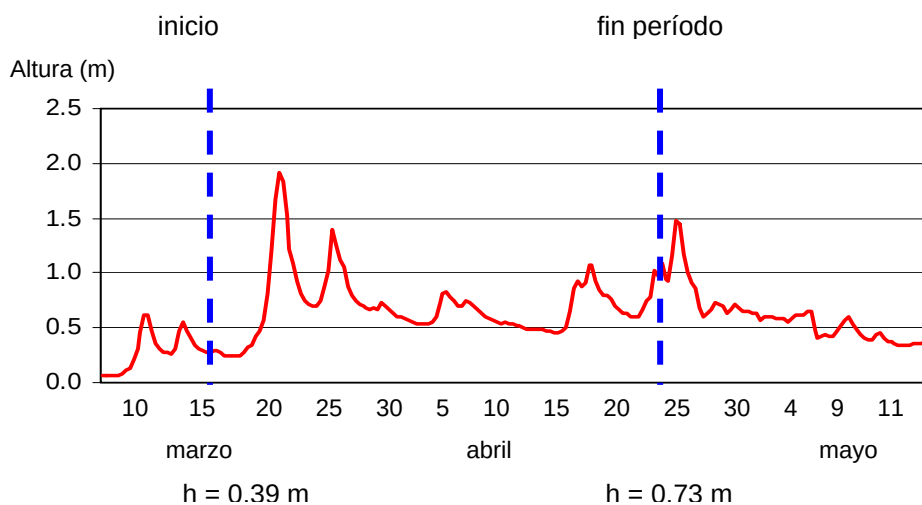


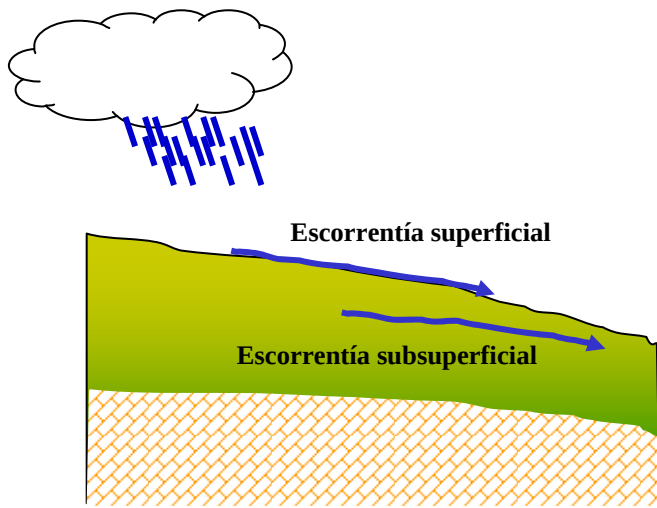
Figura 16. Representación grafica del la variación del volumen del cuerpo de agua



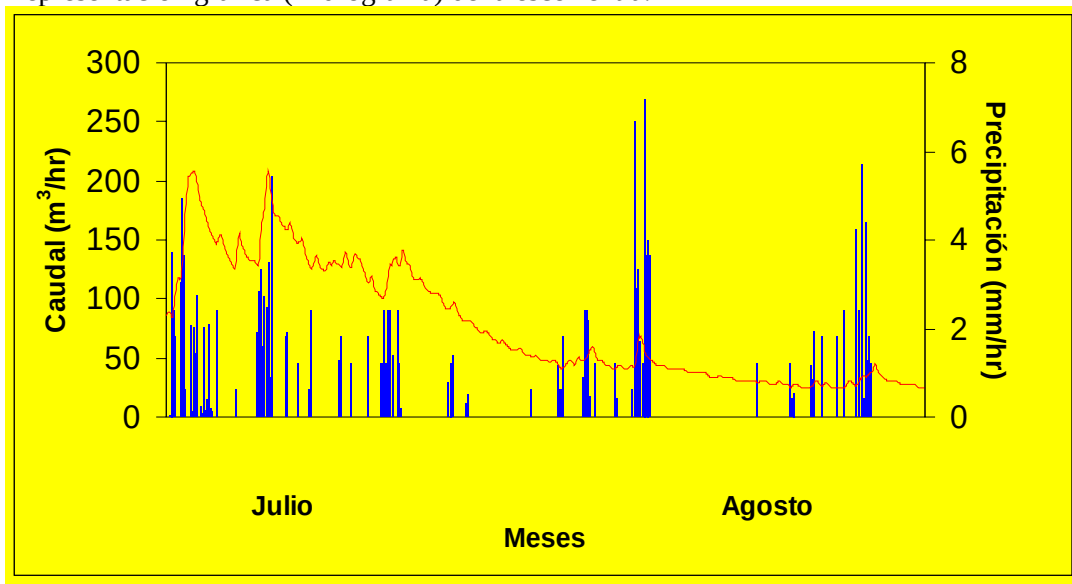
La variación del volumen del cuerpo de agua ( $\Delta C$ ) será igual a:  
 $\Delta C = (0,39 \text{ m} - 0,73 \text{ m}) \times \text{superficie lago (m}^2\text{)}$

#### d) Relaciones precipitación escorrentía

**Escorrentía.-** Es la fracción de la precipitación que se desliza por el suelo y que nutre de manera instantánea los cursos de agua.



Representación gráfica (Hidrograma) de la escorrentía.



## **2. Generalidades del Manejo de Cuencas**

### **2.1. Tipos de manejo de cuencas**

El manejo de cuencas presenta varias topologías, según las realidades presentes en las cuencas, según las realidades de los diferentes países y varía en función de los objetivos del manejo propuesto.

Las variantes en los tipos de manejo son respuestas técnicas e institucionales dadas por los países a sus propias circunstancias específicas, de acuerdo a las condiciones naturales, al patrón de uso de la tierra, al marco institucional y político y en general a su nivel de desarrollo.

Los tipos más importantes de tipos de manejo de cuencas se describen a continuación:

- 2.1.1. Manejo hidrológico forestal de vertientes
- 2.1.2. Manejo agrohidrológico conservacionista
- 2.1.3. Sistematización hidráulica forestal o control de torrentes
- 2.1.4. Manejo integral de cuencas

### **2.2. Beneficios de un manejo adecuado de cuencas**

Entre los múltiples beneficios que se pueden obtener de una buena actividad de gestión de una cuenca hidrográfica podemos mencionar las siguientes:

- Conservación y preservación de la biodiversidad
- Conservación de especies endémicas y en peligro de extinción
- Producción de agua para el abastecimiento de poblaciones
- Producción de agua para generar energía hidroeléctrica
- Obtención de agua para riego
- Uso múltiple de todos los recursos de la tierra
- Regularidad permanente del recurso hídrico con el fin de tener un abastecimiento normal en época seca.
- Para producción de bienes y servicios ambientales
- Reorganización de la producción agropecuarias.
- Para recreación y actividades turísticas

### **2.3. Procesos de estudio y planificación de cuencas**

El manejo de cuencas es un enfoque complejo pero es indudablemente efectivo para enfrentar en conjunto los problemas de la población y de los recursos naturales (suelo, agua, vegetación).

El proceso de manejo de cuencas tiene dos etapas bien definidas.

- e)** La primera denominada de ordenación, que en términos generales abarca la caracterización o el diagnóstico de la cuenca y en la formulación del plan de ordenamiento de la misma
- f)** y otra de llamada de gestión, que incluye acciones tendientes a implementar y gestionar el plan de manejo.

Considerando el manejo de cuencas como un proceso, las etapas para su estudio son las siguientes:

- a) Recopilación y análisis de la información secundaria y experiencias en procesos de manejo
- b) Planificación y ejecución del diagnóstico
- c) Diseño del plan de ordenamiento y manejo de la cuenca
- d) Diseño del sistema del seguimiento y evaluación del plan de m
- e) Estrategias de Gestión del plan de manejo

### **3. Procesos de estudio y planificación de cuencas**

#### **3.1. Tipos de estudios y planificación de cuencas**

En la planificación de cuencas se pueden evidenciar dos visiones: a) la convencional o técnica y b) la participativa o social.

##### **3.1.1. La visión convencional.**

Esta visión pone énfasis a los aspectos técnicos, predomina y hasta se impone el conocimiento profesional e institucional. Proviene del soporte académico y de la influencia de las políticas de intervención de las instituciones estatales y privadas.

Además este tipo de planificación ha predominado en las decisiones y actuaciones de las distintas instituciones públicas, organismos de desarrollo, organizaciones no gubernamentales, proyectos de conservación, centros de educación, etc. Los resultados obtenidos con esta metodología han contribuido a la generación de importante información básica y de temáticas específicas; además de una serie de instrumentos como los llamados planes de manejo de cuencas; sin embargo la mayoría de estos planes de manejo generados a partir de esta metodología no han logrado ser implementados por los diferentes instancias por las cuales desarrollados y en muchos de los casos solo han sido elaborados con la finalidad de cumplir con metas institucionales y no sobre la base de las necesidades de la población de la cuenca.

##### **3.1.2. La visión participativa.**

En la visión participativa los saberes y prácticas provienen de las comunidades campesinas y las poblaciones locales. Además en esta metodología la tendencia es, que las comunidades y poblaciones locales planifiquen su propio desarrollo sobre la base de sus necesidades y proyecciones de desarrollo a largo plazo. Estas consideraciones se justifican porque las poblaciones locales conocen sus realidades, limitaciones y capacidades y por consiguiente ellos deberán de decidir la pertinencia y viabilidad de las intervenciones endógenas y exógenas.

#### **3.2. Importancia del diagnóstico de una cuenca**

En el Ecuador existe se evidencia clara del deterioro múltiple de los recursos naturales entre ellos la vegetación, el suelo y el agua. Al alterar la cobertura vegetal no solamente se altera la diversidad biológica, sino se produce la degradación en los recursos agua y suelo.

Los problemas entre ellos la deforestación, el cambio del uso de suelo sin considerar la aptitud del mismo, sistemas productivos agropecuarios no adaptados a las condiciones locales; acarrea entre otras las siguientes consecuencias:

- Pérdida de la diversidad biológica por la acelerada reducción de las superficies forestales del país.
- Alteraciones hidrológicas, como crecidas e inundaciones, secamiento de manantiales y abatimiento de acuíferos durante la temporada seca y hasta cambios climatológicos.
- Degradación de la calidad del agua por diversos tipos de contaminación (urbana, industrial, agrícola).
- Erosión del suelo: 70 % del territorio nacional presenta diferentes grados de erosión, 48 % del territorio nacional tienen erosión severa o está totalmente erosionado. Y la tendencia es creciente.
- Pérdida paulatina del potencial productivo agropecuario y forestal de la tierra.

Para solucionar esta problemática se requiere en primer lugar, conocer bien la relación causa- efecto, la cual se basa en un estudio profundo socioeconómico y físico de un área dada. Como área básica para el estudio del medio físico se considera a la cuenca hidrográfica, debido que allí ocurren las más diversas interacciones físicas.

Hasta ahora los diagnósticos regionales no han pasado de ser observaciones y descripciones de las condiciones físicas y algunas veces socioeconómicas, sin llegar a una interpretación y sin encontrar la relación causa- efecto, lo cual es indispensable para una eficiente intervención.

El diagnóstico, constituye la primera etapa de la planificación, siendo un instrumento básico para lograr un conocimiento adecuado de la realidad nacional, regional y local de una cuenca, una región o un país. A partir de éste se elabora un plan de manejo de una cuenca determinada o región específica.

A continuación se menciona la experiencia del autor, y la recopilación de experiencia de instituciones tanto nacionales como extranjeras, que fundamentan la necesidad de generar información adecuada y su correspondiente análisis propicio.

### **Objetivos del diagnostico.**

Los objetivos que debe plantear el diagnóstico son:

- Disponer de una mejor información básica que permita apoyar de manera integral las acciones de manejo de las cuencas.
- Caracterizar el medio biofísico en el área de estudio, y contar con mapas actualizados de su distribución geográfica.
- Identificar la problemáticas principal del medio biofísico y social
- Conocer la relación causa- efecto en el medio biofísico y social
- Obtener las bases para la planeación y programación de prácticas productivo-conservacionistas que sean técnica, social y económicamente factibles de aplicar

### **3.3. Metodología del diagnóstico de una cuenca**

La metodología para la elaboración del diagnóstico biofísico consiste en la recopilación de información física disponible, reconocimiento del área de estudio, incrementar y actualizar la información a través del reconocimiento del área de estudio, el análisis de la información, detectar tendencias, identificar procesos e interacciones, y determinar la problemática y las alternativa posibles de solución. Las etapas básicas necesarias para completar un diagnostico son:

#### **3.3.1. Primer paso: Recopilación de información publicada y no publicada**

##### **a) Información cartográfica y aerofotográfica:**

El estudio cartográfico es indispensable para la determinación de la distribución espacial y la extensión de ciertas condiciones de los recursos naturales y áreas urbanas. En su análisis y sobreposición se detectan áreas críticas para ciertas actividades, donde se debe de intervenir.

Se obtiene y estudia todo tipo de material cartográfico de diversos orígenes:

##### **(1) Instituto Geográfico Militar (IGM):**

- Carta topográfica, contiene curvas de nivel, altitudes, formas del terreno y cursos de agua entre otros.
- Carta y mapas de climas.
- Carta de fenómenos climatológicos, presenta datos de precipitaciones, temperatura, vientos, evapotranspiración, etc.
- Carta geológica, contiene los tipos de roca, estructura, fallas, morfología, etc.
- Carta hidrológica superficial, presenta los recursos hídricos superficiales
- Carta hidrológica subterránea, presenta los recursos hídricos subterráneos
- Carta de regionalización fisiográfica
- Carta edafológica, muestra los tipos de suelos, y factores limitantes de los suelos
- Carta de vegetación y uso actual de la tierra, contiene los usos de la tierra y los tipos de cobertura vegetal.

- Carta de posibilidades de uso agrícola, indica la capacidad de las tierras o su aptitud para uso agrícola
- Carta de posibilidades de uso pecuario, indica la capacidad de las tierras o su aptitud para uso pecuario
- Carta de posibilidades de uso forestal, indica la capacidad de las tierras o su aptitud para uso forestal
- Carta de frontera agrícola
- Fotografías aéreas
- Imágenes de satélite

En Ecuador, la disponibilidad de cartografía de IGM sobre la totalidad del territorio nacional es a escala 1:50 000. En algunas zonas existe también disponibilidad de escalas 1:25,000, 1: 10 000 y 1: 5 000, en especial para las zonas urbanas de las grandes ciudades.

#### **b) Información bibliográfica publicada y no publicada**

Es indispensable consultar el mayor número de publicaciones tales como: informes, boletines, tablas y gráficas, entre otras.

- Boletines Hidrológicos de la cuenca específica
- Información climatológica: tablas, gráficas: de todas las estaciones climatológicas dentro de la región a tratar y en sus alrededores. Si dentro de la región no existen datos climatológicos sobre cierta zona que presenta cierta altura sobre el nivel del mar se deben que tomar datos que provengan de una estación de las mismas condiciones altitudinales, aunque estén localizadas fuera de la región.
- Estudios específicos sobre zonas dentro de la región a tratar, también de zonas similares aunque estén localizados fuera (estudios agrológicos, de flora y fauna, hidrológicos, de contaminación, de impactos ambientales para una obra específica, etc.)
- Publicaciones sobre sistemas productivos de la región, recomendaciones tecnológicas para los diferentes cultivos, etc.

Dado que la obtención de información es un proceso largo y costoso será necesario seleccionar e interpretar los datos más relevantes, confiables y de utilidad práctica para el manejo de los recursos naturales, sin que esto llegue a convertirse en copias textuales que aumenten el volumen de trabajo.

### **3.3.2. Segundo paso: Reconocimiento del área de estudio**

Este paso incluye 4 acciones principales:

#### **(a) Conocimiento general del área de estudio mediante recorridos de campo:**

Con el recorrido de campo se pueden correlacionar datos de la información recopilada con la realidad; confirmar los rasgos de mayor interés y encontrar quizá nuevos enfoques de los estudios. Se analizan los suelos, la vegetación, los cuerpos de agua, las viviendas etc. donde un buen y experimentado observador puede tomarse un confiable juicio sobre la situación y problemática.

#### **(b) Rectificación y ajuste de la cartografía disponible:**

Se inicia con la rectificación de la cartografía disponible, en especial respecto al uso del suelo o en la determinación del parte-aguas en zonas planas o con infraestructura hidráulica construida; también con la ubicación de infraestructura construida, si no se cuenta con fotografías aéreas recientes. Si existe disponibilidad de fotografía aérea reciente, esta tarea será más fácil.

#### **(c) Identificar sitios de interés especial, que ni aparecen en la cartografía ni en fotografías aéreas, como son:**

- Focos de contaminación (descargas de aguas negras, depósitos de desechos sólidos, tipos y sitios de aplicación de plaguicidas, etc.)
- Áreas erosionadas, cárcavas, fuentes de azolvamientos, etc.

- Áreas deforestadas muy recientemente
- Fallas geológicas
- Entre otras.

**(d)** Entrevistas con campesinos, productores, técnicos e investigadores y autoridades de las diferentes zonas de la región:

Indispensable durante este reconocimiento son las entrevistas con los diferentes actores en la región, para incluir el conocimiento de la gente sobre los recursos y los procesos más comunes de deterioro de los mismos en el diagnóstico. También es indispensable para conocer los sistemas productivos reales de una zona de la región, ya que casi siempre se han observado discrepancias entre la información oficial y la realidad del campo.

Muchas veces los mismos productores pueden dar interpretación de la problemática y hasta dar alternativas para su solución. Para la eficiencia del manejo de la cuenca, indispensable la inclusión de la población local en todas las fases de su desarrollo.

El reconocimiento del área del estudio es una constante, en cada salida al campo incrementa este reconocimiento, incluyendo en las fases avanzadas de la ejecución del proyecto de desarrollo. Se debe monitorear y actualizar continuamente este conocimiento.

### **3.3.3 Tercer paso. Análisis de la información**

- a) La información básica recopilada conjuntamente con la que se obtuvo de los reconocimientos terrestres del área, se ordena, se sistematiza, se cartografía y se analiza:
- b) Se identifica y se delimita definitivamente el área de estudio
- c) Se procede a la elaboración de cartografía propia: mapas base del área de estudio; mapa de uso actual del suelo, mapa de la topografía y de pendientes, mapa hidrológico, mapa de suelos, etc.
- d) Se cuantifica la capacidad de uso, disponibilidad y calidad de los recursos naturales (vegetación, suelo y agua)
- e) Se cuantifica y detecta la eficiencia en el aprovechamiento de la infraestructura construida y de todos los recursos urbanos e industriales
- f) Se detecta la relación que existe entre el uso, manejo, y estado actual de todos los recursos
- g) Se identifica y ubica la relación causa-efecto de los diferentes fenómenos sociales y naturales dentro del área de estudio
- h) Se ubica y prioriza el deterioro de los recursos naturales.
- i) Se identifican las microcuencas que requieren un estudio más detallado, y donde los procesos de degradación de los recursos y los efectos que las producen inciden en mayor cantidad y diversidad.
- j) Además se definen estudios detallados para conocer más a fondo sobre la problemática (puede ser que falte información indispensable que deja lagunas en el conocimiento), además los estudios necesarios para cuantificar la problemática y los niveles de degradación (estudios edafológicas, estudios de la vegetación, estudios climáticos, balances hídricos, lotes de escurrimientos, estudios sobre la calidad del agua etc.)

### **3.3.4 Cuarto paso. Identificación de procesos**

Esta etapa debe ser la finalidad del análisis de la información:

- a) Identificación, localización, cuantificación y priorización de procesos.
- b) Conocer la relación causa - efecto de los múltiples problemas que están ocurriendo.
- c) Identificar alternativas para solucionar la problemática.

### **3.3.5 Quinto paso. Identificación de las perspectivas de la problemática**

- a) Se estima la velocidad de la degradación de los recursos naturales.
- b) Se efectúa una proyección en tiempo y espacio de la dinámica de degradación de los recursos naturales.
- c) se identifica el riesgo de su degradación
- d) se determina la influencia de ello sobre las actividades productivas y la calidad de la vida humana

### **3.3.6 Sexto paso: Propuesta de manejo de la cuenca**

- a) Se definen los objetivos para la intervención a través de un plan de manejo
- b) Se selecciona y clasifican áreas prioritarias.
- c) Se especifican, diseñan, localizan y cuantifican acciones.
- d) Se realiza el análisis financiero y ambiental global de estas acciones.
- e) Constantemente se mantiene el contacto con los usuarios: se informa y se incluye a ellos en la identificación de la problemática, en el diseño de acciones y en la toma de decisiones.

### **3.3.7. Séptimo paso: Formulación de proyectos específicos**

- a) se efectúa la calendarización de actividades.
- b) se realiza el análisis financiero detallado

### **3.3.8. Paso paralelo. Ejecución de estudios especiales**

En esta etapa se ejecutan los estudios especiales para poder completar los conocimientos básicos que faltan en el tercer y cuarta paso y para poder cuantificar los niveles de deterioro de los recursos naturales.

Los estudios especiales pueden ser:

- Estudios sobre la disponibilidad y calidad del agua
- Estudios sobre estados de conservación de recursos
- Estudios agrológicos (para conocer y ubicar el factor K o de erosionabilidad del suelo)
- Estudios sobre erosión y de escurrimientos (lotés de escurrimiento)
- Estimaciones de erosión, azolvamiento, contaminación del agua etc. a través de modelos matemáticos computarizados
- Estudios erosión - productividad en suelos específicos
- Monitoreo climatológico
- Proyectos pilotos para medir la eficiencia de ciertas prácticas de conservación
- ...otros estudios pertinentes

Cada vez que se obtiene más información detallada a través de los estudios especiales se recurre a su análisis e identificación de procesos.

### **3.3.9. Paso paralelo. Aplicación de prácticas de conservación de recursos naturales**

El inicio de aplicación de prácticas de conservación se hace a través de 2 frentes:

- 1) Sensibilización de los productores, para que participen activamente en la ejecución de prácticas de conservación y mejoren su cultura productiva.

Desde el momento que se efectúa el primer recorrido de campo se debe proceder a la promoción de prácticas de conservación y en la sensibilización de los productores; por ejemplo permitir que ellos identifiquen por sí solos la problemática, y permitir que propongan algunas posibles soluciones. Además debería plantearse las siguientes preguntas:

- ¿Que pasará si no se hace nada para evitar la degradación ambiental?
- ¿Que dejaré como herencia a mis hijos?
- ¿Porque no he hecho nada para evitar o revertir los procesos de erosión?

Dicha sensibilización de los productores debe ser una constante en cada salida al campo.

- 2) Instalación de proyectos piloto en sitios estratégicos con un doble propósito: Conocer la eficiencia de ciertas prácticas de conservación en esta región, adaptarlas o cambiarlas para incrementar su eficiencia, y para que los productores se familiaricen con estas prácticas

Una vez identificados los procesos, paralelamente a los estudios especiales se incluyen los primeros proyectos piloto de prácticas de conservación.

## **4. Elementos del diagnóstico biofísico**

### **4.1. Ubicación**

Una vez definida el área de estudio, se procede a su ubicación, considerando los siguientes aspectos:

#### **4.1.1. Definición y determinación del área:**

Se delimita bien el área: en caso de la cuenca se determina el parte-aguas. Se determina la extensión total del área (en Ha. o Km<sup>2</sup>).

#### **4.1.2. Ubicación geográfica:**

Se determinan las coordenadas geográficas (en grados y de la Cuadrícula Universal de Mercator) de los puntos extremos (Norte, Sur, Este y Oeste) del área seleccionada. Además se relaciona el área con ciudades importantes respecto a dirección y distancia de forma general para su fácil ubicación. Se describen las principales vías de acceso al área de estudio.

#### **4.1.3. Ubicación hidrográfica:**

Se relaciona el área respecto a la Región o sistema Hidrológico del país, a que cuenca y subcuenca pertenece. Si el área en su totalidad no es una cuenca, se mencionan las superficies de las múltiples cuencas a que pertenece y se determinan los parte-aguas.

#### **4.1.4. Ubicación política- administrativa:**

Se ubica el área respecto a su pertenencia de comunidades, parroquias, municipios y provincias. Se definen las áreas que pertenecen a cada entidad y se determinan los límites.

#### **4.1.5. Ubicación fisiográfica:**

Se menciona las unidades fisiográficas y geológicas, y su ubicación dentro de ellas.

### **4.2. Clima;**

Se describe el clima del área, en base a las siguientes aspectos:

#### **4.2.1. Radiación**

Se requiere conocer las horas de insolación (horas nubladas) diarias, con sus medias mensuales y anuales (en (h/d)). Este dato se mide con el heliógrafo.



#### 4.2.2. Temperatura

La temperatura se define como un movimiento molecular. Para incrementar la temperatura de 1 cm<sup>3</sup> de agua pura de 4 C a 5 C se requiere la energía de 1 cal. Si todos los átomos y moléculas están en calma absoluta, hay 0 K = -273.15 C.

Se mide con el termómetro simple, termómetro min. max. y el termógrafo. Se expresa entre otros en grados Celsius ( C) y grados Kelvin ( K).

La temperatura es un factor determinante para describir un clima:

##### **Formas de expresar la temperatura:**

- 1) Temperatura máxima mensual
- 2) Temperatura mínima mensual
- 3) Temperatura máxima absoluta mensual
- 4) Temperatura mínima absoluta mensual
- 5) Temperatura máxima absoluta
- 6) Temperatura mínima absoluta
- 7) Temperatura media mensual. (media aritmética de las temperaturas diarias tomadas a las 8:00 h).
- 8) Temperatura media mensual de las máximas.
- 9) Temperatura media mensual de las mínimas.
- 10) Intervalo diario de temperatura o diferencia entre la máxima y la mínima diaria.
- 11) Media mensual del intervalo diario
- 12) Intervalo anual de temperatura, diferencia entre la media del mes más cálido y del mes más frío.
- 13) Media del intervalo anual
- 14) Número de días con heladas
- 15) Período libre de heladas (número de días en que la temperatura es superior a cero grados centígrados)
- 16) Fecha media de la primera helada estacional
- 17) Fecha media de la última helada estacional

##### **Variaciones de la temperatura**

La temperatura experimenta variaciones que es conveniente conocer cuando se trata de realizar un análisis climático completo. En un mismo lugar la temperatura presenta variaciones diarias y estacionales; dentro de una zona de alguna extensión pueden darse variaciones con la altitud (verticales), y con la latitud (horizontales) o debidas a otros factores (relieve, masas de agua próximas). En los estudios del medio físico son las variaciones de un lugar a otro las que interesan más, en cuanto pueden definir meso o microclimas; el conocimiento del modo de variación es particularmente importante, ya que permite deducir valores de la temperatura, para un lugar donde no se pueden recoger directamente, a partir de datos conocidos de otro lugar. El caso más frecuente es el de las variaciones altitudinales: se admite que el gradiente vertical de temperatura en cada 100 m se sitúa entre 0.4 y 0.8 C. y que su valor medio es de 0.55 C.

#### 4.2.3. Presión atmosférica

Aunque aparentemente la presión atmosférica no influye sobre una región dada, si tiene influencia, las diferencias de presión atmosféricas la mueven; causan los vientos, acarrean lluvias o sequías. La presión atmosférica se mide en (1 mm Hg = 133.3 kg m<sup>-1</sup> s<sup>-2</sup>); (1 mbar = 100 Kg m<sup>-1</sup> s<sup>-2</sup>), (1 atm = 101 300 Kg m<sup>-1</sup> s<sup>-2</sup>); y se mide con el barómetro

##### **Formas de expresar la presión:**

- 1) Presión atmosférica real: es la que se mide con el barómetro
- 2) Presión atmosférica normal: es la que sería si se ubicara a nivel de mar, a 45 latitud y con una temperatura de 25 C. Para cada estación meteorológica se calculan los valores de ajustes, según la temperatura para la estimación de la presión normal, ya que es la variación en espacio y tiempo de ella que mueve el aire y que nos permite hasta desarrollar pronósticos de clima para las próximas horas.

- 3) Gradiente de presión en tiempo: La variación de la presión durante 1 hora o 1 día: permite avisar un cambio próximo en el tiempo
- 4) Gradiente de presión en espacio: La variación de la presión normal por distancia: permite establecer dirección y velocidades de vientos, movimientos de masas atmosféricas, y hasta predecir precipitaciones.

#### **4.2.4. Viento**

Se define como "aire en movimiento horizontal". Es resultado de las diferencias de la presión atmosféricas.

Sus efectos pueden ser beneficiosos: dispersión de contaminantes, polinización, producción de energía, etc., pero también perjudiciales: daños mecánicos a la vegetación, desecamiento, transporte de parásitos y virus, etc.

##### **Formas de expresión:**

- 1) Velocidad del viento (m/s) (Kg/h): se mide con el anemómetro y anemógrafo
- 2) Velocidad de viento máxima mensual
- 3) Velocidad de viento media mensual
- 4) Velocidad de viento máxima anual
- 5) Velocidad de viento media anual
- 6) Dirección del viento (°), se mide con la veleta y se grafica también con el anemógrafo integral (N = 0 = 360 ; E = 90 ; S = 180 ; W = 270 )
- 7) Dirección dominante del viento general, medias mensuales y anuales
- 8) Dirección dominante de los vientos fuertes, medias anuales

Estos últimos dos valores son importantes en especial para el diseño de cortinas rompevientos.

#### **4.2.5. Precipitación**

La precipitación es la entrada de agua desde la atmósfera hacia la superficie de la tierra.

##### **Cuantificación de la precipitación**

Se mide en lámina (mm, cm, m) de agua caída

##### **Formas de precipitación**

- 1) Chubasco (gotas líquidas grandes más o menos dispersas, de diámetro superior a 3mm, que caen con velocidad superior a 7 m/seg)
- 2) Lluvia (gotas líquidas de diámetro entre 0.5 mm. y 3 mm. que llegan al suelo con velocidad > 3 m/seg. y < 7 m/seg.)
- 3) Llovizna (gotas líquidas de diámetro inferior a 0.5 mm., muy numerosas, que caen con velocidad inferior a 3 m/seg. y casi siempre superior a 1 m/seg.)
- 4) Rocío (Agua líquida que se condensa directamente sobre objetos de la superficie terrestre)
- 5) Escarcha (Cristales de hielo que condensan directamente sobre objetos de la superficie terrestre)
- 6) Nevada (Copos constituidos por cristales hexagonales de hielo, microscópicos, que caen con poca velocidad y forman en el suelo capas de estructura esponjosa)
- 7) Granizo (granos de hielo redondeados, de estructura concrecionada, en los que alternan, ordinariamente capas amorfas y capas cristalinas, de tamaño variable desde un milímetro en adelante)

##### **Origen de la precipitación**

Precipitaciones ciclónicas o de frentes, precipitaciones convectivas y precipitaciones orográficas. Se tiene que describir cual tipo de precipitación es determinante durante determinada estación del año, y cual son las masas de aire sus orígenes y las protuberancias orográficas que intervienen.

##### **Formas de expresar la precipitación**

Existe una serie de datos de precipitación que se observan y registran en las estaciones climatológicas.

- 1) Cantidad de precipitación por unidad de tiempo: (mm/mín., mm/10 mín., mm/30min, mm/h, mm/día, mm/10d, mm/mes, mm/año)
- 2) Las unidades de tiempo menores (1 mín., 10 mín., 30 mín., 1 h) indican las intensidades de la precipitación, las de mayores tiempos (1d, 10 d, mes, año) reflejan volúmenes totales caídos en un área dada.
- 3) Medias diarias, mensuales o anuales de cantidad de precipitación: Se calcula la media de un determinado día o mes de todos los años donde haya datos. (mm/día, mm/10d, mm/mes, mm/año)
- 4) Máxima intensidad ocurrida en un mes dado (mm/10 min, mm/30min)
- 5) Máxima precipitación diaria en un mes dado (mm/d)
- 6) Media de máximas intensidades de precipitación de un determinado mes, ocurridas durante todos los años con registros (mm/10 min, mm/30min)
- 7) Media de máximas precipitaciones diarias de un determinado mes, ocurridas durante todos los años con registros (mm/d)
- 8) Máximas absolutas de intensidades de precipitaciones (mm/10 min, mm/30min)
- 9) Máximas absolutas de precipitaciones diarias (mm/d)
- 10) Número de días con precipitación mayor de 1 mm/d (d/mes, d/año)
- 11) Número de días con lluvia (d/mes, d/año)
- 12) Número de días con nieve (d/mes, d/año)
- 13) Número de días con graniza (d/mes, d/año)
- 14) Número de días con eventos de intensidades de precipitaciones mayores de 60mm/30min (d/mes)
- 15) Medias de días con precipitación, lluvia, nieve y granizadas de un determinado mes, de todos los años con registro (d/mes)
- 16) Precipitación anual media o módulo pluviométrico medio: viene definido por la media aritmética de los valores de precipitación anuales de una serie de años, que la Organización Meteorológica Mundial (OMM) ha fijado en 30 años.

Los datos de intensidad, duración y frecuencia de lluvia son muy necesarios para los estudios de conservación de suelos, de obras de ingeniería, agrícolas, cálculos de erosión, etc., y en general, para determinar el posible impacto de cambios en los usos del suelo.

#### **Aparatos para medir la precipitación**

Pluviómetro: precipitación diaria

Pluviógrafo: precipitación continua, intensidad de precipitación (mm/10 min, mm/30min) y precipitación diaria.

#### **4.2.6. Evapotranspiración**

Es lo contrario de la precipitación: el paso del agua de la superficie terrestre hacia la atmósfera. Este concepto involucra al agua evaporada de la superficie del suelo, además del agua transpirada por las plantas. El valor de la evapotranspiración es importante por su considerable influencia sobre el crecimiento y distribución de las plantas. La estimación de la evapotranspiración constituye la base del cálculo de las necesidades hídricas, desde el diseño de un calendario de riego hasta en el diseño de la infraestructura requerida.

Al igual que la precipitación, la evapotranspiración se mide en lámina por unidad de tiempo (mm/d, mm/10d, mm/mes, mm/año),

Se estima la evaporación potencial con el evaporímetro. La evaporación potencial es lo que evapora del tanque tipo 1A bajo buen cuidado y es un dato que se registran en la mayoría de las estaciones climatológicas.

Este no es el dato de la evapotranspiración real. Hay diferentes métodos de calcular la evapotranspiración desde la evaporación potencial.

La evapotranspiración depende de los siguientes factores:

- Energía disponible para la vaporización del agua
- Déficit de saturación de la atmósfera

- Temperatura del aire
- Velocidad y turbulencia del viento
- Naturaleza y estado de la superficie de evaporación
- Tipo de vegetación
- Radiación solar, que provoca un aumento de transpiración estomática
- La existencia de períodos críticos durante los cuales las plantas son exigentes en agua o, por el contrario, son poco sensibles a la cantidad disponible de agua por hallarse en un relativo reposo vegetativo. Los períodos críticos varían según las especies y preceden a una fase importante de la vida vegetal.

#### **Formas de expresar la evaporación y evapotranspiración**

- 1) Intensidad de la evapotranspiración (mm/h): permite ver las diferencias diurnas de la pérdida de agua hacia la atmósfera
- 2) E. diaria (mm/d)
- 3) E. diaria, media en 10 días (mm/d)
- 4) E. diaria, media mensual (mm/d)
- 5) E. diaria, media anual (mm/d)
- 6) E. diaria, media total, en 10 días específicos (mm/d)
- 7) E. diaria, media total de mes específico (mm/d)
- 8) E. mensual (mm/mes)
- 9) E. mensual, media total de mes específico (mm/mes)
- 10) E. anual (mm/año)
- 11) E. anual, media total

#### **4.2.7. Humedad atmosférica**

Existen 3 formas de expresar la humedad atmosférica:

- 1) Humedad atmosférica absoluta (HAa).- vapor del agua presente en una unidad de volumen atmosférica ( $\text{g/m}^3$ )
- 2) Humedad atmosférica específica (HAe).- vapor de agua presente en una unidad de masa atmosférica ( $\text{g/Kg}$ )
- 3) Humedad atmosférica relativa (HAr).- humedad relativa a la máxima capacidad de retención de vapor de la atmósfera (%)

La relación entre las 3 es la siguiente:

$$HAa = 289 \frac{PVo}{T} \quad \text{eq. (1)}$$

$$HAr = PVo / PV_{\max} \quad \text{eq. (2)}$$

$$PVo = HAe \frac{PA}{623} \quad \text{eq. (3)}$$

donde:

HAa = Humedad atmosférica absoluta ( $\text{g/m}^3$ )

HAe = Humedad atmosférica específica ( $\text{g/Kg}$ )

HAr = Humedad atmosférica relativa (%)

PVo = Presión de vapor real de este instante (mm Hg)

PVmax = Presión de vapor a saturación (la atmósfera queda saturada (se estima por tablas) (mm Hg)

PA = Presión atmosférica real (mm Hg)

T = temperatura (K)

La Humedad atmosférica relativa se estima por medio del Hidrógrafo, también con el doble termómetro húmedo - seco. Es un valor muy importante para la estimación de la evaporación y evapotranspiración, la predicción de precipitación, de la presencia de rocío y otros.

#### **4.2.8. Sistematización y registro de datos climatológicos**

Todos estos datos se obtienen, tanto de las estaciones climatológicos locales, el Servicio Meteorológico Nacional y de los boletines hidrológicos, además de las cartas de IGM. Se requiere de

información con el mayor número de años posible (por lo menos 10 años) a fin de calcular los promedios deseados.

Igualmente esta información permitirá elaborar, corroborar o actualizar gráficas y diagramas de los fenómenos meteorológicos más representativos, así como de mapas de isoyetas, isobaras, isalobaras e isotermas.

En síntesis la recopilación y conocimiento de los factores físicos atmosféricos anteriormente mencionados servirán para determinar o clasificar los tipos climáticos (conjuntos homogéneos de condiciones climáticas), con los cuales definir regiones climáticas. Se realiza con distintos niveles y rangos. Desde muy generales a específicos, y desde un nivel microclimático (área de pocos metros cuadrados) a uno macroclimático (unidades de áreas de más de 1 000 Km<sup>2</sup>).

#### **4.3. Clasificación climatológica**

La clasificación del clima puede realizarse en función de sus caracteres básicos: temperatura, viento, humedad, precipitación, etc., considerados aisladamente o combinados. Estas combinaciones conducen a parámetros tan importantes como la evapotranspiración y a índices climáticos más o menos complejos, cuyos valores son utilizados como base para establecer tipos climáticos.

Existen varias clasificaciones climatológicas, según Koeppen y según Thornthwaite; ambas están cubriendo todo el mundo.

#### **4.4. Geología**

La geología tiene por objeto el estudio de la corteza terrestre: su origen, evolución, desarrollo y procesos que ocurren en ella. A través de la geología se podría remontar a épocas pasadas, se enfocará a conocer la naturaleza de la roca madre dominante y su resistencia a la intemperización, lo cual constituye un elemento clave en la génesis del suelo y proceso erosivo y torrencial. Igualmente permite conocer las características físicas y químicas del suelo, disponibilidad de agua (por ser permeables o impermeables, tipos de acuíferos), la presencias de fallas geológicas, ocurrencias de terremotos, posibilidades de actividades mineras y otras interpretaciones importantes.

La clasificación básica del tipo de rocas se basa en:

**a) Rocas ígneas.-** Se forman directamente del magma original en el interior de la tierra. Se clasifican en intrusivas y extrusivas.

- Las rocas intrusivas se han formado bajo la corteza terrestre, enfriándose lentamente, resultando una estructura cristalina fuerte.
- Las extrusivas se forman por la exposición directa del magma en la superficie terrestre, debido comúnmente a la acción volcánica. Debido al rápido enfriamiento, las rocas extrusivas son de textura cristalina fina

**b) Rocas sedimentarias.**

Se forman de materiales transportados por el agua, tal es el caso de los conglomerados, areniscas y lutitas.

**c) Rocas metamórficas.**

Son de origen diverso que han sido sometidas a alteraciones bajo presión y altas temperaturas.

Los mapas geológicos son herramienta indispensable para el conocimiento geológico, así como la bibliografía.

Para su adquisición además de recurrir a instituciones pública y privadas es recomendable acudir a instituciones universitarias, ya que mucha de esta información se encuentra en forma de tesis, estudios y trabajos no publicados.

## **4.5. Fisiografía**

Dentro de la fisiografía se describe la topografía. Se trata acerca de la medida y representación de la superficie terrestre. Incluye las siguientes consideraciones

### **4.5.1. Unidad fisiográfica**

Se ubica el área en las unidades fisiográficas ya definidas y se establecen internamente zonas fisiográficas específicas del área de estudio

### **4.5.2. Geoforma (forma del terreno).**

Rasgo identificable de la superficie de la tierra que tiene una forma característica y que es producto de causas naturales. Se describe en base a la pendiente general indicando la denominación de la subdivisión del paisaje como: valle, planicie, ladera de monte, sierra, valle intermontano y terraza de río entre otras.

La forma del terreno es un factor importante que facilita una correcta interpretación de la textura y la composición de los suelos y de las condiciones hidrológicas; que se han formado por previa alteración y transporte ya que las características morfológicas condicionan el depósito de los materiales transportados.

La geoforma es un factor que se debe considerar al determinar la forma de manejo del suelo.

La mejor forma de presentar las geoformas es a través del mapa topográfico. De apoyo sirven cortes (vistas laterales a escala) a lo largo de líneas estratégicamente seleccionadas

### **4.5.3. Pendiente.**

Es el grado de desnivel del terreno (se puede medir en (grados ) y (%))

$$s = \tan sg \quad (4)$$

donde:

s = pendiente (sin unidad)

sg = pendiente (en ( grados)

Este factor es importante en la determinación del potencial del uso del suelo, en el proceso del escurrimiento superficial, disponibilidad de agua para las plantas, tasa de infiltración, inundaciones y finalmente la erosión del suelo.

La pendiente se determina en planos topográficos, midiendo la distancia entre curvas de nivel, y en el campo con el clinómetro. La fotografía aérea es otra fuente de ayuda cuya importancia aumenta al estudiarse grandes extensiones de terreno poco conocidas y sin cartografía topográfica.

Las pendientes se presentan en mapas topográficos (de curvas de nivel), y en planos de pendientes, donde se presentan las áreas con rangos de pendientes determinadas. Los rangos representadas se seleccionan, según las condiciones topográficos del área de estudio.

### **4.5.4. Alturas sobre el nivel del mar**

Se estiman las alturas máximas y mínimas y los rangos medios de alturas de zonas importantes del área de estudio. Esto se hace a través de los planos topográficos, y se presenta como tal.

### **4.5.5. Posición**

Es muy importante la posición de un área dada, en especial respecto de una cadena montañosa alta y de un mar: si está al norte de esta montaña, puede tener efectos climatológicas diferentes, que estar al

sur. También respecto a fuentes de contaminación atmosféricas es muy importante considerar la posición respecto a los vientos dominantes y de cadenas montañosas.

#### **4.6. Hidrología**

Ciencia que estudia las propiedades, distribución y circulación del agua sobre la corteza de la tierra y debajo de ella. Los datos principales que se desea conocer se basan en:

##### **4.6.1. Ubicación de agua (superficial y subterránea)**

La información que se requiere para este fin son mapas de hidrología superficial y subterránea, fotografías aéreas y estudios sobre el recurso hídrico en el área de estudio; así como recorridos de campo para definir sus principales características como son extensión de cauces, afluentes, efluentes, trayectoria, beneficio y perjuicios, y características especiales del agua.

##### **Sistema hidrográfico superficial**

Se consideran los principales manantiales, arroyos, ríos, lagunas, pantanos y represas artificiales, señalando su nombre, localización, afluente de entrada y salida de ellos. Se determinan las diferentes cuencas, subcuencas y microcuencas de los arroyos más importantes

##### **Aguas subterráneas**

Son una fuente muy importante del agua disponible. El subsuelo es un excelente almacén para el agua. Se ubica la presencia de acuíferos y se determinan los niveles fráticos a través de pozos de observación.

##### **4.6.2. Estimación de la cantidad y disponibilidad de agua**

La medida de la cantidad de agua o inventario del recurso hídrico se calcula con el balance entre entradas (precipitación), almacenamiento (infiltración, retención en embalses) y salidas (infiltraciones profundas o salidas subterráneas del sistema, evaporación, escurrimiento superficial) del agua.

Si el agua yace estancada se mide en volumen ( $m^3$ ) y si esta en movimiento se mide en caudal ( $m^3/s$ ). Si es subterránea se multiplica el factor de la porosidad a ambos.

##### **a) Agua superficial**

La cuantificación del agua superficial se hace en ríos y arroyos estimando sus caudales mediante limnógrafos, monitoreando su caudal (nivel del agua en un área transversal conocida y velocidad de flujo). Si no hay limnógrafos disponibles, se toma el nivel del agua, el área transversal y velocidad de flujo.

Para las lagunas se estima el caudal de entrada y salida, además del volumen de almacenamiento mediante el estudio batimétrico (estimación de curvas de nivel detallado del embalse) y se calcula la relación nivel de agua- volumen almacenado.

Se evalúa la disponibilidad de ambos para fines domésticos, industriales y agropecuarios, a través de posibles proyectos de infraestructuras de almacenamiento y transporte.

##### **b) Agua subterránea**

Se tiene que estudiar las condiciones geológicas del acuífero, las cuencas subterráneas, los orígenes de esta agua, la velocidad de recarga y los flujos subterráneos. También los niveles y espesores de las capas de suelo saturadas y de las capas impermeables.

Estos son estudios más costosos y se requieren expertos para su ejecución.

### **4.6.3. Determinación de la calidad del agua**

La calidad del agua disponible es tan importante como la cantidad. Aunque haya abundancia de agua disponible, si no corresponde la calidad con el uso requerido, todo será en vano. La demanda de la calidad del agua depende del uso que se le quiere dar y es en forma decreciente: agua potable, usos domésticos, turismo acuático (baño, remo, vela), acuicultura y pesca, fines pecuarios, riego agrícola, usos industriales.

La calidad del agua se puede mejorar a través de la construcción de infraestructura especializada, como plantas de tratamientos de aguas negras, desalinizadoras para aprovechamiento de agua marina etc., los cuales se tienen que incluir en posibles proyectos de desarrollo para incrementar el volumen de agua disponible para ciertas actividades.

Como medio acuático, que acoge especies animales y vegetales, lo cual puede ser limitado por la calidad.

Los factores más importantes que son indicativos de la calidad de agua son las siguientes:

#### **1) Contaminantes especiales:**

Su determinación es más costosa, los compuestos se miden en el cromatografo de gases. Por esto se seleccionan determinados plaguicidas que se usan en la cuenca alta para el análisis de la concentración. También algunos componentes que se sospechan que salen de las descargas industriales, según el tipo de industrias presentes (fenoles, PCB (polychlorinated biphenyls), Cd, As, Hg, Pb, otros metales pesados, sustancias radioactivas).

Los contaminantes especiales se tienen que analizar también en el tejido de las diferentes especies acuáticas y en los sedimentos del fondo.

#### **2) pH**

#### **3) Oxígeno disuelto (OD)**

#### **4) Demanda biológica y química de oxígeno (DBO y DQO)**

**5) Sales:** concentración total (conductividad eléctrica) y la concentración de iones de  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Mn^{++}$ ,  $Al^{+++}$ ,  $Fe^{+++}$ ,  $Cl^-$ , nitritos y nitratos, fosfatos, carbonatos y sulfatos

**6)** Presencia y densidad de algunas bacterias indicadores: *Escheri coli*, *Colerae vib.*, y otros

**7)** Presencia repentina de abundancia de peces muertos en orilla o flotando

**8)** Presencia y densidad de especies indicadoras de calidad de agua (peces, algas y fitoplancton)

**9)** Vidrios y latas cortantes en el fondo

**10)** Aspecto visual: turbiedad, coloración, presencia de desechos sólidos

**11)** Olor

Los primeros 5 parámetros se efectúan en laboratorios de análisis de calidad de agua bien equipados, los otros en el campo directo durante un recorrido.

### **4.7. Suelo**

El conocimiento de este recurso natural, o medio físico nos sirve porque a partir de sus elementos constitutivos y espesor se soporta la actividad primaria del hombre (cultivos agrícolas temporaleros y de riego, pecuarios, forestales y frutícolas); de allí el ser humano obtiene su alimentación. Además sobre el se construyen las ciudades, industrias e infraestructuras, además es removido para tener acceso a materiales, como arenas, gravas, calizas, carbonos y otros.

Existe un conflicto constante en el uso del suelo, el cual debe ser optimizado al máximo y estar acorde con su capacidad.

Por lo tanto su análisis permitirá la resolución de conflictos entre usos incompatibles y la aplicación de prácticas conservacionistas que permitan el mantenimiento de los mejores potenciales productivos.



La descripción de los diferentes tipos de suelos debe ser breve, accesible y práctica, de manera que pueda interpretarse. La información de consulta pueden ser estudios agrologicos y edafológicos y mapas de suelos, entre otros.

#### **4.7.1. Características físicas a conocer**

- 1) Origen del suelo (in situ, aluvial, lacustre, loess)
- 2) Textura en superficie
- 3) Color en superficie (en húmedo y en seco)
- 4) Estructura
- 5) Consistencia
- 6) Porosidad,
- 7) Densidad aparente y densidad absoluta
- 8) Comportamiento de velocidad de infiltración (permeabilidad)
- 9) Humedad a PMP (punto de marchitez permanente)
- 10) Humedad a CC (capacidad de campo)
- 11) Humedad a saturación
- 12) Expandibilidad
- 13) Contenido de materia orgánica
- 14) Profundidad, espesor y secuencia de cada capa. Se describe además para cada capa:
  - a) Profundidad y espesor de cada capa
  - b) Textura
  - c) Color

#### **4.7.2. Características químicas a conocer**

- 1) pH
- 2) Salinidad (conductividad eléctrica)
- 3) Presencia de Na
- 4) Presencia de Fe
- 5) Presencia de Al
- 6) Concentración de nutrimentos totales y aprovechables por las plantas: Nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, manganeso y microelementos
- 7) Estado y tipo de materia orgánica
- 8) Tipo de minerales (montmorillonitas, sexquioxidos, etc.)
- 9) Presencia de algún contaminante químico (ej. dioxina, cesio, algún plaguicida residual, etc.)

#### **4.7.3. Características biológicas:**

- 1) Cantidad, tipo y estado de materia orgánica.
- 2) Velocidad de mineralización de materia orgánica
- 3) Capacidad del suelo para fijar nitrógeno atmosférico (presencia de microorganismos fijadoras de nitrógeno)
- 4) Presencia de organismos benéficos, como son ej. lombrices
- 5) Presencia de organismos dañinos, como son ej. gallina ciega, nemátodos,
- 6) Fertilidad (capacidad de producir cultivo referencial)

Se definen las series de suelos que tienen la composición y formación de capas parecidas respecto a:

- 5) Origen.
- 6) Textura.
- 7) Secuencia de capas.
- 8) Condiciones topográficas (problemas de inundación y grupo de pendiente).

Descripción sobre cada serie:

- 9) Niveles de fertilidad (capacidad de producción del cultivo referencial).
- 10) Localización (cartográfica).

## 11) Limitaciones de aprovechamiento.

### 4.8. Vegetación

La flora, debe caracterizarse en los términos de calidad y cantidad; utilidad potencial, el papel que representan en los ciclos hidrológicos y su tendencia de desarrollo. La vegetación es caracterizada por la totalidad de especies autótrofas (que toman sus nutrientes directamente del suelo, aire o agua y los requerimientos de energía de la radiación solar). Para profundizar en la temática ver Aguirre y Aguirre (1999)

Los aspectos en los cuales se debe poner especial atención son:

#### **4.8.1. Tipo, tamaño de la vegetación:**

Se consideran las diferentes tipos de cobertura vegetales (tanto naturales y artificiales). Por ejemplo: bosques, páramos, matorrales, cultivos agrícolas, pastizales, plantaciones forestales, etc.

#### **4.8.2. Estratificación de cada tipo de vegetación:**

Capa superior (estrato arbóreo), estrato medio (arbustivo), estrato inferior (herbáceo), estrato muy bajo (musgos, plantas muy pequeñas, microorganismos)

#### **4.8.3. Tipo del ecosistema**

La capa vegetal mayor determina el tipo del ecosistema:

##### **Sistemas naturales:**

- 1) Desiertos y pedregales (D): la vegetación mayor son musgos.
- 2) Praderas (Pn), son herbáceas.
- 3) Sabanas (Pf), más de 70 % del área total donde el estrato mayor es herbácea, hay presencia de árboles aislados.
- 4) Monte de xerófitas y cactáceas (X).
- 5) Páramos
- 6) Matorral (Fs0): el estrato superior forman los arbustos y árboles menor de 2.5 m de altura.
- 7) Bosques (clima templado y frío) (Fm), (Fn): hay dominancia de árboles - selvas (clima caluroso) (Fs): hay dominancia de árboles.
- 8) Pantanos, zonas con hidrófitas y manglares (HP), (HF).

##### **Sistemas artificiales:**

- 1) Campo agrícola (A): estrato superior es herbácea, y se cosecha cada año.
- 2) Pastizal inducido o cultivado (Pi), (Pa): estrato superior son herbáceas, es explotado en forma pecuaria, sea por corte o pastoreo directo.
- 3) Plantación (Fa), (Fb): estrato superior son árboles plantados, pueden ser para fines forestales frutícolas o para obtener resinas (hule, chicle) o aceite.
- 4) Sistema agroforestal (AF): se intercalan el estrato arbórea y herbácea para un óptimo aprovechamiento del espacio y mutua protección.

#### **4.8.4. Capacidad y periodicidad de efectuar la fotosíntesis y de entrar en dormancia:**

Se refiere a si las plantas conservan su follaje o no durante todo el año y se expresa en términos de: perinofolias, subperinofolias, caducifolias y crasifolias.

#### **4.8.5. Longevidad de la vegetación:**

Efímera (pocos días a semanas), anual (una estación al año, varios meses, 1 año), bianual (2 años), perenne (3 años o más)

#### **4.8.6. Densidad de cobertura**

Definida de acuerdo a la siguiente clasificación; muy compacta, compacta o continua, abierta o discontinua, dispersa, muy dispersa o desierta.

#### **4.8.7. Composición de la flora**

Se presentan las especies vegetales presentes; sus nombres científicos y vulgares: la densidad de especies importantes, dominantes, abundantes y raras en los diferentes estratos vegetativos. Se presenta parámetros ecológicos.

#### **4.8.8. Diversidad de la flora**

Se cuantifica en un área determinada (01 ha, 1 ha o 100 ha)

- 1) Cantidad total de especies.
- 2) Índices de diversidad.

#### **4.8.9. Rareza del ecosistema**

Puede ser que se trate de un ecosistema único en el mundo, con una composición florística única o muy escasa a nivel mundial; esto hay que determinar. Puede ser que sea rara en el país o región donde se encuentra, aunque esté abundante en otros continentes; también esto hay que mencionar.

#### **4.8.10. Belleza escénica del ecosistema**

Aunque esté abundante a nivel mundial, pero es de extraordinaria belleza, hay que mencionarlo.

#### **4.8.11. Presencia y densidad de especies endémicas o en peligro de extinción**

Se describe la capa vegetal como texto y se cartografía los diferentes ecosistemas y probablemente los áreas de diferentes niveles de perturbación.

#### **4.8.12. Índices de protección hidrológica de la vegetación**

La vegetación es de vital importancia no solo para los procesos ecológicos de un determinado ecosistema, sino también determina niveles de protección hidrológica. Por ello se debe identificar las coberturas vegetales existentes en la cuenca y cuantificar los grados de cobertura vegetal, a partir de la siguiente escala.

| <b>Símbolo</b> | <b>Descripción</b>                                          | <b>Valor</b> |
|----------------|-------------------------------------------------------------|--------------|
|                | <i>Vegetación leñosa</i>                                    |              |
| 1 <sup>a</sup> | Bosques densos sin erosión                                  | 1            |
| 1b             | Bosques clareados con sustrato arbóreo                      | 0.8-0.9      |
| 1c             | Bosques clareados con sustrato herbáceo degradado y erosión | 0.4-0.6      |
| 2 <sup>a</sup> | Matorral sin erosión                                        | 0.8-0.9      |
| 2b             | Matorral con erosión                                        | 0.4-0.5      |
|                | <i>Vegetación herbácea</i>                                  |              |
| 3 <sup>a</sup> | Pastizales vivaces sin erosión                              | 0.8-0.9      |
| 3b             | Pastizales degradados con erosión                           | 0.4-0.5      |
| 3c             | Pastizales anuales completos son indicios de erosión        | 0.6-0.7      |
| 3d             | Pastizales anuales degradados                               | 0.3-0.4      |
| 4              | Terrenos desnudos sin vegetación                            | 0            |
| 5 <sup>a</sup> | Cultivos anuales en terrazas                                | 0.7-0.9      |

|                |                                     |         |
|----------------|-------------------------------------|---------|
| 5b             | Cultivos anuales sin terrazas       | 0.2-0.4 |
| 6              | Cultivos con leguminosas forrajeras | 0.6-0.8 |
| 7 <sup>a</sup> | Huertos en terrazas                 | 0.8-0.9 |
| 7b             | Huertos sin terrazas                | 0.5-0.6 |
| 8              | Terrenos llanos con vegetación      | 1       |

**Fuente: Muñoz (1997)**

#### 4.9. Fauna

Fauna es el término que se emplea para designar todo tipo de animales que viven en una región. Para la recopilación de esta información se puede recurrir a publicaciones relacionadas con la fauna, ciencias biológicas y zoología, entre otras, así como recorridos de campo y entrevistas con pobladores, de la región.

En este punto se enumeraran las especie animales silvestres mayores (mamíferos, aves, reptiles, anfibios, insectos) que viven en el medio ambiente natural de la zona. Se tiene que determinar las especies más importantes, más abundantes, con sus densidades; además la presencia y la cuantificación de especies endémicos, en vía de extinción y los que son raros para la región.

Es importante conocer y generar información a cerca de los siguientes temas:

- a) composición faunistica de la cuenca (listado de especies, localizar y/o verificar las especies animales en la cuenca)
- b) abundancia de las poblaciones
- c) estado actual del hábitat donde se desarrollan las especies
- d) usos principales de las especies
- e) Estatus de especies y comunidades raras, o en peligro
- f) Identificación de especies de fauna que requieren atención o manejo especial
- g) señalar sitios que requieran un manejo especial para la protección de su valor ecológico
- h) Documentar las amenazas actuales y potenciales de los recursos naturales dentro del área
- i) Recomendaciones para el manejo de la fauna.

Para conocer con mayor detalle cuales son las especies presentes, su abundancia, hábitos alimenticios, estados de conservación, entre otros; se realizan estudios mas detallados. Para ello se debe proceder de la siguiente manera:

**1) Revisión bibliografica e información existente.-** en estudios cercanos, para comprobar la existencia y que apoye a la identificación taxonómica. Se debe conseguir guías de identificación, listados de nombres comunes oficiales, etc.

**2) Análisis del entorno.-** describir tipos de cobertura vegetal, zonas de vida, clima y actividades productivas de la zona o área geográfica donde se esta realizando la investigación.

**3) Planificar y ejecutar un trabajo comunitario.-** a través de talleres, seminarios, entrevistas semiestructuradas, con la finalidad de recopilar la mayor información posible.

**4) estudiar en forma detallada la fauna.-** en base a los talleres comunitarios se planifica la necesidad de realizar estudios puntuales. Estos estudios deben ser realizados por expertos en los diferentes grupos existentes: mamíferos, aves, reptiles, anfibios, insectos

#### 4.10. Uso del suelo

El uso del suelo es una clasificación simplificada de los ecosistemas, pero refleja también la forma de su explotación y manejo: Tenemos las siguientes formas de uso de suelo:

- 1) Agrícola de temporal (At): campos agrícolas de temporal.
- 2) Agrícola de riego (Ar).
- 3) Pecuario (P) (todo tipo de pastos y praderas).
- 4) Agropecuario (Ap) (áreas donde se aprovecha ambos).
- 5) Agroforestal (Af) (sistema de producción de múltiple propósito).
- 6) Silvopastoril (S) (sistema de producción de múltiple propósito forestal y pecuario).
- 7) Frutícola (Fr).
- 8) Plantación forestal (Pf).
- 10) Forestal (F) (selva, bosque).
- 11) Area protegida (según la categoría).

#### **4.11 Valoración de los Servicios ambientales**

Los servicios ambientales existentes en la cuenca hidrográfica, deben ser objeto de estudio para su posterior análisis y generación de alternativas de ingresos no tradicionales que apoyen el manejo de la cuenca. El proceso de valoración de los servicios ambientales es el siguiente:

- Identificación de los servicios ambientales existentes en la cuenca
- Priorización de los servicios ambientales potenciales
- Valorización económica de cada servicio
- Gestión del servicio ambiental (especialmente en la búsqueda de mercados)

Entre los servicios ambientales con mayores potencialidades en la actualidad se mencionan los siguientes:

##### **4.11.1. Valoración del recurso hídrico**

Es un mecanismo enmarcado en el proceso del pago por servicios ambientales que permite generar un indicador económico de la importancia del agua en el bienestar de la sociedad. Reconoce la necesidad de una adecuada valoración del agua en la que, a mas de los costos operativos se valore e incluya el valor económico asociado al servicio ambiental hídrico (el servicio ambiental hídrico es la importancia de la función que cumple la vegetación dentro del ciclo del agua al regular los flujos hidrológicos y mantener su oferta para diferentes usos).

No existe una metodología específica para la valoración económica del recurso, lo mejor es adaptar y adecuar a las condiciones de cada contexto. Entre una de las técnicas mas utilizadas es la del costo de oportunidad.

##### **4.11.2. Cuantificación de la fijación de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)**

Otro de los servicios ambientales importantes que prestan las cuencas hidrográficas es la fijación de carbono por parte de diferentes ecosistemas (especialmente en las coberturas vegetales, tales como bosques, vegetación secundaria, plantaciones forestales, etc.) Para profundizar en la metodología de cuantificación y valoración de este servicio ambiental se recomienda consultar la Guía para monitorear la biomasa y dinámica de carbono en ecosistemas forestales en el Ecuador (Aguirre y Aguirre, 2004)

#### **4.12. Minería**

Se describirá materiales pétreos y minerales que se encuentran y que se explotan actualmente dentro de la zona o en sus cercanías.

- 1) Materiales y yacimientos existentes.
- 2) Niveles de explotación.
- 3) Costos, ingresos.
- 4) Niveles de empleos e ingresos.
- 5) Tipos de enfermedades relacionadas con actividades mineras.
- 6) Contaminantes surgidas de estas explotaciones (del suelo, agua y atmosféricas).

## **5. Elementos del diagnóstico Socioeconómico**

La caracterización socioeconómica depende de los objetivos proyectados para el manejo de la cuenca. Los alcances del estudio socioeconómico pueden variar en su intensidad y número de variables. Pero en general se debe estudiar los siguientes aspectos:

### **5.1. Socioeconomía básica**

Este estudio es necesario para conocer las principales características socioeconómicas de la cuenca; lo cual puede ayudar una mejor planificación posterior de los recursos de la cuenca. Entre los múltiples datos que se pueden recopilar, se mencionan los siguientes:

- 1) Identificación de las fincas (jefes de familia, ubicación, tamaño, etc.)
- 2) Recursos de las fincas: Tierra, cultivos, ganadería, mano de obra, riego, prestamos, maquinaria, etc.)
- 3) Utilización de recursos: ( insumos, productos de la agricultura y ganadería, actividades generales dentro y fuera de la finca, consumo domestico.
- 4) Tendencia demográfica de la cuenca
- 5) Barreras para una tecnología innovadora (pobreza, falta de capacitación, extensión, incentivos, estímulos, etc.
- 6) Estabilidad de la agricultura (sistemas agrícolas tradicionales, ingresos, etc.)
- 7) tendencias de migración
- 8) visión de los agricultores sobre la conservación y desarrollo de la cuenca.

### **5.2. Estudio demográfico**

Se debe observar las tendencias del crecimiento de la población en la cuenca, a través de los siguientes indicadores

- 1) identificando sus necesidades de infraestructura,
- 2) suministro de mano de obra
- 3) necesidades de empleo de jóvenes, mujeres
- 4) tendencia del crecimiento de la población
- 5) migración
- 6) composición familiar
- 7) empleo

### **5.3. Estudio de propiedad de la tierra**

Este estudio tiene la finalidad establecer prioridades de conservación y desarrollo de las tierras.; y se lo hace con base a mapas y datos sobre la propiedad (catastros urbanos). La mayor parte de esta información puede encontrarse en oficinas de administración (municipios, juntas parroquiales y entidades locales de administración).

Además se puede elaborar un mapa de propiedad de las tierras, cuya finalidad será la planificación mas detallada y sectorizada en base a la tenencia de la tierra. En general se puede encontrar tierras publicas, tierras privadas, tierras de colonización, tierras arrendadas, entre otros tipos.

### **5.4. Sistemas de producción**

Debe orientarse a las capacidades, actitudes y limitaciones de los agricultores y a las acciones de los componentes de la agricultura, con la finalidad de recomendar las tecnologías apropiadas y las mejoras necesarias y aceptadas. A continuación se detalla los datos necesarios a recopilar de los tres principales sistemas de producción.

#### **5.4.1. Sistemas agrícolas**

- 1) Cultivos: esquema de rotación y asociación: especies involucradas, formas de asociación, forma de rotación, años de repetición.
- 2) Fecha y método de siembra.
- 3) Métodos de preparación y labranza.
- 4) Métodos de combate a malezas, plagas y enfermedades.
- 5) Tipos, fechas y volúmenes de plaguicidas utilizados.
- 6) Tipos, fechas, volúmenes de fertilizantes aplicadas.
- 7) Tipo de riego.
- 8) Calendario y volumen de riego.
- 9) Fertilización: tipo, insumos utilizados, volúmenes, calendario.
- 10) Fecha y método de cosecha.
- 11) Rendimientos medios.
- 12) Costos de producción.
- 13) Comercialización de la producción.
- 14) Precio medio rural.
- 15) Existen componentes forestales.
- 16) Tipo del componente forestal (cultivos en callejones, cortinas rompevientos, protecciones de terrazas, árboles frutales o de sombra aislados o en línea etc...).
- 17) Especies y densidad involucradas.
- 18) Niveles de explotación del componente forestal.
- 19) Rendimientos e ingresos.
- 20) Existe el componente pecuario.
- 21) especies involucradas.
- 22) calendarización de actividades pecuarias.
- 23) Rendimientos e ingresos.

#### **5.4.2. Sistemas pecuarios**

- 1) Especies involucradas.
- 2) Formas de explotación.
- 3) Calendarización de actividades.
- 4) Métodos de preparación y labranzas en áreas pecuarias.
- 5) Métodos de combate a malezas, plagas y enfermedades.
- 6) Tipos, fechas y volúmenes de plaguicidas utilizados.
- 7) Tipos, fechas, volúmenes de fertilizantes aplicados.
- 8) Tipo de riego.
- 9) Calendario y volumen de riego.
- 10) Fertilización: tipo, insumos utilizados, volúmenes, calendario.
- 11) fecha y método de cosecha.
- 12) Tipos y rendimientos medios de productos pecuarios.
- 13) Costos de producción.
- 14) Comercialización de la producción.
- 15) Precio medio rural.
- 16) Existen componentes forestales.
- 17) Tipo del componente forestal (cultivos en callejones, cortinas rompevientos, protecciones de terrazas, árboles frutales o de sombra aislados o en línea, cerco vivo, etc...).
- 18) Especies y densidad involucradas.
- 19) Niveles de explotación del componente forestal.
- 20) Rendimientos e ingresos.

#### **5.4.3. Sistemas forestales**

- 1) Especies involucradas.
- 2) Diversidad biológica, especies de sotobosque.

- 3) Fauna abundante, fauna rara: especies y densidad.
- 4) Formas, densidades de explotación.
- 5) Volumen y tipos de materiales extraídos (maderables y no maderables).
- 6) Comercialización.
- 7) Costos e ingresos.
- 8) Calendarización de actividades.
- 9) Métodos de preparación y labranzas en áreas forestales.
- 10) Métodos de combate a malezas, plagas y enfermedades.
- 11) Tipos, fechas y volúmenes de plaguicidas utilizados.
- 12) Tipos, fechas, volúmenes de fertilizantes aplicadas.
- 13) Viveros: tipos, localización, capacidad, especies que se manejan, institución que lo financia.
- 14) Sistemas disponibles de control y prevención de incendios.
- 15) Existen componentes agrícolas.
- 16) Tipo del componente agrícola y especies involucradas.
- 17) Fecha y método de siembra.
- 18) Métodos de preparación y labranza.
- 19) Métodos de combate a malezas, plagas y enfermedades.
- 20) Tipos, fechas y volúmenes de plaguicidas utilizados.
- 21) Tipos, fechas, volúmenes de fertilizantes aplicadas.
- 22) Tipo de riego.
- 23) Calendario y volumen de riego.
- 24) Fecha y forma de cosecha.
- 25) Rendimientos e ingresos.
- 26) Existe componente pecuario.
- 27) Especies y densidades.
- 28) Formas de explotación.
- 29) Tipo de material explotado, rendimiento, comercialización, costos y beneficios.

## **5.5. Organización y Desarrollo comunitario**

Permite recopilar información de las principales necesidades y prioridades de los campesinos. Este trabajo puede hacerse mediante visitas de campo, mediante reuniones y talleres con los integrantes de las comunidades inmersas en la cuenca.

Es necesario identificar el nivel de organización existente en la cuenca. Por ejemplo la existencia de organizaciones de segundo grado, asociaciones de producción, cooperativas, clubes, etc.

## **5.6. Instituciones y organizaciones**

El objetivo de este estudio, es conocer el marco institucional y organizativo que se desarrolla en el interior de la cuenca, así como también el marco externo que influye e interactúa con las organizaciones y los recursos naturales de la cuenca.

Entre los principales aspectos que se debe poner especial atención, se mencionan:

### **5.6.1. Presencia institucional**

Es necesario conocer la cantidad, tipos, mandatos y recursos de las instituciones públicas, privadas y comunitarias. Esta información puede ser presentada como el mapa institucional de actores involucrados en la cuenca. Con esta información se pueden identificar y priorizar las entidades y organizaciones que pueden apoyar y obstaculizar las acciones a implementarse en la cuenca.

Existen una variedad de criterios para analizar la presencia de instituciones. Entre algunas mencionamos que se puede dividir en función de la topología de las instituciones, así por ejemplo: se pueden encontrar, instituciones públicas, privadas, no gubernamentales, comunitarias, populares, clubes, etc. Otra forma de agrupar puede ser por sectores: sector ambiental, económico, socio-



organizativo, servicios básicos, riego, etc. También podemos utilizar el criterio de ubicación y actuación en la cuenca.

#### **5.6.2. Estructura jurídico-política**

Se relaciona con los mandatos legales y políticas que direccionan y legitiman a las instituciones que actúan en la cuenca. Además es indispensable conocer el marco normativo que ampara el uso, acceso y control de los recursos naturales.

#### **5.6.3. Gestión Institucional**

Se requiere información de cada una de las instituciones, de aspectos entre los que se mencionan:

- a) marco orientador (políticas, visión, misión y estrategias);
- b) capacidad (talentos humanos, metodologías, tecnologías, equipos, etc.)
- c) Credibilidad (proyectos, representatividad, etc.)

### **5.7. Infraestructura física**

#### **5.7.1. Infraestructura hidráulica**

Presas, canales, drenes, pozos, estaciones de bombeo de agua, plantas de tratamiento de aguas negras y para fines de potabilización, red de agua potable, red de desalojo y tratamiento de aguas negras, sistemas de riego instalados.

#### **5.7.2. Infraestructura de comunicación:**

- 1) Red de caminos, carreteras y autopistas.
- 2) Red ferroviaria; distancias a la próxima estación de la vía.
- 3) Pistas de aterrizajes, aeropuertos; y la distancia hacia las más cercanas.
- 4) Puertos y la distancia hacia el más cercano.
- 5) Red telefónica.

#### **5.7.3. Infraestructura industrial**

Ubicación, calificación y cuantificación respecto a niveles de producción, cantidad de empleos directos e indirectos, ingresos generados totales y retenidos en la región de todo tipo de industrias dentro y en las cercanías de la región del estudio. Pero también el tipo y la cuantificación de la real y posible contaminación con sus efectos ambientales y sociales.

#### **5.7.4. Zonas urbanas**

- 1) Cantidad de habitantes.
- 3) Infraestructura de comunicación (caminos, carreteras, ferrocarril, ríos, red de tendido eléctrico, teléfono).
- 4) Infraestructura social (cantidad y categoría de: médicos, hospitales, escuelas, policías, maestros, mercados, iglesias, cines, teatros, bibliotecas etc.).
- 5) Tipo de vivienda.
- 6) Infraestructura de servicios (red agua potable, drenaje, plantas potabilizadoras, plantas de tratamiento de aguas negras).
- 7) Huertos familiares, especies, volúmenes de producción, tipo de acomodamiento, comercialización, costos e ingresos.
- 8) Zonas verdes infraurbanas, zonas de esparcimientos, balnearios.

### **5.8. Información documental**

La información documental procederá de los últimos censos de población y vivienda, agrícola y ganadero, registrándola a nivel de comunidad, parroquia, municipio y provincia. La misma que consistirá en los siguientes temas:

Población

Ingreso  
Nivel de vida  
    Vivienda  
    Servicios  
    Instrucción escolar  
    Identidad cultural  
Ocupación  
Producción  
Tenencia y Usufructo de la tierra

La información se diferenciará además entre la que corresponde a la población rural y a la urbana, particularmente las poblaciones mayores de 5000 habitantes, para que los resultados globales no oculten la situación específica de la población rural.

Además, se consultará cartografía de localización y uso y tenencia del suelo.

## **5.9. Herramientas para la recopilación de datos.**

### **5.9.1. La entrevista**

Para obtener la información de los informantes se les entrevistará de acuerdo a una temática que deberá conocer plenamente el entrevistador, para tal efecto en el diseño de la investigación se definirá a qué tipo de informantes y sobre qué temas se les entrevistará en forma abierta o a través de un cuestionario.

La entrevista abierta recoge información que no se sujeta a un interrogatorio ya escrito, sino que se estructura a través de una plática en la que interactúa el entrevistador y el entrevistado y que orienta por medio de una guía que conoce el entrevistador. Por este medio se obtiene información cualitativa principalmente, que se registra en papel blanco y de preferencia después de la entrevista, para efecto de no inhibir su dinámica.

El contenido temático de los cuestionarios puede cumplir también la función de guía de entrevista abierta.

La entrevista a través de cuestionario se estructura por una cantidad de interrogantes determinada que se aplica de igual manera a todos los entrevistados. Generalmente se usa para los informantes de base.

### **5.9.2 Cuestionarios**

Una parte considerable de la información se puede recabar a través de cuestionarios, los cuáles deben concebirse solamente como un instrumento para recoger determinada información de una manera metódica y, por tanto, es totalmente susceptible de ser adecuado a la realidad en cualquier momento, particularmente en el curso de su aplicación. El diseño del cuestionario se adecua a situaciones generales, por consiguiente, las peculiaridades que tiene cada comunidad y cada informante deben tomarse en cuenta simultáneamente con la recolección de la información.

De esta manera, en un cuestionario habrá preguntas que en un momento determinado ya fueron respondidas implícitamente, pero, sobre todo, habrá múltiples preguntas que tendrán respuestas más amplias o que propiciarán a la vez otras que no están contenidas en el cuestionario.

### **5.9.3 Entrevista de grupo**

Se recabará información a grupos de personas reunidas, siguiendo la misma técnica de la entrevista abierta. Así también serán eventos en los que se sometan a discusión conclusiones preliminares del diagnóstico. Los informantes de estos grupos generalmente pueden tener alguno o varios vínculos comunes como su posición socioeconómica, sus actividades productivas, su condición de poseedores o no de la tierra, etc.

En las asambleas que se tenga participación, generalmente están presentes los distintos sectores de la población, en ellas igualmente se solicitará información con la misma técnica anterior o se discutirán conclusiones preliminares. La presencia de todos los sectores de la población es el elemento que le da una particularidad a este evento porque en él se pueden encontrar las posiciones unitarias o no con respecto da determinados planteamientos, que indican las tendencias para lograr consensos.

### **5.9.3. Observación directa**

La información que el personal de las instituciones obtiene a través de observar directamente los distintos hechos cotidianos de las comunidades resulta de gran valor y encuentra una gran fuente de datos a través de realizar recorridos de campo previos a todo el proceso de investigación para observar el asentamiento humano, los recursos naturales y productivos, así como las actitudes de los productores, y su forma de relacionarse entre sí en el trabajo, en las asambleas, ante las instituciones, etc.

El temario general puede ser útil como guía de observación directa y los datos obtenidos deben anotarse constantemente, inclusive los correspondientes a las comunidades que son previamente conocidas porque ratifica los datos que se tengan y además pueden agregar otros nuevos.

### **5.10. Registro de los datos**

El registro de los datos, tanto de fuente documental como de fuentes directas, se subdivide en dos tipos, los que describen o narran un hecho determinado y los que, interrelacionando distintos tipos de datos interpretan un hecho determinado y, por ende, le dan una explicación fundamentada en diversos datos.

El primer tipo de datos registrados son los más abundantes y de características simples, proceden de cualquier documento consultado, de cualquier informante o de la observación directa y son básicos para obtener todos los resultados posteriores.

Por consiguiente, el error o acierto en la obtención y registro de estos datos determinarán la validez o no del diagnóstico

El segundo tipo de datos, se nutren con los obtenidos en el primer nivel y, al analizarse, se obtiene una integración de los mismos que explica un fenómeno de mayor complejidad. La naturaleza de estos datos es dinámica, sujeta de transformaciones al interrelacionar nuevos datos. Su registro debe ocurrir a lo largo del proceso de investigación, aunque se concentra en el momento de analizar los datos ya ordenados, su interacción puede ser advertida desde el momento en que se van obteniendo los datos de tipo descriptivo o narrativo.

## 6. Análisis de la información

### 6.1. La sistematización de la información

**Información cuantitativa.-** Una parte considerable de la información será de carácter cuantitativo y se registrará en cuadros que indiquen los resultados referentes a cada familia, localidad, municipio, provincia y, finalmente, a cada microcuenca. Las principales cantidades absolutas deberán tener su equivalencia porcentual en torno a distintas escalas. Asimismo, dichos datos deberán exponerse en gráficas que muestren una composición estructurada de datos cuantitativos.

La información obtenida estructurará cada uno de los temas del diagnóstico y aportará elementos para nutrir simultáneamente otros temas y para contribuir a conformar conclusiones específicas.

**Información Cuantitativa.-** Esta información será presentada en tablas, figuras, analizadas con las respectivas proyecciones.

En los dos casos donde la información proceda de fuentes documentales es necesario citar su fuente específica.

La participación de la población local en el análisis de la información, debe ser una constante. Pues ellos son sensibles y conocedores de su medio ambiente, no solo en la obtención de la información, sino en su análisis, y en la detección de la problemática y en el diseño de alternativas.

Un aspecto estratégico en esta etapa, es la identificación de actores claves, con las cuales se debe trabajar en todo el proceso.

### 6.2. Elaboración de mapas y cuantificación

Se crea a partir de la información cartográfica disponible, fotografías aéreas e imágenes de satélite recientes y ajustes por recorridos de campo los siguientes planos, y se cuantifica cada unidad cartografiada en (ha), (Km<sup>2</sup>), (Km lineales)

#### (1) mapa base:

Contiene:

- 9) Escala: puede variar, según el tamaño del área de estudio; desde escalas 1: 100, 1: 500 000
- 10) Flecha del norte (puede tener el geográfico y el magnético por separado).
- 11) Cuadrícula Universal de Mercator.
- 12) Grados geográficos.
- 13) Infraestructura de comunicación básica: caminos, carreteras, ferrovías, canales, tendidos eléctricos importantes, oleoductos y gasoductos.
- 14) Ciudades, pueblos, aldeas, comunidades y caseríos.
- 15) Red hidrológica: ríos, arroyos, canales, drenes, lagunas, manantiales, etc.
- 16) Monumentos especiales en el terreno (iglesias, castillos, torres, etc.).
- 17) Límite del área de estudio.
- 18) Infraestructura de comunicación secundaria: tendido eléctrico menor, caminos de herradura, tendido telefónico.
- 19) Topografía.

A partir de este mapa se desarrollan todos los demás mapas:

#### (2) Mapa topográfico

Puede ser el plano base, si no se recarga la información en los demás planos temáticos. Este mapa debe contener:

- 1) lo mismo que el mapa base, mas
- 2) curvas de nivel (líneas isométricas)

La distancia de altura entre líneas depende de la escala y de la misma topografía del terreno, que no se ve recargado, pero que se nota toda la topografía del terreno ej. escala 1: 50 000 espaciamento entre líneas secundarias: 10 m, entre líneas principales: 50 m, si el terreno tiene pendientes muy fuertes, este espaciamento se duplica (c. 20 m secundarias, c. 100m principales).

- 3) Acotamiento: se pone la acotación con cierta frecuencia sobre las curvas de nivel, con preferencia en el sitio donde sale del límite del estudio, levantado en el terreno, para que se vea la dirección de la pendiente.
- 4) Acotamiento de cimas importantes (al menos del punto más elevado de todo el área de estudio) y presas o salidas de cuencas hidrológicas (punto más bajo del área de estudio).

### (3) Mapa de pendientes

Se forman grupos de pendientes, dependiendo del enfoque del estudio y de la escala. Para fines de riego en partes planas los grupos de pendientes son más pequeños y finos, que en terrenos ondulados o escarpados, donde el fin es la conservación de suelos. Este mapa debe contener:

- 1) Lo mismo que el mapa base.
- 2) Límites de los grupos que pertenecen a cierto rango de pendientes.
- 3) Simbología o color de cada unidad.

ejemplo: para la cuenca Valle de Bravo, escala 1: 50 000

| Rango de pendiente | de interpretación | Código | Color          |
|--------------------|-------------------|--------|----------------|
| 0 - 1 %            | plano             | (s00)  | blanco         |
| 1 - 5 %            | semitplano        | (s03)  | amarillo claro |
| 5 - 15%            | suave             | (s10)  | beige          |
| 15 - 30%           | p. media          | (s20)  | naranja        |
| 30 - 50%           | p. alta           | (s40)  | Rojo           |
| 50%                | escarpado         | (s70)  | violeta        |

Los grupos de pendientes se obtienen midiendo la distancia entre las curvas de nivel en el plano, si caben en un cierto rango, esta área pertenece a cierto rango de pendientes. Con el sistema de Información geográfica se convierte cualquier plano de isolíneas en un plano de grupos de pendientes.

### (4) Mapa climatológico

Este mapa solamente tiene importancia si el área de estudio es muy grande (10 000 Km<sup>2</sup>), y presenta grandes variaciones climatológicas, este debe contener:

- 1) Lo mismo que el mapa base.
- 2) Isoyetas medias anuales.
- 3) Isotermas medias anuales.
- 4) Fenómenos especiales de interés, (áreas con ninguna, baja, mediana y segura probabilidad de heladas, granizadas, tormentas eléctricas, o mayores intensidades de precipitación).

### (5) Mapa de límites administrativos

Aquí se presentan todo tipo de límites administrativos: provinciales, estatales, municipales, comunales, propiedades particulares etc. Es conveniente que el mapa base sobre el cual se vacía tal plano sea un mapa topográfico, para facilitar la ubicación de los límites en el campo y contiene:

- 1) Lo mismo que el plano topográfico.
- 2) Todo tipo de límites administrativos.
- 3) Explicación de cada tipo de línea.
- 4) Explicación de cada unidad a que pertenece.

#### (6) Mapa de hidrología superficial

Este mapa debe contener:

- 1) Lo mismo que el plano topográfico.
- 2) Red hidrológica completo, a detalle.
- 3) Límites de parte-aguas de múltiples cuerpos de agua (cuencas, subcuencas y microcuencas).
- 4) Nombre o simbología de cada cuerpo de agua que forma una microcuenca.

#### (7) Mapa de hidrología subterránea

- 1) Esto se requiere solamente si se quiere resolver una problemática especial, donde intervienen los acuíferos. Aquí tenemos planos de Isobatas (líneas de igual altura s.n.m. de acuíferos), Isalobatas (Líneas de igual pendiente entre isobatas) etc.

#### (7) Mapa Edafológico

Puede tener áreas con series, clases, unidades, o grupos de suelos, según la información disponible. Debe estar acompañado de información básica sobre textura y perfil medio, característica de cada unidad, además de información sobre la presencia o no de problemas especiales, como son:

- 2) Inundabilidad, -niveles freáticos altos.
- 3) Salinidad, -sodicidad.
- 4) Fases líticas, -pedregosidad.
- 5) Erosión visible (terrenos ya erosionados o surcados con cárcavas).

#### (9) Mapa del Uso Actual del Suelo

Este mapa debe contener:

- 1) Fecha, que representa.
- 2) Lo mismo que el plano base.
- 3) Unidades con idéntico uso del suelo.
- 4) Ecosistemas idénticos.

#### Ejemplo:

| Uso del suelo                   | simbología | presentación en color            |
|---------------------------------|------------|----------------------------------|
| Urbano                          | U          | blanco, c. negro p. casas        |
| Agrícola                        | A          | Rojo                             |
| Agrícola temporal               | At         | Rojo                             |
| Agrícola de riego               | Ar         | Violeta                          |
| Agrícola con terrazas           | ArT        | violeta más oscura o más azulada |
| Agroforestal                    | AF         | rosa c. puntos verdes            |
| Frutícola                       | Fa         | verde claro c. puntos rojos      |
| Plantación no frutícola         | Fb         | verde osc. c. puntos rosas       |
| Pecuario                        | P)         | Amarillo                         |
| Pastizal cultivado              | Pc         |                                  |
| Pastizal inducido               | Pi         |                                  |
| Pastizal natural                | Pn         |                                  |
| Sabana                          | S          |                                  |
| Sistema silvopastoril cultivado | Ssc        |                                  |
| Vegetación xerófita             | Vx         |                                  |
| Matorral, chaparral             | M          |                                  |
| Selva baja caducifolia          | Sbc        |                                  |
| Selva media subperennifolia     | Sms        |                                  |
| Selva alta perennifolia         | Sap        |                                  |
| Pantano, zona inundable,        | P          |                                  |
| Manglares                       | M          |                                  |
| Cuerpos de agua contaminadas    | Cac        |                                  |
| Cuerpos de agua limpio          | Cal        |                                  |
| Terrenos erosionadas            | Te         |                                  |

Si se tiene un área de estudio predominantemente boscosa y se requiere calificar la calidad de las diferentes regiones boscosas, se les puede asignar números:

- ej. F3 excelente calidad  
F2 buena calidad  
F1 media calidad  
F0 mala calidad

Lo mismo se puede hacer para calificar áreas de praderas o agrícolas.

Este mapa puede tener diferentes fechas. Puede haber un plano de uso de suelo ya obsoleto. Por lo tanto es indispensable la asignación de la fecha en que se tomó el uso del suelo del mapa

### **(10) Mapa de Importancia ecológica**

Este mapa se elabora solamente para fines determinados. Para su elaboración se codifica 1 letra y 2 cifras:

#### **Letra: ecosistema**

- A = agricultura de temporal (rojo)  
D = desierto (blanco)  
E = zonas erosionadas (blanco)  
F = Bosques y selvas (verde)  
H = hidrófitas (pantanos) (azul marino)  
K = frutales, plantaciones forestales intensivas, sistemas agroforestales (verde c. puntos rojos)  
M = manglares (azul c. puntos verdes)  
P = praderas (pastizales, estepas, sabanas, tundras) (amarillo)  
R = agricultura de riego (violeta)  
U = zonas construidas o urbanas (café)  
W = cuerpos de agua permanente (azul cielo)  
X = vegetación semidesértica (xerófitas, cactáceas) (verde olivo)

#### **Cifra 1: importancia climatológica, hidrológica o para detener la erosión**

- 0 = ninguna importancia  
1 = baja importancia para detener la erosión  
2 = baja importancia hidrológica y climatológica  
3 = media importancia para detener la erosión  
4 = media importancia hidrológica y climatológica  
5 = alta importancia para detener la erosión  
6 = alta importancia hidrológica y climatológica  
9 = alta importancia para todo

#### **Cifra 2: importancia como almacén de información genética (hábitat para especies en peligro de extinción y para especies con alto potencial de utilidad) y grado de diversidad biológica**

- 1 = ninguna importancia, baja diversidad biológica  
2 = baja importancia p. ambos, media diversidad biológica  
3 = alguna importancia p. uno o ambos, baja diversidad biológica  
4 = baja importancia p. especies en peligro de extinción, alta importancia p. especies con potencial útil, media diversidad biológica  
5 = baja importancia p. especies en peligro de extinción, alta importancia p. especies con potencial útil, alta diversidad biológica  
6 = alta importancia p. especies en peligro de extinción, baja importancia p. especies con potencial útil, media diversidad biológica  
7 = alta importancia p. especies en peligro de extinción, baja importancia p. especies con potencial útil, alta diversidad biológica  
8 = alta importancia p. ambos grupos de especies, alta diversidad biológica

**ejemplos:**

(A00) = Agricultura, sin ninguna importancia ecológica

(A02) = campo agrícola, que es hábitat de alguna especie de interés

(F90) = bosque, tiene importancia grande hidrológico, climatológica y para detener la erosión, pero ninguna importancia como almacén genética, y baja diversidad biológico;

(F94) = bosque: tiene baja importancia para especies en peligro de extinción pero alta importancia p. especies con potencial útil (plantas medicinales, madera) y muy alta diversidad biológica

(F99) = quizás una selva alta perennifolia, importantísimo en todos los aspectos

### **6.3 Creación de mapas secundarios a través de la sobreposición de mapas**

También aquí se cuantifica las unidades resultantes

#### **(11) Mapa de la dinámica del uso del suelo**

Se obtiene por la sobreposición de mapas del uso actual del suelo (8), que representan diferentes fechas. Así se puede ver el cambio en el uso del suelo que se ha dado durante esta época de diferencia, contiene:

- 1) Lo mismo que el plano base.
- 2) Áreas afectadas con cambios de uso.
- 3) Clasificación correspondiente (reforestación, deforestación, conversión de pastizales en agricultura, expansión de zonas de riego, expansiones urbanas etc.)

#### **(12) Mapa de Ajuste de unidades edafológicas**

Este se obtiene por la sobreposición del mapa edafológico (7) con el mapa de pendientes (3), obteniendo unidades edafológicas ajustadas, que representan además del tipo (clase o serie) del suelo, también el grupo de pendiente a que pertenece, contiene:

- 1) Lo mismo que el mapa base.
- 2) Unidades edafológicas, que incluyen grupos de pendientes.

#### **(13) Mapa de Unidades Ambientales**

##### **(Uso de suelo/ Edafología/ Pendiente)**

Este plano se obtiene sobreponiendo el plano del "uso actual del suelo" (8) más reciente sobre el plano "Ajuste de unidades edafológicas" (12), que incluye los grupos de pendientes.

Se pueden resaltar todas las áreas agrícolas sobre suelos marginales y pendientes mayores, como áreas problema, donde se requiere intervención, con Conservación de Suelos.

Estas áreas requieren un estudio más detallado sobre suelos, sistemas productivos; este mapa contiene:

- 1) Lo mismo que el plano base.
- 2) Unidades ambientales (áreas de igual pendiente, serie o clase de suelo, y uso actual).
- 3) Clasificación.

#### **(14) Mapa de Unidades ambientales clasificadas**

Si la información es muy compleja y aparece sobrecargado llevamos a cabo una clasificación simplificando la información: Se clasifica las unidades ambientales según su aptitud:

ej.

(A0) = todas las zonas agrícolas sin terrazas en pendientes superiores a los 30%

(A1) = todas las zonas agrícolas sin terrazas en pendientes entre 15 y 30 %

(A2) = todas las zonas agrícolas sin terrazas en pendientes entre 5 y 15 %

(A3) = todas las zonas agrícolas con pendientes inferiores a los 5%.

(AT) = todas las zonas agrícolas con terrazas o otros dispositivos eficientes de conservación, independiente de la topografía.



### **(15) Mapa de Unidades Ambientales con Unidad Administrativa**

Se sobrepone cualquiera de los dos mapas "Unidades Ambientales"(13 o 14) sobre el mapa con las unidades administrativas (4).

Se puede ver cual es la unidad administrativa más afectada. Muchas veces las causas son de origen de políticas ambientales equivocadas, y se concentran ciertos fenómenos en ciertas entidades administrativas, esto se puede detectar muy bien con este mapa.

### **(16) Mapa de Unidades Ambientales con Hidrología superficial**

Se sobrepone el mapa "unidades Ambientales" (13) sobre el plano de "Hidrología superficial" (5).

Se ve la relación de cada unidad problema, y cuales son las microcuencas más afectadas. Puede ayudarnos para determinar las microcuencas prioritarias para la intervención

### **(17) Plano de Unidades Ambientales - Dinámica del uso de suelo**

Se sobrepone el plano (13) con el plano (10).

Sirve para ver la política ambiental de la región reciente, además deja ver tendencias, si no se interviene.

Este mismo plano efectuado con planos "Uso Actual del Suelo" (8) con fechas de antes y después de nuestra intervención, se puede evaluar el resultado de nuestro trabajo.

## **6.4. Elaboración de un mapa de calidad de agua y contaminación**

Después de haber hecho la identificación de fuentes contaminantes para el agua, tanto puntuales (descargas), como de área (plaguicidas), se cartografía esta información en el siguiente plano:

### **(18) Mapa de calidad del agua y de la Contaminación**

Este mapa contiene:

- 1) Areas que reciben periódicamente tratamientos con plaguicidas si hay la información disponible, se puede diferenciar por calidad y cantidad.
- 2) Tipos y niveles de contaminación de los diferentes cuerpos de agua.
- 3) Puntos de descarga de aguas negras.
- 4) Sitios de depósitos de desechos sólidos (oficiales, clandestinos y donde se acostumbran desarrollarse en forma espontánea).
- 5) Sitios de descargas atmosféricas (chimeneas importantes).

#### **Ejemplos de cuerpos de agua:**

| <b>Niveles de contaminación de agua</b>                                               | <b>Código</b> | <b>Color en el mapa</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------------|
| Limpio                                                                                | (O)           | (azul cielo)            |
| Contaminación Urbano Ligero                                                           | (U1)          | (Verde)                 |
| Contaminación urbano fuerte                                                           | (U2)          | (amarillo)              |
| Contaminación urbano-industrial ligero                                                | (UI1)         | (naranja)               |
| Contaminación urbano-industrial fuerte                                                | (UI2)         | (rojo)                  |
| Contaminación agrícola (plaguicidas), como urbano- industrial.                        |               |                         |
| Contaminación agrícola (fertilizantes y por actividades pecuarios), como urbano pura. |               |                         |

## Áreas agropecuarias

| Niveles de utilización de contaminantes       | Código | Color en el mapa |
|-----------------------------------------------|--------|------------------|
| Sin plaguicidas                               | (A)    | (amarillo)       |
| Con pocos plaguicidas, y de poca residualidad | (Az1)  | (naranja)        |
| Con muchos plaguicidas                        | (Az2)  | (rojo)           |
| Con plaguicidas de alta residualidad          | (Az3)  | (violeta)        |

### 6.5. Formulación de un mapa de acciones prioritarias

#### (19) Mapa de Acciones de intervención en la cuenca

Se crea un mapa de intervención, donde se localizan paquetes de actividades y prácticas de conservación recomendadas, incluyendo obras, y se asignan a cada una un valor de urgencia, según la gravedad de la problemática en base a los mapas (12) y (13). Este mapa contiene:

- 1) Lo mismo que el plano base.
- 2) Áreas con los mismos paquetes de obras y actividades recomendadas.

Este mapa esta acompañado de un documento que explica cada paquete.

Se inicia con la calendarización de estas actividades, concentrándose al inicio en áreas, donde la problemática sea grave, pero remediable en corto tiempo con poca inversión, mientras las áreas que requieren inversiones mayores se dejan para el mediano plazo, hasta que se obtienen mayores involucramientos de la participación de la población local.

### 6.6. Creación e interpretación de Climadiagramas

Si no están creados los climadiagramas, se necesitará hacerlos. Se requiere de cada estación climatológica dentro del área y de las áreas vecinas sus climagramas. Se tiene que calcular las medias decenales (10 días), mensuales y anuales de:

- 1) Precipitación.
- 2) Temperatura.
- 3) Cantidades de días con precipitación.
- 4) Cantidades de días con heladas (donde la temperatura mínima diaria es inferior a + 4 C, medidas en la caseta estándar).

Además se tiene que calcular la desviación media de cada fenómeno que ocurre en cada año, para cada unidad de tiempo. Esto es muy importante para determinar y calendarizar casi todas las actividades agrícolas, pecuarias y forestales.

## 7. Problemática y deterioro general de la cuenca

Una vez culminada la etapa del diagnóstico, el siguiente paso será la de analizar el estado actual de la cuenca. Vale la pena aclarar que en algunas ocasiones esta actividad se va construyendo en forma paralela a la ejecución del diagnóstico. Sin embargo por fines metodológicos se la presenta con una etapa contigua.

Una de las técnicas más usadas para este fin es el Análisis de problemas (Planificación de Proyectos Orientada a Objetivos; Método ZOPP ZielOrientierte ProjektPlanung) El mismo que es conjunto de técnicas usadas para:

- Analizar la situación en relación a un problema
- Identificar los problemas principales en este contexto
- Definir el problema central en la situación
- Visualizar las relaciones de causa y efecto en el Arbol de Problemas

El árbol de problemas es una técnica que se emplea para identificar una situación negativa (problema central), la cual se intenta solucionar mediante la intervención del proyecto utilizando una relación de tipo causa-efecto.

Se debe formular el problema central de modo que sea lo suficientemente concreto para facilitar la búsqueda de soluciones, pero también lo suficientemente amplio que permita contar con una gama de alternativas de solución, en lugar de una solución única.

Uno de los errores más comunes en la especificación del problema consiste en expresarlo **como la negación o falta de algo**. En vez de ello, el problema debe plantearse de tal forma que permita encontrar diferentes posibilidades de solución. Un problema no es la ausencia de su solución, sino un estado existente negativo

Ejemplos mal formulados

- No existe un generador local de energía eléctrica.
- Falta de programas de educación inicial.

Ejemplos correctamente formulados

- Limitada provisión de energía eléctrica durante el día.
- Bajo rendimiento de los niños y niñas en los primeros años de educación primaria

Luego de haber sido definido el problema central motivo del proyecto, se debe determinar tanto las causas que lo generan como los efectos negativos que este produce para luego interrelacionar de una manera gráfica a estos tres componentes.

Una técnica adecuada para determinar las causas y efectos, una vez definido el problema central, es la **lluvia de ideas**. Esta técnica consiste en hacer un listado de todas las posibles causas y efectos del problema que surjan luego de haber realizado un diagnóstico sobre la situación que se quiere ayudar a resolver. Luego de ello, se procederá a depurar esta lista inicial para finalmente organizar y jerarquizar cada uno de sus componentes bajo una interrelación causa-efecto. En esta parte del trabajo se debe contar con el apoyo de literatura y estadísticas, así como un diagnóstico del problema y la experiencia de proyectistas o expertos en el tema.

El proceso para la elaboración de un árbol de problemas, es el siguiente: y la representación grafica se presenta en la figura 17.

- Paso 1 Identificar los principales problemas con respecto a la situación en cuestión
- Paso 2 Formular en pocas palabras el problema central
- Paso 3 Anotar las causas del problema central
- Paso 4 Anotar los efectos provocados por el problema central
- Paso 5 Elaborar un esquema que muestre las relaciones de causa y efecto en forma de un Arbol de Problemas
- Paso 6 Revisar el esquema completo y verificar su lógica e integridad

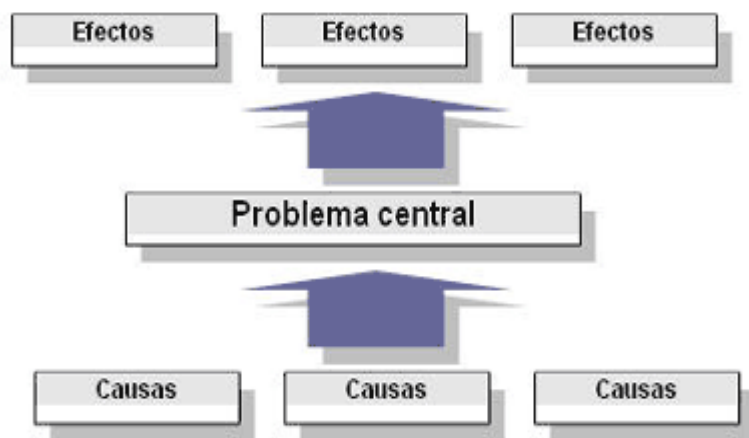


Figura 17. Representación grafica del árbol de problema

## Parte II.

# Planificación de cuencas hidrográficas

## 1. Marco conceptual del manejo de cuencas hidrográficas

### 1.1. Antecedentes del manejo de cuencas en el Ecuador

En el Ecuador y en general en la mayoría de los países latinoamericanos el manejo de cuencas ha estado dirigido a enfrentar los problemas de suministro de agua para generación de energía eléctrica, alimentación de acueductos y en menor proporción para el riego de cultivos de exportación; pero se le ha dado poca importancia al manejo integrado de los recursos de la cuenca, acciones que han ocasionado la migración de la población de las vertientes, pues no existen las condiciones que les permitan mejorar su calidad de vida y de los recursos naturales.

Entre uno de los principales factores que han determinado los problemas que afectan actualmente al manejo de cuencas del país es precisamente su diversidad de condiciones ambientales, aspectos que han implicado, a realizar una multiplicidad de estudios con enfoques individualizados para cada cuenca. Así, hay cuencas en las que la demanda de agua ha superado las disponibilidades naturales (subcuencas andinas del río Pastaza), mientras que hay otras que con un franco exceso de agua (Cuenca del Río Guayas) están sujetas a una enorme depredación de los recursos forestales. Así también existen cuencas sujetas a constantes inundaciones (Cuenca del río Guayas) mientras otras son afectadas por intensos procesos erosivos (subcuencas altas del río Jubones).

Dentro de este contexto, el deterioro de los sistemas hidrográficos del país es evidente; en general están afectados por altos grados de deforestación y destrucción de la cubierta vegetal, por intensos procesos erosivos, por elevados índices de contaminación del agua y del suelo, por destrucción masiva de sistemas ecológicos enteros (caso de los manglares, bosque seco tropical, bosque montano alto interandino), y en general por una sobre explotación de sus recursos.

Dentro de este panorama, en el país no se ha emprendido una Gestión Integrada de las Cuencas, a lo mucho se ha llegado a una deficiente administración de los recursos hídricos y en algunos casos al desarrollo de proyectos con fines de planificación del uso del suelo y conservar las fuentes de captación del recurso hídrico, proyectos en muchos casos con enfoques sectoriales especialmente en proyectos relacionados a los aprovechamientos hidráulicos.

Factores de orden político, conceptual, legal y administrativo han impedido que las cuencas hidrográficas sean gestionadas en forma coordinada e integrada, pese a haberse creado mediante Decreto Ejecutivo No. 1111 de 20 de agosto de 1982, la “**Comisión Nacional Permanente para la Protección y Manejo de las Cuencas Hidrográficas** CONAPCHID”, cuyos objetivos eran coordinar con los diferentes organismos del Estado el manejo de las cuencas hidrográficas. En general se puede decir que no ha habido una institucionalización de esta actividad, dándose paso a acciones independientes y espontáneas, efectuadas por diversas instituciones que se relacionan con estas áreas.

### 1.2. Enfoques del manejo de cuencas

El manejo de cuencas ha tenido los siguientes enfoques:

#### 1.2.1. Gestión integral de cuencas

La gestión integral de cuencas es el manejo integrado de los recursos naturales, tomando como unidad de gestión la cuenca hidrográfica, articulando aspectos sociales, biofísicos, económicos con el fin de lograr el crecimiento económico, equidad y sostenibilidad ambiental.

También se define a la gestión ambiental de una cuenca hidrográfica como al conjunto de programas, proyectos y obras y acciones que, a partir de las distintas necesidades y realidades sociales, culturales

y económicas de la comunidad que la compone, asegure que la calidad de los servicios y usos provistos por un dado sistema de aprovechamiento del recurso, satisfaga los presentes objetivos de la comunidad, sin comprometer la capacidad del sistema para satisfacer las necesidades de las futuras generaciones

Otro enfoque, manifiesta que la gestión de cuencas, es el proceso en la direccionar acciones coordinadas que el hombre realiza considerando su efecto en el sistema natural formado por dicha cuenca y en la dinámica de dicho sistema

### **1.2.2. Planificación de cuencas hidrográficas**

Planificación, es un proceso de toma de decisión de tipo político, social, tecnológico y ambiental; el cual, dentro de la estrategia de participación de la sociedad y de acuerdo a un esquema metodológico deberá establecer las mejores alternativas de aprovechamiento, manejo y conservación de los recursos naturales renovables.

La planificación de cuencas hidrográficas, es el proceso de formular y aplicar un conjunto de operaciones y acciones de acuerdo con los problemas y a la situación actual en que se desenvuelve la cuenca para cumplir con los objetivos propuestos.

### **1.2.3. Manejo de cuencas hidrográficas**

Se la define como la gestión que el hombre realiza en forma integral para aprovechar y proteger los recursos naturales que le ofrecen, con el fin de obtener una producción óptima y sostenida.

De esta definición se aprecia que el manejo de cuencas integra muchas disciplinas del quehacer del hombre, cuya importancia relativa dependerá de las condiciones y características de cada cuenca.

De manera que la base del manejo de cuencas, está sustentada en la acción que el hombre desarrolla en cuanto a la utilización de los recursos naturales existentes en la cuenca, con una adecuada labor de educación, extensión y mecanismos de coordinación institucional y comunal.

Es importante indicar que el manejo de cuencas involucra el ordenamiento territorial y el manejo de los recursos naturales en forma integral, entendemos por lo tanto, que al hablar de manejo de cuencas estamos hablando de desarrollo sostenible.

### **1.2.4. Ordenación de cuencas hidrográficas**

Proceso de formulación y ejecución de un sistema de acción, que incluye el manejo de los recursos de una cuenca para la obtención de bienes y servicios, sin afectar los recursos de suelo e hídricos.

## **1.3. Definición del manejo de cuencas**

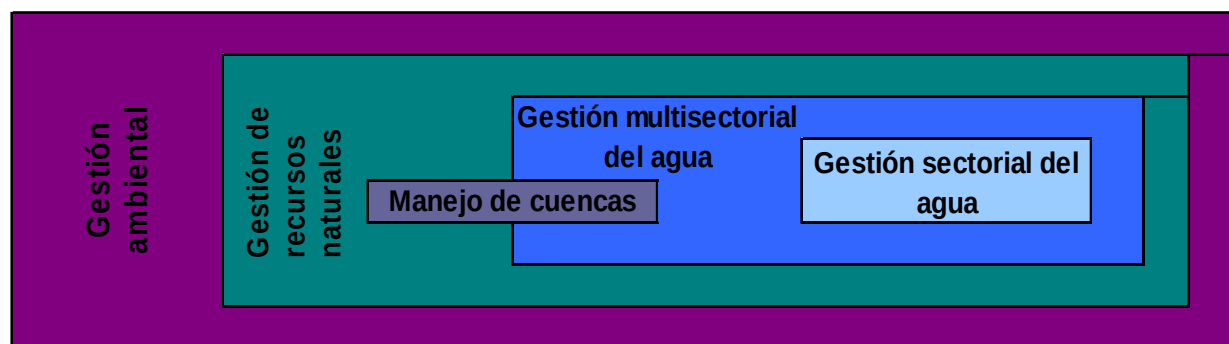


Figura 1. Niveles de gestión de los recursos naturales.

La definición del manejo de cuencas ha evolucionado a través del tiempo y en los diferentes países y estas definiciones han respondido a las realizadas de cada una de ellas. En la actualidad las definiciones mas aceptadas son las siguientes:

***“La formulación y aplicación en toda la cuenca hidrográfica, tanto aguas abajo como aguas arriba, de un conjunto integrado de acciones en la búsqueda del desarrollo sostenible, minimizando los efectos ambientales negativos sobre el recurso hídrico que la población utiliza aguas abajo”.***

***EL Manejo integral de cuencas, son el conjunto de esfuerzos tendientes a identificar y aplicar opciones técnicas, socioeconómicas y legales, que establecen una solución a la problemática causada por el deterioro y mal uso de los recursos naturales renovables, así como de las cuencas hidrográficas, para lograr un mejor desarrollo de la sociedad humana inserta en ella y de la calidad de vida de su población.***

#### **1.4. Tipos de manejo de cuencas**

El manejo de cuencas presenta varias topologías, según las realidades presentes en las cuencas, según las realidades de los diferentes países y varía en función de los objetivos del manejo propuesto.

Las variantes en los tipos de manejo son respuestas técnicas e institucionales dadas por los países a sus propias circunstancias específicas, de acuerdo a las condiciones naturales, al patrón de uso de la tierra, al marco institucional y político y en general a su nivel de desarrollo.

Los tipos más importantes de tipos de manejo de cuencas se describen a continuación:

Manejo hidrológico forestal de vertientes

Manejo agrohidrológico conservacionista

Sistematización hidráulica forestal o control de torrentes

Manejo integral de cuencas

##### **1.4.1. Manejo hidrológico forestal de vertientes**

Se aplica a cuencas pequeñas, forestales, montañosas, predominantemente estatales, presión baja en vertientes. Se implementa acciones orientadas hacia un manejo forestal de las vertientes con fines hidrológicos.

Los objetivos principales que se persiguen son los siguientes:

- g)** mantener la función protectora del bosque,
- h)** controlar la erosión y los daños por crecidas,
- i)** mantener o aumentar el rendimiento hídrico dentro de la mejor calidad de agua y de los otros recursos de la cuenca y aprovechar racionalmente el bosque.

Este tipo de manejo se aplica principalmente en países desarrollados, como Estados Unidos, y países de Europa.

##### **1.4.2. Manejo agro-hidrológico conservacionista**

Se aplica en cuencas pequeñas, de colinas, privadas, agrícolas y empresariales, ha sido desarrollada por el Servicio de Conservación de suelos de los Estados Unidos. Este tipo de manejo toma impulso cuando aumenta la presión demográfica y el uso agropecuario en vertientes.

##### **1.4.3. Sistematización hidráulica forestal o control de torrentes**

Desarrollado en Francia. Luego en Austria e Italia, principalmente para controlar los deshielos, pero después se extendió a zonas que requerían de corrección de causas y taludes. Se aplica en cuencas pequeñas, de montaña, de torrente, con bosque degradado y baja presión antrópica en vertientes.

#### **1.4.4. Manejo integral de cuencas**

Se aplica en cuencas pequeñas, de torrentes (montaña alta y media), con bosque degradado o eliminado, tenencia privada, minifundio y fuerte presión antrópica.

Los objetivos que persigue el manejo integral de cuencas son:

- j)** mejorar el nivel socioeconómica de su población
- k)** mantener y/o mejorar la calidad, cantidad y régimen del recurso hídrico
- l)** disminuir los daños por sedimentos y crecidas torrenciales a la infraestructura, residencias, cultivos, etc.
- m)** contribuir a la conservación de los recursos naturales en el área.

#### **1.5. Estrategias para un manejo integral de cuencas**

- Promover un enfoque dinámico, interactivo y multisectorial de la ordenación de los recursos hídricos, incluidas la protección y la determinación de posibles fuentes de abastecimiento de agua, que abarque consideraciones tecnológicas, económicas y ambientales.
- Planificar la utilización, protección, conservación y ordenación sostenibles y racionales de los recursos hídricos con arreglo a las necesidades y prioridades de la colectividad dentro del marco de la política de desarrollo económico nacional.
- Elaborar, aplicar y evaluar proyectos y programas que sean tanto económicamente eficientes como socialmente adecuados dentro de unas estrategias definidas con claridad y basadas en un enfoque de plena participación de la sociedad, incluida la de la mujer, la juventud, las poblaciones indígenas y las comunidades locales en las medidas y decisiones sobre la ordenación de agua.
- Determinar y fortalecer o implantar, según sea necesario, en particular en los países en desarrollo, los mecanismos institucionales, jurídicos y financieros adecuados para lograr que la política sobre los recursos hídricos y su ejecución sean un catalizador del progreso social y el crecimiento económico sostenible

#### **1.6. Limitantes del manejo de cuencas.**

El manejo sostenible de las cuencas hidrográficas requiere el estudio cuidadoso de cuestiones científicas y técnicas, así como de factores socioeconómicos de las estructuras institucionales, el apoyo comunitario, los marcos legislativos y reglamentarios y los instrumentos económicos que influyen esencialmente en el uso que hacen los seres humanos de los recursos naturales. Muchas de las intervenciones técnicas que se requieren en las tierras altas, tales como la silvicultura sostenible, los sistemas agroforestales, y las prácticas de conservación de suelos y agua, son muy conocidas y se reconocen sus beneficios.

Si bien la enumeración de los impedimentos y limitaciones al manejo sostenible de las cuencas hidrográficas es extensa, en el presente documento destacamos tres que se consideran vitales:

- 1) la valoración inadecuada de los servicios ambientales que prestan las cuencas hidrográficas;
- 2) la falta de atención a los problemas socioeconómicos que fomentan el círculo vicioso de la pobreza, el medio ambiente degradado y la vulnerabilidad a los desastres naturales (por ejemplo, la política de tenencia de la tierra y los incentivos económicos inapropiados para adoptar mejores prácticas agrícolas y de uso de la tierra; la participación pública que garantice la ejecución eficaz de los planes de manejo).
- 3) la estructura institucional inapropiada que sirve de apoyo al manejo de las cuencas hidrográficas y a las prácticas adecuadas de uso de la tierra, y, lo que es más importante,

A continuación se analizan a mayor detalle cada uno de estas limitaciones:



### **1.6.1. La subvaloración de los servicios ambientales**

En los niveles locales y comunitarios, repetimos, no suele comprenderse, y muchos menos valorarse, la relación que existe entre las partes altas y bajas de las cuencas hidrográficas, ni los servicios que brinda el manejo de cuencas. Por ejemplo, los más interesados no han logrado relacionar los beneficios que entraña la protección de la cuenca hidrográfica con un mejor suministro de agua porque la mayoría de las personas no saben de donde proviene el agua que consumen ni cómo las puede afectar lo que sucede en la cuenca alta.

Por lo general, al manejo sostenible de las cabeceras de las cuencas se le asigna una prioridad relativamente baja en comparación con los supuestos beneficios mayores y más inmediatos que pueden lograrse con las inversiones económicas en las cuencas bajas, tales como la irrigación para la agricultura de exportación, la camaronicultura y el desarrollo turístico. Los formuladores de políticas, los inversionistas y otros interesados suelen hacer caso omiso de los servicios ambientales cruciales y los beneficios económicos que produce un buen manejo de las cuencas altas, tanto para la salvaguarda de las poblaciones y las inversiones económicas y sociales en las cuencas bajas, así como en el aseguramiento de otros servicios esenciales tales como el abastecimiento y protección de las fuentes de agua y la regulación del clima.

Un enfoque sistémico de la valoración de las diversas funciones de las cuencas hidrográficas puede ayudar a los planificadores a comprender mejor las ventajas y desventajas relativas de las diversas opciones para el empleo de las cuencas hidrográficas. Para que tengan la mayor utilidad, las valoraciones deben reflejar la mayor cantidad posible de los bienes y servicios de la cuenca, y deben reflejar cómo dichos bienes y servicios son aprovechados tanto por los hombres como por las mujeres, los ricos y los pobres.

Los beneficiarios de las cuencas bajas deben contribuir a la protección de las cuencas altas. A continuación mencionamos algunos ejemplos de dicha contribución. En Quito, Ecuador, el uno por ciento de los pagos por uso de las aguas se está dedicando a financiar proyectos para la conservación y el manejo de las cuencas hidrográficas que suministran agua a la ciudad para consumo doméstico e industrial. Asimismo, en Colombia, la Autoridad Hídrica de Bogotá brinda fondos para el manejo del Parque Nacional de Chingaza para proteger la principal cuenca de la ciudad. En el estado brasileño de Paraná, el cinco por ciento de la recaudación proveniente del impuesto sobre las ventas se asigna a los municipios donde se encuentran las fuentes de suministro de agua para que se emplee en la protección de dichas fuentes. En Costa Rica, algunos propietarios de tierras reciben recompensa por sus esfuerzos de reforestación como reconocimiento por el servicio de regeneración de las aguas que brindan los árboles. En El Salvador, el BID está apoyando una actividad de manejo de la cuenca del cauce superior del río Lempa para hacerle frente a los problemas de sedimentación en esa cuenca que están afectando la producción energética en la mayor instalación hidroeléctrica del país. Además, tras el paso de Mitch, el sector privado de Honduras está apoyando la reconstrucción de algunas instalaciones de producción camaronícolas que resultaron dañadas por la tormenta, incluido financiamiento para elementos de la restauración de la cuenca alta.

El tamaño de las cuencas hidrográficas va desde las cuencas fluviales internacionales que cubren miles de kilómetros cuadrados hasta las microcuencas de sólo unos cuantos kilómetros cuadrados. El tamaño de la cuenca de que se trate entrañará implicaciones para las soluciones relativas al manejo y técnicas. La escala geográfica es un factor decisivo en la identificación del propósito de las intervenciones, la magnitud de esfuerzos, los posibles participantes y socios y los resultados y efectos pudieran esperarse. Vale la pena tener en mente que de la manera en que se aborden los problemas anteriores depende el número de instituciones participantes, la población y el desarrollo económico, todo lo cuál está relacionado, en gran medida, con el tamaño de la cuenca hidrográfica.

Las necesidades de información ilustran la pertinencia de la escala en la planificación y la ejecución. Muchos programas proponen sistemas complejos de acopio de información que resultan útiles para cuencas grandes pero que no son rentables para el manejo de cuencas pequeñas en el nivel local. Entre ellas se incluyen la vigilancia hidrometeorológica, el levantamiento cartográfico de las zonas que

presentan riesgo de inundaciones, y el desarrollo de bases de datos complejas para su uso con los sistemas de información geográfica (SIG) para la preparación en casos de desastre. Dichas inversiones se justifican sólo cuando el posible daño económico a la infraestructura humana y social es grande. Son típicamente poco rentables para el manejo de cuencas rurales pequeñas y aisladas que no requieren, y con toda probabilidad no pueden asimilar, ese tipo de tecnología.

### **1.6.2. Falta de atención a los problemas socioeconómicos fundamentales**

Las cuencas hidrográficas son, por su naturaleza misma, unidades físicas complejas. El hecho de que sustenten asentamientos humanos y de que se vean sometidas a los efectos de la actividad antropogénica complica aún más el asunto y aumenta la dificultad de reducir la degradación ambiental. La actividad humana irrestricta puede acrecentar la vulnerabilidad de una cuenca hidrográfica a los desastres naturales, al tiempo que reduce su capacidad regenerativa. El grado de degradación dependerá del nivel socioeconómico, las actividades económicas y productivas prevalecientes y las condiciones ecológicas.

En una reciente evaluación de USAID de los programas de recuperación de los efectos de desastres en América Latina y el Caribe se señala que "Hay personas que mueren, resultan lesionadas o pierden sus hogares en desastres naturales porque continúan construyendo y viviendo en estructuras inseguras y en lugares vulnerables, y lo hacen porque son las opciones más razonables a su disposición". [Rebuilding Shelter After Natural Disasters: Three Decades of USAID Experience in Latin America and the Caribbean, PADCO, abril de 1999]. Mientras las llanuras aluviales, las laderas de pendiente pronunciada, las tierras inestables y otros sitios vulnerables continúan siendo las opciones más viables para los pobres, seguirá habiendo gran devastación y pérdida de vidas como secuela de los desastres naturales. "La pobreza es la causa raigal de la vulnerabilidad a los peligros naturales en los países en desarrollo." [Berke, Peter y Timothy Beatley, After the Hurricane: Linking Recovery to Sustainable Development, The Johns Hopkins University Press, 1997].

Los que viven en la pobreza normalmente no tienen acceso a tierras cultivables y seguras. Debido a ello, habitan y cultivan zonas marginales, tales como llanuras aluviales y laderas empinadas, con lo que elevan al máximo su exposición al siguiente desastre y perpetúan el círculo vicioso. Talan bosques esenciales para obtener leña y carbón, y acuden a la agricultura de tumba y quema o migratoria para la producción de alimentos. El crecimiento demográfico y la escasez de tierras obligan a las comunidades rurales a arrasar los bosques y a cultivar suelos cada vez más frágiles, lo que disminuye aún más la productividad de las cuencas hidrográficas y el poder de recuperación ante los desastres naturales. La producción alimentaria de subsistencia (cereales básicos) mediante los métodos y tecnologías tradicionales constituye la actividad económica predominante en las zonas de tierras altas. Las preocupaciones ambientales resultantes son la deforestación, la erosión de los suelos, la escorrentía acelerada de las aguas y, en menor grado, la contaminación de fuente no localizada originada por productos químicos para la agricultura. Sin embargo, es poco el capital que los agricultores de laderas empinadas pueden invertir en métodos de conservación de suelos y agua para subsanar esas preocupaciones ambientales.

La falta de derechos de propiedad seguros se ha identificado como una barrera común e importante a la adopción de tecnología, en especial a las innovaciones de horizonte a largo plazo como la arboricultura y las mejoras a los recursos naturales. Los incentivos para beneficiar la tierra, por ejemplo, mediante la construcción de infraestructura de conservación del suelo (por ejemplo, terráceo, albarrada) y la siembra de cultivos perennes altamente valorados disminuyen con el aumento de la incertidumbre respecto de la tenencia de la tierra. En Guatemala, por ejemplo, aproximadamente el 95% de las tierras rurales no tienen escrituras de propiedad oficiales. Igualmente, dado que son los propietarios de las tierras los que, a la postre, tienen la mayor influencia sobre el uso de los recursos, el tamaño de la granja también es un problema en lo tocante a los esfuerzos que se requieren para educar a los agricultores y brindarles los incentivos adecuados para que adopten prácticas de manejo racionales. En Honduras, las granjas más pequeñas (de menos de 5 hectáreas), que constituyen el 72% del total, abarcan sólo el 11% de las tierras cultivables, mientras que las granjas grandes (las de más de 100 hectáreas) constituyen sólo el 2% y ocupan el 40% de la tierra.

Para que tengan éxito, las intervenciones técnicas encaminadas a proteger las cuencas hidrográficas altas deben mejorar los ingresos de los propietarios de tierras y productores de esas zonas, quienes están más motivados por consideraciones económicas que ecológicas. Las intervenciones deben llevarse a cabo con los productores y tener en cuenta los recursos y medios de producción que tienen a su disposición. En Honduras, el proyecto Mejoramiento de la Productividad del Uso de la Tierra (LUPE - Land Use Productivity Enhancement) trabajó con agricultores de subsistencia en laderas para mejorar las técnicas de conservación de suelos y aumentar simultáneamente los rendimientos de las cosechas y los ingresos. Desde el inicio de ese programa a principios del decenio de 1980, más de 37,500 familias que ocupaban más de 50,000 hectáreas han adoptado las técnicas de cultivo de LUPE y han aumentado sus ingresos provenientes de la granja en más del 50%.

También se puede destacar la producción sostenible en respuesta a la ampliación de mercados para productos con certificación ambiental (ejemplo, cafetales de sombra, productos madereros certificados, agricultura orgánica). Ello puede generar menores costos de producción empresarial y precios más altos al agricultor, al tiempo que reduce la degradación de la cuenca alta, la contaminación ambiental y la vulnerabilidad de la cuenca baja a los desastres naturales. Los informes sobre el terreno de El Salvador indican que las zonas de cafetales de sol sufrieron pérdidas de suelos y de productividad mucho mayores que las de sombra. Además, las medidas racionales de uso de la tierra, como los cafetales de sombra, la silvicultura sostenible y la agroforestería, también contribuyen a mitigar los cambios climáticos mundiales al retener el carbono.

Así mismo, la mayoría de los esfuerzos de manejo de las cuencas hidrográficas en América latina no abordan adecuadamente los asuntos de género, que resultan esenciales para el manejo eficaz del agua, especialmente en zonas rurales.

### **1.6.3. Inadecuada estructura institucional para el manejo de las cuencas hidrográficas**

Los problemas institucionales se relacionan con las políticas, la autoridad, la capacidad y la responsabilidad. A continuación mencionamos algunos de los problemas:

- El traslape de jurisdicciones, ya que las fronteras políticas no coinciden con las fronteras naturales de las cuencas hidrográficas.
- Traslape de jurisdicciones respecto de las leyes y reglamentos al compartir varios ministerios la responsabilidad de diversos aspectos del ordenamiento ambiental y esferas conexas, como, por ejemplo, la vivienda, la minería, los recursos hídricos. Esta situación podría calificarse de "vacío institucional" ya que, de hecho, ninguna de esas entidades suele ejercer autoridad sobre las cuencas hidrográficas de por sí.
- Legislación inadecuada y falta de aplicación de la legislación existente.
- Estructura de incentivos distorsionante vinculada con muchas políticas nacionales relativas a la agricultura, la silvicultura, la tenencia de la tierra, las migraciones, etc.
- En la mayoría de los países afectados existe una fuerte tendencia hacia la descentralización y una creciente concentración de la atención sobre los municipios, incluido el manejo ambiental. Sin embargo, aun cuando los municipios fueran capaces de asumir y ejecutar el nuevo papel que se les está diseñando, casi nunca tienen jurisdicción sobre una cuenca hidrográfica completa. En el extremo más pequeño del diapasón, en el nivel de la microcuenca, el manejo de las cuencas hidrográficas es esencialmente un asunto local.

A fin de superar los obstáculos institucionales, es preciso esforzarse por trabajar dentro de los marcos institucionales y jurídicos existentes al máximo de las posibilidades. En algunos casos, el marco institucional y jurídico para el manejo de las cuencas hidrográficas ya existe. Lo que falta es información, la participación pública, y quizás la asistencia técnica para aumentar el conocimiento acerca de ellos y su aplicación.

### 1.7. Condicionantes del manejo de cuencas

- En una cuenca hidrográfica la naturaleza impone un límite a la libertad que otorga la creatividad para idear una estructura de manejo.
- Los aspectos culturales constituyen un prerequisite para encarar cualquier aventura colectiva, como es hacer intervenir a la comunidad como actores en la demanda de dichas estructuras
- Se debe cuidar que un indebido uso del proyecto científico y técnico alteren la concordancia que debe existir entre la sociedad y su entorno

### 1.8. Finalidades de la gestión integrada de cuencas

Entre las variadas finalidades que persigue la gestión de cuencas hidrográficas se pueden destacar las siguientes:

- Mejoramiento de las condiciones socioeconómicas de los usuarios de los recursos naturales.
- Conservación de los recursos naturales conforme las políticas y estrategias establecidas en el país.
- Obtención de una mayor productividad de los recursos naturales y su mantenimiento, de acuerdo a las exigencias del país.
- Recuperación, rehabilitación y restauración de áreas degradadas.
- Regulación del régimen hidrológico.

Para comprender la importancia del manejo de cuencas es fundamental la comprensión del flujo del agua, o sea el ciclo hidrológico. Este ciclo no se puede concluir si no es en función de la vegetación, la lluvia, las características físicas del suelo y los problemas del uso del suelo y del agua.

### 1.9. Degradación de Cuencas hidrográficas



Figura 2. La interrelación de los grupos de factores que actúan en la degradación de los recursos de una cuenca (tomado de Özyuvac et al., 1998)

## **2. Situación actual del manejo de cuencas en el Ecuador.**

### **2.1. Políticas ambientales y forestales relacionadas al manejo de cuencas en el Ecuador.**

#### **2.1.1. Marco legal**

La ley de Gestión Ambiental establece que la autoridad ambiental nacional la ejerce el Ministerio del Ambiente, instancia rectora, coordinadora y reguladora del sistema nacional descentralizado de Gestión Ambiental.

El Ministerio del Ambiente, para desempeñar una eficiente gestión ambiental, se apoya en varias leyes y reglamentos encaminados a la protección y conservación de los recursos naturales del Ecuador. Las principales leyes ambientales del Ecuador son:

- Ley de Gestión Ambiental
- Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre
- Ley especial de la Provincia de Galápagos
- Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental
- Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (marzo de 2003)

La Ley Especial para la Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad en el Ecuador se encuentra en el Congreso Nacional para su aprobación, así como la propuesta de la “Ley para el Desarrollo Forestal Sustentable”.

#### **2.1.2. Políticas sobre el manejo de cuencas en el país:**

Factores de orden político, conceptual, legal, administrativo y técnico han impedido que las cuencas sean manejadas en forma coordinada entre los actores y usuarios.

Posiblemente los planes de manejo de cuencas al no contar con un marco normativo, falta de políticas nacionales y estrategias, han permitido un manejo de cuencas en forma desordenada y con diferentes enfoques y metodologías de gestión. Ante esta situación el Ministerio del Ambiente, como Autoridad Ambiental del país, desarrolla 2001, el I Congreso Nacional de Políticas de Cuencas Hidrográficas cuyo objeto fue identificar y establecer los elementos para formular políticas de gestión integrada, en consenso con los diferentes actores involucrados y que tengan aplicación en el corto, mediano y largo plazo.

#### **2.1.3. Legislación relacionada específicamente con el manejo de cuencas:**

Según la Constitución Política los artículos 224, 228 y 233 determina que los Consejos Provinciales son las “entidades del poder político que ejerce el gobierno, la administración y representación política del Estado en la jurisdicción provincial” y que son las entidades encargadas de manejo de cuencas en sus respectivas jurisdicciones.

#### **2.1.4. Estrategias y mecanismos utilizados para implementar las políticas y el marco legal sobre manejo de cuencas.**

El gobierno no ha asumido su rol de desarrollar políticas y estrategias que guíen la implementación de programas y proyectos de manejo de Cuencas Hidrográficas, sin embargo, los Consejos Provinciales preocupados por la serie de problemas que están pasando han iniciado procesos que les permita cumplir con lo que determina la constitución, para ello, han buscado estrategias y mecanismos que se pueden resumir en los siguientes:

- Buscar alianzas estratégicas con instituciones que estén desarrollando programas y proyectos de Manejo de Cuencas Hidrográficas para estructurar políticas e implementarlas
- Establecer mecanismos de coordinación con las entidades seccionales (Municipios, ONGs, OGs) para desarrollar acciones de manejo de Cuencas Hidrográficas.
- Desarrollar procesos de consecución de recursos (fondo de manejo de Cuencas Hidrográficas) a través de pago por servicios ambientales, asignaciones del gobierno central y fondos provenientes del exterior.

### **2.1.5. Marco Institucional**

La institucionalidad sobre cuencas hidrográficas en el Ecuador se inicia con la legislación sobre los recursos agua y suelo, mediante la Ley de Riego y Saneamiento del Suelo. El recurso agua se le da mayor importancia desde el punto de vista del riego.

La Ley de Aguas vigente (Decreto Supremo 369 de 1972) menciona el manejo de las Cuencas Hidrográficas sin embargo, no se le da mayor atención. Por esta razón en agosto de 1982 se crea mediante Decreto N° 1111 la Comisión Nacional Permanente para la Protección y Manejo de las cuencas hidrográficas (CONAPCHID) con la función de Coordinar entre los diferentes organismos del Estado acciones de aprovechamiento, desarrollo, recuperación, protección y conservación de las cuencas hidrográficas.

Con la creación del Instituto Ecuatoriano Forestal y de Áreas Naturales y Vida Silvestre (INEFAN) se define mas claro el panorama en materia de manejo de cuencas hidrográficas ya que entre otras atribuciones determina que: “Promoverá la acción coordinada con entidades (públicas y privadas) para el ordenamiento y manejo de las cuencas hidrográficas, así como en la administración de las Áreas Naturales del Estado y los bosques localizados en tierras de dominio público”.

El INEFAN, pasa a formar parte del Ministerio del Ambiente el 22 de enero de 1999 ejerciendo las acciones y atribuciones contenidas en la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre. Sin embargo años mas parte este Instituto desaparece y es el Ministerio del Ambiente el que diseña e implementa las políticas las políticas, estrategias, planes, programas y proyectos para la gestión ambiental nacional.

### **2.1.6. Actores involucrados**

En el Ecuador existen varias instituciones vinculadas con el manejo de cuencas hidrográficas:

- Instituciones gubernamentales,
- Gobiernos Provinciales y seccionales
- Instituciones privadas

### **2.1.7. Principales instituciones que manejan cuencas hidrográficas:**

#### **Corporaciones Regionales de Desarrollo**

- *El Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH)*. Su función es administrar el recurso hídrico y supervisar acciones relacionadas con este propósito. Esta actividad la cumple a través de varias agencias regionales ubicadas en todo el país.
- *Comisión de Estudio para el Desarrollo de la Cuenca del Río Guayas (CEDEGE)*. Se creó para efectuar estudios para el desarrollo de la región de la cuenca del río Guayas, luego se fortaleció su función de planificación regional y mejoró la coordinación interinstitucional. Actualmente esta desarrollando proyectos de manejo de cuencas a través de proyectos específicos.
- *Centro de Rehabilitación de Manabí (CRM)*. Creado para dar solución a los serios problemas de sequía que se presenta en la provincia de Manabí. Enfoca su acción al establecimiento de sistemas de agua potable y a sistemas de riego como el proyecto de uso múltiple Carrizal Chone, Poza Honda, Reservorio Daule Peripa
- *Centro de Reconversión Económica del Azuay, Cañar y Morona Santiago (CREA)*. Su misión es aportar a la solución a los problemas de riego de las tres provincias. Actualmente se encarga de la administración de las cuencas hidrográficas y la mejor utilización de los recursos hídricos.
- *Programa Regional para el Desarrollo de las Provincias del Sur (PREDESUR)*. Su misión es apoyar al desarrollo sustentable de la región sur del Ecuador, a través de la implementación de proyectos integrales.

#### **Organismos Seccionales**

Según el Art. 226 de la Constitución Política del Ecuador dice “Las competencias del gobierno central, podrán descentralizarse, excepto la defensa y la seguridad nacional. La descentralización será obligatoria cuando un entidad seccional lo solicite y tenga capacidad operativa para asumirla”. En este

ámbito existen instituciones seccionales que están manejando cuencas hidrográficas municipales entre las que se destacan:

- *Grandes Municipios* como: Quito, Cuenca y Cuenca.
- *Pequeños Municipios* como: Cayambe en la provincia de Pichincha, Espejo en la provincia del Carchi, Otavalo provincia de Imbabura.
- *Mancomunidades* esto la reunión de varios municipios tal es el caso de Quero, Mocha, Cevallos y Tisaleo conforman el Frente Sur Occidental de la provincia del Tungurahua para manejar las microcuencas de su jurisdicción.
- *Consejos Provinciales* como el de Tungurahua que inició a manejar las cuencas con el apoyo técnico del proyecto PROMACH-Ministerio del Ambiente y GTZ de Alemania; el HCP de Loja, el cual esta a cargo de manejar la cuenca binacional Catamayo-Chira.

#### **Instituciones Privadas**

- Organizaciones no gubernamentales nacionales e internacionales.
- Organizaciones de Cooperación Internacional (Servicio de Cooperación Holandesa SNV, FAO, etc.)
- Comites de gestión local (Comité Campesino de Gestión en Alausí; Comité Técnico Cuenca del Río Machángara, etc.)

#### **2.1.8. Coordinación y vinculación de los actores**

Entre las estrategias adoptados, esta la participación entre los actores y usuarios de las cuencas. Para ello, se toma como eje concertador al recurso “Agua” y se incentiva la participación de los usuarios de la zona alta, media y baja. A continuación se destaca algunos mecanismos que están posibilitando una coordinación efectiva:

- Aprovechar la cobertura de acción que tiene cada organismo participante, y teniendo una responsabilidad amplia en su accionar, aglutinar a las diferentes organización públicas y privadas en la gran tarea de manejo de las cuencas.
- Utilizar al recurso hídrico como un elemento aglutinador para el desarrollo de acciones, de todos quienes son usuarios de la misma o que están desarrollando trabajos relacionados con el agua (Municipios, Empresas de agua potable, Juntas de agua de riego, etc.).
- A través de la resolución de conflictos por el uso de los recursos naturales, que han mantenido inmersos a varias organizaciones y han consumido recursos económicos técnicos sin resultados

### **2.2. Principales problemas relacionados al manejo de cuencas en el país**

#### **2.2.1. Contexto General**

Entre los problemas ambientales identificados en el *Diagnóstico de la Situación del Medio Ambiente en Ecuador* figuran los siguientes:

- Erosión del suelo y sedimentación progresiva.
- Pérdida de cobertura vegetal (deforestación).
- El proceso de desertificación.
- La degradación de los recursos naturales renovables con mayor presión de uso.
- Los grandes problemas de salud nacional asociados con la contaminación de agua y la desnutrición.
- La contaminación del agua por desechos urbanos e industriales.
- El deficiente control de la explotación de la flora y fauna.
- Pérdida de tierras de aptitud agrícola por avance de la urbanización sin políticas de uso equilibrado de recursos.
- Ineficiente uso del suelo con resultados de muy baja productividad agropecuaria.
- Falta de planificación para desarrollo y conservación de las cuencas, así como instrumentos administrativos y técnicos suficientes para el manejo.

Otro de los problemas sin duda alguna, es la destrucción de los bosques y otros ecosistemas naturales; así la deforestación alcanza las 137 mil has/año. (FAO, 2003); por ello se deduce que la deforestación

es la principal causa de pérdida de biodiversidad en el país. Sin embargo la tasa de reforestación no supera las 3500 has/año. (FAO, 2001). Esta elevada tasa de deforestación de bosques y otros hábitats responde a varios factores:

- Las políticas nacionales de colonización que fomentan la expansión desorganizada de la frontera agrícola, la conversión de los bosques naturales a pastos y cultivos y la invasión de las áreas protegidas.
- La inseguridad en la tenencia de tierras que promueve las invasiones y su consecuente deforestación y adicionalmente debilita los regímenes indígenas de propiedad comunal que tradicionalmente fomentan la conservación de los bosques naturales.
- La falta de coordinación entre las instituciones públicas y entre éstas y aquellas privadas con injerencia en los recursos naturales, que limitan el adecuado manejo de las áreas protegidas.
- La falta de interés y apoyo por parte del sector político y la sociedad civil hacia las áreas protegidas, que afectan negativamente en su conservación.
- El desarrollo de obras de infraestructura sin estudios de impacto ambiental o con estudios deficientes.
- El incremento no planificado y descontrolado del turismo.
- La extracción maderera, cacería y pesca furtivas.
- Los incendios forestales provocados.

El Desarrollo forestal del Ecuador se caracteriza porque la reforestación se hace solo con especies exóticas de los géneros *Pinus* y *Eucaliptos*, con las consecuencias conocidas que estas acarrearán a los ecosistemas. Entre los variados justificativos del uso de estas especies se debe al desconocimiento de la ecología y propagación de las especies locales. Sin embargo Feshe et al (1999) da fe de la diversidad de especies arbóreas y manifiesta la existencia de más de 200 especies forestales que pueden ser utilizadas para recuperar ambientes alterados sobre la cota de los 2500 m de altitud.

En el país existen pocas evidencias y estudios que demuestren que es posible realizar reforestaciones con especies nativas. Así mismo son escasas las iniciativas tendientes a restaurar ecosistemas degradados. Sobre todo cuando los objetivos de estas restauraciones es la rehabilitación de la funcionalidad (en estructura y composición florística) de los ecosistemas.

### **2.2.2. Contexto a nivel de Cuencas hidrográficas**

En el país el manejo de cuencas se ha dirigido a enfrentar los problemas de suministro de agua para generación de energía eléctrica, alimentación de acueductos y en menor proporción para el riego de cultivos de exportación; pero se le ha dado poca importancia al manejo integrado de los recursos de la cuenca, acciones que han ocasionado la migración de la población de las vertientes, pues no existen las condiciones que les permitan mejorar su calidad de vida y de los recursos naturales.

Entre uno de los principales factores que han determinado los problemas que afectan actualmente al manejo de cuencas del país es precisamente su diversidad de condiciones ambientales, aspectos que han implicado, a realizar una multiplicidad de estudios con enfoques individualizados para cada cuenca. Así, hay cuencas en las que la demanda de agua ha superado las disponibilidades naturales (subcuencas andinas del río Pastaza), mientras que hay otras que con un franco exceso de agua (Cuenca del Río Guayas) están sujetas a una enorme depredación de los recursos forestales. Así también existen cuencas sujetas a constantes inundaciones (Cuenca del río Guayas) mientras otras son afectadas por intensos procesos erosivos (subcuencas altas del río Jubones).

Dentro de este contexto, el deterioro de los sistemas hidrográficos del país es evidente; en general están afectados por altos grados de deforestación y destrucción de la cubierta vegetal, por intensos procesos erosivos, por elevados índices de contaminación del agua y del suelo, por destrucción masiva de sistemas ecológicos enteros (caso de los manglares, bosque seco tropical, bosque montano alto interandino), y en general por una sobre explotación de sus recursos.

Dentro de este panorama, en el país no se ha emprendido una Gestión Integrada de las Cuencas, a lo mucho se ha llegado a una deficiente administración de los recursos hídricos y en algunos casos al



desarrollo de proyectos con fines de planificación del uso del suelo y conservar las fuentes de captación del recurso hídrico, proyectos en muchos casos con enfoques sectoriales especialmente en proyectos relacionados a los aprovechamientos hidráulicos.

Factores de orden político, conceptual, legal y administrativo han impedido que las cuencas hidrográficas sean gestionadas en forma coordinada e integrada, pese a haberse creado mediante Decreto Ejecutivo No. 1111 de 20 de agosto de 1982, la “Comisión Nacional Permanente para la Protección y Manejo de las Cuencas Hidrográficas CONAPCHID”, cuyos objetivos eran coordinar con los diferentes organismos del Estado el manejo de las cuencas hidrográficas. En general se puede decir que no ha habido una institucionalización de esta actividad, dándose paso a acciones independientes y espontáneas, efectuadas por diversas instituciones que se relacionan con estas áreas.

### **2.2.3. Rol de las cuencas en la problemática ambiental**

En relación a la existencia de políticas y leyes ambientales que afectan al manejo de cuencas, se podría decir, que existen, pero se evidencia ciertos vacíos, especialmente de en los procedimientos a seguirse en cuanto al manejo de Cuencas Hidrográficas, a continuación se fundamenta lo manifestado:

- *La descentralización en el país ha creado superposiciones y vacíos funcionales.* Las nuevas tendencias de modernización en el país imponen distintas exigencias en el ejercicio de las funciones propias del aparato administrativo del Estado. Se transfirieron actividades desde el Estado al sector privado y se delegaron funciones a los Gobiernos Seccionales y Regionales. Lamentablemente los procesos de modernización implementados no han generado cambios estructurales en los procesos administrativos del país, y mas bien han desarticulado la función reguladora del Estado, debilitando aún mas el sistema institucional y ahondando las superposiciones y vacíos funcionales ya existentes.
- *Falta de un marco legal congruente para la gestión ambiental.* En general la gestión ambiental en el país, especialmente el sistema institucional, las relaciones entre el aparato estatal central y sectorial no se ha consolidado en un marco legal congruente y que reoriente su actuación bajo un marco político coherente y coordinado. Así la incipiente participación privada contemplada en la constitución, y la descentralización de funciones no tienen reglas claras, provocando mas bien inseguridad en las inversiones y un debilitamiento del rol del Estado en relación a los resguardos que le corresponden por su carácter regulador.

### **2.2.4. Intercambio de información**

La mayoría de proyectos de manejo de cuencas disponen de información de los recursos de la cuenca y sobre todo de experiencias. La estructura de la base de datos se relaciona con la cuenca, subcuenca o microcuenca, régimen hidrológico; régimen físico biológico; régimen político administrativo; régimen socio económico y régimen institucional. Sin embargo en muchas de las ocasiones esta información no esta disponible para todos quienes son actores involucrados, lo que no ha permite un continuo intercambio de información y sobre todo de experiencias.

## **2.3. Principales y actuales políticas, programas, proyectos y estudios para resolver los problemas ambientales relacionados a las cuencas hidrográficas.**

### **2.3.1. Políticas y estrategias nacionales y regionales**

#### **a) La Estrategia Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Ecuador.**

Sintetiza la política ambiental del Estado. Postula las bases para el desarrollo sustentable desde la gestión ambiental y expresa los objetivos y políticas que guían las acciones del Ministerio del Ambiente.

#### **b) Estrategia para el Desarrollo Forestal Sustentable del Ecuador**

Esta estrategia fue publicada en junio del 2000. La misma que se basa en cinco estrategias generales, las cuales se sintetizan a continuación:

- Valoración de los bosques nativos y de las plantaciones forestales

- Fomento y financiamiento para el manejo sustentable de los bosques
- Fortalecimiento de la participación y gestión de la sociedad civil
- Modernización institucional y organizativa
- Modernización del marco legal

**c) La Política y Estrategia Nacional de Biodiversidad en el Ecuador 2001-2010 (publicada en junio del 2001)**

La estrategia de Biodiversidad fue publicada en junio del 2001; en la cual establece un conjunto de políticas y principios para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad a nivel nacional y define cuatro líneas estratégicas:

- Consolidar y potenciar la sostenibilidad de las actividades productivas basadas en la biodiversidad.
- Asegurar la existencia, integridad y funcionalidad de los componentes de la biodiversidad: ecosistemas, especies y genes.
- Equilibrar presiones para conservación y uso sustentable de la biodiversidad.
- Garantizar el respeto y ejercicio de los derechos individuales y colectivos para participar en las decisiones relativas al acceso y control de los recursos y asegurar que los beneficios de la conservación y uso de la biodiversidad y de los conocimientos, innovaciones y prácticas de las comunidades y poblaciones locales, sean justos y equitativamente distribuidos.

**2.3.2. Programas y Proyectos nacionales y regionales**

**a) Manejo de la Cuenca del Río Guayas.**

- Entidad ejecutora: Corporación de Desarrollo de la Cuenca del Río Guayas (CEDEGE).
- Ambito geográfico: Provincia del Guayas, los sistemas hidrográficos de los ríos Daule, Babahoyo y Guayas que llegan hasta los 100 msnm. (34.500 km<sup>2</sup>)
- Objetivos:
  - Diseñar y desarrollar proyectos para el manejo de la cuenca baja del río Guayas
- Resultados
  - La obra más importante es la presa Daule-Peripa que permite regar 50.000 ha,
  - Trasvase de las aguas del río Daule a la Península de Santa Elena con la finalidad de incorporar 42.000 ha para riego,
  - Abastecer de agua para consumo humano a la ciudad de Guayaquil, Daule, Santa Lucía, Balzar y Pichincha
  - Producción de electricidad a través de la Central Hidroeléctrica Daule-Peripa

**b) Proyecto binacional de ordenamiento, manejo y desarrollo de la cuenca Catamayo- Chira**

- Entidad ejecutora: Unidad de Gestión de la Cuenca del Catamayo – Chira (UNIGECC) y La Cancillería del Ecuador
- Ámbito geográfico: ubicada en la frontera de Ecuador y Perú.
- Objetivos:
  - Elaboración del plan de manejo de la cuenca
  - Creación de la Autoridad Binacional de Cuencas (ABC) y como organismo ejecutor el Consejo de Cuenca.
  - Creación de un sistema de redes Ecuador Perú para el manejo de la cuenca
  - Ejecutar actividades de envergadura: Desarrollo Productivo y Educación Técnica

**c) Proyecto de Manejo de Cuencas Hidrográficas PROMACH**

- Entidad ejecutora: Ministerio del Ambiente y GTZ
- Ambito geográfico: Provincia de Tungurahua
- Objetivos:
  - Apoyar a mantener la disponibilidad de agua en cantidad y calidad para las zonas rurales y urbanas.
  - Identificar una estructura institucional ejecutora para el manejo de la cuenca del río Ambato..

**d) Proyecto de Manejo de la Cuenca del Paute**

- Entidad ejecutora: Fundación UMACPA (Unidad de Manejo de la Cuenca del Paute)
- Ámbito geográfico: Provincia del Azuay.
- Duración: 1993-1998
- Objetivos:
  - Manejo y conservación de los recursos naturales, mediante el establecimiento de sistemas productivos y de protección apropiados mejorando el nivel de vida de la población rural de la zona y contribuir a mantener la vida útil del embalse del proyecto hidroeléctrico Paute.
- Resultados
  - 6.000 ha, de plantaciones forestales
  - manejo de 19 áreas de bosques y vegetación protectores.
  - Sin embargo los resultados no han sido suficientes para detener la sedimentación en la represa.

**e). Proyecto de Manejo y Conservación de la Cuenca Alta del Río Pastaza**

- Entidad ejecutora: Fundación Pastaza.
- Ámbito geográfico: Provincias de Tungurahua, Chimborazo y Cotopaxi
- Objetivo:
  - Uso y manejo racional de los recursos naturales y la reducción de las tasas de sedimentación que afectan a la Central Hidroeléctrica Agoyán.
  - Desarrollar actividades de forestación y viveros, educación ambiental, obras civiles, monitoreo, capacitación y extensión
- Resultados
  - En la cuenca alta del Río Pastaza, se considera que se redujo una parte de la sedimentación de 7'700.000 ton/año que llegaba al embalse de Agoyán

**f) Proyecto de Manejo Colaborativo y Uso Apropiado de Recursos Naturales en la Ecoregión de la Cuenca del Río El Ángel (MANRECUR)**

- Entidad ejecutora: Fundación para el Desarrollo Agropecuario (FUNDAGRO)
- Ámbito geográfico: provincia del Carchi, micro cuenca del río El Ángel, (cuenca del Río Mira) y comprende la reserva ecológica. El Ángel y sus respectivas áreas de influencia
- Objetivos:
  - manejo de recursos naturales; proyectos productivos pilotos; monitoreo continuo de los recursos naturales críticos; y, análisis de los distintos niveles de influencia de los procesos políticos, económicos y ambientales sobre el uso y manejo eficiente del agua en el sistema del canal El Artesón

**g) Proyecto de Manejo y Conservación de Recursos Naturales y Riego Campesino en la Cuenca Alta del Río Ambato (CORICAM)**

- Entidad ejecutora: Instituto de Ecología y Desarrollo de las Comunidades Andinas IEDECA
- Ámbito geográfico: sur occidental de la provincia de Tungurahua, con una población de 37.000 habitantes agrupados en 53 comunidades
- Objetivos:
  - Mejorar el uso de los recursos naturales en la cuenca alta del río Ambato, que permita la sustentabilidad ecológica y posibilite la sostenibilidad económica de los campesinos.
- Resultados
  - Mejoramiento de la infraestructura de los canales Cunucyacu Chimborazo, Toallo Comunidades, Toallo Alobamba, Chiquicahua.
  - Reorganización del riego en los canales Toallo Comunidades y Toallo Alobamba.
  - Establecimiento de fincas agro ecológicas con 800 campesinos.
  - Manejo de paramos productores de agua de los tres canales en tratamiento.

#### **h) Conservación de la Micro cuenca del Río Machángara (Azuay)**

- Entidad ejecutora: Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado (ETAPA). Conformado por un Comité Técnico de Gestión, con la participación del Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), Universidad de Cuenca, El CREA, la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A.
- Ambito geografico: Río Machángara, desde sus cabeceras en la cota 4.300 msnm hasta su desembocadura en el Río Tomebamba
- Objetivo
  - Coordinar las acciones de las instituciones participantes y de los usuarios de la cuenca, para promover su desarrollo sustentable, con énfasis en la gestión y manejo del recurso hídrico

#### **i) Protección y defensa del Lago San Pablo**

- Entidad ejecutora: Corporación para la Defensa del Lago San Pablo (CODELSPA)
- Ambito geografico: Provincia del Imbabura, cantón Otavalo
- Objetivos:
  - Desarrollar acciones de manejo y conservación de los recursos naturales, con fines de ecoturismo y mejorar la producción agropecuaria en las comunidades y pequeñas fincas
  - Fomentar la participación para integrar a las instituciones y comunidades involucradas.

#### **j) Manejo de siete Microcuencas Municipales ubicadas en la provincia de Pichincha y Cotopaxi**

- Entidad ejecutora: Empresa de Alcantarillado y Agua Potable de Quito (EMAAP-Q)
- Ambito geografico: provincias de Pichincha y Cotopaxi
- Objetivo: Abastecer del recurso hídrico al sistema de agua potable de la ciudad de Quito.
- Resultados:
  - Declaratoria de Bosque y Vegetación Protectora de seis cuenca que forman las partes altas de los ríos y acciones de conservación para la captación del agua de lluvia

#### **h). Programa de Investigación: La Funcionalidad del Bosque Tropical de Montaña: Diiversidad, Dinamica procesos y perspectivas de Utilización:**

- Entidad ejecutora: Fundación Alemana para la Invesitigación y 20 universidades alemana y Universidades Ecuatorianas
- Ambito geografico: Estación Científica San Francisco, Zamora Chinchipe
- Objetivos: Conocer la ecología del bosque tropical de montaña para apoyar a la implementación de programas de manejo de cuencas y de sus recursos naturales en estos ecosistemas:

### **3. Ejemplos de manejo de Cuencas y/o planes de manejo**

#### **3.1. Estudio de caso 1: Formulación y ejecución participativa de un programa de manejo de cuencas hidrográficas enfocado a conservación de suelos y aguas**

Este estudio de caso es fruto del Proyecto "Apoyo para una Agricultura Sostenible mediante Conservación y Rehabilitación de Tierras en América Latina", financiado por el Gobierno de Japón, trabaja Argentina, Bolivia, Brasil, Chile y Paraguay. El Proyecto brinda a cada país participante la oportunidad de beneficiarse con las experiencias obtenidas en otros países, en sus esfuerzos por conservar las tierras.

El objetivo principal de la planificación de la microcuenca es controlar la erosión hídrica y revertir el proceso de degradación de los recursos naturales, basado en alternativas tecnológicas que aumenten la productividad agrícola y el ingreso líquido del productor rural. Para lograr este objetivo es necesario implementar programas que contemplen la conservación, producción y utilización de los recursos naturales, dentro del marco de desarrollo sostenible, en armonía con la dinámica socioeconómica, ambiental y política, en beneficio de la sociedad.

Una herramienta fuerte del Proyecto para lograr su objetivo de conservar y rehabilitar las tierras en los países participantes, es la introducción del enfoque Planificación Participativa para un manejo integrado de las tierras agrícolas en microcuencas, el cual tiene gran éxito en el Estado do Paraná en Brasil. Mediante misiones de cooperación técnica horizontal el Proyecto logró difundir el enfoque en los otros países y capacitar a técnicos locales en su aplicación y seguimiento.

Para poder ejecutar con éxito un programa de manejo y conservación de suelos y aguas basado en el concepto moderno de manejo integrado y conservación de suelos y aguas y con el enfoque de Planificación Participativa, es fundamental crear al mismo tiempo estrategias de apoyo para estimular y disciplinar el adecuado manejo y conservación de suelos y agua. Los gobiernos pueden adoptar instrumentos como la creación de un "Fondo de manejo de Conservación de Suelos y Aguas" y una "Ley de uso del suelo agrícola", así como instrumentos para fomentar subsidios a los productores. A continuación se indican las etapas de una estrategia por las cuales un programa de manejo y conservación de suelos y aguas debería pasar.

El programa de manejo incluye las siguientes etapas:

##### **Etapas 1: Formación del Comité Estatal**

Debido a la complejidad y amplitud de programas de esta naturaleza, la formación de un Comité Estatal o Federal para la viabilización de un programa es muy importante, pues se puede contar desde el inicio con representantes de la sociedad en diferentes niveles en forma organizada. Las finalidades de este comité Comité serán: a) promover acciones dirigidas al manejo y conservación del suelo y agua, b) integrar esfuerzos en la defensa y en la realización de actividades, coordinar las acciones, proponiendo prioridad a ciertas acciones, c) estimular la participación de los productores y agricultores. Además, el Comité debe formular en forma clara los problemas derivados del mal uso de los recursos naturales y elaborar sus posibles soluciones, tomando en cuenta los objetivos y conceptos mencionados anteriormente.

##### **Etapas 2: Selección de microcuencas**

Para la racionalización en la aplicación de recursos financieros y humanos, se pueden seleccionar regiones prioritarias, obedeciendo a criterios que respeten la máxima homogeneidad posible de los factores más importantes ligados a lo agropecuario. La clasificación de la región en cuencas hidrográficas de primer, segundo, y tercer orden, posibilita el entendimiento de la dinámica del sistema hidrográfico y la identificación de las unidades que lo componen. La unidad espacial mínima que se ajusta dentro de los criterios es la "microcuenca", con un tamaño de entre 2.000 y 10.000 ha.

La selección de las microcuencas se dará a nivel de región o municipio y deberá obedecer a criterios definidos a nivel de municipio, por ejemplo: a) importantes manantiales que abastecen las ciudades, b) alta concentración de pequeños productores y/o mayor interés y disposición de ellos, c) producción significativa de alimentos, d) alto nivel de degradación actual del suelo, e) alto grado de mecanización.

### **Etapas 3: Constitución del Comité comunal o de gobiernos locales**

El Comité comunal o municipal tiene como objetivo apoyar la implantación del proyecto en el Municipio y deberá ser formado por los distintos segmentos vinculados al medio rural, tales como: Municipalidad, cooperativas, empresas de asistencia técnica, sindicatos, representantes de los agricultores, bancos, clubes de servicios, etc.

Sus principales atribuciones serán: a) seleccionar a nivel municipal las microcuencas donde trabajar; b) coordinar la elaboración de la Planificación General y del Plan de Acción, c) preocuparse por el mantenimiento de la filosofía técnica del proyecto, d) articular la acción de la Asistencia Técnica, determinando áreas de actuación y servicios, y facilitando el contacto entre los técnicos y los productores rurales, e) servir como foro de debates sobre el proyecto y la conducción del mismo, f) asesorar a los técnicos en la motivación y organización de los productores.

### **Etapas 4: El inventario del "stock tecnológico"**

En cada una de las regiones consideradas prioritarias para actuación, se deberá efectuar un levantamiento de los principales problemas y posibles soluciones. En función del levantamiento se debe llevar a cabo una discusión sobre la disponibilidad de tecnologías para cada problema relacionado al manejo y Conservación de Suelos y Aguas. Estas tecnologías pueden ser clasificadas en 3 tipos: a) tecnologías que están disponibles de inmediato, b) tecnologías disponibles pero que no están efectivamente demostradas, y c) tecnologías que no están disponibles.

El resultado de esta sistematización indica las tecnologías disponibles que forman parte del "stock tecnológico" y pueden ser incorporadas en un Manual Técnico. Además, el inventario indica las tecnologías que deben ser trabajadas con prioridad por los Institutos de Investigación, con el propósito de resolver los problemas levantados.

### **Etapas 5: Planificación Participativa de las microcuencas**

En esta etapa se deberán crear los mecanismos de participación y consulta popular en las fases de selección, diagnóstico, planificación y ejecución de las acciones en las microcuencas seleccionadas. Un primer paso consiste en actividades de divulgación, motivación y organización de Comités a nivel municipal, con el compromiso y participación de los líderes.

Como parte de la organización del trabajo y como etapa inicial de las actividades en las microcuencas seleccionadas, se realiza en cada una de ellas:

- Contactos y reuniones con los representantes de la microcuenca, esta fase es estrictamente motivacional y busca la participación más efectiva de los futuros beneficiarios del proyecto en el mismo medio donde se efectúan las acciones, en el sentido de despertar la necesidad de realizar un trabajo orientado a la preservación del medio ambiente, principalmente del suelo y agua.
- Reuniones con todos los propietarios de la microcuenca.- Estas reuniones tienen como objetivo poner el problema de la degradación del medio ambiente en manos de los integrantes de la microcuenca, así como iniciar la formación de una conciencia conservacionista entre ellos.
- Visitas a microcuencas con trabajos existentes.- Las excursiones a microcuencas ya trabajadas, entre otros estímulos, podrán servir como factor de gran fuerza motivacional para despertar interés.

La planificación de la microcuenca concretamente, consiste en la elaboración de proyectos que contemplen las prácticas de uso colectivo de la misma. Debe tener como base el levantamiento de la realidad, el diagnóstico y la propuesta de acción a nivel de microcuenca. En esta etapa es muy importante la participación de la Extensión e Investigación Rural, así como de los productores rurales, dado que el éxito del trabajo dependerá de esta integración y de la participación de todos en identificar los problemas, necesidades y potencialidades. En función de la realidad de cada microcuenca y de los

problemas existentes de degradación del suelo, se recomienda dar más énfasis al levantamiento de datos de los recursos naturales, pero sin dejar de considerar las necesidades y relaciones socioeconómicas existentes en las microcuencas. A este trabajo deben integrarse todos los técnicos de los gobiernos locales.

Dentro del proceso educativo para el cambio hacia una planificación participativa, la reunión para la definición del Plan de Acción es extremadamente importante. Las propuestas para la solución de los problemas diagnosticados deben ser presentadas y discutidas, tomándose en consideración: a) la participación integrada de los órganos directamente vinculados con el medio rural, b) el compromiso de todos en el proceso: la fuerza de la persuasión del grupo, de modo que cada uno ejecute su etapa, c) objetivos y resultados de las prácticas a ser introducidas, c) acciones necesarias para la implantación de las propuestas, c) estrategia, técnicos responsables y cronograma para la implantación de las propuestas, legitimación por parte de los productores, y d) interacciones con las demás propuestas (prácticas y acciones).

#### **Etapas 6: Planificación individual de la propiedad**

De acuerdo con las necesidades, potencialidades y el interés del productor rural, en cada propiedad se debe realizar la planificación con el mínimo tolerable para la conservación de los recursos naturales, de acuerdo con las orientaciones contenidas en la estrategia técnica.

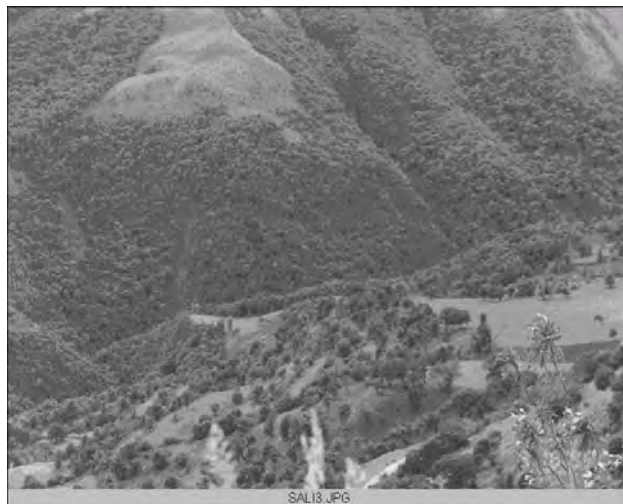
En las propiedades donde las necesidades y el interés del productor rural sean mayores, la planificación debe ser hecha observando los aspectos socioeconómicos del sistema de producción y del uso del potencial de los recursos naturales de la propiedad, adecuándolos al modelo metodológico. La planificación debe involucrar las acciones previstas en el proyecto de la microcuenca, observándose las tecnologías disponibles de uso y manejo adecuado del suelo, que estén directamente relacionadas con las actividades productivas.

Finalmente, cada productor beneficiario de un "Fondo de manejo de Conservación de Suelos" firma un Acuerdo señalando que conoce las normas del Programa y se compromete a seguir la estrategia técnica del Programa.

### 3.2. Estudio de caso 2: El manejo comunitario de los páramos con énfasis en participación y género la propuesta conceptual y metodológica del proyecto PÁRAMO

La finalidad del Proyecto Páramo fue la CONSERVAR ECOSISTEMAS DE LOS PARAMOS DEL ECUADOR. Para lograr este sueño colaboró con instituciones, proyectos y organizaciones a lo largo del país.

En el norte trabaja con el Proyecto MANRECUR II y la Fundación Jatun Sacha. En el centro, con el Proyecto Desarrollo Forestal Comunal, la Fundación Natura a través del Proyecto Sangay y la Federación de Organizaciones Campesinas e Indígenas de las Faldas del Chimborazo (FOCIFCH). En el sur, con el Proyecto DFC-Azuay, la Unión de Organizaciones Campesinas de Molleturo (UNOCAM) y la Unión de Organizaciones Campesinas de Jima (UNOCJ) y, en Loja, con el Grupo de Trabajo en Páramos de Loja y con el Programa Podocarpus.



Cada una de éstas organizaciones e instituciones junto con las comunidades de páramo, pertenecientes a sus áreas de influencia, establecieron convenios de cooperación con el Proyecto Páramo. El apoyo del proyecto en la conservación de los páramos se logró con la elaboración de los planes de manejo comunitario.

Estas comunidades de páramo son: en Carchi, Comuna La Libertad y Parroquia Mariscal Sucre; en Chimborazo, Atapo Qui-chalán, Guarguallá, Atdlo, Chorrera Mirador y Tambohuasha; en Azuay, Río Blanco, Cocha-pamba y Zhipta; y en Loja, Santa Teresita y la Cofradía (se detalla en el cuadro 1)

En los tres años de trabajo del Proyecto Páramo, se han elaborado doce planes de manejo comunitarios.

#### **3.2.1. Propuesta conceptual para la elaboración de los planes de manejo del páramo**

Para contribuir a la conservación de los páramos, el Proyecto Páramo ha desarrollado una propuesta conceptual y metodológica que ha orientado el trabajo con las comunidades en la elaboración de los planes de manejo, A continuación nos referiremos a esta propuesta

##### ¿Qué es un plan de manejo participativo del páramo?

Trabajar en conservación participativa implica, entre otras cosas, tomar en cuenta las prioridades que las personas tienen sobre los recursos naturales y, desde allí, planificar las actividades de manejo desde sus propias necesidades. Este proceso implica tiempo, compromiso y, sobre todo, la decisión de las personas de manejar los recursos de otra manera.

Por ello, un plan de manejo participativo del páramo es un proceso a través del cual las mujeres y los hombres de diferente condición social, cultural, étnica y edad, definen su visión del futuro y sus propias acciones y estrategias para conservar y manejar los recursos naturales del páramo. Así, disminuyen las amenazas e impactos negativos y se aprovechan las oportunidades y potencialidades para obtener un desarrollo sustentable que les permita mejorar sus condiciones de vida (Morales *et al.* 1999).



### ¿Por qué hacer un plan de manejo participativo del páramo?

Durante las reuniones del Grupo de Trabajo en Páramos (GTP) se ha tratado sobre la importancia de los páramos del Ecuador. Este es un grupo interesante de instituciones y personas con una visión muy crítica en torno al tema de los páramos. Por ejemplo, sabemos que los páramos del Ecuador forman un ecosistema con un gran valor para la población de la región andina. En primer lugar, son la fuente para todo el sistema hidrológico, pero también son áreas agrícolas y ganaderas para las comunidades indígenas y mestizas que habitan allí. Por su diversidad, alto grado de endemismo y belleza escénica, extensas áreas de páramo están incluidas en el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador. Sin embargo, a causa del incremento de la población humana y de los usos inapropiados, la función hidrológica y el valor natural de los páramos están en peligro. Además, la falta de recursos y la pérdida de tierra no han permitido que mejoren las condiciones de vida de los habitantes de los páramos (Proyecto Páramo 1998).

Éstos aspectos convierten al páramo en un ecosistema de gran importancia y nos alerta sobre su fragilidad. Ante esta realidad, aparece la necesidad de manejar los recursos naturales en los páramos de acuerdo a las realidades culturales, sociales y ecológicas locales. Uno de los medios para alcanzar el manejo sustentable de los páramos es a través de los planes de manejo participativos. Éstos implican procesos de activa participación por parte de las comunidades que habitan en ellos. Solo así la búsqueda de alternativas puede asegurar la conservación y el uso racional de los recursos naturales para el beneficio de la población actual y futura.

Únicamente la decisión de las comunidades hará posible la disminución de las presiones sobre los páramos y permitirá la conservación de este ecosistema de gran importancia para las personas que viven en él y las que dependen de él. En este sentido, un plan de manejo participativo ayudaría a alcanzar estos propósitos.

Al Proyecto Páramo le orienta una filosofía participativa y de género. Los planes de manejo constituyen la estrategia a través de la cual se identifica el acceso, el uso, el control y el impacto que hacen hombres y mujeres sobre los recursos del páramo. Es necesario identificar los espacios de hombres y mujeres en las diferentes instancias comunitarias para conocer cuales son sus formas de participación, así como las relaciones que establecen con los recursos naturales y entre sí. Tenemos el convencimiento que sin la participación de las personas no es posible lograr un manejo del páramo equitativo, ni sustentable.

El Proyecto entiende por género las diferencias y las relaciones construidas socialmente entre mujeres y hombres que cambian por situación, contexto y tiempo (Schmink 1999). En un plan de manejo participativo se considera importante incluir este enfoque "porque el género diferencia las relaciones que la gente establece con los recursos naturales y los ecosistemas, con respecto al conocimiento, uso, acceso, control, impacto sobre los recursos naturales y las actitudes con relación a los recursos y la conservación" (Schmink 1999)

Al incluir un enfoque de género, podemos hacer más equitativa la participación de hombres y mujeres lo cual hace que nuestras acciones de conservación tengan mayor impacto positivo y a través de éstas, contribuyamos a la equidad de género. Dentro de los planes de manejo participativos, el enfoque de género se usa en diferentes intensidades y de varias maneras para alimentar el proceso.

Entre los principios del Proyecto Páramo está la sustentabilidad reflejada en los ejes ecológico, económico y social. Al iniciar la elaboración de los planes de manejo del páramo es importante tomar en cuenta este principio. No es posible hablar del manejo sustentable del páramo si al realizar una actividad rentable se afecta algún recurso natural, o por el contrario, si por no tocar un recurso se afecta la calidad de vida de las personas. En este sentido, la sustentabilidad en los planes de manejo de los páramos debe estar presente en la visión de la comunidad y en los objetivos, programas y proyectos de sus planes de manejo.

En este sentido la conservación de los páramos y el desarrollo social y económico de las comunidades de páramo, basados en el aprovechamiento de sus recursos naturales requieren de la completa participación y del compromiso de las mujeres y los hombres de las comunidades.

### **3.2.2. Propuesta metodológica para la elaboración de los planes de manejo del páramo**

Para la elaboración de los planes de manejo comunitarios del páramo con enfoque de género hemos desarrollado una propuesta metodológica. Ésta ha sido validada y constituye la base de la experiencia obtenida en las diferentes comunidades donde el Proyecto Páramo ha apoyado. En esta oportunidad, presentamos el ciclo del plan de manejo comunitario del páramo con enfoque de género, que contiene 10 pasos importantes.

#### **Paso 1. El Rotafolio**

El rotafolio es una herramienta que pretende apoyar procesos de elaboración de planes de manejo que fomenten el trabajo de conservación y manejo sustentable de los recursos naturales en el páramo y otros ecosistemas a través de procesos participativos. Estos procesos podrían ser facilitados por comunidades locales, personal de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales.

El rotafolio contiene 17 láminas que describen el proceso para la elaboración de los planes de manejo del páramo. La explicación de cada lámina se encuentra en la Guía de Uso del Rota-folio: "Planifiquemos Nuestros Páramos con una Perspectiva de Género".

#### **Paso 2. Descripción del diagnóstico**

Se establece un proceso de identificación y validación de los conocimientos que poseen tanto hombres como mujeres de la comunidad sobre los recursos naturales del páramo. Se analizan los problemas, necesidades, expectativas, usos de los recursos, las relaciones con vecinos y vecinas y, se establece la visión y objetivos de las personas con relación al plan de manejo. El enfoque de género se resalta aquí porque se diferencian los conocimientos y usos de los recursos por sexo y edad.

#### **Paso 3. Los Comités Locales de Investigación de Páramos (COLIPAs)**

Los COLIPAs están formados por uno o más grupos de personas que investigan temas de interés común relacionados con los recursos naturales. Estos intereses son diferentes en hombres y mujeres, resaltándose también aquí el enfoque de género. Muchos de los COLIPAs que se han formado, han sido por iniciativa de las mujeres quienes han liderado las investigaciones de mejoramiento de pastos en Azuay o sobre la definición de linderos en Carchi. La finalidad de los COLIPAs es buscar alternativas de uso racional de los recursos pero respondan a los intereses de las personas que los usan.

#### **Paso 4. El mapeo participativo**

El mapeo es una herramienta que permite a las personas de la comunidad ubicar los recursos naturales de su páramo, determinar su estado de conservación, los usos que se dan a estos recursos y por parte de quién, los límites de su territorio, etc. La comunidad participa activamente en la elaboración de sus mapas apoyados de personal experto en geografía. El enfoque de género se refleja en el aporte de conocimientos de parte de mujeres y de ancianos/as de la comunidad.

#### **Paso 6. Investigaciones especializadas**

La comunidad aporta con conocimientos a los estudios que realizan profesionales especialistas en suelo, agua, flora, fauna, así como de los aspectos sociales de la comunidad. De esta manera acompañan en el proceso de investigación. Los resultados de estas investigaciones les permiten tomar decisiones sobre el uso que van a dar a sus recursos naturales. El enfoque de género está presente mediante el aporte de conocimientos diferenciados en sexo y edad.

#### **Paso 7. Zonificación**

Es el proceso participativo que se realiza entre las personas de la comunidad y el personal técnico de las instituciones de conservación y desarrollo para definir las zonas de manejo y conservación de acuerdo a las condiciones ambientales y sociales del territorio. Un ordenamiento del uso de los recursos, puede incluir nuevas alternativas a las prácticas actuales. El enfoque de género está presente

en la ubicación, que tanto mujeres como hombres, hacen de las zonas donde se hace pastoreo, agricultura, recolección de leña. donde están las vertientes, quebradas. bosques, lugares de interés turístico y el centro poblado, de acuerdo a sus intereses de uso y a la relación que tienen con los recursos naturales.

### **Paso 8. Normas de uso**

Para que el manejo de los recursos sea efectivo las personas de la comunidad deben ser quienes los establezcan. Para esto es importante que se tenga el conocimiento de las leyes locales y nacionales que rigen a la comunidad y su territorio. Cuando se establece un reglamento de uso de los recursos hay que analizar lo que se permite social y ecológicamente, y qué estímulos se van a proponer para quienes cumplen con lo establecido por la comunidad. El enfoque de género se visualiza en la necesidad de cumplir con las normas de uso por parte de hombres, mujeres, ancianos/as y jóvenes.

### **Paso 9. Programas y proyectos**

Cuando se identifican los usos de los recursos, también se analizan los problemas que existen y se plantean las alternativas de manejo. Estas alternativas son nuevamente revisadas y las más viables se implementarán en programas y proyectos del plan de manejo. También se analiza cómo financiar estos proyectos y cuándo se van a realizar los mismos. El enfoque de género está presente en la definición de proyectos dirigidos a cubrir los intereses diferenciados por sexo y edad.

### **Paso 10. Seguimiento y evaluación del plan de manejo**

Dentro del proceso del plan de manejo es importante detenerse un momento para medir los avances y dificultades que están apareciendo en el camino. Se debe evaluar cómo se puede mejorar el Plan. Si está yendo bien se puede seguir adelante, pero si hay problemas se deben cambiar las acciones que se están realizando.

De igual manera, el seguimiento a las actividades debe ser continuo pues de ésta manera se puede tener un control de lo que está sucediendo. El enfoque de género también está presente en la gran participación de toda la comunidad, pues es importante que hombres y mujeres de diferentes edades puedan expresar sus acuerdos y desacuerdos.

**TABLA 1. Comunidades de páramo con las que trabajó el proyecto páramo**

| <b>Provincia</b> | <b>Comunidad</b> | <b>Hectáreas</b> | <b># Familias</b>                             |
|------------------|------------------|------------------|-----------------------------------------------|
| Carchi           | La Libertad      | 5891             | 400                                           |
| Carchi           | Mariscal Sucre   | 1800             | 250                                           |
| Chimborazo       | Atillo           | 10829            | 148                                           |
| Chimborazo       | Atapo            | 700              | 18                                            |
| Chimborazo       | Guarguallá       | 8145             | 200                                           |
| Chimborazo       | Chorrera Mirador | 2677             | 136                                           |
| Chimborazo       | Tambohuasha      | 755              | 50                                            |
| Azuay            | Cochapamba       | 2813             | 36                                            |
| Azuay            | Río Blanco       | 3704             | 45                                            |
| Azuay            | Zhipta           | 1758             | 120                                           |
| Loja             | Santa Teresita   | 1679             | 150                                           |
| Loja             | Cofradía         | 4271             | 120                                           |
| <b>TOTAL</b>     |                  | <b>45.022 ha</b> | <b>1.673<br/>(alrededor de 9000 personas)</b> |

Fuente: Proyecto Páramo 2001

## **4. El proceso de planificación del manejo de cuencas**

### **4.1. Introducción**

La teoría de la planificación moderna de cuencas hidrográficas se originó en Europa y Estados Unidos desde finales del siglo pasado como una actividad orientada estrictamente a la planificación de los recursos hidráulicos. Esto es absolutamente lógico por cuanto la cuenca hidrográfica es el escenario natural donde ocurren todos los procesos y transformaciones de la porción terrestre del ciclo hidrológico.

Al hacerse evidente que el uso y manejo del agua estaba estrechamente ligado al manejo de los recursos vegetación y suelo, y las actividades relacionadas con éstos como la agricultura y el pastoreo, se amplió el concepto hasta llegar a la "planificación integral de cuencas hidrográficas"; allí se consideraba también el papel de las comunidades humanas que habitan las cuencas y desarrollan acciones dentro de ella, sus aspectos socioeconómicos y culturales, el sistema de servicios e infraestructura dentro de la cuenca, los asentamientos humanos masivos (poblados y ciudades), las industrias, etc.

Al llegar a éste concepto ampliado se puede decir que la planificación de cuencas hidrográficas es una actividad que involucra elementos de la "planificación territorial", pero no son equivalentes. La planificación territorial no precisa del concepto restrictivo y limitante de la cuenca hidrográfica, ya que se puede planificar un territorio teniendo como base otra cualquiera de las entidades naturales o artificiales que el analista desee utilizar: una zona de vida, un paisaje fisiográfico, una unidad cartográfica de suelos, una jurisdicción territorial, etc., aunque también, obviamente, se puede emplear el territorio delimitado por una cuenca hidrográfica. Por otra parte, la planificación territorial se concentra en la sectorización de un territorio para las acciones de ocupación humana: asentamientos, parques industriales, agroindustrias, actividades agropecuarias, áreas recreativas, etc., y sus interrelaciones funcionales mediante canales de comunicación, desarrollos infraestructurales y redes de servicios, de manera que el territorio en su conjunto funcione ordenada y eficientemente en un horizonte de planificación determinado.

En tanto que la planificación integral de cuencas hidrográficas se ocupa de la definición del uso y manejo de los recursos naturales renovables, sobre la base de un manejo tecnológico que garantice el desarrollo sostenible, maximizando o alcanzando niveles altos de beneficio económico, social y ambiental para las comunidades humanas involucradas. Los recursos naturales renovables considerados son el agua, la vegetación, la fauna silvestre, el suelo y el paisaje.

Aunque la planificación de cuencas hidrográficas propende por el desarrollo y el mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades humanas vinculadas con el territorio de una cuenca, no se debe confundir tampoco, como suele hacerse comúnmente, con programas de mejoramiento de vivienda, de salubridad, de educación, de pacificación social, de desarrollo agropecuario, etc., aunque no se descarta que pueda involucrar acciones de ese tipo. La planificación de cuencas hidrográficas involucra dos actividades principales: la ordenación y el manejo. La ordenación consiste en la definición de las formas de intervención, aprovechamiento y utilización de los recursos naturales contenidos en una cuenca hidrográfica, y el manejo trata de los procedimientos operativos de ejecución de la ordenación, el seguimiento, el control y la evaluación.

### **4.2. Etapas para abordar un proceso de planificación de cuencas hidrográficas**

#### **4.2.1. Recopilación y análisis de la información secundaria publicada y no publicada y experiencias en procesos de manejo**

Esta primera etapa incluye, la búsqueda de información relevante sobre la cuenca que se va a planificar, así como se debe emprender con la búsqueda de experiencias en procesos de manejo de cuencas.

La utilidad de planificar y realizar esta etapa, radica en que si se realiza una adecuada investigación preliminar de la existencia de información de la zona, esto se traduce en una disminución de esfuerzos y de un ahorro de recursos (tanto humanos como económicos). Lo cual se verá influenciado en la aplicación de mayores esfuerzos hacia temas que no hayan tenido el debido tratamiento. En general se puede hablar de algunos pasos para complementar esta etapa de recopilación de información, los cuales se presentan a continuación:

a) **Búsqueda y localización de la información existente (publicada y no publicada)**

Entre los aspectos generales que se debe considerar para iniciar este proceso de recopilación de información se tiene los siguientes: características biofísicas, características demográficas, sociales y económicas de la microcuenca en estudio.

A continuación se mencionan una serie de aspectos más específicos que se deben enfocar para el proceso de investigación preliminar, aclarando que estos no son todos los necesarios y se debe pensar siempre en recopilar la mayor cantidad de la información existente. Estos aspectos son: datos climatológicos; datos hidrológicos, inventario de agua, escorrentía, red fluvial); Listas de especies para la fauna y la flora terrestre y acuática, su distribución, historias de vida; especies económicamente importantes, especies raras y únicas o las que están en peligro de extinción; estudios de sucesión; biomasa, descripciones de ecosistemas; datos sobre suelos (distribución, nutrientes, minerales tóxicos); fuentes de contaminación pasadas, actuales y futuras; estudios antropológicos; localización y descripción de problemas ambientales existentes; localización de áreas críticas donde se ha propuesto el desarrollo; demanda existente de recursos naturales, especialmente los recursos hídricos necesarios para el funcionamiento de ecosistemas urbanos, rurales y naturales; m) demanda de peces y de recursos relacionados con la vida silvestre (cueros, pieles, comestibles)

b) **Revisiones de las legislaciones existentes, tanto en el ámbito nacional, regional y local, con la finalidad de disponer de los elementos jurídicos necesarios para que cada una de las acciones emprendidas hacia el manejo de la cuenta estén bajo el marco legal correspondiente y respaldados por las políticas generales del país.**

c) **Otro aspecto interesante es la búsqueda de experiencias de manejo y gestión de cuencas, mucho mejor si se trata de unidades que presentan características semejantes. La utilidad de esta actividad radica no solo para poner en práctica las lecciones aprendidas en la gestión de las mencionadas experiencias, sino también sino emprender acciones de cooperación e intercambio de experiencias con estos actores.**

Es importante mencionar que en esta etapa de recopilación de información, a pesar de que se trata de una actividad bastante rápida, es indispensable que nos permita disponer de una idea lo más clara posible de la problemática general de la cuenca en estudio. Esta premisa preliminar ayudara a definir a priori el enfoque del estudio del diagnóstico (en base a los aspectos que merecen mayor atención e inversión en estudios) y lo más importante aportara a la definición de los objetivos de manejo de la cuenca y a buscar posibilidades para el ordenamiento final de la zona de estudio.

#### **4.2.2. Planificación y ejecución del diagnóstico**

Esta etapa consiste en la evaluación pormenorizada de los recursos naturales renovables de la cuenca, identificando sus cualidades, aptitudes y potencialidades; las formas de utilización histórica y actual; y los problemas ambientales y de sostenibilidad generados en su aprovechamiento. Se trata en síntesis de conocer el "*escenario actual*" existente en la cuenca hidrográfica. (no se profundiza en esta etapa, porque es otra unidad, que tendrá su tratamiento especial)

Esta etapa puede ser analizada en dos momentos:

a) **El primero, relacionado con el diseño y planificación del diagnóstico**

Por lo general, el diseño de la forma de cómo ejecutar el diagnóstico, es una etapa muy ligada a la problemática de la zona en estudio y a la información existente y de aquella que se haya podido recopilar.

En síntesis, en esta etapa se debe disponer de los elementos necesarios para con ellos diseñar los principales estudios que deban ser ejecutados, cada uno de ellos deberá disponer de los términos de referencia, con los que serán ejecutados (en estos términos de referencia se especifican los objetivos, resultados y productos esperados con cada estudio).

Un aspecto de importancia en el diseño del diagnóstico, es precisar que datos realmente se necesitan obtener para la ordenación futura de la cuenca. Otro de los aspectos relevantes que deben considerarse en el diseño de los estudios, es el análisis de los principales macroproblemas biofísicos, socioeconómicos e institucionales, analizados tanto en forma individual como interrelacionados.

Otro aspecto importante es la definición de la estrategia de análisis para que la caracterización sea más organizada. Esta estrategia se refiere a la zonificación de la cuenca en unidades especiales de planificación e intervención futura. Al menos la zonificación, debe estar especificada a nivel de verticalidad (pisos altitudinales, zonas de vida), y a nivel de unidades homogéneas (paisajísticas, físicas, biológicas, capacidad de uso, poblacionales, sistemas productivos, etc.).

b) El segundo momento referido a la ejecución del diagnóstico (implementación o realización de los estudios)

Consiste en la realización de los estudios que resultaron de la planificación, estos deben realizarse en base a los términos de referencia (en el cual además de constar de los principales objetivos, productos y resultados, se hace constar plazos y tiempo mínimo para realizar cada uno de los estudios).

#### **4.2.3. Diseño del Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca hidrográfica**

En general esta tercera etapa constituye la fase de diseño ingenieril para establecer las actividades, métodos, estrategias, recursos (humanos, logísticos y económicos), cronología, etc. para llevar a cabo la ordenación durante el horizonte de planificación especificado.

Por las características y amplitud de los conocimientos científicos y tecnológicos que se precisan para abordar una tarea de planificación de cuencas hidrográficas, se requiere que el equipo de formulación cuente con la participación de diversos tipos de profesionales, entre los que pueden estar abogados, administradores, educadores, ingenieros forestales, hidrólogos, agrónomos, zootecnistas, ingenieros sanitarios, geólogos, etc.

Para el efecto, en primer lugar, es necesario definir quienes o cual será el equipo formulador; usualmente lo han venido haciendo planificadores, ordenadores o gestores de cuencas. También existen buenas experiencias de la integración de equipos institucionales multidisciplinarios. En la actualidad, para este fin, se ha iniciado la conformación de equipos interinstitucionales e interdisciplinarios y, además, con representación de la sociedad civil y actores locales

A esta etapa se le puede dividir en dos momentos

- a) Diseño y elaboración de un plan preliminar. Realizado por el equipo multidisciplinario mencionado en los párrafos anteriores, con los aportes de los beneficiarios.
- b) Validación del plan preliminar (con el apoyo de las comunidades y/o actores sociales involucrados, las instituciones y demás instancias institucionales y administrativas pertinentes, etc.)

#### **4.2.4. Diseño del sistema de seguimiento y evaluación del plan de manejo**

Como en todo esfuerzo de planificación, se definen mecanismos permanentes de evaluación y seguimiento de la fase de manejo para retroalimentar el diagnóstico, redefinir la ordenación y modificar, si es del caso, la ingeniería del manejo. La evaluación es un mecanismo para obtener información de gran fidelidad para hacerle ajustes al plan, corregir equivocaciones que se cometieron en el diagnóstico del escenario actual cuando no se tenía información completa y permite adaptaciones a los nuevos cambios sociales, económicos, tecnológicos, etc. que puedan suceder en el marco de la

cuenca durante la ejecución. Los mecanismos de evaluación más comunes son los indicadores de gestión y de ejecución de obra.

#### **4.2.5. Implementación del plan de manejo**

La implementación del plan se lo puede dividir en las siguientes etapas:

- Una primera que tiene que ver con todos los aspectos pre-operativos, entre los que se puede mencionar la promoción y difusión del plan, la elaboración del plan de trabajo del primer año, la elaboración de los términos de referencia para los estudios y obras necesarias, la adquisición de equipos, maquinarias y materiales, la instalación de oficinas; ajustes finales del documento del plan, la obtención y análisis de información relevante de la cuenca y de los actores institucionales y comunitarios, la búsqueda y establecimiento de alianzas estratégicas y otras consideraciones necesarias para el arranque del plan
- La segunda etapa de implementación, está supeditada a las obras de infraestructura, maquinaria y equipos por instalar. Los Términos de Referencia, los estudios de evaluación de impactos, las licitaciones, la contratación de obras y la fiscalización de las mismas, son los aspectos más relevantes de esta fase.
- Una tercera etapa, hace referencia al proceso de gestión del plan, el cual se basa en la puesta en marcha de las obras planificadas, la realización de actividades contempladas en los diferentes componentes y resultados de los diferentes programas y proyectos.

A continuación se esquematiza el proceso general para la formulación de planes de manejo de cuencas hidrográficas.



Figura 3. Esquema de los principales pasos para la planificación de la gestión de cuencas hidrográficas

## 5. Proceso de elaboración del plan de manejo de una cuenca hidrográfica

El resultado final de este esfuerzo de planificación, es un **documento ilustrado** que contiene el diagnóstico y todas las definiciones hechas sobre la ordenación, el manejo y la evaluación. A partir de allí la responsabilidad de la ejecución le corresponde a los entes que fueron identificados para tal propósito, que normalmente suelen ser las autoridades ambientales, los entes territoriales, las instituciones del Estado, el sector industrial y la comunidad, cada quién en la proporción y tareas que le sean propias. Siempre es deseable que se adopte una gerencia operativa para la ejecución del plan, definida en el diseño del plan de manejo, para que coordine la participación de los diferentes actores y exija el cumplimiento de sus responsabilidades, administre los recursos, contrate e intervenga obras, y en general, lidere todos los procesos para establecer la ordenación y el manejo tal como fueron concebidos. La ausencia de una estructura gerencial puede hacer que el esfuerzo de planificación se pierda al no haber responsables directos, situación que es corriente en el Ecuador

### 5.1. Proceso metodológico

Consiste en un proceso netamente de gabinete u oficina, en la cual se procede a sistematizar toda la información tanto aquella que fue recopilada de estudios similares, como de aquella generada durante toda la etapa de diagnóstico.

El plan de manejo, constituye un documento, donde se sistematiza la información del diagnóstico y se diseñan todas las estrategias necesarias para mejorar el estado actual de los recursos naturales y de los habitantes de la cuenca.

### 5.2. Pasos para la construcción del plan de manejo

En resumen, el plan de manejo para una cuenca hidrográfica contemplará al menos los siguientes grandes actividades

- Identificación general del plan (titulo, ubicación, entidades participantes, beneficiarios, usuarios, etc.)
- Resumen ejecutivo
- Antecedentes del plan.
- Problemática de la cuenca relacionados con el uso y manejo de los recursos naturales (Identificación del o de los principales problemas de la cuenca)
- Importancia y Justificación de planificar la cuenca hidrográfica
- Declaración de la visión y los objetivos del plan de manejo
- Caracterización cualitativa y cuantitativa de la cuenca (basada en la recopilación de la información y de la información recopilada en el diagnóstico general de la cuenca).
- Zonificación del territorio de la microcuenca (en unidades menores de planificación, conservación y desarrollo, esta zonificación puede ejecutarse en base a los recursos existentes y/o análisis de áreas críticas)
- Identificación y definición de programas y proyectos para el ordenamiento y manejo.
- Definición de las estrategias de gestión del plan de manejo (recomendaciones para la ejecución del plan de manejo, cronograma de actividades para el ordenamiento y manejo Sistema de monitoreo y evaluación del plan, identificación de posibles actores para la cooperación para el desarrollo del plan
- Estructura organizacional y funcional para la administración y gestión del plan.

#### 5.2.1. Descripción de los pasos del plan de manejo

Se presentan algunas recomendaciones para desarrollar ciertas etapas que no fueron analizadas en el documento.

##### **a) Identificación general del plan**

Se refiere a identificar al plan de manejo, colocándolo un titulo adecuado; el mismo debe contener información necesaria que le permita al lector ubicarse especialmente donde se ha desarrollado el plan



de manejo. Además debe presentarse información de las entidades participantes, organizaciones auspiciantes, beneficiarios directos, etc.

#### **b) Resumen ejecutivo**

El resumen ejecutivo constituye una breve descripción del contenido total del plan. Se lo hace con la finalidad de presentar una síntesis del proceso de construcción del plan, así como los alcances y principales propuestas de manejo de la cuenca.

#### **c) Antecedentes del plan.**

Este capítulo debe contener la información relacionada a las consideraciones por las cuales se ha planteado la realización del plan de manejo de la cuenca. Además es necesario que se presente un análisis de la información de procesos anteriores relacionados a la implementación de acciones tendientes a manejar los recursos naturales de la zona; por ejemplo proyectos implementados, proyectos en ejecución, proyección de las acciones, etc.

#### **d) Caracterización cualitativa y cuantitativa de la cuenca**

En este capítulo se presenta toda la información recopilada en la etapa de diagnóstico de la cuenca, basada en la revisión de la bibliografía publicada y no publicada, así como aquella de aquella información que se recopiló en los estudios detallados del estado actual de los recursos de la cuenca.

#### **e) Problemática de la cuenca relacionado con el uso y manejo de los recursos naturales**

La finalidad de presentar un capítulo relacionado con la problemática de la cuenca, es para identificar los principales impedimentos que están de alguna manera frenando el desarrollo sustentable de la misma. Además con la identificación de los problemas se puede llegar a encontrar las posibles soluciones y que serán las alternativas de manejo.

Existe un sinnúmero de metodologías que permiten llegar a identificar la problemática de la cuenca. Entre ellas y una de las más usadas, es la matriz Causa-Efecto. Con este método permite a los actores involucrados en el manejo de la cuenca, identificar sus realidades locales, sus limitaciones y sus impedimentos relacionados con el uso, acceso y manejo de sus recursos.

#### **f) Importancia y Justificación de planificar la cuenca hidrográfica**

En esta parte del plan de manejo se debe resaltar los principales aspectos por los cuales se debe formular e implementar un plan de manejo. Además se debe justificar desde todas las perspectivas (social, económica y ambiental) la necesidad de emprender procesos de planificación y actuación en la cuenca.

#### **g) Declaración de la visión y los objetivos del plan de manejo**

La visión constituye la transmisión escrita de las proyecciones que se desean cumplir a mediano y largo plazo con la implementación del plan de manejo. Los objetivos representan las finalidades concretas y ejecutables con las cuales ha sido desarrollado el plan de manejo y que orientan las diferentes actuaciones.

#### **h) Zonificación del territorio de la microcuenca**

La zonificación es una herramienta técnica que facilita el manejo, evitando conflictos que pudieran darse al permitir los diferentes usos. La zonificación define los usos permitidos y provee los lineamientos para un manejo coordinado de los recursos naturales y de las actividades humanas.

Por medio de la zonificación ambiental de la cuenca, se busca identificar áreas territoriales de intervención que merecen un tratamiento diferenciado, sin que éstas pierdan sus interrelaciones con el conjunto de actividades que tienen como escenario la gran Cuenca.

En general, cada una de las zonas debe contener las siguientes consideraciones:

- a) Descripción de la zona
- b) Objetivos
- c) Usos permitidos

d) Normas

A continuación se presenta un ejemplo de zonificación del Parque Nacional Galápagos. En la cual se establecidos las siguientes zonas:

- 1) Zona de Protección absoluta
- 2) Zona Primitiva
- 3) Zona de Uso Especial
- 4) Zona de Uso Visitantes
- 5) Zona Externas al PNG

**1) Zona de Protección absoluta**

**a) Descripción de la zona**

Son áreas prístinas que se encuentran libres de impactos significativos de organismos introducidos y de intervención humana. Sus recursos se encuentran en buen estado de conservación e incluyen muestras representativas de la biodiversidad nativa que requieren protección absoluta. Las actividades en esta zona son selectivas y restringidas.

Forman parte de la Zona de Protección Absoluta la totalidad de las siguientes islas, excepto las Zonas de Uso para Visitantes: Daphne Mayor; Fernandina, y Genovesa. Además, se considera que los objetivos, usos y normas de la Zona de Protección Absoluta son los más aplicables a la mayoría de las islas pequeñas e islotes del archipiélago. Entonces todas las islas/islotes no nombrados en las otras zonas están incluidas en esta zona; aunque algunas de estas islas/islotes tienen organismos introducidos, deben ser mantenidos bajo la protección absoluta de esta zona.

**b) Objetivos**

- Mantener a perpetuidad muestras lo más inalteradas posibles de los ambientes naturales de Galápagos
- Proteger en forma absoluta la biodiversidad de la zona, asegurando la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos
- Proporcionar patrones permanentes de ecosistemas, con los que se puedan comparar los cambios ocurridos en otras zonas del Parque.
- Proporcionar oportunidades limitadas de investigación, filmación, y visita restringida en áreas inalteradas.

**c) Usos permitidos:**

- Investigación restringida
- Visitas oficiales restringidas.
- Filmaciones y fotografía muy restringidas.

**d) Normas**

- No se permite ninguna actividad que altere o dañe el ambiente natural.
- Se realizarán acciones de manejo inmediatas y prioritarias relativas a la introducción de organismos o usos no permitidos, a fin de mantener su categoría de protección absoluta.
- El número de usuarios está restringido a un máximo de cinco personas por grupo; no puede haber dos grupos simultáneamente en el mismo sitio. El ingreso será posible únicamente con un permiso escrito de la Administración del PNG.
- Los usuarios deben cuidar de manera especial que sus equipos y alimentos no contengan organismos vivos (incluyendo semillas), tanto al ingresar como al salir de la zona. En todo lo posible se usarán alimentos disecados o en conserva.
- Los estudios científicos se permiten únicamente cuando sus objetivos no puedan ser alcanzados en otras áreas del Parque. La colección de muestras es permitida únicamente con propósitos de investigación relacionados a los proyectos aprobados para esta zona.

- Los grupos de visitantes especiales y filmadores, deben estar acompañados por personal del SPNG, cuando se considera necesario
- Tienen prioridad los trabajos a cargo del personal del SPNG e investigadores autorizados sobre filmadores y/o visitantes especiales.
- En lugares estratégicos se permiten las instalaciones mínimas de infraestructura necesaria para la seguridad, tales como faros y señales.

#### i) Identificación y definición de programas y proyectos para el ordenamiento y manejo.

Los programas son grandes líneas estratégicas de actuación que permiten dirigir el manejo de la cuenca, se definen en relación a la existencia y potencialidad de los recursos existentes en la cuenca, así como sobre la base de la problemática existente, es decir la idea es buscar las principales alternativas de solución.

Los proyectos son grandes actividades identificadas como necesarias y que requieren ser desarrolladas en forma inmediata. Estas actividades deben ser diseñadas para que puedan ser implementadas por cualquier actor involucrado en el manejo de la cuenca. En esta parte del plan de manejo, a los proyectos se los puede representar mediante el uso del marco lógico.

El marco lógico es un instrumento metodológico que se emplea principalmente en la etapa del diseño, planificación, monitoreo y evaluación de un proyecto de desarrollo. Permite elaborar de manera gráfica, coherente y articulada los componentes centrales que configuran una hipótesis de un proyecto. Asimismo, el marco lógico permite identificar de un modo gráfico:

¿**Qué** es lo que se va a lograr con el proyecto?

¿**Cómo** se va a realizar el logro planteado?

¿**Cómo** se va a saber si ese logro se ha cumplido?

De igual forma, esta herramienta constituye el punto de partida para la evaluación del proyecto. Así también ayudará a explicar:

¿**Para qué** se realiza el proyecto?

¿**Qué** problema ayudará a resolver o qué se quiere lograr con el proyecto?

¿**Cómo** alcanzamos el objetivo del proyecto?

¿**Con** qué acciones lograrán los resultados del proyecto?

Estos componentes centrales son ubicados en una matriz conformada por cinco columnas y cuatro filas. Estos componentes centrales son ubicados en una matriz conformada por cinco columnas y cuatro filas.



Matriz del Marco lógico (simplificada)

| Descripción | Indicador | Medio de verificación | supuestos |
|-------------|-----------|-----------------------|-----------|
| Objetivos   |           |                       |           |
| Componentes |           |                       |           |
| Resultados  |           |                       |           |
| Objetivos   |           |                       |           |

#### j) Definición de las estrategias de gestión del plan de manejo

En esta sección se debe diseñar las principales recomendaciones para la ejecución del plan de manejo, por ejemplo cronograma de actividades para el ordenamiento y manejo de la cuenca; diseño de un sistema de monitoreo y evaluación del plan, identificación de posibles actores para la cooperación para el desarrollo del plan, etc.

#### k) Estructura organizacional y funcional para la administración y gestión del plan.

La finalidad de esta capítulo, es de diseñar participativamente y en consenso la mejor alternativa para la implementación del plan de manejo, es decir se debe conformar una estructura orgánica funcional que permita orientar el accionar del plan de manejo.

### 5.3. Sistemas de seguimiento, Vigilancia y evaluación del plan de manejo

En esta sección se debe diseñar el mecanismo necesario para medir los niveles de aplicación, efectividad e impactos que el plan de manejo traiga sobre los recursos y actores en la cuenca en estudio. Las principales pautas metodológicas que permiten cumplir con este sistema, se mencionan las siguientes:

#### 5.3.1. Evaluación ex - ante del plan de manejo

La matriz del marco lógico, permite realizar un buen nivel de análisis cualitativo y cuantitativo de cada uno de los proyectos diseñados en el plan de manejo. La matriz para este análisis es la siguiente:

| Descripción | Indicador | Línea base | Indicador programado | Indicador alcanzado | % | Medios de verificación | Análisis |
|-------------|-----------|------------|----------------------|---------------------|---|------------------------|----------|
| Objetivos   |           |            |                      |                     |   |                        |          |
| Componentes |           |            |                      |                     |   |                        |          |
| Resultados  |           |            |                      |                     |   |                        |          |
| Actividades |           |            |                      |                     |   |                        |          |

#### 5.3.2. Evaluación ex - post de los efectos e impactos del plan de manejo

Esta evaluación se combina con criterios de sostenibilidad financiera y organizacional del marco institucional (autoridad de la cuenca u otro) y de la sustentabilidad de las ofertas técnicas y metodológicas que posibiliten una continuidad de los resultados o procesos por parte de los involucrados.

Este tipo de evaluación debe ser una responsabilidad de todos los involucrados, pero de preferencia de la entidad de la cuenca de los gobiernos locales y de los financiadores. Además los beneficiarios son los llamados a vigilar la efectividad de los impactos, como también son los llamados a denunciar la ineficiencia o corrupción que ocurran en la ejecución del plan del manejo.

#### 5.3.3. Evaluación de la gestión institucional

Uno de los métodos utilizados para realizar el análisis de los avances y logros de la gestión institucional; es la matriz de análisis de desempeño institucional (eficacia, eficiencia, pertinencia y

viabilidad financiera), esta matriz es acoplada de la matriz del marco lógico. A continuación se presentan estas:

Matriz de análisis de los mecanismos de gestión institucional en relación con el plan de manejo de la cuenca.

| Ámbitos de gestión         | Fortalezas | Debilidades/causas | Análisis | Acciones estratégicas para potenciar o mejorar |
|----------------------------|------------|--------------------|----------|------------------------------------------------|
| Planificación              |            |                    |          |                                                |
| Organización               |            |                    |          |                                                |
| Programación               |            |                    |          |                                                |
| Seguimiento y evaluación   |            |                    |          |                                                |
| Toma de decisiones         |            |                    |          |                                                |
| Administración de personal |            |                    |          |                                                |
| Manejo de finanzas         |            |                    |          |                                                |
| Relaciones institucionales |            |                    |          |                                                |
| Capacitación               |            |                    |          |                                                |
| Negociación                |            |                    |          |                                                |
| otras                      |            |                    |          |                                                |

Matriz de análisis de desempeño institucional

| Concepto              | Componente/ objetivo | Variable/ resultados | Indicador marco lógico/línea base | Información/ indicador término plan | Fuente de información | Análisis |
|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|----------|
| Relevancia            |                      |                      |                                   |                                     |                       |          |
| Eficacia              |                      |                      |                                   |                                     |                       |          |
| Eficiencia            |                      |                      |                                   |                                     |                       |          |
| Pertinencia           |                      |                      |                                   |                                     |                       |          |
| Viabilidad financiera |                      |                      |                                   |                                     |                       |          |

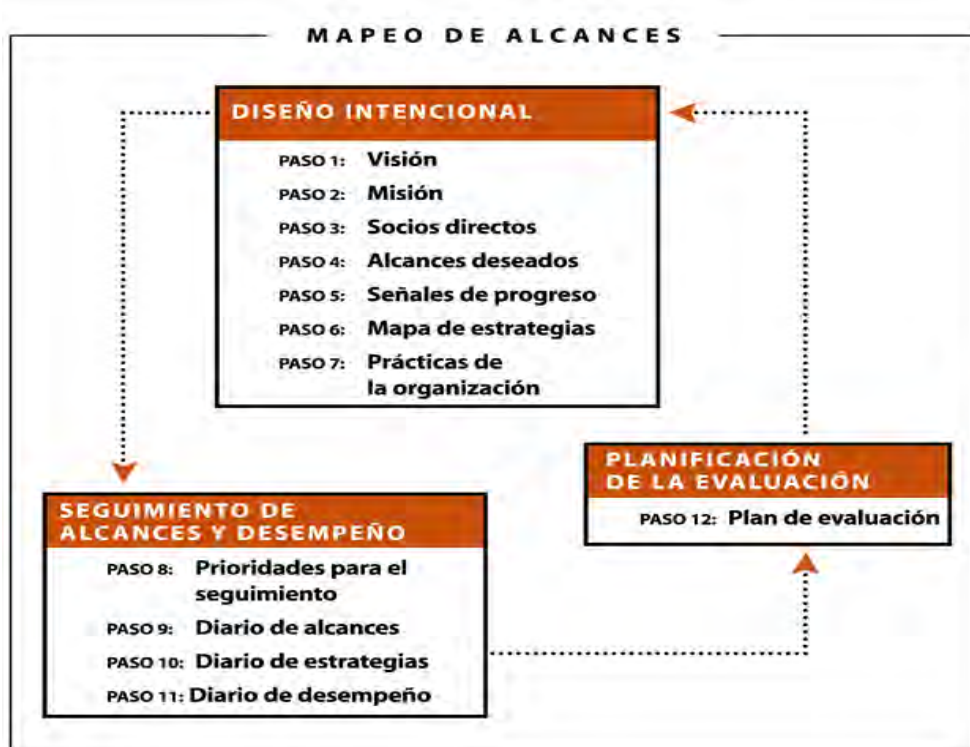
### **5.3.4. Mapeo de alcances.**

El Mapeo de Alcances es una herramienta, en la cual, el seguimiento y la evaluación se integran en la fase de diseño del plan de manejo, programa o proyecto. Pero como este no es siempre el caso, el Mapeo de Alcances dispone de elementos y herramientas que pueden ser adaptadas y usadas por separado.

El Mapeo de Alcances se concentra en un tipo de resultado concreto: los alcances que se reflejan en un cambio de comportamiento. *Los alcances se definen como cambios en el comportamiento, en las relaciones, actividades y/o acciones de las personas, los grupos y las organizaciones con los que un programa trabaja en forma directa.* Dichos alcances pueden vincularse con las actividades de un programa de manera lógica, aunque no necesariamente sean causados directamente por ellas. Estos cambios tienen por objeto contribuir a determinados aspectos del bienestar humano y ecológico; proporcionan a los socios directos nuevas herramientas, técnicas y recursos para colaborar en el proceso de desarrollo. *Los socios directos son las personas, los grupos y las organizaciones con quienes el programa mantiene una interacción directa y con quienes prevé oportunidades de ejercer influencia.* La mayoría de las actividades suponen alcances múltiples, ya que tienen varios socios directos. Hay que tener en cuenta que, al recurrir al Mapeo de Alcances, un programa no pretende haber alcanzado los impactos del desarrollo, sino más bien poner el acento en la medida en que ha contribuido a lograr los alcances obtenidos. *Las Señales de Progreso: conjunto de indicadores de los cambios de comportamiento que se identifican en un socio directo determinado que se centra en el grado y cualidad de tal cambio*

El Mapeo de Alcances no solo proporciona una guía introductoria al trazado de mapas de evaluación, sino que también es una guía para el aprendizaje y una mayor eficacia y reafirma que el estar atento a lo largo del camino es tan importante y crucial como llegar al destino

En el diagrama siguiente se presenta las tres etapas del Mapeo de Alcances y los doce pasos a seguir para el diseño de un taller para construir un sistema de planificación, seguimiento y evaluación de un plan de manejo, un programa o un determinado proyecto.



Fuente: Earl et al., (2002)

## Literatura consultada

- Aguirre Z. y Aguirre N. 1999. Guía para estudios de comunidades vegetales. Hebario Loja 5. Departamento de Botánica y Ecología, Universidad Nacional de Loja, Ecuador
- Aguirre N. y Aguirre Z. 2004. Guía para Monitorear la biomasa y dinámica de carbono en ecosistemas forestales en el Ecuador. Herbario Loja N 11. Departamento de Botánica y Ecología, Universidad Nacional de Loja, Ecuador
- Aguirre. 2004. Introducción al estudio de la ecología. Departamento de Botánica y Ecología, Universidad Nacional de Loja, Ecuador (material de enseñanza)
- Benzler, Finnnern, Müller, Roeschmann, Will, Wittmann, 1982; Bodenkundliche Kartieranleitung; 3. verbesserte u. erweiterte Auflage; Arbeitsgruppe Bodenkunde, Bundesanstalt f. Geowissenschaften u. Rohstoffe, Hannover.
- Campos A. 1992. Procesos del ciclo hidrológico. U.A.S.L.P, San Luis Potosi, SLP, México. pp 2-5.
- Claver F., et al, 1991; Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico: Contenido y Metodología; Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Madrid, España
- Earl S., Carden F. y Smutylo T. 2002. Mapeo de alcances: Incorporando aprendizaje y reflexión en programas de desarrollo / Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. Ottawa, Canadá
- Feshe et al (1999). Caracterización de los bosques andino
- Figueroa S. et al. 1991. Manual de Predicción de Pérdidas de Suelo por Erosión; Colegio de Postgraduados, Montecillo, Chapingo, México.
- Heras R. 1976. Hidrología y recursos hidráulicos. Centro de Estudios Hidrográficos. Madrid, España.
- Linsley R, Kohler M. and Paulhus J. 1993. Applied Hydrology. McGraw Hill, Book Company. Ltd. Tokio, Japan. pp 243-249.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1973. Boletín Hidrológico. Dirección de Hidrología. México.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1998. Diagnóstico para el manejo de cuencas hidrográficas. Dirección General de Política Agrícola. México.
- Springall G. 1970. Hidrología. Primera Parte. La cuenca. Instituto de Ingenieríaa de la UNAM. México. pp 7-33.
- Vásquez A. 1997. Manejo de cuencas altoandinas. Universidad Agraria La Molina. Lima, Peru.
- Wruck S., 1990. Manual de Planificación Regional (Primera Versión), IMTA
- Wruck S. 1993. El Manejo Agropecuario- Forestal de Cuencas Hidrológicas; in: Memoria; Curso de Limnología Aplicada; Consejo de la Cuenca Lerma- Chapala; p. 23 - 31 CNA, Queretaro, Mexico
- Zury W. 2004. Manual de planificación y gestión participativa de cuencas y microcuencas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación FAO. Quito, Ecuador

## ANEXOS: Lecturas complementarias

### Anexo 1. La Gestión de cuencas de montañas tropicales

Para enfrentar la compleja situación de la conservación y desarrollo de las cuencas de montaña los gobiernos, sus técnicos y las universidades han ensayado diferentes estrategias con éxito variable, una de ellas la ordenación y manejo integral de cuencas hidrográficas. Ha sido una estrategia de trabajo para la conservación de las zonas montañosas, aplicada desde principio de siglo en los Alpes, en las montañas rocosas, en los Apalaches, en los Andes, en Asia y en Japón, por inspiración y motivación de los forestales, quienes desde un principio han estado conscientes de la necesidad de mantener interrelaciones óptimas entre los bosques, las aguas, la fauna y los suelos dentro de los ecosistemas montañosos.

A través del tiempo se ha buscado su perfeccionamiento y se ha adaptado a los diferentes problemas y entornos sociales, políticos e institucionales de las diferentes regiones montañosas. Ha sido una estrategia que ha buscado la conservación y el desarrollo. En su devenir se han desarrollado algunas variantes: por ejemplo, el control de torrentes, el manejo hidrológico forestal de vertientes, el manejo hidrológico, el manejo integral de microcuencas y la más reciente, la recuperación de ecosistemas hídricos.

La gestión de cuencas ha sido una estrategia institucional que ha promovido el incremento de la capacidad productiva del sistema cuenca dentro de sus potencialidades y limitaciones. El manejo integral de cuencas se puede concebir, siguiendo la definición presentada en el trabajo sobre terminología de la FAO, como ***“La formulación y aplicación en toda la cuenca hidrográfica, tanto aguas abajo como aguas arriba, de un conjunto integrado de acciones en la búsqueda del desarrollo sostenible, minimizando los efectos ambientales negativos sobre el recurso hídrico que la población utiliza aguas abajo”***.

El desarrollo sostenible en manejo de cuencas puede orientar sus acciones como ha sido planteado en el proyecto de la Aldea Ecológica San José de Limones (1997).

- Un desarrollo económico, social, cultural que respete las limitaciones del ambiente natural, los valores del hombre y su familia, que sea permanente en el territorio y en el tiempo, en armonía con la naturaleza.
- Una actividad económica diversificada, basada en un desarrollo agropecuario y forestal rentable, que sea menos contaminante y más endógeno en el aprovechamiento de los recursos humanos, naturales y paisajísticos.
- Una arquitectura autóctona y paisajismo acorde con el bioclima y que aproveche las tecnologías más adecuadas.
- Un alto grado de autogestión a través de la participación, organización, capacitación, educación y divulgación de logros, unido al apoyo decisivo de las instituciones públicas en la construcción de infraestructura y prestación de servicios básicos esenciales.
- El manejo de cuencas es un método potente de planificación que aplica un enfoque holístico, destacando la interconectividad de los recursos naturales entre los usuarios aguas arriba y aguas abajo, aplicando el concepto de ecosistema, los principios de la ciencia ecológica y los lineamientos del desarrollo sostenible. Además, facilita el monitoreo y evaluación del efecto de las inversiones en conservación de vertientes para protección del agua y privilegia la protección del valor estratégico del recurso agua.

#### **Dificultades operativas en la aplicación de la gestión de cuencas**

A pesar que en la formulación y aplicación del manejo de cuencas existe un proceso metodológico bien estructurado y una justificación evidente es necesario destacar que actualmente atraviesa una época de pocas realizaciones, al menos en América Latina.



Su aplicación ha sido difícil entre otras razones porque las instituciones no han sido diseñadas para aplicar enfoques integrales como el que requiere el manejo de cuencas sino segmentados, existiendo muchas instituciones en compartimientos estancos; también por la conflictividad de los intereses entre la población y empresas ubicadas aguas arriba y aguas abajo; porque no se ha resuelto en forma apropiada las externalidades que causan flujos de retorno contaminados; por la inestabilidad de las políticas gubernamentales; por la falta de una clara política de incentivos que logre la participación sostenida de la población y por la falta de demostración convincente de los resultados exitosos que aparecen a mediano plazo dentro de un entorno político que solicita resultados inmediatos, sobre todo en América Latina.

La ordenación y manejo de cuencas significa la decisión política de actuar decididamente con una fuerte coordinación interinstitucional en todo el sistema-cuenca, agua arriba y aguas abajo, para promover la aplicación de políticas de desarrollo sostenible, privilegiando el valor estratégico del recurso hídrico, insertada en políticas de desarrollo regional, con enfoques de cogestión y autogestión y en función de las potencialidades y limitaciones del ecosistema.

La mayoría de los países de la región tienen dificultades financieras y una recesión general que ahora apenas muestra signos de recuperación. La actividad está reducida al mínimo y sólo algunos proyectos se están ejecutando con préstamos de la banca internacional, para protección de cuencas donde existen desarrollos hidráulicos, especialmente hidroeléctricos, otros proyectos se realizan con donaciones. El reajuste que se produce en la macroeconomía tiene semiparalizada la actividad de construcción en control de torrentes. Se observa una mayor actividad en aprobación de reglamentaciones de uso de las tierras, cuya efectividad es parcial, poca actividad de reforestación de vertientes y de riberas y se inicia programas de asistencia agronómica con apoyo de la banca multilateral. Otro factor que ha contribuido a la baja en la ejecución de proyectos de manejo de cuencas es la falta de demostración cuantitativa de efectos y logros beneficiosos.

El ciclo tradicional de elaboración y ejecución de proyectos no ha incluido la medición de la situación inicial de indicadores seleccionados que permita la comparación de los efectos de las acciones del proyecto, ni sistemas de monitoreo por lo que la evaluación de logros no ha formado parte de los proyectos de cuencas, salvo excepciones. No ha existido una cultura de la instrumentación y medición. Por eso no se tienen respuestas convincentes a las preguntas de gobernantes y representantes de organizaciones financiadoras y de países donantes sobre la magnitud de los efectos logrados. Sin embargo, se empieza a asignar importancia a esta componente.

La falta de monitoreo y evaluación de logros ha dificultado la consecución de financiamiento, el análisis del costo-efectividad de los tratamientos y el poder corregir y mejorar diseños. Para solventar esta falla se necesita convencer a los gerentes, al personal técnico y a los beneficiarios sobre la importancia del monitoreo y evaluación de logros, ya que el costo adicional que las mediciones implican se justificará al disponer de información cierta y objetiva que reforzara la marcha del proyecto.

### **El fortalecimiento del manejo integrado de cuencas hidrográficas de montañas tropicales**

El reto principal es desarrollar un proceso que permita incorporar a la población a una filosofía de desarrollo sustentable en un entorno caracterizado por un crecimiento explosivo de la población, restricciones económicas y por lo tanto de stress social, y economía abierta de mercado. Dentro de ese marco institucional y social se proponen líneas de acción en cinco grandes áreas, las cuales se analizan a continuación.

#### **Educación y capacitación**

Mediante el desarrollo de nuevos enfoques educativos para el manejo de cuencas. En América Latina ha ocurrido un esfuerzo educativo importante desde que se celebra el Congreso de Ordenación de Cuencas en la Universidad de la Plata en 1961. Sin embargo, la realidad indica que se necesita aplicar ajustes en el modelo educativo. Debe ser una capacitación que fortalezca la capacidad gerencial para el

manejo ambiental de cuencas hidrográficas, la misma que debe visualizarse en base a los siguientes aspectos:

- a) los ecosistemas de montaña y la agroecología;
- b) el proceso moderno de planificación;
- c) las políticas públicas;
- d) el desarrollo sostenible y la globalización de los mercados.

#### Planificación

Mediante el fomento de la aplicación de enfoques holísticos y estratégicos para el manejo de recursos naturales por parte de las instituciones, el liderazgo político y la sociedad civil, demostrando la importancia que juega el ambiente y los recursos naturales en la transformación económica de los países.

Además deberá plantearse objetivos de trabajo que se acoplen a la realidad social y económica local. La búsqueda del desarrollo rural local sostenible en la cual se respeten las limitaciones del ambiente natural, los valores del ser humano y su familia, que logre un desarrollo agropecuario y forestal menos contaminante, más endógeno y rentable en el aprovechamiento de los recursos humanos, naturales y paisajísticos; una arquitectura autóctona que aprovecha las tecnologías alternativas, un alto grado de autogestión a través de la participación, organización, capacitación, educación, unido al apoyo decisivo de las instituciones públicas en construcción de infraestructura y prestación de servicios básicos esenciales.

La estructuración de los proyectos de manejo integral de cuencas deben ser concebidos dentro de una filosofía estratégica de proyectos de conservación, producción y comercialización con fuerte base en la aplicación de principios de la agricultura ecológica y del desarrollo sostenible en los que se privilegien las componentes de participación, organización, capacitación, autogestión, asistencia agroeconómica por fincas, educación ambiental para protección de los bosques y de biodiversidad.

Fortalecer la coordinación y el establecimiento de acuerdos Inter.-institucionales, ya que una de las dificultades en la aplicación del manejo de cuencas es el hecho que se trabaja en unidades territoriales que generalmente abarcan varias entidades político territoriales lo que dificulta la coordinación de acciones.

Financiar con prioridad los proyectos que contengan la componente de monitoreo y evaluación de logros, ya que la ausencia de un sistema de medición de indicadores seleccionados impide conocer con certeza los efectos que el proyecto ha producido.

Buscar la estabilidad de políticas a mediano plazo para la conservación de las cuencas hidrográficas, especialmente de aquellas que tienen alto valor estratégico para el abastecimiento de agua de la demanda doméstica, industrial, agrícola y del mantenimiento de los humedales y ecosistemas acuáticos. En el campo de la recuperación y conservación la falta de estabilidad de políticas ha sido una de las causas de los fracasos.

#### Participación de la población

Impulsar la participación de la población. La experiencia indica una clara correlación entre altos niveles de participación real y grados de eficiencia en proyectos. (Dutta S.K. *et al.*, 1996). Las ventajas son múltiples y de gran envergadura: buena identificación de prioridades, aportes de ideas innovativas, incorporación de sus propias tradiciones y sabidurías, desarrollo de autoconfianza a medida que se ejecuta el proyecto, control celoso del uso de los recursos, autosustentación a mediano y largo plazo; potenciación de sus propias formas de organización y creación de un círculo virtuoso de mejoramiento. Pero deben ser un proceso genuino de participación y no simulaciones de participación o manipulaciones de la comunidad. (Klisberg, B., 1997).

Promover la cogestión y la autogestión. Como se ha evidenciado en la evaluación de proyectos de manejo de cuencas realizados en todo el mundo, los proyectos que han tenido éxito son aquellos en los cuales ha habido una efectiva integración y participación de la población en el diseño y ejecución. Por

eso el manejo de cuencas debe impulsar las políticas basadas en construir consenso y buscar la participación, especialmente la aplicación de talleres de planificación participativa. Pero la participación tiene que ir mas allá de la formulación y ser parte activa en la cogestión para el arranque del proyecto.

#### Destacar el papel de ecosistemas montañosos (bosques nublados y páramos)

Las cifras de deforestación de bosques de montañas son alarmantes, asimismo también la contaminación de quebradas y ríos, por lo que se requiere impulsar acciones específicas tales como: a) proteger estrictamente el bosque nublado y los ecosistemas de páramo por ser ecosistemas de valor estratégico en la producción de agua de la mejor calidad y en el mantenimiento de la biodiversidad, b) recuperar el bosque ribereño principalmente en cuencas abastecedoras de acueductos, lo que ayuda a purificar las aguas, c) reforestar con efectividad y calidad tierras de alta pendiente, recuperar con reforestaciones áreas abandonadas después de ser explotadas por actividades mineras. d) promover acciones para demostrar que el bosque de montaña es susceptible de ser manejado para el logro de propósitos múltiples.

Cada día la sociedad es más consciente de la importancia de estos ecosistemas para la producción de agua de máxima calidad en las cuencas de montañas tropicales. Su protección es una prioridad (Jiménez Escobar H., 1996). Los bosques ribereños establecidos en las orillas de ríos y quebradas, cumplen a través de la biomasa radicular una función purificadora de aguas contaminadas provenientes de terrenos agrícolas adyacentes. Esta función está plenamente comprobada científicamente.

#### Financiamiento

Existen graves dificultades en la ejecución de proyectos porque las fuentes de financiamiento tradicionales de los gobiernos están limitadas, lo que obliga a incorporar al sector privado, demostrándoles que la ordenación de cuencas genera beneficios ambientales, económicos y sociales que rinden utilidades en el porvenir. La búsqueda de nuevas opciones de financiamiento en el sector privado o en la banca multilateral es otra línea de acción que requiere creatividad, determinación y persistencia (Hernández, E. 1991). La reciente conferencia electrónica sobre el tema de Inversiones de Montaña, auspiciada por The Mountain Institute ha identificado experiencias exitosas en la búsqueda de alternativas financieras.

En resumen, se propone concentrar la acción de la ordenación y manejo integral de aquellas cuencas que sean realmente prioritarias, especialmente las productoras de agua para acueductos, cuencas en las que existan instituciones dolientes, que brinde seguridad de disponer de financiamiento estable a mediano plazo y donde se pueda estructurar equipos idóneos de trabajo, con una clara visión estratégica del enfoque moderno de manejo de cuenca y de la importancia de la participación, con un líder y promotor del proyecto de cuencas, que vele no sólo por el cumplimiento de metas sino por la calidad de los resultados y donde exista compromisos políticos que impulsen una fuerte coordinación interinstitucional y el establecimiento de un sistema de monitoreo y medición de logros y de gestión.

Los planteamientos anteriores pueden ayudar a fortalecer el manejo de cuencas tropicales, su validez como un enfoque para optimizar el uso de los recursos administrativos en la búsqueda del desarrollo sostenible de la zonas montañosas.

## **Anexo 2. El enfoque de planificación participativa para enfrentar la degradación de tierras en América latina**

La degradación de suelos es como una crisis silenciosa que está avanzando tan rápidamente en América Latina, que pocos países tienen la esperanza de alcanzar una agricultura sostenible en un futuro próximo. Es un problema que, a pesar de estar amenazando la subsistencia de millones de personas en la región, tiende a ser ignorado por los gobiernos y la población en general.

La información disponible de investigación sobre los tipos, causas, grado y severidad de la degradación de tierras es todavía insuficiente, en la mayoría de los países de América Latina. Esta falta de información dificulta enormemente la identificación y la puesta en práctica de estrategias efectivas de conservación y rehabilitación de tierras agrícolas.

El Proyecto "Apoyo para una Agricultura Sostenible mediante Conservación y Rehabilitación de Tierras en América Latina", financiado por el Gobierno de Japón, trabaja en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile y Paraguay. El Proyecto brinda a cada país participante la oportunidad de beneficiarse con las experiencias obtenidas en otros países, en sus esfuerzos por conservar las tierras.

Una herramienta fuerte del Proyecto para lograr su objetivo de conservar y rehabilitar las tierras en los países participantes, es la introducción del enfoque Planificación Participativa para un manejo integrado de las tierras agrícolas en microcuencas, el cual tiene gran éxito en el Estado do Paraná en Brasil. Mediante misiones de cooperación técnica horizontal el Proyecto logró difundir el enfoque en los otros países y capacitar a técnicos locales en su aplicación y seguimiento.

### **Participación de la sociedad en la gestión integral de cuencas**

Para asegurar una participación real de la sociedad en la gestión integral de cuencas es necesario considerar los siguientes aspectos:

- c) **Motivación.**- los participantes potenciales deben estar convencidos de que un problema identificado por una institución es prioritario para la comunidad. Si se demuestra a los actores sociales que el proyecto sugerido puede contribuir a superar las dificultades actuales, tendrá buenos resultados. Esto se logra con incorporación de la comunidad a la planificación del mismo.
- d) **Información.**- la población necesita estar informada y los institutos competentes deben responder a las dudas y estimular a la sociedad civil a que busquen respuestas propias. La campaña de promoción debe lograr un mejor grado de información.
- e) **Opciones viables.**- se deben ofrecer alternativas de acción al alcance de la sociedad civil y con suficiente apoyo de fondos y medios logísticos, además de eliminar las restricciones a la participación.
- f) **Habilidades.**- los actores sociales deben tener o adquirir las habilidades que las opciones recomienda, para lo cual son necesarias la asistencia técnica y la capacitación, la educación en su sentido amplio.
- g) **Beneficios.**- los actores sociales deben entender claramente y también la comunidad, que los beneficios que para ellos se derivan de las acciones a emprender, será por la rentabilidad directa de los mismos o por el soporte en incentivos efectivos.

### **Planes participativos para el manejo integral de cuencas hidrográficas**

El propósito de establecer y ejecutar planes de gestión integral y participativa de cuencas a nivel operativo, a la escala aproximada de las jurisdicciones territoriales de los municipios, es con la finalidad que las propias organizaciones e instituciones diagnostiquen, formulen, ejecuten y evalúen en sus planes de manejo.

La generación de planes de manejo con estos dos enfoques (integrales y participativos), esta fuertemente vinculada con las siguientes consideraciones:

- n)** La creciente competencia por el uso del agua, sólo se puede evitar conciliando los intereses mediante un manejo integral de los recursos naturales en cada cuenca hidrográfica.
- o)** La conservación de los recursos naturales de una cuenca, debe ser concertada con la participación de los actores involucrados.
- p)** La gestión integral de cuencas debe permitir obtener beneficios tanto en los aspectos de conservación del medio ambiente, de desarrollo productivo y de equidad social.
- q)** La cuenca hidrográfica debe considerarse como una unidad de planificación para la implementación de programas y/o proyectos de desarrollo u otros.
- r)** Con la participación de los actores involucrados en la planificación para el manejo integral de cuencas, se debe lograr identificar claramente sus limitaciones, potencialidades y necesidades.
- s)** Dentro de la planificación e implementación de planes cuencas se debe considerar la importancia de la conservación de suelos y aguas en el mejoramiento de los sistemas productivos y la incorporación de tecnologías andinas.
- t)** Las comunidades campesinas con sus organizaciones locales, constituyen la principal potencialidad para el manejo de los recursos naturales.
- u)** Los Planes de manejo integrales deben ser transversalizados en los Planes de Desarrollo Municipales o regionales, para su ejecución y definir responsabilidades y la asignación de recursos.

### **Anexo 3. Manejo de cuencas orientados a la recuperación y conservación de suelos**

Actividades de recuperación de suelos.- son todas aquellas actividades que consideren la aplicación de técnicas y prácticas de tipo biológico, mecánico o tratamientos integrales de microcuencas a nivel predial, para el uso conservacionista del suelo y del agua.

Conservación.- Se define como la utilización de los recursos naturales por el ser humano con el fin de producir el máximo y sostenido beneficio para las generaciones actuales, manteniendo su potencialidad para satisfacer las necesidades y las aspiraciones futuras. (Unión Internacional para la conservación de la naturaleza, UICN.)

Conservación de suelos.- Uso y manejo del recurso suelo con el fin de mantener y/o manejar su capacidad productiva en función de sus aptitudes, limitantes y potencialidades de manera de evitar su pérdida y/o degradación.

Desertificación.- Proceso de degradación de la tierra en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, resultante de diversos factores, tales como, las variaciones climáticas y las actividades humanas adversas

Erosión de suelos.- Proceso físico de remoción de suelo producido por el agua, viento, glaciares o acción geológica y generado por la acción antrópica.

Manejo de suelos.- Programación y ejecución de las alternativas de uso del suelo ecológico y económicamente con el fin de lograr bienes y servicios determinados.

Mejoramiento de suelos forestales.- Se conciben todos aquellas medidas silviculturales planificadas destinadas a subsanar factores limitantes de crecimiento de los árboles relativos a propiedades del suelo como por ejemplo; Espacio radicular, estructura, disponibilidad de agua y nutrientes y otras medidas que se emplean para mitigar daños al suelo. Este concepto involucra mantener e incrementar la fertilidad del suelo en el largo plazo.

Recuperación de suelos.- El mejoramiento del suelo, mediante actividades, prácticas u obras conservacionistas del uso del suelo, destinadas al control de los procesos de erosión y a detener su degradación.

Suelos Frágiles .- \_Son aquellos susceptibles de sufrir erosión severa debido a factores limitantes intrínsecos y de uso tales como: pendiente, textura, estructura, profundidad, drenaje, pedregosidad u otras, debidamente certificados por los organismos competentes que establezca el reglamento de esta ley (D.L. 701, Estatuto de Fomento Forestal).

Suelos Degradados.- Aquellos suelos que presentan categorías de erosión moderada a muy severa, susceptibles de ser recuperados mediante actividades, prácticas u obras conservacionistas del uso del suelo (CONAF, 1994).

Terrenos de aptitud preferentemente forestal.- Se considerarán terrenos de aptitud preferentemente forestal, todos aquellos terrenos que por las condiciones de clima y suelo que no deban ararse en forma permanente, estén cubiertos o no de vegetación, excluyendo los que sin sufrir degradación puedan ser utilizados en agricultura, fruticultura o ganadería intensiva (D.L. 701, Estatuto de Fomento Forestal).

#### Técnicas de recuperación de suelos degradados

Existen un sinnúmero de técnicas para recuperar suelos, entre las que destacamos las siguientes:

##### 1) Zanja de infiltración

Obra de recuperación de suelos que comprende un conjunto de zanjas, construido de forma manual o mecanizada, que se sitúa en la parte superior o media de una ladera para capturar y almacenar la

escorrentía procedente de las cotas superiores. Se construye transversalmente a la pendiente, en la curva de nivel. Presenta una sección trapezoidal, con un ancho en la base de 0,2 a 0,3 metros, una altura de 0,2 a 0,55 metros, una pendiente lateral del talud aguas abajo de 1:z, donde  $z = 0,5$  a  $0,7$  y una pendiente lateral del talud aguas arriba de 1:z, donde  $z = 0,8$  a  $1$ . El distanciamiento a través de la pendiente entre las zanjas, se calcula de acuerdo a la precipitación de diseño, estableciéndose un promedio referencial en la horizontal de 7,5 metros, lo que puede variar según la inclinación del terreno. El largo fluctúa entre 3 a 6 metros y la separación o tabique entre zanjas en la curva de nivel, varía entre 0,7 a 1,5 metros, según la altura de ellas. Se deberá, aguas abajo de la obra, construir un camellón de similar altura que la zanja y con un ancho similar a la anchura superior de la obra

## 2. Canal de desviación

Obra de recuperación de suelo, manual o mecanizada, que se sitúa en la parte superior de la ladera para capturar la escorrentía procedente de las cotas superiores. Se construye transversalmente a la pendiente con un ligero desnivel (1%) para transportar el agua a una salida estabilizada. Presenta una sección trapezoidal, con un ancho en la base entre 0,2 a 0,3 metros, una altura de 0,2 a 0,5 metros, una pendiente lateral del talud aguas abajo de 1:z, donde  $z = 0,5$  a  $0,7$  y una pendiente lateral del talud aguas arriba de 1:z, donde  $z = 0,6$  a  $0,85$ . Las dimensiones deben permitir evacuar un volumen de agua según la precipitación de diseño. Se deberá, aguas abajo de la obra, construir un camellón de igual altura que el canal y con un ancho similar a la anchura superior de la obra. El largo es variable, no debiendo sobrepasar los 50 metros. Respecto al vertedero de la obra, los últimos 9 a 12 metros del canal se trazan a nivel y sin construcción del camellón.

## 3. Diques de postes

Obra de cauces y de cárcavas, que actúa por resistencia mecánica. Consiste en una estructura de postes verticales y horizontales de una altura entre 0,5 a 1,5 metros. Los postes verticales, impregnados, se entierran entre 0,5 a 1 metro, según el tipo de suelo, y se distancian entre 0,7 a 1 metro. Los postes horizontales deben empotrarse entre 0,3 a 0,6 metros. Para disminuir las filtraciones, la estructura debe cubrirse en su parte posterior con malla de polietileno "tipo malla sombra" (65% de cobertura como mínimo) o alguna malla del tipo arpillera o yute. También en su parte posterior, para reforzar el dique, se debe construir un terraplén. Para evacuar la descarga se construye un vertedero de sección trapezoidal de aproximadamente  $1/6$  de la longitud del dique y un dissipador de energía de longitud 1,5 veces la altura efectiva de la obra, para amortiguar el golpe de las aguas vertidas.

## 4. Gaviones

Obra de mampostería de cauces, de cárcavas y de contención de taludes y laderas inestables. Actúa por resistencia mecánica. Consiste en un conjunto de paralelepípedos fabricados con malla hexagonal en alambre de acero galvanizado, rellena con piedras (de preferencia grava de río). La altura, largo y ancho de la obra se calculará según las condiciones del terreno y el tipo de relleno del gavión, como profundidad del cauce, cárcava o talud, deformación de la obra, capacidad de soporte y estabilidad del suelo

En tratamientos menores se sugiere construir estructuras con un límite de altura entre 2 a 3 metros

Cuando la obra de gaviones corresponde a un dique, los gaviones deben ser enterrados entre 0,25 y 0,6 metros y empotrados en los taludes laterales entre 0,4 y 0,6 metros, según el tipo de suelo. En la parte posterior se debe construir un terraplén. Para evacuar la descarga se construye un vertedero de sección trapezoidal o rectangular de aproximadamente  $1/6$  de la longitud del dique y un dissipador de energía de longitud 1,5 a 1,7 veces la altura efectiva del dique, con el objeto de amortiguar el golpe de las aguas vertidas.

## 5. Empalizada

Obra de regulación de flujos hídricos y contención de sedimentos en taludes y laderas inestables. Presenta una altura entre 0,25 y 0,7 metros y un largo variable. En su construcción se utilizan en los verticales postes o rodrigones, que se distancian de 0,5 a 0,8 metros, y postes u otros materiales para los horizontales. Para disminuir las filtraciones, la parte posterior de la estructura se debe cubrir con mallas de polietileno "tipo malla sombra" de 65% de cobertura o sacos de arpillera o yute. Para

reforzar la obra en su parte posterior, se deberá construir un pequeño terraplén. Los intervalos verticales entre las líneas de empalizada dependerán del estado de degradación del terreno.

#### 6. Muretes de sacos

Esta obra consiste en disponer sacos de polietileno "tipo malla sombra" de 50 a 65% de cobertura, de 0,6 m de largo ´ 0,4 m de ancho, rellenos con tierra, entramados (Como ladrillos en albañilería) y escalonados (con peldaños de 6 a 10 cm.), con el objeto de formar un muro que contenga sedimentos, controle canalículos, zanjaz incipientes y cabeceras de cárcavas medianas y menores. En su ejecución debe emparejarse el talud y la base, empotrar los sacos, y construir un pequeño terraplén en su parte posterior. El largo de esta obra es variable pero no deberá superar los 1,2 metros de altura cuando se trabaje en las cabeceras de cárcavas. Para reforzar biológicamente la obra se sugiere sembrar semillas de especies herbáceas en la superficie de los sacos.

#### 7. Muretes de piedras

Esta obra se puede utilizar en la contención de bases de taludes, control de cauces y laderas con erosión lineal de canalículos o zanjaz incipientes. Puede utilizarse como dique, para lo cual se debe construir un vertedero de 1/6 de la longitud de la obra y un dissipador de energía de 1,5 veces la altura efectiva. Se deberá construir con un ancho en la base entre 0,5 y 1 metro, una altura de 0,4 a 1 metro y una pendiente aproximada de  $1:z = 0,3$

La obra se puede reforzar a través de una "caja" construida con una malla hexagonal que la envuelve y con postes o lampazo que se disponen en los 4 vértices, en la base y en la corona de la estructura

#### 8. Obras lineales

Obra de regulación de flujos hídricos y de contención de sedimentos en taludes y laderas inestables. Presenta una altura entre 0,20 a 0,40 metros y un largo variable. En su construcción se utilizan estacas o rodrigones para los verticales y fajinas (haz de ramas) y/o revestimientos de neumáticos para las líneas horizontales.

Las fajinas se alambran a las estacas verticales, que se disponen cada 0,8 metros en la horizontal. Deben enterrarse a más de 10 cm de profundidad y cubrirse con una malla raschel "tipo sombra" de 80% de cobertura.

En el caso de los revestimientos de neumáticos, deben ser extendidos y enterrados entre 5 a 10 cm y clavados a los postes verticales, cuidando que la cara interior de los revestimientos quede en dirección hacia el talud. Las estacas verticales se colocan cada 0,4 metros en la horizontal.

Para este tipo de obra lineal, los intervalos verticales entre las líneas se decidirán en función de la categoría de erosión del área.

#### 9. Muro de contención de neumáticos

Esta obra se puede utilizar en el control de cauces menores y en la contención de bases de taludes y laderas con erosión lineal de canalículos o zanjaz incipientes. Se utilizan neumáticos usados año (aro 13 –15), rellenos con tierra e imbricados, como ladrillos en albañilería y escalonados con peldaños de 5 a 8 cm. En su construcción debe emparejarse el talud y la base, disponer los neumáticos, rellenar con tierra y compactar. La primera corrida o línea de base, se debe alambra a un poste horizontal que se entierra y las 2 o 3 primeras corridas de neumáticos deben fijarse por estacas de 60 a 70 cm. El largo de esta obra es variable, pero la altura no debe sobrepasar los 1,5 metros y la pendiente del talud corresponde a  $1: z$ , donde  $z = 0,4$  a  $0,8$ . Para reforzar biológicamente la obra se deberá sembrar semillas de especies herbáceas en la superficie rellena de los neumático

#### 10. Microterrazza manual

Obra manual al suelo, que se establece en curvas de nivel y que presenta una sección triangular, con una base levemente inclinada (1%) hacia el borde interno, con un ancho de base de 0,5 a 0,8 metros, una altura entre 0,2 a 0,25 metros y con una pendiente lateral de  $1:z$ , donde  $z = 0,3$  a  $0,5$ . Aguas debajo de la obra se deberá construir un camellón de una altura de 0,2 a 0,15 metros, dimensiones que deben permitir regular la escorrentía e infiltrar un volumen de agua estimado según la precipitación de diseño.



El intervalo vertical es variable y dependerá de las distancias de plantación definidas. El largo de las microterrazas también es variable. La plantación se debe establecer sobre la base del tratamiento, cuando el suelo sea profundo, o sobre el camellón cuando el suelo se presente delgado superficial.

#### 11. Microterrazza con escarificado

Tratamiento mecanizado de suelos que consiste en un subsolado a una profundidad mínima de 70 cm, en curvas de nivel utilizando bulldozer o tractor, aplicado en el borde interior de una microterrazza con ancho mínimo de 0,5 m y con remoción del suelo superficial (escarificado). Se deberá construir un camellón en sentido contrario a la pendiente aguas abajo de la microterrazza, de tal forma que permita evitar la escorrentía superficial y con una leve inclinación a la base (1% aproximado). El espaciamiento entre microterrazas quedará definido según la densidad de la plantación.

#### 12. Subsulado con camellon

Tratamiento mecanizado al suelo, que combina subsolado con camellón y surcos en ambos costados. El subsolado debe tener una profundidad mínima de 70 cm, en curvas de nivel, y las dimensiones mínimas del camellón, ubicado sobre el subsolado, deben ser de 1 m de ancho y 30 cm de altura, que permita detener la escorrentía superficial. Los surcos laterales formados por la rastra de discos junto con la preparación del camellón, ayudan a la infiltración del agua y atrapan el material sólido. La obra se podrá efectuar utilizando un tractor oruga o agrícola equipado con subsolador, rastra de discos y rodillo compactador. El espaciamiento de las hileras de plantación establecidas con esta obra, quedará definido según la densidad de plantación.

#### 12. Subsulado con camellon

Tratamiento mecanizado al suelo, que combina subsolado con camellón y surcos en ambos costados. El subsolado debe tener una profundidad mínima de 70 cm, en curvas de nivel, y las dimensiones mínimas del camellón, ubicado sobre el subsolado, deben ser de 1 m de ancho y 30 cm de altura, que permita detener la escorrentía superficial. Los surcos laterales formados por la rastra de discos junto con la preparación del camellón, ayudan a la infiltración del agua y atrapan el material sólido. La obra se podrá efectuar utilizando un tractor oruga o agrícola equipado con subsolador, rastra de discos y rodillo compactador. El espaciamiento de las hileras de plantación establecidas con esta obra, quedará definido según la densidad de plantación.

#### Anexo 4. La importancia del recurso Agua dentro de la Gestión de Cuencas hidrográficas

La preservación de los recursos naturales y entre ellos, preponderantemente el agua y el suelo, están estrechamente relacionados con las prácticas y procesos productivos, así como con los comportamientos sociales y la percepción y valoración que la sociedad otorga a sus diferentes formas de uso y manejo.

La calidad del recurso agua depende de una interrelación de una serie de procesos entre la sociedad, el medio ambiente y los factores económicos (Figura 1)



Figura 1. comportamiento de las interrelaciones entre aspectos sociales, ambientales y económicos.

Con algunas variantes y énfasis, en el mundo se ha generalizado el reconocimiento de que el agua es un bien económico de carácter público, cuyo acceso y uso tiene un valor y un costo material que bajo ciertas condiciones de regulación puede ser objeto de transacciones que dan origen a mercados de agua. Igualmente se admite que las prácticas de uso y aprovechamiento tienen impactos sociales y ambientales que deben irse valorando adecuadamente y en su expresión negativa evitarse para garantizar la sustentabilidad y el desarrollo de las regiones y los países a mediano y largo plazo.

Por otra parte, el uso y aprovechamiento sustentable del agua depende, además de las prácticas de manejo, de múltiples factores entre los que destacan: la educación o cultura de la sociedad con relación al agua; las formas de organización, características y la eficacia de las instituciones que atienden los asuntos hídricos, así como las características, modalidades y alcances de las políticas públicas relacionadas con el agua; la participación ordenada y organizada de los usuarios y de la sociedad en su cuidado y preservación; los sistemas de información, administración y planificación que se ponen en práctica para ordenar sus usos; los recursos financieros que se destinan a su aprovechamiento y manejo y la calidad de los recursos humanos que participan en estas actividades

Así, cada vez se comprende más ampliamente y mejor que el agua es un sistema natural complejo que se encuentra íntimamente vinculado y en interacción permanente con otros sistemas principalmente ambientales, económicos y sociales, lo que significa que para lograr su integral aprovechamiento y eficaz administración, sin afectar su calidad ni la capacidad del ciclo que la reproduce en la naturaleza, es indispensable tomar en cuenta todas sus relaciones de interdependencia, así como las múltiples y complejas funciones que desempeña en las actividades humanas y en los sistemas y procesos naturales. (ONU. 1997)

## Anexo 5. Evaluación física de la pérdida de suelo, aplicando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE)

Para medir la pérdida de suelo, se puede aplicar la ecuación universal de pérdida del suelo. El modelo de campo para diseñar parcelas con esta finalidad se presenta en la siguiente figura.

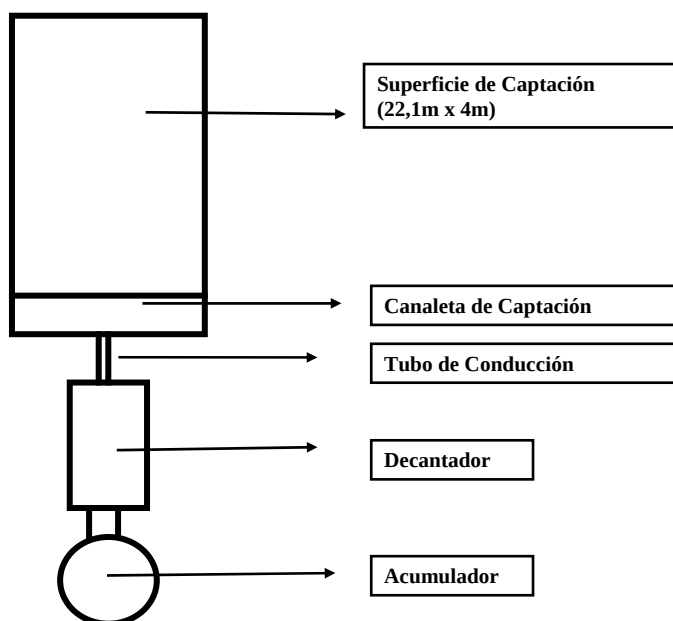


Figura. Modelo de las parcelas para medir la Escorrentía

### MODELO U.S.L.E

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

Donde:

A: Pérdida de suelo (Ton/ha/año)

R: Erosividad de las precipitaciones ( $h_j \cdot \text{cm} / \text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{año}$ )

K: Erodabilidad del suelo ( $t \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h} / \text{ha} \cdot h_j \cdot \text{cm}$ )

L: Longitud de ladera

S: Pendiente de ladera

C: Cobertura del suelo

P: Práctica de conservación de suelo

Factor R: Erosividad

$$R = \sum R'$$

$$R' = E * I30$$

$$\text{como } E = \sum (e_j) * (I_j * T_j)$$

$$R' = (\sum (e_j) * (I_j * T_j)) * I30$$

$$e = 1.189 + 0.8733 \log I_j$$

e = Energía cinética parcial :

$$I_j = \text{mm} / \text{h}$$

$$e = h_j * \text{cm} / (\text{m}^2 * \text{mm})$$

Factor K: Erodabilidad

$$100 * K = 2.71 * 10^{-4} * M^{1.14} * (12-a) + 4.2 * (b-2) + 3.2 * (c-3)$$

Unidad :  $t \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h} / \text{ha} \cdot h_j \cdot \text{cm}$

### K : Erodabilidad

M : Parámetro de tamaño de partículas

a : Porcentaje de materia orgánica

b : Estructura del suelo

c : Permeabilidad del perfil

### Factor LS: Relieve

$$L S = (C / 22,1)^m * (p / 9)^{1,4}$$

$$L = (C / 22,1)^m$$

c: Longitud del declive o ladera en m

m : Exponente influenciado por la interacción entre la longitud e inclinación de la ladera.

$S = (P/9)^{1,4}$

p = pendiente en %

#### Factor A real: Pérdida de suelo

$$A_{realj} = \sum A_{1ij} + \sum A_{2ij} \quad \text{Unidad :} \quad \text{t/ ha/año}$$

$A_{real}$  : Pérdida de suelo anual, obtenida a partir de mediciones directas de campo, de la parcela j, (kg/ha/año)

$A_{1ij}$  : Pérdida de suelo anual, obtenida a partir de los sólidos en suspensión totales del evento pluviométrico i de la parcela j. (kg/ha/año)

$A_{2ij}$  : Pérdida de suelo anual, obtenida a partir de sólidos de fondo totales del evento pluviométrico i de la parcela j, (kg/ha/año)

Ejemplo: Evaluación Física de la Erosión en plantaciones de *Pinus radiata*, en Reserva Nacional Lago Peñuelas, Chile (Período 1994-2001). En el siguiente cuadro se presenta las características de cada sitio de estudio.

| Nº parcela | Descripción de la cobertura                                                                               | Pendiente (%) |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1          | Bosque cosechado a tala rasa, residuos quemados y reforestado con <i>P. radiata</i> .                     | 11,7 %        |
| 2          | Bosque cosechado a tala rasa, residuos distribuidos y reforestado con <i>P. radiata</i> .                 | 11,0%         |
| 3          | Bosque adulto de <i>Pinus radiata</i> sin intervención                                                    | 10,5%         |
| 4          | Bosque cosechado, suelo desnudo sin cobertura vegetal (primer año) evolución a pradera natural incipiente | 11,4%         |

#### Resultados

Evolución de las Pérdidas de Suelo por Erosión en Reserva Nacional Lago Peñuelas en Plantaciones de *Pinus radiata* (Período 1994-2001)

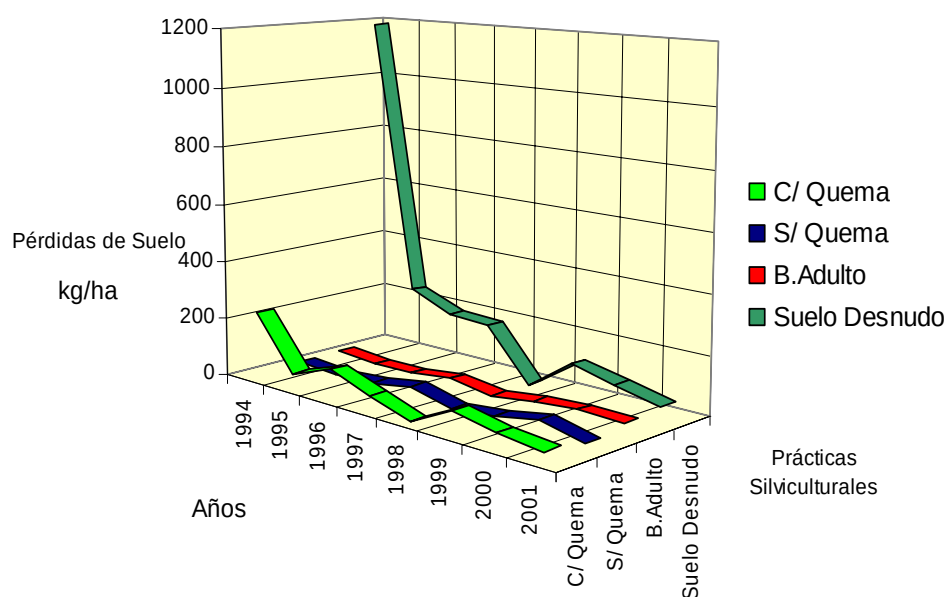


Figura: representación de las pérdidas de suelo en 4 ambientes diferentes.

Los principales resultados obtenidos en este estudio fueron:

- Disminución de pérdidas de suelo en términos generales
- Las mayores pérdidas de suelos se registran en suelos desnudos sin cobertura vegetal
- Mayores pérdidas en suelo desnudo es 13,5 veces más que Bosque Adulto
- Quemar residuos involucra perder en promedio 4,5 veces más de suelo que la práctica silvicultural de no utilizar la quema.
- La pérdida de suelo en el tratamiento sin quema de residuos en el primer año resulta 15 veces menor que la condición de suelo desnudo

Las conclusiones a las cuales se llegó con el estudio son:

- Las mayores pérdidas de suelos se registran en suelos desnudos sin cobertura vegetal
- Inconveniencia de realizar “quema de los residuos” luego de la cosecha forestal, las pérdidas son 18 veces mayor respecto a la opción “sin quema”
- Las pérdidas de suelos disminuyen transcurridos 8 años de estudio.
- La conversión de suelos hacia un uso agrícola se realiza con tasas significativas de erosión 1,2 t/ha/año