



Modalidad Abierta y a Distancia

# Manejo de Cuencas Hidrográficas

Guía didáctica



Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Departamento de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

---

## Manejo de Cuencas Hidrográficas

*Guía didáctica*

Carrera	PAO Nivel
▪ Gestión Ambiental	VIII

**Autores:**

Morocho Cuenca José Ramiro  
Ochoa Cueva Pablo Alejandro



Asesoría virtual  
[www.utpl.edu.ec](http://www.utpl.edu.ec)

## **Universidad Técnica Particular de Loja**

### **Manejo de Cuencas Hidrográficas**

#### **Guía didáctica**

Morocho Cuenca José Ramiro

Ochoa Cueva Pablo Alejandro

#### **Diagramación y diseño digital:**

Ediloja Cía. Ltda.

Telefax: 593-7-2611418.

San Cayetano Alto s/n.

[www.ediloja.com.ec](http://www.ediloja.com.ec)

[edilojacialtda@ediloja.com.ec](mailto:edilojacialtda@ediloja.com.ec)

Loja-Ecuador

ISBN digital - 978-9942-39-501-6



**Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual  
4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)**

Usted acepta y acuerda estar obligado por los términos y condiciones de esta Licencia, por lo que, si existe el incumplimiento de algunas de estas condiciones, no se autoriza el uso de ningún contenido.

Los contenidos de este trabajo están sujetos a una licencia internacional Creative Commons **Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 (CC BY-NC-SA 4.0)**. Usted es libre de **Compartir – copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato. Adaptar – remezclar, transformar y construir a partir del material citando la fuente, bajo los siguientes términos: Reconocimiento- debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios.** Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante. **No Comercial-no puede hacer uso del material con propósitos comerciales. Compartir igual-Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original.** No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

# Índice

<b>1. Datos de información.....</b>	<b>8</b>
1.1. Presentación de la asignatura .....	8
1.2. Competencias genéricas de la UTPL .....	8
1.3. Competencias específicas de la carrera.....	8
1.4. Problemática que aborda la asignatura.....	8
<b>2. Metodología de aprendizaje.....</b>	<b>10</b>
<b>3. Orientaciones didácticas por resultados de aprendizaje .....</b>	<b>11</b>
<b>Primer bimestre.....</b>	<b>11</b>
<b>Resultado de aprendizaje 1.....</b>	<b>11</b>
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje .....	11
<b>Semana 1 .....</b>	<b>11</b>
<b>Unidad 1. Bases conceptuales .....</b>	<b>12</b>
1.1. ¿Qué es una cuenca hidrográfica? .....	12
1.2. Componentes de una cuenca hidrográfica.....	14
1.3. Partes constitutivas de una cuenca hidrográfica.....	18
Actividades de aprendizaje recomendadas .....	19
<b>Semana 2 .....</b>	<b>20</b>
1.4. Elementos de una cuenca.....	20
1.5. Clasificación de las cuencas hidrográficas.....	32
Actividades de aprendizaje recomendadas .....	36
Autoevaluación 1.....	38
<b>Semana 3 .....</b>	<b>40</b>
<b>Unidad 2. Ciclo hidrológico en cuencas hidrográficas .....</b>	<b>40</b>
2.1. El ciclo hidrológico .....	40
2.2. Componentes del ciclo hidrológico.....	44
Actividades de aprendizaje recomendadas .....	55

<b>Semana 4 .....</b>	<b>56</b>
Actividades de aprendizaje recomendadas .....	60
Autoevaluación 2.....	62
<b>Semana 5 .....</b>	<b>64</b>
<b>Unidad 3. Función hidrológica de la cubierta vegetal en suelo de la cuenca</b>	<b>64</b>
3.1. Significado hidrológico del suelo en cuencas hidrográficas.....	64
3.2. Función hidrológica de la cubierta vegetal en el suelo de las cuencas hidrográficas.....	70
Actividades de aprendizaje recomendadas .....	72
<b>Semana 6 .....</b>	<b>73</b>
3.3. Grado de protección hidrológica de la vegetación a los suelos de la cuenca.....	73
3.4. La relación agua, suelo, cubierta vegetal en el manejo de cuencas hidrográficas.....	76
3.5. Actividades que afectan a la hidrología del suelo.....	77
Actividades de aprendizaje recomendadas .....	78
Autoevaluación 3.....	80
<b>Semana 7 .....</b>	<b>82</b>
<b>Unidad 4. Análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica .....</b>	<b>82</b>
4.1. Morfometría de cuencas hidrográficas .....	83
4.2. Límites de la cuenca .....	83
4.3. Parámetros de forma .....	86
4.4. Parámetros de relieve .....	96
4.5. Parámetros de drenaje.....	101
Actividades de aprendizaje recomendadas .....	110
Autoevaluación 4.....	112
<b>Semana 8 .....</b>	<b>114</b>
Actividades finales del bimestre .....	114
Actividad de aprendizaje recomendada .....	114

<b>Segundo bimestre .....</b>	<b>116</b>
<b>Resultado de aprendizaje 2.....</b>	<b>116</b>
Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje .....	116
<b>Semana 9 .....</b>	<b>116</b>
<b>Unidad 5. Diagnóstico de la cuenca hidrográfica.....</b>	<b>117</b>
5.1. ¿Cuál es el diagnóstico de cuencas hidrográficas? .....	117
5.2. Procedimiento para el diagnóstico con enfoque sistémico de cuencas.....	118
5.3. Diagnóstico situacional de la cuenca .....	124
<b>Semana 10 .....</b>	<b>126</b>
5.4. Cartografía para el manejo de cuencas.....	126
5.5. Línea Base .....	126
5.6. Monitoreo de calidad y cantidad de agua.....	129
Actividades de aprendizaje recomendadas .....	131
Autoevaluación 5.....	133
<b>Semana 11 .....</b>	<b>135</b>
<b>Unidad 6. Planificación para el manejo de cuencas hidrográficas.....</b>	<b>135</b>
6.1. ¿Para qué planificar el manejo de cuencas? .....	135
6.2. Plan de manejo de cuencas hidrográficas (PMC).....	136
6.3. Proceso de planificación de cuencas hidrográficas .....	137
<b>Semana 12 .....</b>	<b>138</b>
6.4. Estructura de un plan de manejo de cuencas hidrográficas .....	139
6.5. Condiciones facilitadoras para el manejo de cuencas hidrográficas.	139
6.6. Evaluación de impacto ambiental en el manejo de cuencas hidrográficas.....	141
Actividades de aprendizaje recomendadas .....	142
Autoevaluación 6.....	144
<b>Semana 13 .....</b>	<b>146</b>
<b>Unidad 7. Manejo de cuencas hidrográficas .....</b>	<b>146</b>
7.1. La cuenca como sistema.....	146
7.2. ¿Qué es el manejo de cuencas? .....	148

7.3. Cuencas tropicales.....	149
7.4. Criterios para intervenir en cuencas hidrográficas .....	153
<b>Semana 14 .....</b>	<b>155</b>
7.5. Principios o postulados en el manejo de cuencas.....	155
7.6. Obstáculos en el manejo de cuencas .....	156
7.7. Manejo Participativo de Cuencas .....	158
7.8. Recuperación de la vegetación .....	160
Actividades de aprendizaje recomendadas .....	162
Autoevaluación 7.....	163
<b>Semana 15 .....</b>	<b>165</b>
<b>Unidad 8. Gestión Integrada de Recursos Hídricos.....</b>	<b>165</b>
8.1. ¿Qué es la GIRH? .....	165
8.2. Principios para la GIRH .....	169
8.3. GIRH en cuencas hidrográficas .....	170
8.4. Procesos para la GIRH .....	172
8.5. Experiencias de manejo de cuencas de la región con enfoque GIRH	173
Actividades de aprendizaje recomendadas .....	174
Autoevaluación 8.....	176
<b>Semana 16 .....</b>	<b>178</b>
Actividades finales del bimestre .....	178
<b>4. Solucionario .....</b>	<b>179</b>
<b>5. Referencias bibliográficas .....</b>	<b>187</b>
<b>6. Anexos .....</b>	<b>190</b>



---

## 1. Datos de información

---

### 1.1. Presentación de la asignatura



### 1.2. Competencias genéricas de la UTPL

- Orientación a la innovación y a la investigación
- Trabajo en equipo
- Compromiso e implicación social

### 1.3. Competencias específicas de la carrera

- Propone alternativas de manejo y gestión de cuencas hidrográficas.
- Propone alternativas de planificación del uso del territorio, considerando las unidades ambientales.

### 1.4. Problemática que aborda la asignatura

El avance del desarrollo de las sociedades humanas y la necesidad de cubrir sus demandas hacen que los ecosistemas se encuentren en constante

presión sin a veces considerar que muchos de ellos son sensibles y que ponen en riesgo la provisión de bienes y servicios ambientales, entre ellos uno de los más importantes para la supervivencia humana, el recurso hídrico.

Estos problemas no son ajenos a la realidad que se tiene en todo el planeta, no obstante, son más graves en los países en vías de desarrollo en donde la necesidad de cubrir necesidades básicas o de enfrentar la pobreza a costa de la sobreexplotación de recursos, hace que los problemas sean mayores. La región sudamericana es una región privilegiada con la abundancia de recursos hídricos, ya que aquí se encuentran los sistemas hídricos y ecosistemas más ricos de planeta, no obstante, enfrenta una problemática similar al resto del planeta que hace necesaria que la gestión de los recursos hídricos y cuencas hidrográficas sea una prioridad.

En nuestro país, la realidad es parecida, enfrentamos presiones y problemas similares y es porque aquí el comportamiento humano también está progresivamente provocando la degradación y agotamiento de los recursos naturales entre ellos los recursos hídricos. A esta situación habría que sumarle que, a pesar de contar con recursos hídricos en abundancia, estos no están disponibles de manera equitativa en todo el territorio, ello se refleja en que ciertas provincias cuentan con alta cantidad de estos recursos y otras sufren déficit de los mismos.

De acuerdo a la Constitución de la República (2008), el agua es patrimonio nacional estratégico del país y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos. Cuando nos referimos al agua, debemos referirnos indiscutiblemente a los recursos hídricos, que es la cantidad de agua de la que podemos disponer de distintas fuentes y que son parte del patrimonio natural del Estado.

La Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua – LORHUYA (2014) establece que la gestión de los recursos hídricos debe hacerse con un enfoque ecosistémico y de acuerdo a uno de sus principios determina que la unidad de análisis, planificación y gestión integrada es la cuenca hidrográfica.

Por otra parte, de acuerdo al Código Orgánico del Ambiente – COA (2017), la conservación, preservación y recuperación de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico es un derecho que tiene la población.

Bajo este contexto, esta asignatura tiene como propósito que el estudiante desarrolle los conocimientos necesarios y las herramientas que le puedan ayudar a realizar una correcta gestión de los recursos hídricos con base en el análisis de las cuencas hidrográficas. De esta manera, se encontrará en aptitud para implementar soluciones sostenibles y así aportar también al mejoramiento de la calidad de vida de los seres humanos en armonía con el ambiente, algo que guarda relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, específicamente con el Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.



---

## 2. Metodología de aprendizaje

---

La asignatura Manejo de cuencas hidrográficas es una asignatura que, partiendo de conocimientos teóricos conceptuales sumado al análisis de problemas específicos, plantea procesos que permitan establecer estrategias de manejo y conservación del recurso hídrico bajo el enfoque de cuencas, aportando con ello a la planificación territorial. En ese sentido, la asignatura se sustenta principalmente en la metodología de aprendizaje basado en problemas (ABP). Para cada tema tratado planteamos diferentes escenarios en donde se plantean problemas que usted resolverá de forma autónoma, contando con la guía del docente. Bajo esta metodología, se pueden desarrollar diferentes actividades en una variedad de escenarios y permite utilizar diversas estrategias para el aprendizaje. Una de las características del ABP es que el estudiante se sitúa en un contexto real de su profesión y desarrolla el pensamiento crítico y la toma de decisiones para la resolución de problemas.

Los contenidos de esta asignatura están relacionados con otras materias dentro de la carrera como son: Edafología, Geología y climatología; Sistemas de Información Geográfica; Ecología de paisaje, y Administración y gestión pública de recursos naturales. Ya que no se cuenta con un texto base específico que aborde todos los contenidos, se entrega información de varias fuentes que le pueden servir como referencia para cumplir con los resultados de aprendizaje planteados en esta asignatura.



### 3. Orientaciones didácticas por resultados de aprendizaje



#### Primer bimestre

##### Resultado de aprendizaje 1

- Identifica la problemática puntual relacionada con los recursos hídricos.

Durante el primer bimestre se revisarán temáticas de base indispensables para el análisis de una cuenca hidrográfica, entre ellas: las bases conceptuales, el ciclo hidrológico, la función hidrológica de la cubierta vegetal en el suelo y el análisis morfométrico de la cuenca. Estos contenidos le serán de mucha ayuda para comprender cómo funciona una cuenca y los aspectos que se relacionan con su comportamiento hidrológico, indispensable para a futuro establecer medidas de manejo y conservación de los recursos ahí presentes, así como la elaboración del plan de manejo de esta unidad ambiental que es a donde converge todo lo que aquí analizamos.

#### Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje



##### Semana 1

Bienvenidos/as a la primera semana de Manejo de cuencas hidrográficas. En esta semana revisaremos algunas definiciones importantes en el ámbito del análisis elemental de una cuenca hidrográfica. Es muy importante que se familiarice con estos conceptos básicos y la terminología técnica que manejaremos pues más adelante la necesitaremos para comprender algunos aspectos de mayor complejidad de la asignatura.

## **Unidad 1. Bases conceptuales**

---

En esta unidad encontrará algunos elementos teóricos conceptuales que cimentan el conocimiento del significado de una cuenca hidrográfica, sus características, factores, elementos y componentes, para terminar con el estudio de las diferentes formas de clasificarlas. Esto le permitirá comprender algunos aspectos clave como la terminología que se usa para el estudio técnico de una cuenca.

### **1.1. ¿Qué es una cuenca hidrográfica?**

Empecemos entonces comprendiendo el significado adecuado de una cuenca hidrográfica, para ello es necesario que revisemos previamente algunos conceptos que nos presenta la bibliografía existente para posteriormente analizarlos. Antes de hacerlo, es muy importante que sepamos que existen diferentes conceptos que abordan el significado de una cuenca hidrográfica, incluso desde diferentes ópticas. Revise el recurso de aprendizaje a continuación y analice las definiciones que se presentan y que van desde la más básica hasta las complejas y más convencionales.

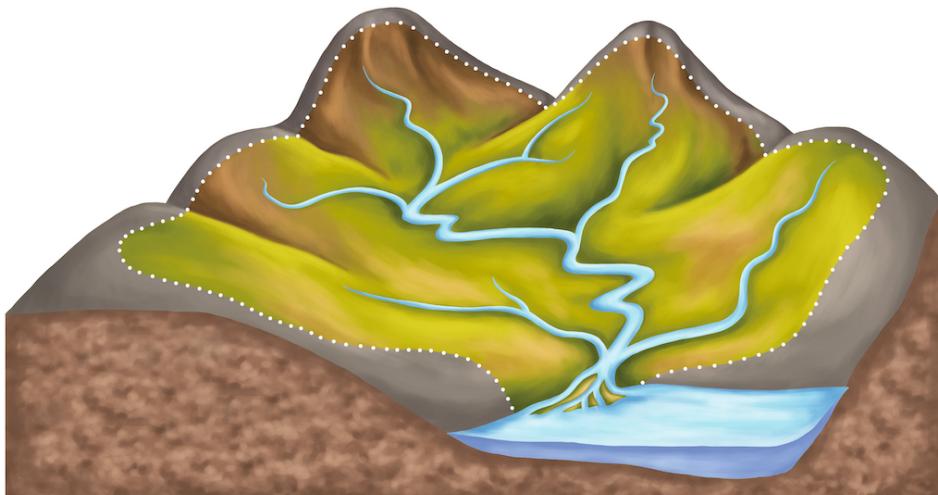
#### **Definición de cuencas hidrográficas**

Como habrá podido analizar, en definitiva, podemos notar que, de manera general en los diferentes conceptos de una cuenca hidrográfica, se han considerado criterios para su construcción como: delimitación física, tamaño, interacción entre elementos (bióticos, abióticos, sociales, económicos), características ecológicas, aspectos hidrológicos, usos, importancia de un cuerpo principal de agua, estructura y dinámica, entre otros.

No es nuestra intención establecer el uso de una definición específica, más bien le incentivamos a realizar un análisis minucioso de cada una de ellas u otras que pueda encontrar en fuentes adicionales y así poder tener una visión más clara y amplia de nuestro objeto de estudio e incluso construir su propia definición. En la figura 1.1 usted puede visualizar una cuenca hidrográfica, esto le dará una idea de la unidad geográfica sobre la que vamos a trabajar de aquí en adelante.

**Figura 1.1.**

Ejemplo de una cuenca hidrográfica



Nota. stihii|shutterstock.com



**RECUERDE:** En términos generales, se define cuenca hidrográfica como el área que recoge la lluvia que alimenta una corriente y en la que interactúan diferentes factores bióticos y abióticos en múltiples procesos. Además, la cuenca hidrográfica se constituye en la unidad elemental de análisis, planificación y gestión.

Algo adicional muy importante que usted debe conocer en el análisis de los recursos hídricos y puntualmente de las cuencas hidrográficas, es que va a encontrarse con varios términos que pueden sonar iguales y que incluso se utilizan incorrectamente, por ejemplo: microcuencas, cuencas fluviales, cuencas lacustres, subcuencas, cuenca tributaria, sistema hidrográfico, entre otras. Si bien en el contexto puede comprenderse a qué se refieren, debemos aclarar que estos términos tienen un significado específico distinto, puesto que obedecen a ciertos atributos, características o jerarquías que los diferencian entre sí.

Las diferencias entre estos términos las irá comprendiendo poco a poco conforme avancemos en el análisis de los contenidos de la asignatura, pero de momento si no quiere cometer errores técnicos de forma o de fondo, puede referirse de forma general como sistemas hidrográficos o cuencas

hidrográficas, aunque de preferencia este último por ser un concepto más extendido (Rodríguez, 2006).

## 1.2. Componentes de una cuenca hidrográfica

Considerando que la cuenca hidrográfica es una unidad de análisis que involucra los elementos o aspectos de los que hablamos en el acápite anterior y que a su vez tienen especial interés para el ser humano, tenemos que la cuenca integra los componentes que se describen en la siguiente figura:

**Figura 1.2.**

*Componentes de una cuenca hidrográfica.*

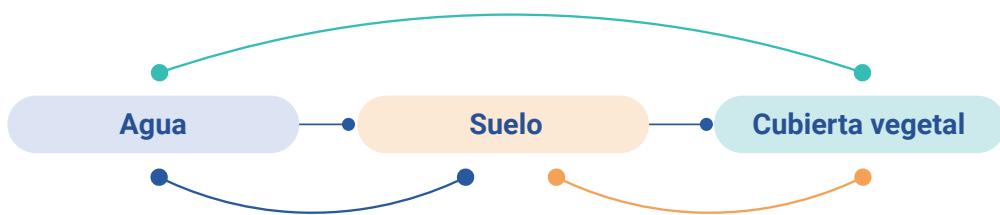


Como usted podrá notar, los componentes fundamentales en una cuenca hidrográfica son: agua, suelo, vegetación, fauna y el ser humano. En algunos casos los componentes vegetación y fauna son también analizadas como "biodiversidad" para abarcar a ambos bajo un criterio de funcionalidad ecológica considerando que esto abarca también a los microorganismos.

Esta relación puede ser también resumida en lo siguiente: **agua – suelo – cubierta vegetal**, partiendo del hecho que esta última abarca la funcionalidad ecológica de la biodiversidad en su conjunto como aspecto de relevancia para la funcionalidad ecológica del suelo dentro de una cuenca hidrográfica. Esto lo representaremos de la siguiente forma:

**Figura 1.3.**

*Relación resumida de los componentes de la cuenca hidrográfica.*



Ahora que conoce los componentes de una cuenca, es importante destacar que estos se encuentran en constante interacción, son dinámicos y se relacionan estrechamente. Por tanto, el análisis del manejo de la cuenca no puede prescindir de cualquiera de ellos.

Por otro lado, usted debe ser consciente de que hablamos de interrelación e interacción de elementos tanto bióticos como abióticos, aspecto que es muy apegado al funcionamiento de un ecosistema y es por ello que una cuenca es también considerada como tal, es decir como el “ecosistema cuenca” (Muñoz, 2011); de ahí que son unidades de planificación ideales por los recursos, bienes y servicios que ofertan.

Dado que existen otros aspectos que no están incluidos en este análisis general de componentes de una cuenca, como los propuestos por Vásquez et al. (2016), es necesario también considerarlos, estos son los elementos: socioculturales y políticos, ambientales, demográficos y económicos.

Como conclusión, presentamos a continuación una agrupación realizada por Henao (1998) que es más conveniente observar para una mayor comprensión, así tenemos: factores **físicos, biológicos, humanos o socioeconómicos** y factores **ambientales**.

### 1.2.1. Factores físicos

Los factores físicos son aquellos relacionados con el relieve, corteza terrestre y elementos naturales que la modifican. En el siguiente cuadro usted podrá encontrar ideas claves y explicación adicional sobre estos:

**Tabla 1.1.**

*Factores físicos en una cuenca hidrográfica.*

Factor	Explicación
Relieve	Considera aspectos como forma del terreno, elevaciones y desigualdades relacionadas con la formación de los suelos, drenaje superficial, drenaje interno, erosión, entre otros.
Topografía	Son las diferencias de elevación y de pendiente, estrictamente relacionadas con las diferencias de drenaje y que tienen influencia en la formación del suelo y en los usos que se le puede dar. De este factor se determinan unidades como valles, colinas, mesetas, montañas, etc.
Hidrología	Hace referencia al régimen de caudales, es decir el volumen de la escorrentía, sedimentación y clasificación de corrientes en temporales y permanentes.
Geología	Aspecto que determina la red hidrográfica y el tipo de roca y suelo que predomina en una región.
Geomorfología	Trata sobre la forma de la corteza terrestre y se relaciona estrechamente con factores que forman el suelo como clima, relieve, material parental y tiempo de formación del suelo.
Clima	Para nuestro objeto de estudio es el más relevante ya que determina los usos que se le puede dar al suelo y por el cual se pueden generar problemas para su erosión o consecuente degradación. Aquí se incluyen elementos como precipitación, temperatura, humedad relativa, vientos y nubosidad.

Fuente. Henao, 1998; Muñoz 2011.

### 1.2.2. Factores biológicos

Estos factores se relacionan con los componentes vivos de la cuenca. Aquí se incluye el suelo dado su compleja dinámica de procesos físicos y biológicos. Analicemos todos los factores en la siguiente tabla:

**Tabla 1.2.***Factores biológicos en una cuenca hidrográfica*

Factor	Explicación
Suelo	Es considerado más allá de los compuestos minerales que contiene, hablamos así del material de su origen, relieve, pendiente, erosión, fertilidad (asociada con los nutrientes que contiene), uso actual y uso potencial.
Vegetación	Incluye los organismos vegetales o también llamada cubierta vegetal tanto natural como domesticada (en algunos casos llamados artificiales cuando son sostenidos por el manejo dado por el ser humano). Aquí se puede hablar por ejemplo de bosques, pastizales, cultivos, etc.
Fauna	Incluye la diversidad de organismos de este tipo que son parte también de los ecosistemas y que componen las complejas redes tróficas de relaciones entre organismos.
Relaciones ecológicas	Es el resultado de la interrelación e interacción de los factores anteriores más los factores abióticos y que dan como resultado características propias de cada lugar, por ejemplo: zonas de vida, regiones biogeográficas o ecosistemas.

Fuente. Henao, 1998; Muñoz 2011.

### 1.2.3. Factores humanos

Los factores humanos representan el objeto de manejo de una cuenca hidrográfica, ya que es el ser humano quien es el beneficiario final de las acciones que se emprendan en este sentido. Aquí se consideran aspectos de tipo social, económico y cultural. Es por ello que es necesario analizar factores como: población, servicios básicos, actividades productivas, infraestructura, tenencia de la tierra, prácticas de uso de los recursos naturales, salud, vivienda, educación y estructura social.

En este punto, es importante que aclaremos que todos vivimos dentro de una cuenca hidrográfica (Muñoz, 2011); incluso si hace conciencia, en este preciso momento usted está viviendo dentro de una. Al aprovechar los recursos y servicios ambientales que una cuenca provee, es sencillo de comprender que generemos presiones e impactos sobre ellos haciendo necesario comprender cómo se dan las interacciones que mencionamos anteriormente.

### 1.3. Partes constitutivas de una cuenca hidrográfica

Ahora que tenemos claro algunos elementos de base para nuestro análisis y que ya conocemos qué es una cuenca hidrográfica, veamos ahora cómo se constituye en lo que se denomina partes de una cuenca.

La nomenclatura de las partes de una cuenca obedece al criterio que se utilice para ello, siendo los más usados el criterio de altitud y el de topografía. El primero hace referencia a los rangos de altura que tiene la cuenca y que está también relacionado con el clima, mientras que el segundo se refiere al relieve y a la forma del terreno (World Vision, 2004). Nosotros usaremos la primera nomenclatura por ser la más utilizada.

En este contexto, una cuenca hidrográfica está constituida esencialmente por tres partes: (1) la **cuenca de recepción**, conocida también como cuenca alta; (2) **garganta**, conocida también como cuenca media y (3) el **cono de deyección**, formado por la cuenca baja, la zona de transición y la zona costera. Sin embargo, las cuencas no siempre presentan las tres partes, en muchos casos solo la zona de recepción y la garganta (Muñoz, 2011; World Vision, 2004). Estas partes forman un sistema integrado e interconectado y no pueden ni existir ni funcionar independientemente (desde el aspecto biofísico) (Muñoz, 2011). Una forma sencilla de familiarizarnos con posibles términos que se usan de manera alternativa a las partes de la cuenca se presenta en la Tabla 1.3.

**Tabla 1.3.**

Términos alternativos para referirse a las partes de una cuenca.

Parte alta	Cuenca de recepción	Cuenca alta	Zona de recepción	Curso alto
Parte media	Garganta	Cuenca media	Zona de contracción	Curso medio
Parte baja	Cono de deyección	Cuenca baja	Zona de depositación	Curso bajo

Fuente. World Vision, 2004; Henao, 1998; Muñoz, 2011; Aguirre, 2007.

Hacemos esta aclaración ya que es común que encontremos diferentes nomenclaturas para referirse a las partes de la cuenca, lo cual incluso tiene su afectación a la denominación de los cursos del río principal, que guarda relación con las partes de la cuenca de acuerdo al criterio del rango de altitud.

Ahora es momento de comprender algunas de las características más importantes que hemos sistematizado de las partes constitutivas de la cuenca hidrográfica y que han sido descritas por algunos autores (Muñoz 2011, Henao 1998, Vásquez et al. 2016). Le invitamos a revisar el siguiente recurso educativo interactivo.

### Partes constitutivas de la cuenca hidrográfica

Como habrá podido analizar, cada parte constitutiva de la cuenca hidrográfica tiene sus propias características. Estos principios teóricos los puede aplicar a cualquier cuenca, con ello tendrá mucho más clara la identificación de estas partes e incluso la dinámica relacionada con su uso.



**RECUERDE:** Una cuenca hidrográfica está constituida por tres partes: 1. Cuenca de recepción (parte alta); 2. Garganta (parte media); y 3. Cono de deyección (parte baja), aunque existen casos en los que una o dos de estas partes no están presentes, esto depende del estado de desarrollo o intervención de la cuenca.



### Actividades de aprendizaje recomendadas

Estimados/as estudiantes, las actividades propuestas a continuación no son evaluadas y no debe entregarlas al docente. Estas le permitirán verificar sus avances y reforzar los conocimientos en la unidad correspondiente. Se sugiere tomar nota del aprendizaje logrado con ellas.

#### Actividad 1: Revisión de recursos en línea

Revise la infografía del significado de [cuenca hidrográfica propuesto por la UICN](#). Familiarícese con la descripción de la definición de una cuenca, sus partes y sus características.

Como podrá distinguir, aquí se muestra una gráfica interesante de las partes de la cuenca que acabamos de revisar y de los elementos de la cuenca que veremos más adelante. Intente identificar ciertas características en una cuenca que usted conozca.

## Actividad 2: Revisión de vídeo

Revise los videos de los enlaces a continuación, [¿Qué es una cuenca hidrográfica?](#), y [¿Qué es una cuenca?](#). Fíjese en la definición, características de la cuenca hidrográfica, en las partes que aquí se describen y los ejemplos que se mencionan.

¿Qué le pareció? ¿Es posible que ahora pueda construir su propia definición de cuenca hidrográfica, identificar sus partes y determinar de forma general lo que ocurre en cada una de ellas aplicándola a una cuenca que usted conozca o que se encuentre en su localidad? Haga el intento con lo que hasta ahora ha aprendido.



### Semana 2

---

Continuemos con el abordaje de las bases conceptuales del estudio de las cuencas hidrográficas, en esta semana nos concentraremos en el análisis de los elementos y las diferentes clasificaciones que se han desarrollado.

#### 1.4. Elementos de una cuenca

Para comprender mejor el funcionamiento de una cuenca hidrográfica es necesario previamente conocer qué elementos contiene y su significado, de esta manera será sencillo analizarlas y determinar qué sucede cuando uno o algunos de ellos sufre alteraciones ya sea producto de los procesos naturales que ocurren o bien por la actividad humana.

A continuación, revisaremos detenidamente estos elementos, será muy importante que los vaya identificando en la realidad conforme lo que hasta ahora ha aprendido. Al finalizar le sugerimos que realice un resumen que le permita diferenciar claramente cada elemento.

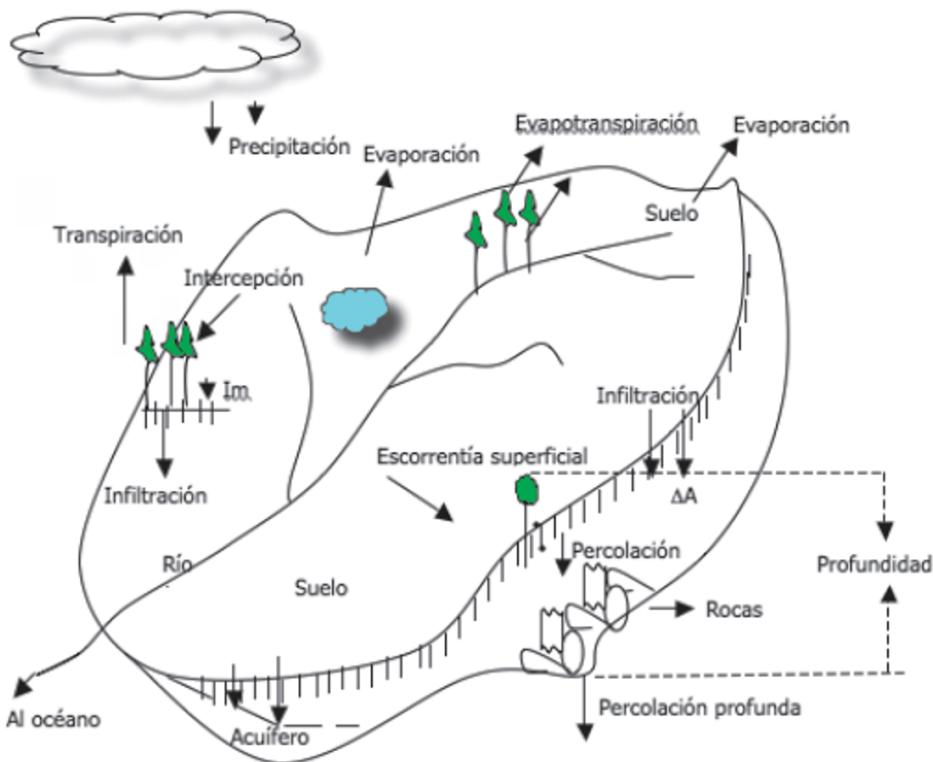
##### a. Profundidad hidrológica

El agua que almacena la cuenca hidrográfica va mucho más allá de la parte superficial o lo que nosotros vemos de la misma, sino que hay que considerar que el agua también puede encontrarse en los estratos profundos del suelo. Por lo tanto, la profundidad hidrológica, se trata de la dimensión vertical o la altura comprendida entre el dosel superior de

la cobertura vegetal y los estratos geológicos que delimitan la cuenca hacia abajo (Muñoz, 2011). La siguiente representación gráfica ayudará a comprender mejor la descripción de este elemento.

**Figura 1.4.**

*Profundidad hidrológica de la cuenca.*

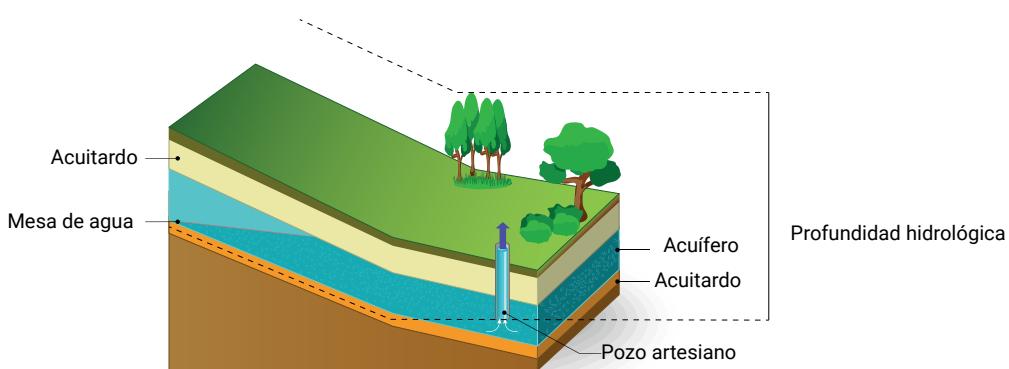


Tomado de: Muñoz 2011.

Es decir, si analizamos la cuenca en un sentido vertical (figura 1.5), sería el espacio en el que el agua que se encuentra en la cuenca, desde la cobertura vegetal, la superficie del suelo, dentro del suelo y los estratos profundos hasta donde llega a infiltrarse. Por esta razón, esta profundidad nos da una idea del agua que puede contener una cuenca hidrográfica, es decir su capacidad de almacenamiento, esto último muy importante en la gestión de las aguas subterráneas.

**Figura 1.5.**

Profundidad hidrológica de la cuenca.



Nota. Designua|shutterstock.com

**b. Divisoria de aguas, *divortium aquarum* o parte aguas**

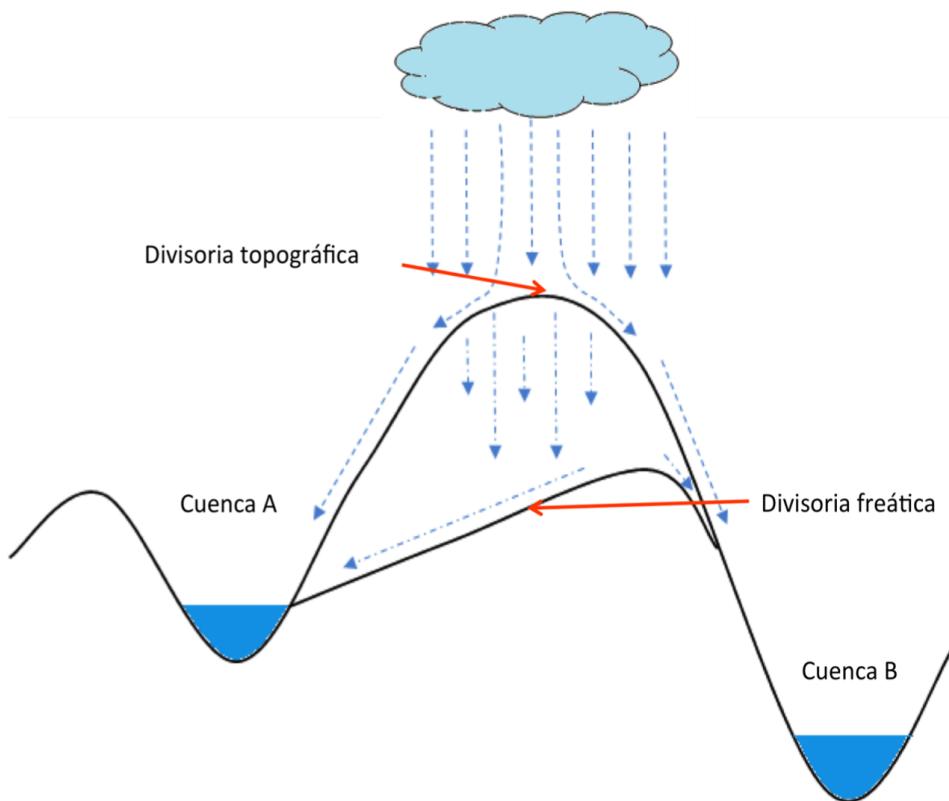
La divisoria de aguas es la línea que delimita una cuenca respecto a otras (Muñoz, 2011) y que está determinada por las partes más elevadas a su alrededor, es aquí donde el agua drena a una cuenca o a otra ya que dirige el drenaje a uno u otro sistema (Henao, 1998).

Al constituirse en los límites de la cuenca, esta línea engloba en un mismo territorio a las **vertientes o laderas** (desde las cabeceras de cuenca hasta las cercanías del curso de aguas), a la **llanura aluvial** (rodeando al río y su cauce en todo su recorrido) **y al río propiamente dicho** hasta su salida en contacto con otro río, lago, laguna o mar (Gaspari, 2019).

Debe considerarse que la divisoria no siempre es visible, es decir no siempre es superficial (**divisoria topográfica**) sino que puede darse el caso que lo que determina hacia donde fluye el drenaje sean los sustratos geológicos subterráneos, en ese sentido hablamos de una **divisoria freática**. Esto se puede comprender mejor en la siguiente figura.

**Figura 1.6.**

Representación gráfica de la divisoria topográfica y freática.



La divisoria topográfica y la divisoria freática generalmente no coinciden. Esta diferencia existente entre divisorias explica los escapes de flujos freáticos, que generalmente se da de las cuencas altas hacia las bajas. La existencia de las dos divisorias marca la existencia de dos sistemas de **flujo hídrico**: el **superficial** y el **subterráneo**. El primero está determinado en la práctica por la divisoria topográfica, y el segundo depende de las estructuras geológicas internas (Muñoz, 2011).

### c. Divisoria continental

La divisoria continental aplica los mismos criterios de la divisoria topográfica con la diferencia de que hablamos a una escala mayor en donde las divisorias de las cuencas marcan la frontera entre dos vertientes hidrográficas a escala continental y en donde conforman sistemas hidrográficos cuyos drenajes principales son conducidos a distintos océanos.



**Ejemplo:** Ciertas líneas divisorias de las formaciones montañosas de la Cordillera de los Andes conducen aguas que van hacia el océano Pacífico y otras al océano Atlántico, dando como resultado que tengamos la cuenca del Pacífico y la del Atlántico, respectivamente.

Cabe anotar que la identificación de las divisiones continentales no es sencilla pues no es claramente apreciable si se la analiza a una escala menor, es decir en una cuenca hidrográfica pequeña como las que normalmente vemos alrededor de nuestra ciudad, sino que eso es más evidente en cuencas hidrográficas grandes como la del Amazonas que nace en la cordillera de los Andes y llega hasta el océano Atlántico. Veamos en la siguiente figura donde la cordillera de los Andes es la divisoria continental de Sudamérica, con ello quedará claro esta explicación.

**Figura 1.7.**

*Representación gráfica de una divisoria continental*



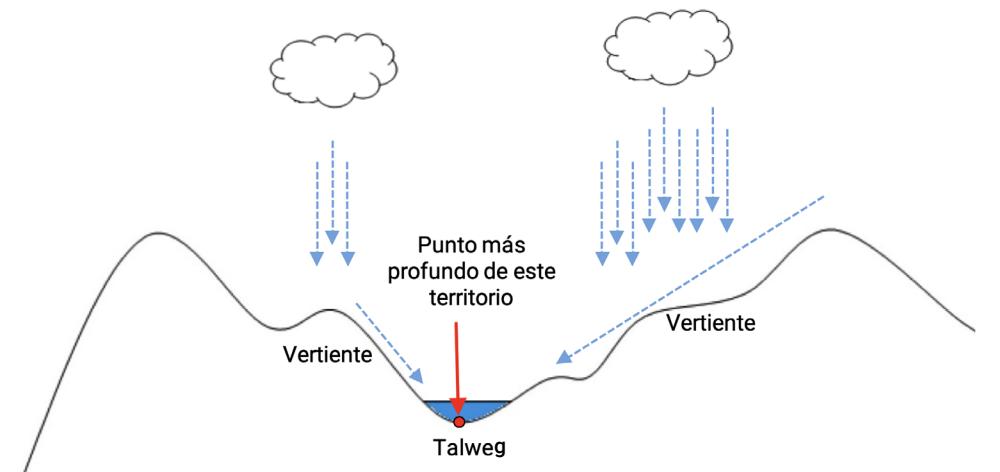
<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4b/SouthAmerica-ContinentalDivide.png>

#### d. Talweg o vaguada

“Talweg” es un vocablo alemán que significa “camino del valle”, que se refiere al canal natural que une los puntos más profundos de las secciones transversales sucesivas de un territorio por donde escurren las aguas. Es la hondonada por la que corre agua cuando existe precipitación, por lo tanto, es el drenaje más elemental de la cuenca, ubicado generalmente en el nacimiento de los drenes (Muñoz, 2011).

Dicho en otras palabras, para que se pueda comprender mejor, es la línea que une los puntos de más bajo nivel en un terreno y por la misma razón, el lugar por donde drena el agua. A este se le denomina también el lecho del curso de agua independientemente que tenga o no agua en él. En la siguiente figura va a encontrar una explicación gráfica que le ayudará a identificar a este elemento.

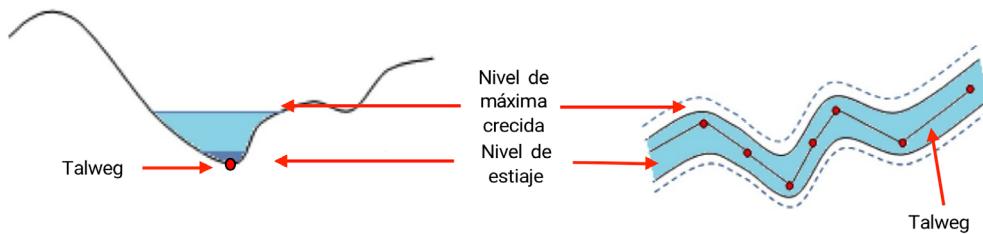
**Figura 1.8.**  
*Representación gráfica del talweg.*



Debemos precisar que el talweg no corresponde en sí al cauce o al cuerpo de agua que vemos sino al punto más bajo por donde este discurre (el suelo del mismo). Esto podría estar ubicado en un lugar diferente cuando bajan las aguas (nivel de estiaje), y de ahí su importancia, pues bajo estas condiciones podríamos notar la mayor hondonada del cauce. Veámoslo con más detalle en la siguiente figura.

**Figura 1.9.**

Representación gráfica del Talweg.



Considerar este aspecto muy importante del talweg, hace que este sea útil en temas de demarcaciones limítrofes de circunscripciones territoriales, ya que antiguamente era usado para delimitar países o estados.

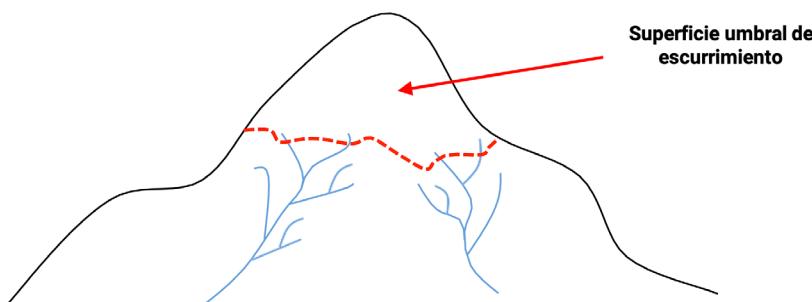
#### e. Superficie umbral de escurrimiento

La superficie umbral de escurrimiento es el área mínima necesaria para la concentración del escurrimiento y la formación de canales o surcos producto de la erosión del suelo, es decir para que se forme el talweg (Muñoz, 2011).

Tal como podemos observar en la figura a continuación, entre mayor es la superficie de recolección del agua (superficie umbral de escurrimiento), mayor es la degradación del suelo en la cuenca en condiciones naturales. Esto significa que es fundamental contar con una superficie que sea capaz de recibir agua de precipitación y conducirla por un punto con tal energía que cada vez que se va erosionando el suelo forme surcos que puedan dar origen a un talweg. Gráficamente podemos observar este suceso en el ejemplo siguiente.

**Figura 1.10.**

Representación gráfica de la superficie umbral de escurrimiento.



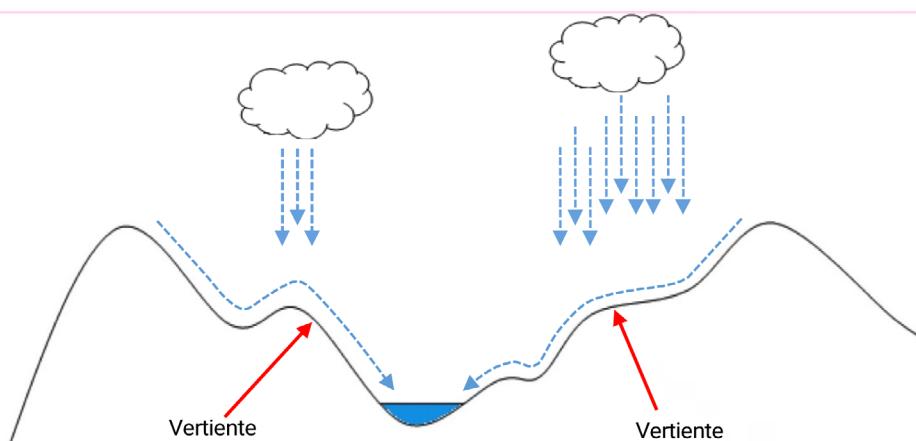
#### f. Vertientes, faldas o laderas

Las vertientes representan el área comprendida entre el cauce y la divisoria topográfica, pueden ser izquierda o derecha en relación con el movimiento del agua en el cauce. En las vertientes, se concentran la mayoría de los usos de las cuencas, por lo que la respuesta hidrológica de la misma está estrechamente relacionada con la utilización de estas (Aguirre, 2007). Así mismo, como señala Muñoz (2011), son aquellas superficies topográficas inclinadas de la cuenca que receptan al agua lluvia y la conducen hacia el cauce.

Necesitamos aclarar que cuando hablamos del término “vertiente”, lo hacemos en términos geomorfológicos y, por lo tanto, debemos distinguirlo del término que también es usado para describir el escape o surgimiento de agua subterránea a la superficie en un determinado punto, fenómeno que realmente se denomina “afloramiento”. En este punto nos referimos al agua que acumulan las faldas de las montañas y la vierten en el colector común o río principal.

**Figura 1.11.**

Representación gráfica de las vertientes en una cuenca.

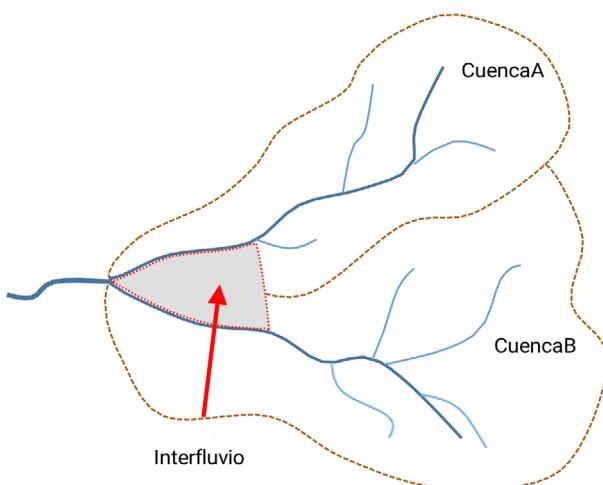


#### g. Interfluvio

El interfluvio es el vértice conformado por la superficie de los drenes (precisamente por los talwegs) de dos cuencas adyacentes. Son sectores de forma triangular que drenan directamente al río receptor (Aguirre, 2007). Esta explicación la podrá comprender mejor mediante la representación gráfica que se puede apreciar en la siguiente figura.

**Figura 1.12.**

Representación gráfica del interfluvio.

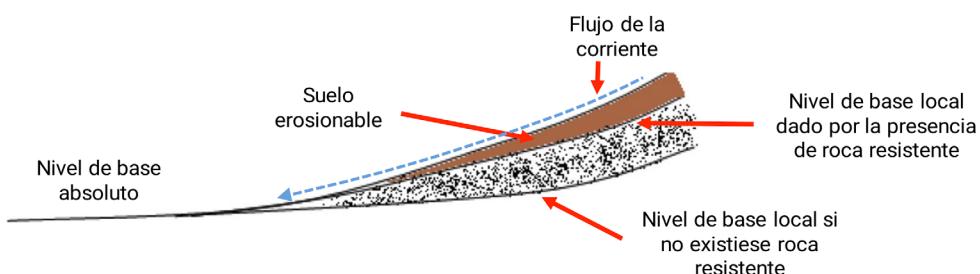


#### h. Nivel de base

El nivel de base es la menor elevación a la cual una corriente puede profundizar su cauce. Esto guarda relación con la pendiente, ya que mientras más la pendiente se acerque a cero (es decir en un terreno más plano), menor capacidad erosiva tiene la corriente. En algunos casos cuando la corriente se encuentra con rocas resistentes, formará también su nivel de base; en ambos casos la erosión ya no es posible (Henao, 1998). Este concepto está estrechamente relacionado con el perfil de equilibrio que analizaremos a continuación, aunque antes le pediremos revisar detenidamente la siguiente figura para que pueda comprender mejor este concepto.

**Figura 1.13.**

Representación gráfica del nivel de base.



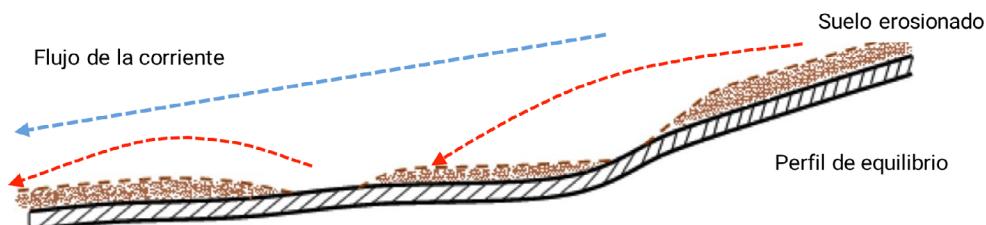
## i. Perfil de equilibrio

Todo río o drenado tiene su propia pendiente por debajo de la cual la erosión no es posible. Cuando un curso de agua ha llegado a este punto crítico se dice que ha alcanzado el perfil de equilibrio, lo cual implica una estabilización del nivel de base (Muñoz, 2011). Es decir, cuando el río ha alcanzado a estabilizar el nivel de base, el lecho por el que circula el drenaje ya no se profundizará dando como resultado el que se haya alcanzado el perfil de equilibrio. Esto explica por qué muchos ríos ya no socavan su lecho y se mantienen en el mismo nivel de profundidad.

El perfil de equilibrio significa la pendiente donde se estabiliza la erosión que arrastra material aguas abajo y la acumulación que trae material nuevo que proviene de aguas arriba. Observe la relación en la que la cantidad de material erosionado es similar a la cantidad de material depositado.

**Figura 1.14.**

*Representación gráfica del perfil de equilibrio.*



Este proceso es mayormente evidente en ríos geomorfológicamente más antiguos o también llamados “senectos” y que generalmente se ubican en zonas de llanura o en las partes bajas de las cuencas.

El río tiende a buscar su perfil de equilibrio; en el valle y montaña continúa buscándolo mediante el proceso de “**erosión regresiva**”. Independientemente de su caudal y pendiente, el curso de un río busca los lugares más suaves, porque son más fáciles de erosionar los y formar ahí su cauce, o también se aprovechan de una falla en la roca, para correr por ahí. En las rocas ígneas, por ejemplo, casi siempre se detecta la existencia de fallas debido al comportamiento del río (Muñoz, 2011).

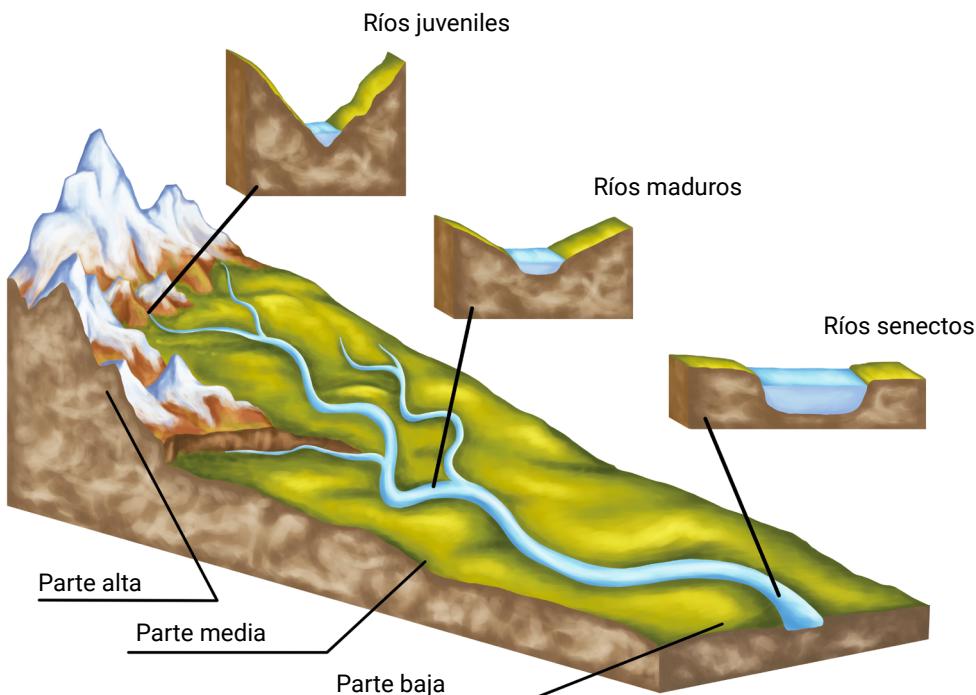


**Ejemplo:** Un caso de erosión regresiva en nuestro país, es lo que se originó en la cuenca del río Coca y que es un fenómeno en el que el río en lugar de erosionar su cauce aguas abajo lo hace en sentido contrario, es decir aguas arriba o hacia las zonas altas. Si bien es cierto, las causas aún o están del todo establecidas, es un proceso por el cual el río establece su perfil de equilibrio.

Dependiendo entonces del estado en el que se encuentre un río en proceso de alcanzar su perfil de equilibrio es que tenemos una clasificación de los ríos, esto es en: **juveniles, maduros y selectos**. Los podremos visualizar mejor en la siguiente representación:

**Figura 1.15.**

*Estados o etapas de los ríos de acuerdo a su formación*



Nota. stihii|shutterstock.com

De acuerdo al estado al que hayan alcanzado los ríos en función de su geomorfología, se pueden describir las siguientes características que mostramos en la siguiente tabla. Es importante que las comprenda.

**Tabla 1.4.***Etapas de los ríos*

<b>Etapa</b>	<b>Característica</b>
Ríos juveniles	Son ríos de montaña. Son profundos y forman con las vertientes una V cerrada. Tienen gran escorrentía y fuerte acción erosiva. Pueden formar cascadas. Tienen un sistema de drenaje caracterizado por un patrón dendrítico.
Ríos maduros	Son ríos de valle. Son el resultado de la profundización del cauce y su lecho tiene una forma de V abierta. Adoptan cualquier patrón de drenaje.
Ríos senectos	Son ríos de llanura. Su lugar próximo a tributar es generalmente el mar u otro río de mayor magnitud. Forman una gran llanura de inundación. Su escorrentía tiene poca velocidad y con escasa potencialidad erosiva que se equilibra con la capacidad de deposición. Cambian de curso con mayor facilidad dando lugar a los meandros o cauces abandonados. Su patrón de drenaje característico es una red en disposición anastomosada o entrelazada.

Fuente. Henao, 1998; Muñoz, 2011

Como habrá podido notar en esta tabla, cada etapa de formación de los ríos tiene sus características. Será de mucha utilidad que las interiorice para que más adelante pueda comprender el comportamiento de la cuenca ante la presencia de estos ríos. Si aplica estas bases teóricas en una cuenca que esté a su alcance ¿qué puede descubrir?

#### j. Cuerpo de agua principal o río principal

Conocido como escorrentía o cauce principal, el río principal es el elemento fundamental de la cuenca hidrográfica, pues es el que recolecta y transporta el agua de toda la cuenca y generalmente es el de mayor caudal y longitud (Araque et al, 2019).

Si bien es cierto, no es sencillo que se pueda distinguir entre el cauce principal y sus afluentes. Bastará con identificar cuál es el cauce que recibe la mayor cantidad del agua, en este caso nos encontraríamos ante el río principal, mientras que los aportantes a este se denominan tributarios, afluentes o ríos secundarios.

Un río principal al recorrer toda la cuenca hidrográfica o en su mayor parte, está relacionado con las partes constitutivas que revisamos anteriormente. Por esta razón se puede establecer los cursos: superior, medio e inferior. Sus características guardan estrecha relación con las partes alta, media y baja y con las etapas o edades de los ríos que revisamos en el apartado 1.3.

En correspondencia con el criterio de unidad hidrográfica, el río principal representa la totalidad de la cuenca, mientras que los ríos secundarios o afluentes, representan a las subcuenca y microcuenca. Estos últimos se pueden clasificar de acuerdo a su incidencia temporal en perennes, intermitentes y efímeros (Araque et al., 2019).

Un río perenne es el que contiene agua en su cauce durante todo el año, intermitente cuando su cauce aparece o desaparece en diferentes épocas del año y un efímero cuando su cauce aparece solo en ciertos eventos donde hay presencia de lluvias fuertes.

## 1.5. Clasificación de las cuencas hidrográficas

Antes de adentrarse en este apartado, debe conocer que existen varios sistemas de clasificación de las cuencas hidrográficas. Los criterios más utilizados para clasificar las cuencas hidrográficas son: tamaño, unidades hidrográficas, forma, sistema de descarga, sistema de drenaje, relieve y posición altitudinal y uso. En la siguiente tabla usted puede ver de forma general estos criterios y el resultado de su clasificación, más adelante ampliaremos sus características.

**Tabla 1.5.**  
*Criterios y clasificación de las cuencas hidrográficas.*

Criterio	Clasificación
Tamaño y aspecto hidrológico	Grandes, intermedias, pequeñas
Unidades hidrográficas	Cuenca, subcuenca, microcuenca
Sistema de descarga o destino final	Exorreicas, endorreicas, arreicas y criptorreicas
Sistema de drenaje	Orden 1, orden 2, orden 3,... Orden n.
Relieve y posición altitudinal	De montaña o alta montaña, de valle y de llanura
Uso	Abastecimiento de agua, riego y navegación

Fuente. Muñoz, 2011; Araque et al., 2019

Le invitamos ahora a revisar el siguiente recurso educativo donde encontrará una ampliación de las diferentes propuestas de clasificación de las cuencas hidrográficas, sus características y algunos ejemplos.

## Clasificación de cuencas hidrográficas

Como podrá haber notado, los sistemas de clasificación son diversos y es posible que podamos confundirnos fácilmente o que tengamos inconvenientes en poder utilizar alguno de ellos dado que no hay consenso a nivel de nuestro país. Para evitar estos inconvenientes, a partir del año 2011 se adoptó el Sistema de Delimitación y Codificación de las Unidades Hidrográficas del Ecuador que analizaremos en el siguiente apartado.

### 1.5.1. Metodología Pfafstetter para la delimitación y codificación de unidades hidrográficas del Ecuador

Como ya mencionamos antes, en nuestro país a partir del año 2011, y a través de la Resolución 2011-245, emitida por en ese entonces la secretaría nacional del Agua – SENAGUA (Autoridad Única del Agua), se aprobó la Metodología Pfafstetter para la delimitación y codificación de unidades hidrográficas del Ecuador.

La metodología de Pfafstetter consiste en asignar identificadores (Ids) a unidades de drenaje basado en la topología de la superficie o área del terreno. Dicho de otro modo, Pfafstetter asigna identificadores a una unidad hidrográfica para relacionarla con sus unidades internas locales y con las unidades colindantes. Para ello se identifican cuencas, intercuenca y cuencas internas, y en donde no intervienen los criterios de tamaño. En la tabla 1.6 se muestra la diferencia entre cada unidad.

#### Tabla 1.6.

*Descripción de las unidades hidrográficas según la metodología Pfafstetter.*

Unidad hidrográfica	Descripción
Cuenca	Un área que no recibe drenaje de ninguna otra área, pero si contribuye con flujo a otra unidad de drenaje o al curso principal del río.
Intercuenca	Un área que recibe drenaje de otra unidad aguas arriba, a través del curso del río considerado como el principal, y permite el paso de este hacia la unidad de drenaje contigua hacia aguas abajo. Es decir, una intercuenca es una unidad de drenaje de tránsito del río principal.

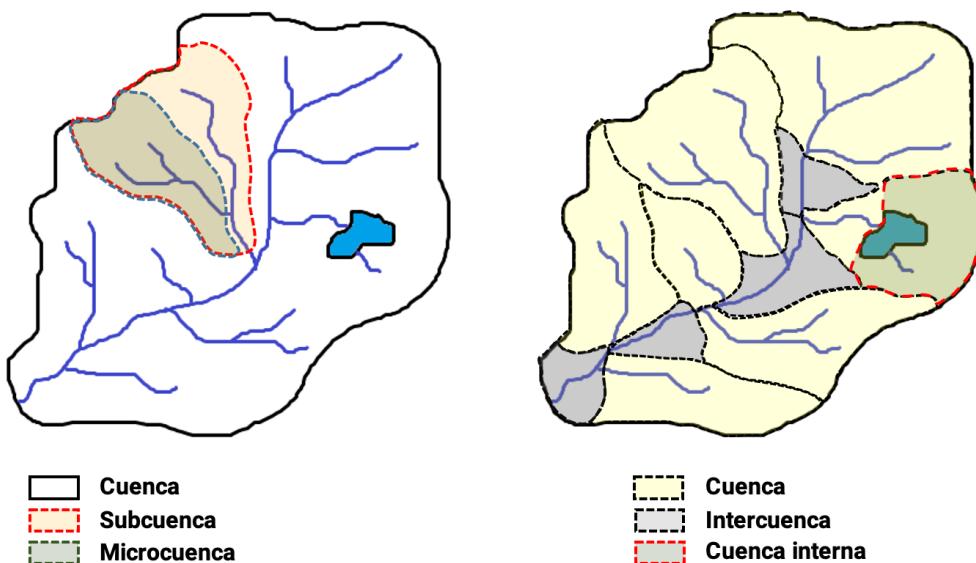
Unidad hidrográfica	Descripción
Cuenca interna	Un área de drenaje que no recibe flujo de agua de otra unidad ni contribuye con flujo de agua a otra unidad de drenaje o cuerpo de agua.

Fuente. SENAGUA et al., 2009.

Cabe señalar que la metodología de Pfafstetter no utiliza los términos subcuenca y/o microcuenca y la categorización de las unidades tipo cuenca o intercuenca está dada por el nivel en el que se encuentra la unidad (SENAGUA et al., 2009). En la figura siguiente podemos identificar gráficamente las diferencias.

**Figura 1.16.**

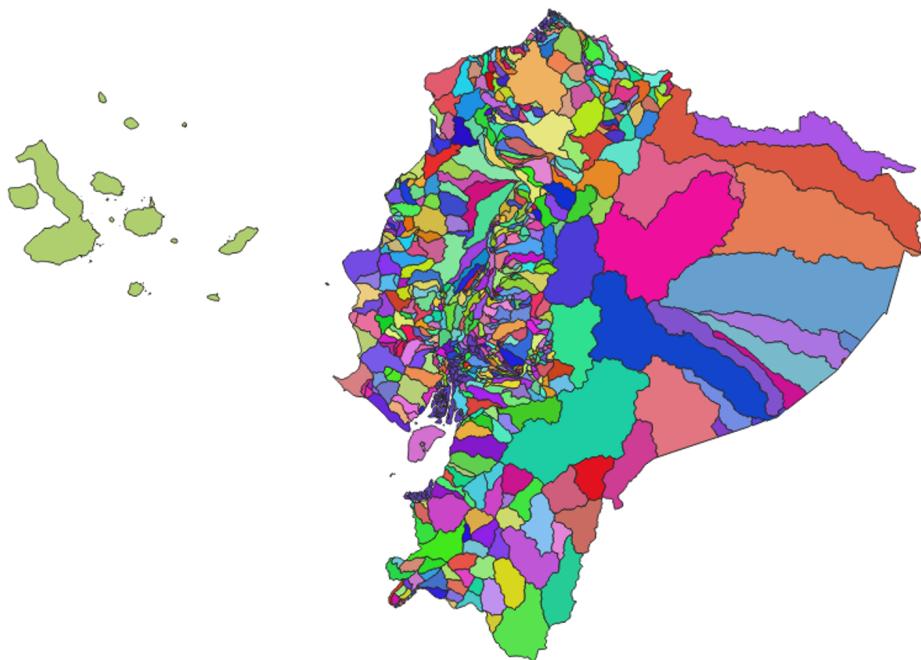
*Comparación entre la clasificación de cuencas y delimitación según Pfafstetter.*



Como resultado de la aplicación de esta metodología, hoy contamos con la delimitación y codificación de las unidades hidrográficas del país y de la cual se obtuvo el Mapa de Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Ecuador a escala 1:250000 hasta el nivel 5 (Figura 1.17).

### **Figura 1.17.**

*Delimitación de las unidades hidrográficas del Ecuador mediante la metodología Pfafstetter a escala 1:250000, nivel 5.*



Por otro lado, de la aplicación de esta metodología se desprende la cuantificación de las vertientes, tanto del Pacífico como del Amazonas para Ecuador (Tabla 1.7), propuesta por Araque et al., (2019).

### **Tabla 1.7.**

*Número de unidades hidrográficas para Ecuador según la metodología Pfafstetter.*

Nivel	Vertiente del Pacífico	Vertiente del Amazonas	Total
I	1	1	2
II	3	1	4
III	16	2	18
IV	117	6	123
V	711	23	734

Fuente. Araque et al, 2019

Como usted verá, esta metodología es útil también como sistema de clasificación desde el punto de vista del uso de las unidades hidrográficas, ya que se va constituyendo en un estándar internacional.



Existen diversas formas de clasificar las cuencas hidrográficas, utilizar una de ellas dependerá de los criterios que utilicemos para analizarlas.



## Actividades de aprendizaje recomendadas

Estimados estudiantes, las actividades propuestas a continuación no son evaluadas y no debe entregarlas al docente. Éstas le permitirán verificar sus avances y reforzar los conocimientos en la unidad correspondiente.

### Actividad 1: Revisión de recursos en línea

Revise el documento técnico de la [delimitación y codificación de unidades hidrográficas del Ecuador, escala 1:250000, nivel 5. Metodología Pfafstetter](#). Analice el mapa que se propone e intente comprender cómo se establecen los diferentes niveles de las unidades hidrográficas.

Una vez que haya analizado esta información, seguro puede diferenciar cómo surgen los distintos niveles en los que se subdividen las cuencas hidrográficas y cómo se asignan los códigos.

### Actividad 2: Revisión de video

Revise los videos sobre el proceso que sigue la [metodología Pfafstetter](#) para la delimitación y codificación de cuencas. Si bien este video se encuentra en inglés, es bastante intuitiva la comprensión de la explicación. Nótese la diferencia entre la cuenca, intercuenca y cuenca interna.

Ahora que ha revisado este video ¿se comprende mejor los principios que usa la metodología para la delimitación de cuencas a diferentes niveles?

### Actividad 3. Práctica 1.

Desarrolle la actividad práctica 1 que se publicará en la sección de anuncios académicos de la asignatura en la semana correspondiente. Para

desarrollarla, descargue los recursos disponibles en la sección Archivos en la carpeta denominada “Datos Prácticas”.

Con el desarrollo de esta práctica podrá identificar la información geográfica existente sobre la delimitación y codificación de las unidades hidrográficas del país de acuerdo a la metodología Pfafstetter.

#### **Actividad 4.**

Para profundizar sus conocimientos en los temas estudiados, le invitó a participar en la siguiente autoevaluación.



## Autoevaluación 1

Escoja la opción correcta.

1. El concepto de cuenca hidrográfica abarca los ámbitos:
  - a. Socioeconómico exclusivamente.
  - b. Biótico, abiótico, social, económico, cultural, entre otros.
  - c. Biofísico e hidrológico solamente.
2. La relación resumida que ocurre en una cuenca hidrográfica es:
  - a. Agua – suelo – cubierta vegetal.
  - b. Ser humano – agua – cuenca.
  - c. Flora – fauna – agua.
3. Las partes constitutivas de la cuenca hidrográfica son:
  - a. Flora, fauna, suelo, vegetación, ser humano.
  - b. Agua – suelo – cubierta vegetal.
  - c. Parte alta, media y baja.
4. El elemento de profundidad hidrológica se refiere a:
  - a. La profundidad de almacenamiento del agua desde el suelo hasta el manto rocoso.
  - b. El espacio en sentido vertical en el que el agua que se encuentra en la cuenca, desde la cobertura vegetal hasta los estratos profundos hasta donde llega a infiltrarse.
  - c. La cubierta vegetal y el espacio del suelo donde se desarrolla esta, ya que es hasta esta zona donde se infiltra el agua disponible en una cuenca.
5. El divorcio de aguas es un elemento importante porque significa:
  - a. El lugar por donde pasa el río principal.
  - b. El cauce elemental del río principal en época de estiaje.
  - c. El límite natural de la cuenca.

6. El *talweg* es conocido por ser:
- El punto más alto de una cuenca hidrográfica y, por tanto, su límite.
  - El punto más bajo de la cuenca hidrográfica por donde discurre el caudal elemental en época de estiaje.
  - El área mínima necesaria para la concentración de la escorrentía y formar cauces.
7. De acuerdo a la clasificación de las cuencas hidrográficas por su sistema de descarga se tienen:
- Cuencas fluvial, superficial y subterránea.
  - Cuencas endorreica, exorreica, arreica y criptorreica.
  - Cuencas de orden 1, 2 y 3.
8. De forma general, de acuerdo a la clasificación de las cuencas hidrográficas por su tamaño, se tienen:
- Cuencas altas, medias y bajas.
  - Grandes, medianas y pequeñas.
  - Cuencas endorreicas, exorreicas, arreicas y criptorreicas.
9. La metodología Pfafstetter identifica como unidades hidrográficas a:
- Las cuencas, intercuencas y cuencas internas.
  - La zona de recepción, de transición y de depositación.
  - Las cuencas, subcuencas y microcuencas.
10. La escala con la que se trabajó en la delimitación de las cuencas hidrográficas en el país, de acuerdo a la metodología Pfafstetter, fue:
- 1:5000.
  - 1:100000.
  - 1:250000.

[Ir al solucionario](#)

Hemos llegado al final de la Unidad 1. Una vez que ha terminado de revisar estos contenidos, la presentación inicial y los recursos disponibles para esta unidad, ¿puede responder a las siguientes preguntas? Las respuestas las puede anotar en los apuntes de la asignatura.

*¿Qué es una cuenca hidrográfica, qué elementos y componentes tiene?*

*¿Cuál es el sistema de clasificación más adecuado que se debe utilizar en nuestro país para delimitar las cuencas hidrográficas?*

Si aún no puede responder a estas preguntas, será necesario que retroalimenta su aprendizaje revisando nuevamente los contenidos de la unidad. Si cree que ha respondido correctamente, entonces usted cuenta con las bases fundamentales para la comprensión de una cuenca hidrográfica y está listo para abordar la siguiente unidad. Siga adelante con el mismo ímpetu que ha puesto hasta ahora.



## Semana 3

---

En esta semana, vamos a adentrarnos en la comprensión de algo realmente importante y elemental que ocurre en una cuenca hidrográfica y que es el ciclo hidrológico, analizaremos los procesos y particularidades del mismo.

## **Unidad 2. Ciclo hidrológico en cuencas hidrográficas**

---

En esta Unidad trataremos lo concerniente al ciclo hidrológico, el cual incluye procesos que son necesarios para la generación de los recursos hídricos que es el principal servicio ambiental que provee una cuenca. Probablemente, usted ya se encuentra familiarizado con estos procesos, no obstante, aquí haremos una ampliación y aplicación en el ámbito de las cuencas hidrográficas.

### **2.1. El ciclo hidrológico**

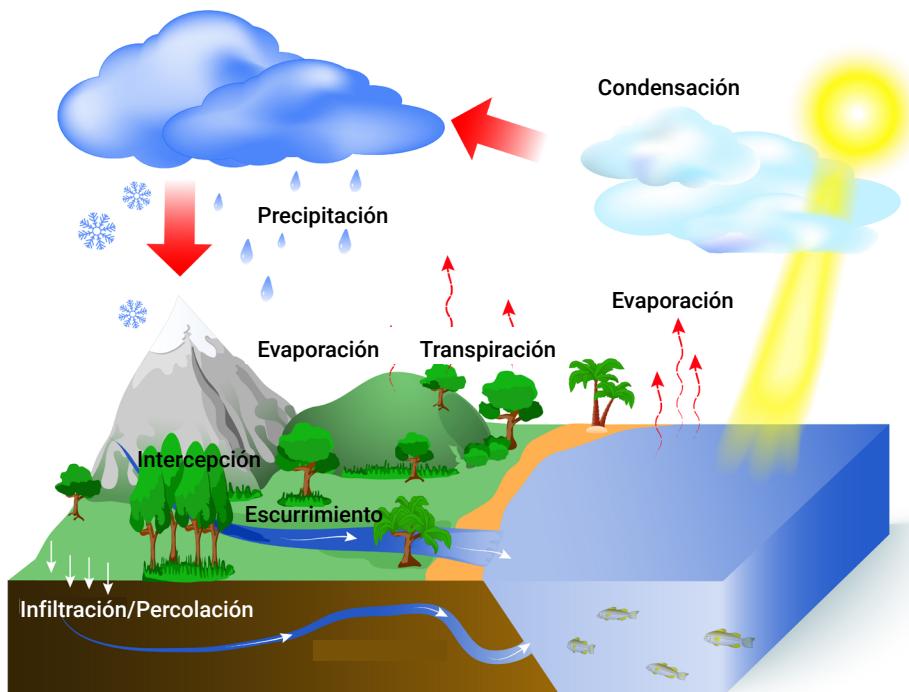
Como usted sabe, el ciclo hidrológico es un proceso continuo que no tiene principio ni fin (Vásquez, et al., 2016) y representa una transferencia de los cuerpos de agua en la naturaleza por medio de su transformación entre gas, líquido y sólido. Empecemos definiéndolo para una mejor comprensión.

El ciclo hidrológico se define como un fenómeno global de circulación cerrada del agua entre la superficie terrestre y la atmósfera, impulsado por la energía solar asociada a la gravedad y la rotación terrestre. En otras palabras, el ciclo hidrológico representa el camino recorrido por el agua en sus tres estados físicos (Araque et al., 2019).

Es también el movimiento del agua en la naturaleza o el proceso por el cual el agua pasa por diferentes fases o etapas hasta volver a su estado inicial. Las complejas relaciones internas entre plantas, suelo y agua, modificadas permanentemente por la acción humana, implican la acción recíproca simultánea de los componentes del ciclo hidrológico (Muñoz, 2011).

De manera condensada, en la siguiente figura se puede apreciar el ciclo hidrológico y sus fases o procesos.

**Figura 2.1.**  
*Ciclo hidrológico en cuencas hidrográficas.*



<https://image.shutterstock.com/image-illustration/water-cycle-diagram-sun-which-600w-343830752.jpg>

A continuación, le invito a profundizar algunos aspectos sobre el ciclo hidrológico.

### 2.1.1. Importancia del ciclo hidrológico

La importancia del ciclo hidrológico radica en que todas las funciones biológicas dependen de este y juntamente con la intervención de elementos no vivos se generan bienes y servicios ambientales que los seres humanos utilizamos para cubrir nuestras necesidades. Este proceso que integra un complejo sistema de relaciones a veces pasa desapercibido y posiblemente de ahí el que no seamos conscientes de su relevancia.

La justificación del manejo de una cuenca, responde a la necesidad de asegurarnos que el ciclo hidrológico se mantenga sin mayores alteraciones, para de esta forma proveernos del recurso más valioso que es el agua, no solamente en cantidad suficiente sino también en buena calidad. Así mismo, es importante que analicemos las presiones que ejercemos sobre las fases del ciclo para poder establecer posibles soluciones, justamente para ello es que es útil el enfoque de cuencas hidrográficas.

El ciclo hidrológico, guarda relación con lo que se conoce como **balance hídrico**, que es a su vez la diferencia entre las entradas y las salidas al sistema hidrográfico, dando como resultado una variación en el almacenamiento de agua en la cuenca, tal como se representa en la siguiente ecuación.

$$\text{Entradas} - \text{Salidas} = \Delta \text{almacenamiento}$$

Esto significa que la cantidad de agua que la cuenca pueda almacenar dependerá de las fases y procesos que ocurren en el ciclo hidrológico. Sin embargo, debemos también tener claro que el ser humano puede alterar algunos factores de la cuenca, principalmente los relacionados con la cobertura vegetal y el suelo, lo que incidirá directamente sobre procesos como: la escorrentía, evaporación, transpiración e interceptación (Muñoz, 2011).



**RECUERDE:** Una cuenca hidrográfica es también considerada como ecosistema, por tanto, los factores abióticos y la comunidad biótica están involucrados en los procesos que ocurren en el ciclo hidrológico.

Para que lo anterior pueda asimilarse de manera clara, podemos aplicar la **fórmula del balance hídrico**, la cual permite identificar las entradas y salidas del agua en la cuenca.

$$P = Q + (I_{(f+m)} + E_{(s+a)} + T) \pm \Delta A$$

Dónde:

P = Precipitación

Q = Escorrentía

$I_{(f+m)}$  = Interceptación del follaje y del mantillo del suelo

$E_{(s+a)}$  = Evaporación del suelo y del agua expuesta

T = Transpiración

$\Delta A$  = Cambio de almacenamiento del suelo

En el balance hídrico las entradas están representadas por la precipitación, mientras que las salidas ocurren por la escorrentía, interceptación, evaporación, y transpiración. Estas salidas y entradas afectan al almacenamiento.



**Ejemplo:** Si en una cuenca hidrográfica se ha eliminado en la parte alta a la cobertura vegetal, se incrementarían la escorrentía superficial (la cual provocaría erosión) y la evaporación (la cual se incrementa por acción del agua y del viento). Esto incidirá negativamente sobre la infiltración y por lo tanto a la conducción del agua al suelo de la cuenca.

Entonces, si hay más salidas (escorrentía y evaporación) que entradas (infiltración), el resultado sería la disminución del almacenamiento del agua en el suelo.

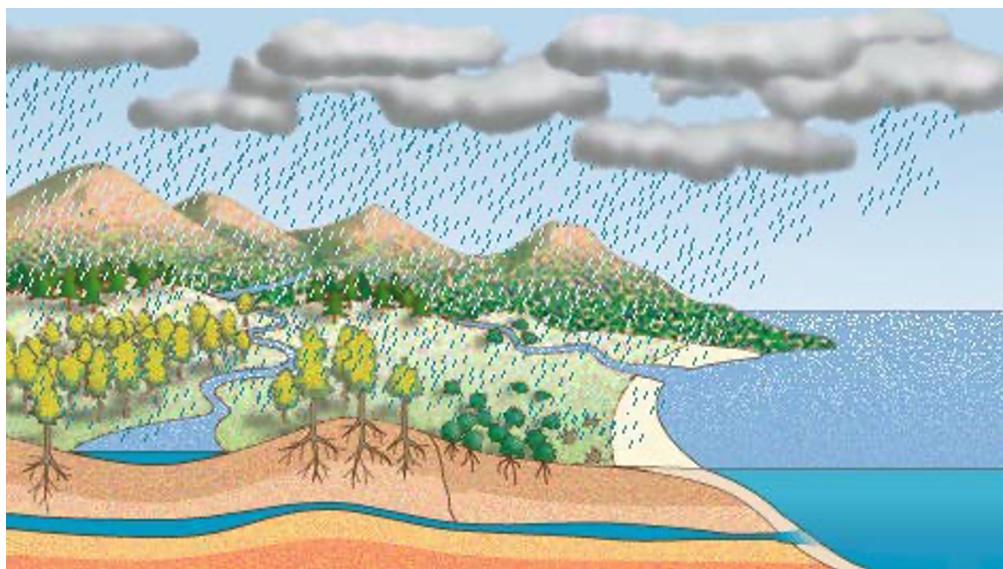
## 2.2. Componentes del ciclo hidrológico

Es momento de analizar cada fase del ciclo hidrológico. Para facilitar su comprensión, haremos una explicación bastante resumida de qué ocurre en cada fase.

### 2.2.1. Precipitación

La precipitación es el fenómeno físico que consiste en la transferencia de volúmenes de agua en sus diferentes formas de la atmósfera a la superficie terrestre (Araque, 2019; Figura 2.2). Se considera precipitación no solo a la caída de agua en estado líquido o lo que conocemos como lluvia, sino que también pueden darse en otros estados como, neblina, nieve y granizo. Dependiendo de las condiciones climáticas y las características de cada zona, al día puede haber más o menos precipitaciones en cualquiera de las formas indicadas.

**Figura 2.2.**  
*Representación de la precipitación.*



[http://186.113.12.182/catalogo//interna\\_recurso.php?nt=56770](http://186.113.12.182/catalogo//interna_recurso.php?nt=56770)

Es importante que conozca que en la bibliografía no siempre la neblina se considera como parte de la precipitación sino como forma de condensación. Sin embargo, si consideramos que la condensación es un proceso que conduce a la precipitación y que la neblina aporta con agua mediante

la condensación a nivel del suelo, si sería parte de la precipitación. Esto sumado a que la interceptación de la neblina es parte de las entradas de agua, basándonos en el balance hídrico.

Para que se produzca la precipitación, se requiere que ocurra una acumulación de partículas de agua que deben reunir condiciones de volumen y peso dado por los procedimientos de coalescencia y condensación (Muñoz 2011). La **coalescencia** es la aglomeración de una multitud de pequeñas partículas que forman gotas progresivamente más gruesas a través de la fusión o adhesión de partes o superficies en contacto. La **condensación** es el fenómeno por el cual algunas partículas aumentan de tamaño por la adherencia directa de partículas de vapor de agua que las rodean o indirectamente de gotas vecinas en curso de evaporación (Muñoz, 2011).



**RECUERDE:** La precipitación es el aporte o transferencia de agua desde la atmósfera a la superficie terrestre en cualquiera de sus estados o formas (lluvia, niebla, nieve o granizo) y para que se produzca se requiere de procesos como la coalescencia y la condensación.

Las precipitaciones pueden ser clasificadas de acuerdo con las condiciones que produce el movimiento vertical (ascensión) del aire (Araque, 2019; Vásquez et al., 2016):

- **Convectiva o de verano:** ocurren en días cálidos y se caracterizan por su alta intensidad y corta duración. Están concentradas en áreas reducidas.
- **Orográfica:** se relaciona con la presencia de una barrera topográfica como las montañas. Son intensas, localizadas e intermitentes.
- **Convergencia o frontal:** son el resultado de los frentes y son las más fáciles de prever. Poseen intensidad moderada, larga duración y abarcan grandes áreas.

Al hablar de la precipitación, debemos también tomar en cuenta las variables que se deben determinar para caracterizar a la precipitación, las cuales son (Araque, 2019):

- **Altura pluviométrica:** corresponde a la altura en mm de lluvia. Se obtiene por medio de un pluviómetro.
- **Duración:** periodo desde el inicio del evento hasta el fin, se puede expresar en horas o minutos.
- **Intensidad:** relación entre la altura pluviométrica y la duración de la lluvia.
- **Frecuencia:** se expresa como periodo de retorno, este es definido como el tiempo medido en años para que un evento sea igualado o superado con una probabilidad determinada.

La lluvia se divide en tres porciones: el agua que se escurre por la superficie del suelo o también llamada **escorrentía superficial**, el agua que se infiltra a través del suelo y el agua que se evapora. De estas tres (a efectos de contar con un almacenamiento adecuado del agua de precipitación en la cuenca), lo que nos interesa en el manejo de las cuencas hidrográficas es el agua que se infiltra en el suelo, a esto se le conoce como "**precipitación efectiva**" (Muñoz, 2011) y es de especial interés sobre todo en temporada de estiaje, ya que es la parte de la precipitación que se ha almacenado en la cuenca y que es puesta a disposición en la escorrentía lentamente. Sin embargo, para que esto ocurra necesitamos condiciones que favorezcan su almacenamiento y que están dadas sobre todo por el estado del suelo y la cubierta vegetal.

**Ejemplo:** Uno de los ecosistemas que son conocidos por su importancia en el almacenamiento del agua son los páramos. Debido a sus particulares condiciones de suelo, vegetación, clima, aislamiento y topografía, los páramos son de especial relevancia porque favorecen la precipitación efectiva. Los efectos de este servicio ambiental pueden verse en las ciudades que se abastecen de sus aguas a lo largo del tiempo como Cuenca, Loja, Quito, Ambato, entre otras incluso durante la época de estiaje, es decir, que a pesar de que no tener lluvias las fuentes de agua como ríos mantienen agua corriente.

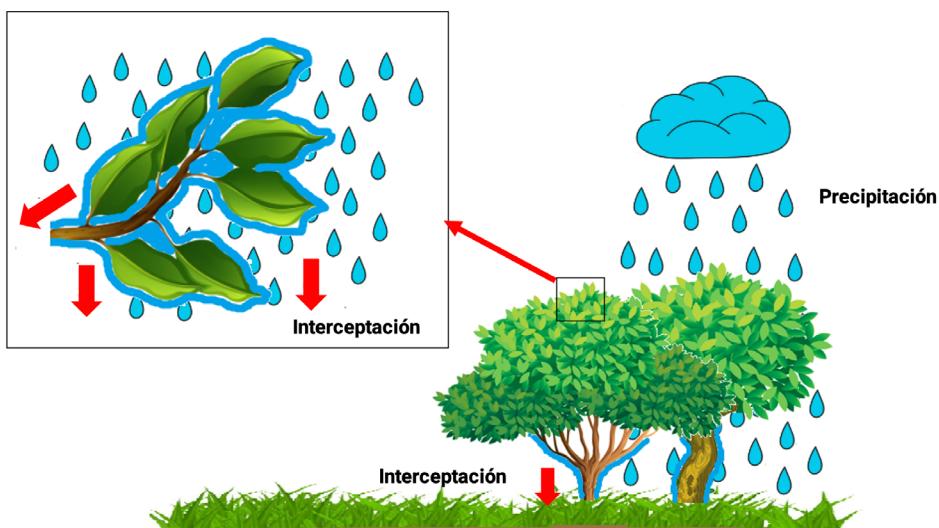


## 2.2.2. Interceptación

El término interceptación o también intercepción, es posiblemente un término nuevo que encontrará al analizar el ciclo hidrológico y que requiere

especial interés de nuestra parte. Hablamos de intercepción cuando el follaje de la vegetación y/o el mantillo del suelo interrumpen el paso del agua lluvia hacia el suelo, es decir esta agua es interceptada, lo cual disminuye o anula la energía cinética de la lluvia (Vásquez et al., 2016). Al suceder esto, es más “fácil” que el agua que llega a la superficie terrestre se evapore hacia la atmósfera, consecuentemente, mientras mayor sea la intercepción, menor será la escorrentía superficial (Muñoz, 2011; Vásquez et al., 2016). Otra parte del agua desciende por el tronco, y otra es absorbida por los tejidos de la planta (Figura 2.3). El agua que no llega al suelo se denomina perdida por intercepción.

**Figura 2.3.**  
*Representación de la interceptación en el follaje.*



**Ejemplo:** Un bosque que cuenta con una densidad importante de la vegetación, debido a que ahí se encuentran diferentes doseles que cuentan con mayor cobertura del follaje y la altura de los individuos, intercepta más agua que un pastizal que carece de estas condiciones.

En función a la precipitación, que se puede medir mediante el uso de un pluviómetro, la intercepción se puede expresar mediante la siguiente ecuación:

$$I = P - (Ac + At)$$

Dónde:

I = Interceptación

Ac = Agua que gotea de las hojas del follaje y logra atravesar el dosel

At = Agua que se escurre por los troncos de las plantas

Las formaciones vegetales que interceptan la mayor cantidad de agua son los bosques y matorrales. De forma general, una formación boscosa intercepta aproximadamente un 25 % del agua lluvia, la misma que se regresa a la atmósfera, mientras el 75 % pasa al suelo. Dependiendo de las condiciones estructurales y de contenido de materia orgánica, el agua que llega al suelo es almacenada o se escurre libremente (Muñoz, 2011).

Es importante entender que las estructuras creadas por el ser humano generan pérdida por intercepción, entre ellas las más relevantes son techos de las viviendas (Araque, 2019), carreteras y áreas cubiertas con concreto como: canchas, aceras, patios, entre otros. Esto ocurre porque el agua que se precipita se queda adherida a estas estructuras dando como resultado una mayor evaporación y escorrentía superficial y el efecto es mucho mayor si consideramos el área que ocupan.



**Ejemplo:** Al existir una infraestructura como una carretera construida con concreto, al producirse la precipitación lo que primero que se impide es la infiltración del agua hacia el suelo, esto ocasiones que se acumule una cantidad importante de agua que parte de ella pasa directamente a formar parte de la escorrentía superficial y otra parte se evaporará hacia la atmósfera. Esto significa una pérdida de almacenamiento de agua en el suelo de la cuenca.



**RECUERDE:** La interceptación del agua de precipitación se da por acción del follaje o mantillo de la cubierta vegetal, pero también por la infraestructura humana. Esta agua en parte es devuelta hacia la atmósfera y otra parte puede llegar al suelo.

La intercepción se ve afectada por factores externos, a más de la propia estructura de la vegetación:

- Tipo de vegetación, edad, densidad de follaje. Ya que, por ejemplo, intercepta más agua un bosque que un pastizal, un bosque en menor estado de sucesión a un bosque en mayor estado; y, un bosque denso que un bosque disperso.
- Duración e intensidad de la lluvia. Debido a que entre mayor es el tiempo y la cantidad de precipitación, menor la interceptación, ya que llega un momento en el que la vegetación queda saturada de agua y el resto escurre al suelo.
- Época del año (vegetación caducifolia). Lo cual se debe a que, en formaciones vegetales caducifolias, al perder en determinada época del año su follaje, se reduce su capacidad de interceptación.



La interceptación puede tener efectos tanto positivos como negativos de cara al almacenamiento de agua en una cuenca. No obstante, lo que debe preocuparnos es cuando favorecemos artificialmente a la interceptación, sobre todo con la infraestructura, ya que esto aporta a una pérdida en el almacenamiento de agua en una cuenca porque se incrementa la evaporación y la escorrentía superficial.

Algo importante de lo cual se debe tomar nota, es que, si bien la interceptación puede dar paso a la evaporación del agua lluvia, con lo que se perdería una parte de esta, también puede ser un proceso que aporta con la captación de agua. Esto ocurre principalmente en zonas con predominancia de niebla donde la interceptación genera lo que se conoce como “precipitación horizontal” o “precipitación oculta”, fenómeno que aporta con agua que luego formará parte de la escorrentía que analizaremos más adelante.



**Ejemplo:** Un ecosistema muy particular que se encuentra presente en las zonas de alta montaña son los bosques de niebla o bosques nublados, que como su nombre sugiere, se caracterizan por encontrarse en lugares donde casi de manera constante se acumula una densa niebla. La vegetación arbórea y arbustiva de estos bosques está cubierta por alta abundancia de musgos, helechos y bromelias que interceptan el agua en forma de vapor y la condensan dando paso a un importante aporte para el almacenamiento y formación de escorrentía.

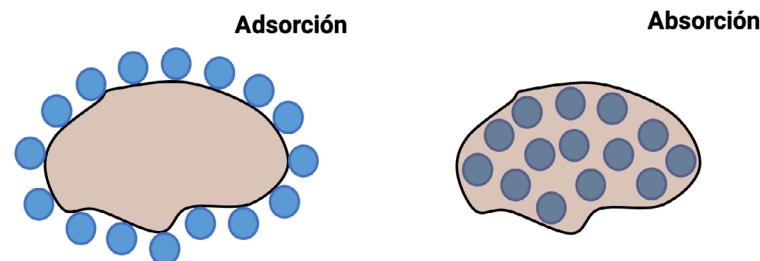
### 2.2.3. Infiltración

La infiltración es un proceso en el que el agua de un evento de precipitación atraviesa el suelo debido a la fuerza de la gravedad. Está directamente relacionada con el tipo de suelo y su porosidad (Araque et al., 2019) y depende de la duración y frecuencia de la lluvia (Muñoz, 2011). La entrada del agua al suelo se denomina infiltración y el movimiento del agua dentro del suelo se denomina **percolación** (Araque et al., 2019)

Los factores que más influyen en la infiltración son: cobertura vegetal, intensidad de la precipitación, humedad inicial del suelo, tipo de suelo (porosidad, textura y estructura) y pendiente de la cuenca (Araque et al., 2019).

Al infiltrarse el agua en el suelo ocurren dos procesos, la **adsorción** y la **absorción**. Aunque son términos que describen fenómenos muy parecidos, no son iguales. La adsorción ocurre cuando las moléculas de agua se absorben a las partículas del suelo, es decir se adhieren únicamente a la superficie de estas sin llegar a ocupar toda su estructura. La absorción ocurre cuando partículas de suelo absorben el agua, es decir esta última ha ocupado toda la estructura del suelo. Esto se puede apreciar mejor en la siguiente figura donde se representa una pequeña partícula del suelo y las moléculas del agua.

**Figura 2.4.**  
*Representación de la adsorción y la absorción.*



El tamaño de las partículas es importante en estos procesos, ya que su superficie (que es directamente proporcional a su tamaño), pasa a ser un factor muy importante en la capacidad de almacenamiento del agua en un suelo. Recuerde de sus conocimientos sobre el suelo, que el tamaño de las partículas de arena se encuentra entre 2 a 0,05 mm, las de limo entre 0,05 y 0,002; y las de arcilla menores a 0,002 mm (FAO, 2022).

Esta es la razón de la importancia de tener un suelo con mayor número de partículas y de gran tamaño de superficie, lo cual está directamente relacionado con la textura y a la cantidad de materia orgánica. Dicho de otra manera, se requiere que el mismo volumen unitario de suelo tenga el mayor número de partículas (Muñoz, 2011). En el siguiente ejemplo se explica de manera ampliada esta relación.

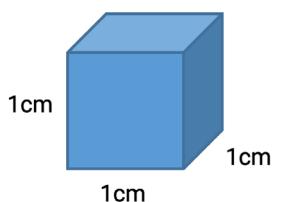


**Ejemplo:** Un cubo de 1 cm de lado tiene una superficie de  $6 \text{ cm}^2$  en sus seis caras y un volumen de  $1 \text{ cm}^3$ . Si al cubo se lo parte en dos porciones iguales, tendrán  $8 \text{ cm}^2$  de superficie en sus 12 caras, un volumen individual de  $0,5 \text{ cm}^3$  y sumados entre ellos un volumen de  $1 \text{ cm}^3$ . Si se continúa la subdivisión hasta tener cubos de 0,001 mm de dimensión por cada lado (casi el tamaño de las partículas de arcilla fina), el área total de las caras de todos ahora es de  $60000 \text{ cm}^2$  y si sumamos el volumen de todos esos pequeños cubos, sigue siendo de  $1 \text{ cm}^3$ . Por lo tanto, el volumen no se ha incrementado, pero si la superficie.

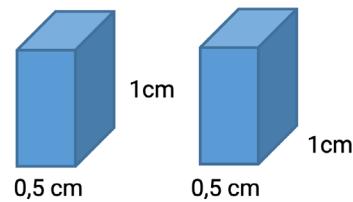
Es por ello que el incremento de la superficie, que a su vez proporciona un mayor espacio para la adsorción, aumenta la cantidad de agua que puede ser adsorbida con cualquiera que sea el valor de la fuerza de adsorción (Muñoz, 2011).

## Figura 2.5.

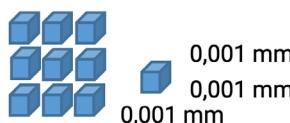
Representación de la relación entre superficie y volumen de las partículas del suelo



$$\begin{aligned}\text{Superficie} &= 6 \text{ cm}^2 \\ \text{Volumen} &= 1 \text{ cm}^3\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\text{Superficie} &= 8 \text{ cm}^2 \\ \text{Volumen} &= 1 \text{ cm}^3\end{aligned}$$



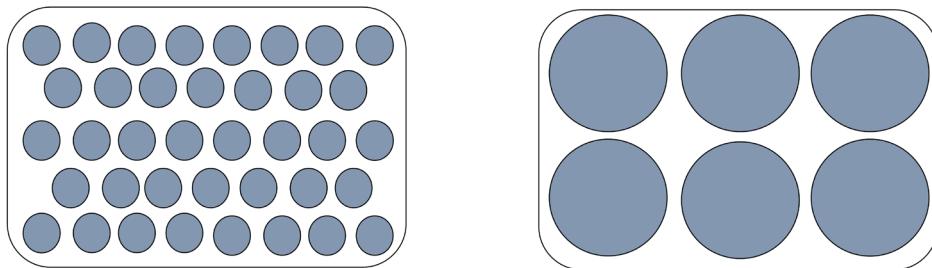
$$\begin{aligned}\text{Superficie} &= 60000 \text{ cm}^2 \\ \text{Volumen} &= 1 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

En definitiva, si tenemos partículas de suelo de gran tamaño (imagine una roca del tamaño de una pelota de fútbol), su superficie es mucho menor que la superficie de muchas partículas pequeñas (imagine partículas del tamaño de una pelota de ping-pong) que juntas ocuparían el mismo volumen que la pelota de fútbol. Eso sin considerar que en realidad la superficie de las partículas del suelo no es lisa, lo que incrementa su superficie.

Para aumentar la capacidad de retener agua en el suelo, nos interesa que este tenga una estructura que contenga mayor superficie. Esto se logrará si las partículas son en gran cantidad y de gran tamaño de superficie (no tamaño en volumen). Algo similar a lo que vemos en la figura 2.6. Esto hasta llegar a superar la **capacidad de campo**, es decir el punto en el que el agua humedece por completo el suelo.

### Figura 2.6.

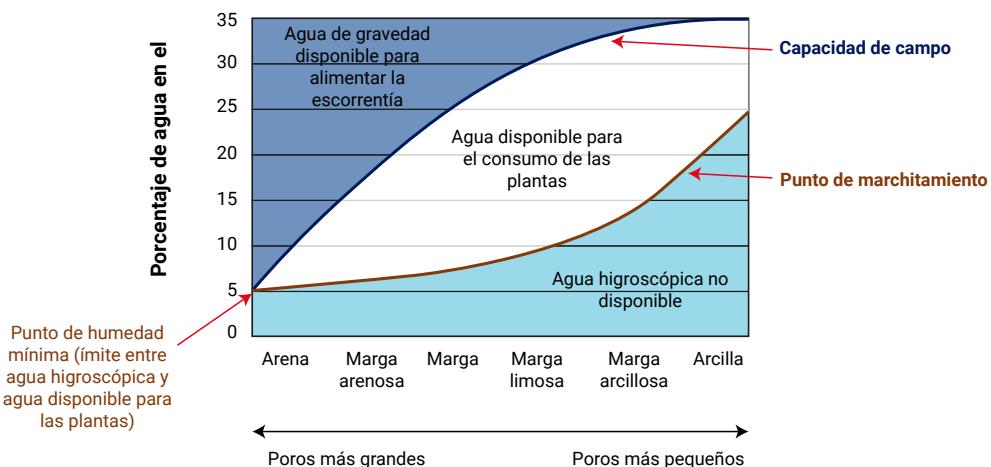
*Representación del tamaño de las partículas del suelo y la relación con su superficie.*



Por esta razón, la estructura del suelo juega un papel muy importante en el almacenamiento y movimiento (filtración) del agua. Si hay poca agua disponible, está solo quedará como agua higroscópica, es decir, una fracción por debajo del punto de marchitamiento que se queda adherida a las partículas del suelo y que no es disponible ni para las plantas, ni para la escorrentía. El agua que sobrepasa el punto de marchitamiento será el agua que está disponible para el consumo de las plantas y finalmente el agua que sobrepasa la capacidad de campo, es decir el agua absorbida por el suelo, será el agua de gravedad que aporta a la infiltración. Esto se puede visualizar claramente en la representación en la Figura 2.7.

**Figura 2.7.**

Representación del almacenamiento y movimiento del agua para diferentes texturas del suelo desde arena hasta arcilla.

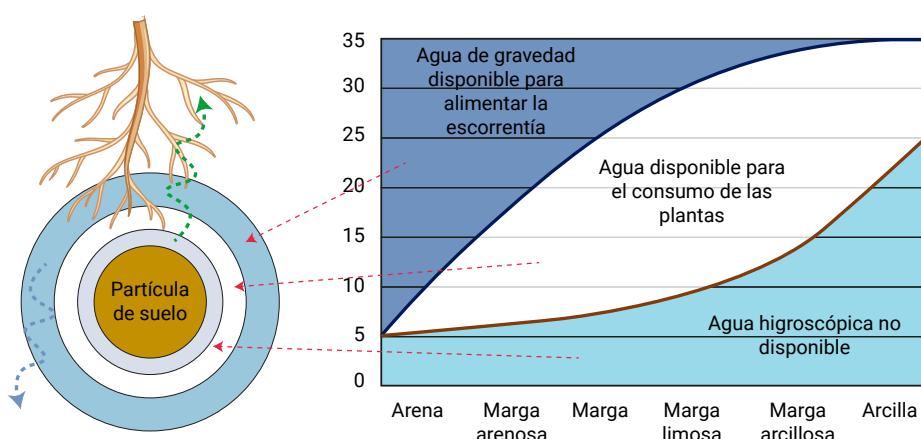


Fuente. The COMET Program, 2022

Si pudiéramos ver este proceso a nivel de las partículas y raíces, tendríamos algo similar a lo que se representa en la Figura 2.8. Nótese que alrededor de la partícula del suelo se ha representado en una especie de películas la forma como se adhiere o absorbe el agua, estando en las partes más internas el agua higroscópica y en las más externas el agua de gravedad. La flecha verde se refiere al agua disponible para el consumo por las plantas y la azul al agua de gravedad que alimenta la escorrentía.

**Figura 2.8.**

Representación del almacenamiento y movimiento del agua respecto a una partícula del suelo.



## 2.2.4. Escorrentía

La escorrentía se forma por el agua de precipitación, más el agua de percolación e infiltración que sale hacia los cauces, tiempo después de que la precipitación ha terminado y el agua de fondo o agua freática, que se encuentra en la profundidad y aflora durante la sequía (Muñoz, 2011).

La escorrentía se define como el agua procedente de la precipitación que llega a alimentar a las corrientes superficiales de una cuenca (Araque et al., 2019). Es el proceso hidrológico final de una serie de procesos y almacenajes temporales a la que está sujeta el agua en una cuenca hidrográfica (Aguirre, 2007).

Un aspecto que está relacionado con la escorrentía es el denominado **caudal de estiaje** que está constituido por el agua de fondo o freática (Muñoz, 2011). El caudal de estiaje depende de la infiltración y percolación hacia las capas freáticas. Puede formar parte de la escorrentía y ser afectado si no existe recarga en las cuencas hidrográficas.



**RECUERDE:** Podemos definir a la escorrentía en términos sencillos, como el agua que fluye sobre el suelo, en las corrientes y en los ríos de una cuenca hidrográfica.

Existen diferentes tipos de escorrentía dependiendo el nivel de profundidad con la que circulan en el suelo, por ejemplo: **escorrentía superficial, subsuperficial (hipodérmica) y subterránea** (Araque et al., 2019). Le invitamos a revisar el siguiente recurso educativo donde encontrará una ampliación de sus características que han sido recopiladas por Muñoz (2011) y Araque et al. (2019).

### Tipos de escorrentía

¿Qué opina sobre los diferentes tipos de escorrentía? ¿Se ha encontrado en algún momento algún tipo de los que se han mostrado? Le invitamos a analizar el entorno de las cuencas hidrográficas cercanas a su lugar de residencia e intentar clasificar a las corrientes conforme a estos tipos de escorrentía.

La formación de escorrentía depende de cuatro factores: (1) propiedades físicas del suelo, (2) uso y manejo del suelo, (3) cubierta vegetal y (4) intensidad y duración de lluvia. Generalmente, se estima que el 50 % de la

precipitación forma parte de la escorrentía; sin embargo, este valor varía de acuerdo a los siguientes factores: cubierta vegetal, pendiente, suelos, permeabilidad, contenido inicial de humedad y geología (Muñoz, 2011).

Un aspecto que guarda mucha relevancia y que está relacionado con la escorrentía es el denominado “**tiempo de concentración**”, definido como el tiempo que demora el viaje de una gota de agua desde la parte más alejada de la cuenca hidrográfica hasta el sitio de medida de caudal o punto de aforo (Araque, et al., 2019). Este parámetro nos da una idea de la velocidad de la escorrentía que se produce en una cuenca y cambia en función de la alteración del suelo y/o la vegetación.

**Ejemplo:** En la parte alta de una cuenca que ha sufrido alteración de la cubierta vegetal y por ende del suelo, si se produce precipitación en alta cantidad y en un periodo de tiempo corto, es posible que ocurra un proceso erosivo y baja o nula infiltración. Si consideramos que esto alimenta a la escorrentía, el tiempo de concentración podría ser corto, es decir que desde que se produce la precipitación en la parte alta, hasta que llegue a la parte baja pasará muy poco tiempo, algo que podría incluso significar un riesgo natural.



## Actividades de aprendizaje recomendadas

Estimados estudiantes, las actividades propuestas a continuación no son evaluadas y no debe entregarlas al docente. Estas le permitirán verificar sus avances y reforzar los conocimientos en la unidad correspondiente. Se sugiere tomar nota del aprendizaje logrado con ellas.

### Actividad 1: Revisión de recursos en línea

Revise el artículo [Alteración del ciclo hidrológico en la parte baja de la cuenca del río Lerna en México](#). Analice los efectos que pueden ocurrir en una cuenca hidrográfica por la alteración del ciclo hidrológico debido a la intervención humana.

Una vez que haya analizado este caso del artículo, reflexione sobre si esto puede ocurrir en las cuencas hidrográficas de nuestro país y qué medidas se podrían implementar para evitarlo.

## Actividad 2: Revisión de vídeo

Revise los videos de dos casos en Perú y en Chile sobre el [aprovechamiento del agua de la niebla](#) que se denominan [los atrapanieblas](#) que sería una interceptación artificial semejante a la interceptación de los bosques. Analice la importancia que tiene la vegetación para cumplir con este proceso de manera natural.

Ahora que ha revisado este video seguro que comprende cómo funciona la interceptación y la condensación.



Semana 4

En esta semana continuaremos analizando el ciclo hidrológico que ocurre en las cuencas hidrográficas, completamos nuestro estudio abordando los procesos de evaporación y transpiración (que en su conjunto se denomina evapotranspiración) y finalmente la condensación.

### 2.2.5. Evaporación y transpiración

Si bien en la bibliografía que aborda el ciclo hidrológico se trata a la evaporación y a la transpiración como procesos por separado, se ha creído conveniente enlazarlos para su mejor comprensión porque se trata de pérdidas de agua o salidas de agua del sistema cuenca, tal como se representan en la Figura 2.9.

**Figura 2.9.**

*Representación de la evaporación y transpiración.*



La evaporación es el proceso por el cual las moléculas del agua en la superficie líquida o en la humedad del suelo, adquieren energía suficiente (a través de la radiación solar y otros factores climáticos) para pasar del estado líquido al de vapor (Araque et al., 2019). Mediante la evaporación el agua de los océanos y de la tierra se convierte en vapor de agua y penetra en la atmósfera en forma de gas (Vásquez et al., 2016). No obstante, también se produce evaporación desde el follaje de la vegetación o de las superficies sólidas como rocas o incluso de la infraestructura humana como la que se encuentra en las ciudades, vías, etc.

La tasa de evaporación se incrementa con la temperatura, la intensidad de la radiación solar, la velocidad del viento, el tipo de vegetación y la humedad y textura del suelo. Se reduce a medida que aumenta la humedad del área (Henao, 1998; Muñoz, 2011).

Existen diferentes tipos de evaporación en la naturaleza (Araque et al., 2019):

- **De aguas superficiales:** este es el factor más representativo, puesto que incluye la evaporación de los océanos, así como la de los ríos y lagos.
- **Del suelo:** la humedad del suelo evapora dependiendo de la humedad del aire, la temperatura y el tipo de suelo.
- **Por intercepción:** es la evaporación derivada de las superficies húmedas luego de un evento de precipitación, por ejemplo, hojas de la vegetación y estructuras como techos y carreteras.
- **Por nieve y hielo:** es la evaporación que ocurre en lugares nevados.

Por su parte, la transpiración es el proceso de pérdida de agua de las plantas a través de los estomas, esto es el agua que en la planta circula desde la raíz hasta el follaje y que le sirve para mantener su temperatura y trasladar los fluidos. La intensidad de transpiración es mayor durante el día, del 75 % al 90 %, mientras que la diferencia se da en la noche. Esto explica por qué los cauces que tienen en su alrededor vegetación disminuyen en el día y se incrementan por la noche (Muñoz, 2011).

Los factores que influyen en el proceso de transpiración son: temperatura, radiación solar, tensión de vapor, contenido de humedad del suelo, especie de planta y su tipo de follaje (Muñoz, 2011). Tome en cuenta que la

transpiración depende también del agua almacenada en el suelo y este a su vez de la capacidad de campo, por tanto, existe una cantidad de agua que puede ser aprovechada por las plantas y otra cantidad que no.



**RECUERDE:** La evaporación y la transpiración son procesos de pérdidas de agua de diferentes superficies y desde el follaje hacia la atmósfera volviendo al estado de vapor.

La evaporación y la transpiración también son procesos del ciclo hidrológico susceptibles de ser alterados por acción humana, principalmente por lo que se conoce como cambio de uso del suelo, cuando se ve afectada la cubierta vegetal y el estado del suelo.



**Ejemplo:** Un suelo que ha pasado de tener cobertura vegetal a ser parte de infraestructura de viviendas, incrementa las posibilidades de una mayor evaporación, sin contar que impide la infiltración del agua.

## 2.2.6. Evapotranspiración

En este punto es necesario que ponga mucha atención, pues analizaremos un elemento del ciclo del agua que depende mucho de las plantas o cubierta vegetal en general.

Según Muñoz (2011), la evapotranspiración es la pérdida de agua consumida por la planta a través de la evaporación y la transpiración. Algunos autores la consideran como un tipo de evaporación indirecta debido a que al final el agua de un modo u otro llega a un estado de vapor (Figura 2.10).

La evapotranspiración es mayor en suelos con nivel freático alto, los márgenes de los ríos, lagos, pantanos y mar. Los factores que determinan la evapotranspiración son los relativos a la evaporación, tipo de planta, más la topografía que indica de alguna manera la profundidad de la capa freática (Muñoz, 2011).

**Figura 2.10.**

Representación de la evapotranspiración.



El principal aspecto que afecta a la evapotranspiración son los cambios en la cubierta vegetal. La eliminación de vegetación se encuentra asociada a la disminución de las pérdidas de evapotranspiración, por lo tanto, un incremento en el caudal es esperado.

**Ejemplo:** En un bosque luego de producirse la precipitación, el agua que la vegetación intercepta es evaporada por acción solar o eólica y parte del agua que llega al suelo es consumida por las plantas en sus funciones metabólicas, es decir se transpira o se evapora indirectamente hacia la atmósfera. Toda esta agua correspondería a la evapotranspiración.



Si se llega a talar este bosque, en principio esta área produce mayor agua (unas 7 veces más), debido a que no hay interceptación, evaporación y transpiración desde las plantas ni tampoco facilidad para la infiltración, ya que se limita la acción radicular. Sin vegetación no hay almacenaje y el agua “supuestamente incrementada” se pierde inmediatamente terminada la lluvia y la cuenca se seca porque el agua pasa directamente a la escorrentía superficial (Muñoz, 2011).

 **RECUERDE:** Aunque los cambios o alteraciones que se producen en cualquier fase del ciclo hidrológico no produzcan cambios o efectos inmediatos, las afectaciones a la cuenca hidrográfica podría evidenciarse a largo plazo, generando sobre todo potenciales riesgos de desabastecimiento de agua o riesgos naturales, por ejemplo, caudales extremos o sequías.

## 2.2.7. Condensación

La condensación es el proceso por el cual algunas partículas de agua aumentan de tamaño por la adherencia directa de partículas de vapor de agua que las rodean o indirectamente de gotas vecinas en curso de evaporación (Muñoz, 2011). Aunque este elemento del ciclo no suele abordarse en los textos que abordan el ciclo hidrológico en cuencas hidrográficas, es necesario que lo incluyamos ya que es uno de los elementos más valiosos en una cuenca. Tenga en cuenta que la cubierta vegetal, interviene también en él.

El vapor de agua se enfriá a medida que se eleva, condensándose en gotitas de agua para formar las nubes. Las precipitaciones caen de las nubes y el agua vuelve a la tierra, continuando así el ciclo hidrológico. Casi toda el agua de la tierra ha pasado por este ciclo infinitas veces. Muy poca cantidad de agua se ha creado o perdido en los últimos millones de años.

La condensación suele darse en ocasiones, ayudada por la cubierta vegetal, que claro, dependerá de las condiciones climáticas de un determinado lugar. Sin embargo, este podría ser el inicio de la interceptación y por ende la formación de escorrentía. Es muy común que esto suceda en los denominados bosques nublados y de ahí su importancia hídrica para el sostenimiento de las actividades humanas.



### Actividades de aprendizaje recomendadas

Estimados estudiantes, las actividades propuestas a continuación no son evaluadas y no debe entregarlas al docente. Estas le permitirán verificar sus avances y reforzar los conocimientos en la unidad correspondiente. Se sugiere tomar nota del aprendizaje logrado con ellas.

## **Actividad 1: Revisión de recursos en línea**

Revise este interesante blog donde se trata sobre [los impactos de la urbanización en el ciclo del agua](#). Analice las consecuencias de estos impactos y extraiga las ideas que le resulten más interesantes.

Una vez que haya analizado esta lectura, analice en qué medida la ciudad en donde vive ha generado impactos similares y reflexione sobre algunas formas de evitarlos o reducirlos.

## **Actividad 2: Análisis situacional**

Con base en el ciclo hidrológico, determine qué condiciones se deben mantener en la principal cuenca que abastece de agua a la ciudad donde vive, para asegurar un suministro constante de agua.

Este análisis le permitirá aplicar los conocimientos hasta ahora adquiridos para identificar la principal problemática que afecta al ciclo hidrológico en la cuenca y determinar qué fase o componente de la cuenca requiere mayor atención.

Bien, una vez comprendido el ciclo hidrológico aplicado al funcionamiento en las cuencas hidrográficas, avancemos a la siguiente unidad que se vuelve cada vez más compleja pero interesante.

## **Actividad 3:**

Le invito a comprobar lo aprendido, desarrollando la siguiente evaluación.



## Autoevaluación 2

Escoja la opción correcta.

1. El ciclo hidrológico se caracteriza por ser un fenómeno:
  - a. Abierto, es decir, que tiene un inicio y un fin.
  - b. Discontinuo porque inicia en la evaporación y termina en la precipitación.
  - c. Continuo, porque no tiene inicio ni fin.
2. La precipitación es el resultado del depósito de agua proveniente de:
  - a. El agua en sus diferentes formas como lluvia, nieve, granizo o niebla.
  - b. La lluvia, es decir, agua que se encuentra en estado líquido.
  - c. La condensación del agua de niebla únicamente.
3. ¿La neblina es siempre considerada como parte de la precipitación?
  - a. Sí. Siempre es considerada así.
  - b. No. Depende de la ubicación de la neblina.
  - c. No siempre, a veces es considerada como forma de condensación.
4. La lluvia se divide en tres porciones:
  - a. La que escurre por la superficie, la que se infiltra y la que se evapora.
  - b. Las gotas, la niebla y los copos de nieve.
  - c. La directa, la semi directa y la indirecta.
5. En la interceptación interviene:
  - a. El follaje de la vegetación solamente.
  - b. La infraestructura humana.
  - c. El follaje y la infraestructura humana.

6. ¿La interceptación se ve afectada por el tipo de vegetación?
  - a. No. Porque no es un proceso donde esta intervenga.
  - b. Sí. Porque depende de la vegetación, el tipo, edad y densidad.
  - c. No. Porque el tipo de vegetación es igual en todas las cuencas.
7. La escorrentía se forma por:
  - a. La evaporación del agua de los cauces.
  - b. La evapotranspiración de la vegetación.
  - c. El agua externa y el agua de percolación e infiltración.
8. Los tipos de escorrentía son:
  - a. Alta, media y baja.
  - b. Grande, mediana y pequeña.
  - c. Superficial, subsuperficial y subterránea.
9. La evaporación y la transpiración son:
  - a. Los mismos procesos o fases que ocurren en el ciclo hidrológico.
  - b. Procesos diferentes pero relacionados entre sí.
  - c. Procesos que no guardan relación con el ciclo hidrológico.
10. La intensidad de transpiración:
  - a. Se reduce en el día y se incrementa en la noche.
  - b. Se incrementa en el día y se reduce en la noche.
  - c. Se mantiene independientemente de la hora.

[Ir al solucionario](#)

Hemos finalizado la Unidad 2. Al llegar a este punto, usted conoce los procesos del ciclo hidrológico que son de mucha importancia para la funcionalidad hidrológica de una cuenca hidrográfica. Con ello, responda a las siguientes preguntas en su cuaderno de la materia.

*¿Cuál es la importancia del ciclo hidrológico para la provisión de agua en condiciones de calidad y cantidad para el ser humano?*

*¿Cuál es el papel que desempeña principalmente la cubierta vegetal en el ciclo hidrológico?*

Si aún no puede responder a estas preguntas, será necesario que retroalimenta su aprendizaje revisando nuevamente los contenidos de la unidad. Si considera que ha respondido correctamente, está listo para enlazar lo que ha aprendido con los contenidos de la siguiente unidad. Continúe con el mismo ánimo.



## Semana 5

---

Bienvenidos a la semana 5. Es momento de iniciar con el estudio de una nueva unidad que guarda relación con el rol de la cobertura vegetal en el suelo de la cuenca. Aquí encontrará importante información que le permitirá comprender mejor el funcionamiento integral de una cuenca hidrográfica.

### **Unidad 3. Función hidrológica de la cubierta vegetal en suelo de la cuenca**

---

Bienvenidos a la tercera unidad de la asignatura, donde abordaremos un aspecto fundamental en el manejo de las cuencas hidrográficas: la función hidrológica que cumple la cubierta vegetal sobre el suelo de la cuenca. Antes de iniciar esta unidad, es necesario que haya comprendido los procesos y etapas del ciclo hidrológico, pues existe una estrecha relación entre estos y la función hidrológica de la cubierta vegetal.

#### **3.1. Significado hidrológico del suelo en cuencas hidrográficas.**

Empecemos aclarando que el agua se almacena en el suelo de la cuenca hidrográfica. Posiblemente, esto difiere de lo que ha escuchado respecto

a que el agua se almacena en la vegetación; aunque, si bien es cierto esta última aporta con el proceso, debemos enfatizar que realmente el suelo es el que cumple el principal rol en el almacenamiento del agua debido a la absorción que ocurre gracias a su estructura, porosidad y presencia de materia orgánica.

En el manejo de cuencas hidrográficas se define al suelo como la porción de material rocoso que está expuesta a cambios atmosféricos (de la humedad especialmente), en las distintas épocas del año y está ocupado, o tiene capacidad para serlo, por las raíces (Muñoz, 2011). Por esta razón, el suelo puede ser también considerado como depósito o almácén de agua.



El enfoque del análisis del suelo y su funcionalidad puede tener diferentes connotaciones cuando se lo analiza desde el punto de vista. Mientras que, por ejemplo, para la agronomía, interesa sobre todo su capacidad para el crecimiento de las plantas., para el manejo de cuencas es la porción de material rocoso capaz de almacenar agua.

Aquí haremos hincapié en algunos aspectos muy importantes como, por ejemplo, el hecho de que las plantas aportan al suelo materia orgánica de diferentes formas, ya sea mediante su acción radicular o por la contribución de nutrientes almacenados en su biomasa.

Si analizamos cómo se da este proceso, nos damos cuenta de que es casi indispensable la existencia de cubierta vegetal. La vegetación aporta con materia orgánica tanto de manera superficial (caída de hojarasca, ramas y muerte de las plantas), como de manera subterránea (la muerte de las plantas deja dentro del suelo gran cantidad de biomasa de las raíces). Veamos brevemente cómo funciona esto en el siguiente ejemplo.



**Ejemplo:** Una planta al cumplir sus funciones metabólicas toma nutrientes en forma mineral del suelo. Una parte de los nutrientes entra en el proceso fotosintético (en donde se requiere CO<sub>2</sub>, agua y luz) y hace que la energía lumínica se transforme en energía química produciendo lo que conocemos como biomasa (hojas, ramas, frutos, flores, raíces, etc.). Al término de su ciclo vital la biomasa cae al suelo, donde intervienen los organismos descomponedores y finalmente queda disponible la materia orgánica para otro proceso. Esta materia orgánica es mucho más “digerible” por otros organismos (diferente a lo que

ocurriría con los nutrientes en estado mineral), lo que facilita el funcionamiento ecológico del ecosistema.

Por otro lado, esta materia orgánica al mezclarse con las partículas de suelo, lo vuelve más poroso facilitando la retención de agua. Esto explica por qué los suelos con mayor cantidad de materia orgánica son más húmedos y por ende más productivos. En el siguiente recurso educativo usted podrá encontrar una explicación ampliada de la relación materia orgánica - almacenamiento del agua.

### [\*\*Proceso de aporte de materia orgánica al suelo por la actividad de la cubierta vegetal\*\*](#)

Esperamos que con esta explicación quede clara esta relación. Como ya habíamos indicado en unidades anteriores, la cubierta vegetal cumple un papel indispensable en el almacenamiento de agua en el suelo de las cuencas hidrográficas, esto es porque interviene y favorece en la regulación y abastecimiento hídrico gracias a estos procesos que acaba de aprender.

Ahora que ha comprendido este tema, recuerde que la estructura del suelo a nivel de las partículas que lo conforman, afecta a dos condiciones importantes para la formación de la escorrentía: el almacenamiento real y el almacenamiento temporal, procesos que explicaremos más adelante.

**RECUERDE:** Cuando analizamos el ciclo hidrológico vimos las distintas formas en que la precipitación en la superficie terrestre se convierte en escorrentía, ya sea por infiltración, percolación, escorrentía subterránea, subsuperficial o superficial. Estos procesos son el resultado del almacenamiento temporal del agua en el suelo de la cuenca.



#### **3.1.1. Almacenamiento real y almacenamiento temporal**

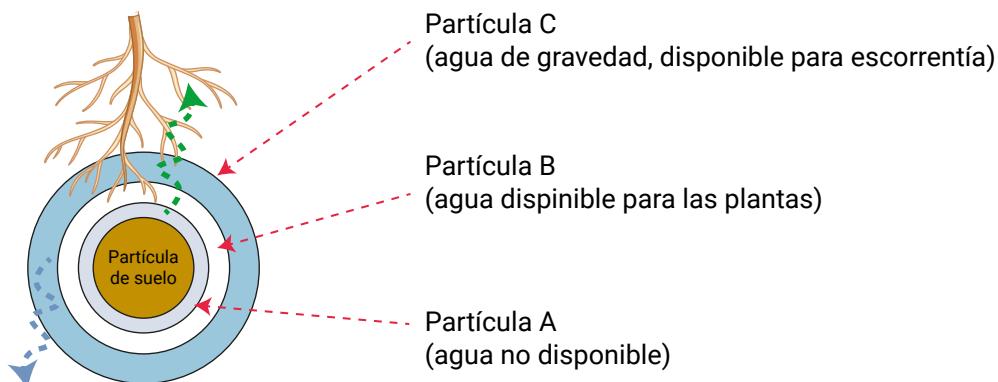
En este punto, es necesario que aprenda cómo actúan las fuerzas de gravedad y de adhesión en el almacenamiento del agua. Cuando analizamos la infiltración habíamos indicado que esta se absorbe o absorbe a las partículas del suelo según la estructura de la que forma parte y de la cantidad de agua disponible. Para ello habíamos representado a una partícula de suelo rodeada de una especie de películas (Figura 3.1.) en donde el punto de marchitamiento y la capacidad de campo tienen

especial relevancia. Pues bien, partamos desde ahí para lo que veremos a continuación.

Debemos aclarar que para que una planta pueda aprovechar o extraer el agua que se adhiere a las partículas del suelo, sus raíces generan una fuerza de tensión entre  $0,4 \text{ kg/cm}^2$  (que es la tensión del suelo) y  $16,32 \text{ kg/cm}^2$ , es decir el valor del punto de marchitamiento (aprox. 15.8 atm, que es la tensión máxima que pueden lograr). Este punto se llama así justamente porque por encima de ese valor las raíces no pueden extraer esa parte del agua y las plantas se marchitan. El agua que se encuentra por debajo de la tensión del suelo es la que se infiltra pues está por encima de la capacidad de campo.

**Figura 3.1.**

*Representación de películas de humedad alrededor de una partícula de suelo.*



Según lo que vemos en la figura anterior (de adentro hacia afuera), la película A no está disponible para el consumo de las plantas, diferente a la película B que, si lo está, mientras que la película C es el agua que formará parte de la escorrentía. Las películas A y B forman parte de lo que se denomina como **almacenamiento real** y la película C forma lo que se denomina como **almacenamiento temporal**. Si bien los términos pueden causar confusión, se recomienda familiarizarse con ellos a través de las siguientes secciones.

#### a. Almacenamiento real

Según Muñoz (2011), el almacenamiento real está constituido por el agua que se infiltra y que luego es retenida por los coloides del suelo debido a

que la fuerza adhesiva entre el agua y la partícula de suelo es mayor que la fuerza de gravedad.

Esto ocurre porque el almacenamiento capilar o de retención, que es el agua retenida por los microporos del suelo y que a su vez es el agua que contienen las partículas de suelo contra la fuerza de gravedad, se mueve, pero tan lentamente que para fines prácticos es considerada agua de acumulación (película A). Esta agua, más el agua de almacenamiento de retención (película B) no es utilizada por la corriente de base (para formar escorrentía) (Muñoz, 2011). Es decir, se queda en el suelo, pero no forma parte de la escorrentía.

#### **b. Almacenamiento temporal**

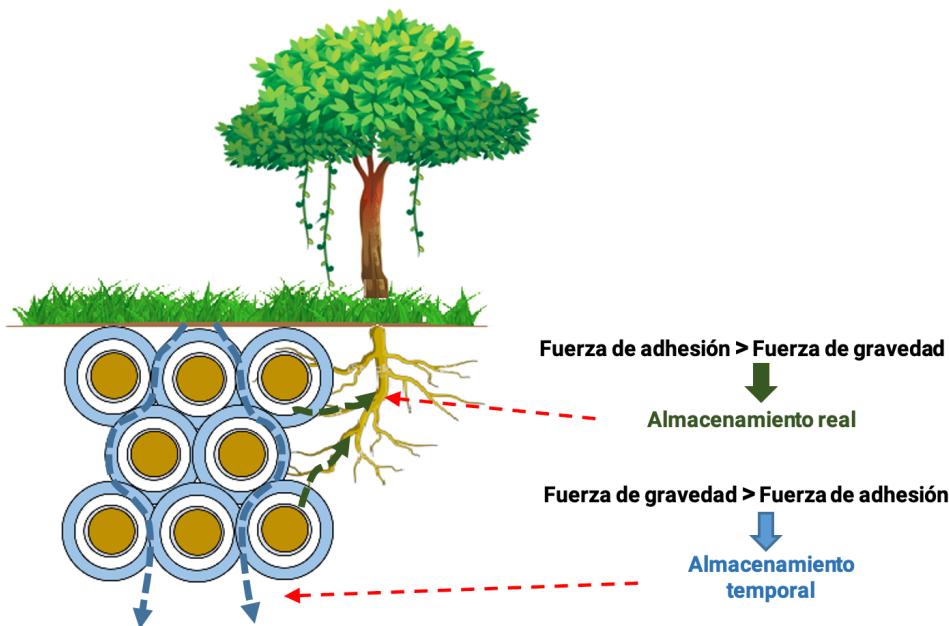
El almacenamiento temporal es el agua que se infiltra, pero no es retenida por los coloides del suelo. Esta agua circula por los macroporos y constituye el agua de fondo y no es aprovechable por la planta, debido a que la fuerza de adhesividad es igual o menor que la fuerza de gravedad (Muñoz, 2011). Es decir, es el agua que supera al almacenamiento real y llega a formar parte de la escorrentía.

Este tipo de almacenamiento se debe a que los macroporos o poros no capilares proporcionan otra clase de almacenamiento y el agua se mueve hacia abajo por la fuerza de gravedad a través de poros de diámetro superior a 0,05 mm. Como esta agua es retenida temporalmente se la denomina agua de almacenamiento o de retención temporal (película C). Esta sí es agua aprovechable por las corrientes y muy poca por las plantas, antes de que se escurra gravitacionalmente (Muñoz, 2011).

En la figura siguiente se ha realizado una representación de estos movimientos y de cómo actúan las fuerzas de adhesión y de gravedad. Analice cada caso e interiorice la lógica de este proceso.

**Figura 3.2.**

*Fuerzas de adhesión y de gravedad en el almacenamiento temporal y real.*



Finalmente, considere que la escorrentía generada por el almacenamiento temporal se relaciona con el desagüe básico, que es muy importante para la formación de un caudal. Este desagüe está formado por el agua subterránea que aporta de caudal en época de estiaje. Es decir, el agua que se infiltra se mantiene en movimiento lentamente y cuando no hay precipitaciones aporta al caudal con el agua que fue almacenada temporalmente.

Esto difiere del desagüe directo que es el formado por el agua de escorrentía superficial y subsuperficial y es el causante de avalanchas, avenidas (crecidas) o inundaciones (Muñoz, 2011).



Tome Nota: El almacenamiento real es cuando el agua es retenida en el suelo para ser aprovechada por la vegetación. El almacenamiento temporal es el agua que se “escurre” y que forma a la larga escorrentía.



**Ejemplo:** Uno de los mejores ejemplos de suelos que aportan mayormente al almacenamiento temporal son los que se encuentran en los ecosistemas de páramos. La estructura y composición de estos suelos hace que se comporten como verdaderas esponjas naturales, almacenando temporalmente el agua durante las precipitaciones y liberándola paulatinamente en época seca o de estiaje. Esta es la razón por la cual los ríos que se originan en estos lugares son perennes y altamente prioritarios para la conservación de este valioso recurso.

### 3.2. Función hidrológica de la cubierta vegetal en el suelo de las cuencas hidrográficas.

Ya hemos venido indicando de forma indirecta que el papel de la vegetación es determinante en la producción y almacenamiento de agua, así como en la protección física del suelo. Ahora lo vamos a desarrollar de mayor forma. En el manejo de cuencas la función hidrológica que cumple la cobertura vegetal con el suelo, se conoce como la “condición hidrológica del bosque”.

La condición hidrológica del bosque no es más que la presencia de vegetación que protege al suelo; y se traduce en la dependencia de las condiciones idóneas de nutrientes y mineralogía del mismo (Henao, 1998).

Le invitamos a revisar el recurso educativo a continuación, donde encontrará las principales funciones que cumple la cobertura vegetal según Vásquez et al. (2016).

#### [Principales funciones de la cubierta vegetal en el suelo de la cuenca](#)

¿Qué opinan de estas funciones?, es posible que tenga en mente alguna otra que se pueda sumar a esta lista? Intente analizar si estas funciones se cumplen en la vegetación de las cuencas de su ciudad.

Cuando la vegetación se altera por cualquier motivo, ya sean por acciones naturales o provocadas por el ser humano, se afectan a estas funciones. Revise en la siguiente tabla algunas particularidades que diferencian a la función hidrológica de un suelo cubierto por pasto respecto a otro cubierto por bosque nativo.

**Tabla 3.1.**

*Comparación de dos diferentes tipos de cubierta vegetal y su función hidrológica.*

Aspecto	Suelo cubierto por pasto	Suelo cubierto por bosque nativo
Evaporación	Se incrementa la evaporación por acción del viento y del sol, ya que aquí solo se cuenta con un estrato (herbáceo).	Disminuye la evaporación, puesto que al existir diferentes estratos (herbáceo, arbóreo y arbustivo) la radiación solar y la acción del viento es menor.
Evapotranspiración	La evapotranspiración es menor que un suelo cubierto por bosque, debido al tamaño de la vegetación y no se compensa con el almacenamiento de agua en el suelo.	La evapotranspiración es mayor que un suelo cubierto por pastos, debido al tamaño y cantidad de vegetación y se compensa con el almacenamiento o incluso es mayor.
Infiltración y almacenamiento	Se reduce la profundidad de infiltración y almacenamiento de agua generando una acumulación subsuperficial.	La profundidad de infiltración y almacenamiento es mayor generando almacenamiento superficial y subsuperficial y además favorece al almacenamiento subterráneo.
Porosidad del suelo	El suelo se compacta y la porosidad es limitada impidiendo la infiltración y el almacenamiento, potencialmente produciendo a su vez demasiada escorrentía superficial.	El suelo es poroso y esponjoso, facilitando la infiltración y el almacenamiento temporal.
Escorrentía	Favorece a la escorrentía superficial (desagüe directo), limitando el almacenamiento temporal y generando escasez de agua en época de estiaje.	Favorece la escorrentía en todos sus niveles (desagüe básico), facilitando el almacenamiento temporal y almacenando agua para la época de estiaje.
Materia orgánica	Baja producción de materia orgánica superficial y nula materia orgánica profunda debido a que no hay fracturación de la roca por acción radicular.	Alta producción de materia orgánica superficial y profunda debido a la alta acción radicular que fractura la roca.

Fuente. Muñoz, 2011; Vásquez et al., 2016.

Ahora que conoce esta relación, ¿cómo cree que debería realizarse un manejo del suelo/cubierta vegetal en una cuenca hidrográfica alterada? Para responder a esto, Muñoz (2011) presenta algunas características básicas que debe tener la vegetación. Reflexione sobre el papel de cada característica:

- Crecimiento rápido
- Larga vida
- Raíces abundantes que proporcionan mayor espacio poroso al suelo
- Raíces profundas
- Producción de abundante materia orgánica
- Baja tasa de transpiración

Cabe recalcar que, en todos estos aspectos, se hace necesario el análisis de las especies a utilizar pues es conveniente realizar previamente un estudio de sus requerimientos, esto con la finalidad de prevenir inconvenientes de los ya conocidos con especies exóticas, como, por ejemplo, el pino (*Pinus sp.*) y eucalipto (*Eucaliptus sp.*). No se trata de concluir que se las debe utilizar o no, sino de recomendarle que antes de decidirse a ello, requerirá contar con todos los elementos que nos permitan contar con criterios más claros sobre los aspectos positivos o negativos que podemos encontrar en ellas.



## Actividades de aprendizaje recomendadas

Estimados estudiantes, las actividades propuestas a continuación no son evaluadas y no debe entregarlas al docente. Estas le permitirán verificar sus avances y reforzar los conocimientos en la unidad correspondiente. Se sugiere tomar nota del aprendizaje logrado con ellas.

### Actividad 1: Revisión de recursos en línea

Revise el artículo [Relación entre la protección hidrológica y la cobertura vegetal de la subcuenca hidrográfica del Carrizal](#) de Manabí. Relacione los temas que hasta ahora ha aprendido con el estudio realizado en este artículo.

Revise el artículo [Montañas y recursos hídricos](#). Revise qué nos indica esta lectura sobre la generación de recursos hídricos en las partes altas de la cuenca hidrográfica gracias a la ayuda de la cobertura vegetal.

Luego de revisar estos artículos, reflexione sobre cuál tipo de cubierta vegetal genera una mejor protección hidrológica y cuáles son las razones para que esto ocurra. Tome nota de los aspectos que más le resulten interesantes en sus apuntes de la asignatura.

## Actividad 2. Revisión de vídeo

Revise el vídeo sobre [la importancia de la vegetación para conservar el suelo](#), el cual explica de manera práctica cómo la vegetación aporta con la protección y conservación del suelo y los efectos negativos de su alteración.

Revise el vídeo sobre el [movimiento y retención del agua en el suelo](#). Aquí se muestra de manera experimental cómo se comporta el movimiento e infiltración del agua en diferentes sustratos.

Una vez que revise estos vídeos, podrá concluir sobre algunos aspectos que hemos estudiado sobre el almacenamiento del agua en el suelo de la cuenca y las funciones de la cubierta vegetal. Tome nota de estas conclusiones en sus apuntes de la asignatura.

## Actividad 3: Análisis situacional

Partiendo de la base de sus conocimientos hasta ahora adquiridos sobre la función hidrológica de la cubierta vegetal, analice cuáles de estas han sido alteradas en las cuencas hidrográficas cercanas a su lugar de residencia.

Posterior a este análisis, establezca algunas ideas en su cuaderno que permitan contrarrestar esos problemas como estrategia de intervención en el manejo de las cuencas hidrográficas de su entorno.



### Semana 6

---

Continuamos con el análisis de la función hidrológica de la cubierta vegetal en el suelo de la cuenca, aquí revisaremos de manera puntual la relación que habíamos visto a un inicio: suelo – agua – cubierta vegetal.

### 3.3. Grado de protección hidrológica de la vegetación a los suelos de la cuenca

En este apartado revisaremos más a fondo la estrecha relación entre agua-suelo-planta que es justamente uno de los principales objetos de estudio de esta asignatura. Es importante que, si algunos elementos no los recuerda, los pueda analizar en los contenidos de la asignatura de manejo del suelo que estudió en ciclos anteriores.



La protección hidrológica de la vegetación, se refiere a la influencia que ejerce la cubierta vegetal de diversos tipos en controlar la pérdida de suelo por acción de la erosión.

En un ambiente como en el que se localiza la cuenca, la vegetación natural cumple un papel primordial en el ciclo hidrológico en lo referido a la intercepción de las precipitaciones y la regulación de la escorrentía e infiltración, lo que tiene relación directa con la erosión y el incremento de las inundaciones, tal como lo estudió en las funciones principales de la vegetación.

Es por estas razones que la cubierta vegetal de un bosque, gracias a su densidad (que incluye arbustos y hierbas, adicional a la materia orgánica que aportan), puede ofrecer un mejor grado de protección hidrológica que la vegetación dispersa y escasa en una superficie determinada.

### 3.3.1. Índice de Protección Hidrológica - IPH

El grado de protección hidrológica puede ser analizado con base en el Índice de Protección Hidrológica (IPH). Este índice hace referencia al grado de protección que puede ofrecer un determinado tipo de cobertura vegetal al suelo frente a procesos de erosión hídrica.

Mientras más cercano esté el índice al uno, significa que el tipo de cubierta vegetal que estamos analizando ofrece mayor protección y en el caso contrario si se acerca al 0, menor grado de protección.

El IPH tiene como base la cuantificación de algunos criterios en función de la puntuación asignada a ciertos indicadores. Rojas (2004) desarrolló una lista de chequeo (Tabla 3.2) que facilita la asignación de estos valores, obteniéndose un total máximo de 21 puntos cuando el IPH es igual a 1 para todos los criterios.

**Tabla 3.2.**

*Lista de chequeo para obtener el valor del IPH.*

Criterio	Indicador	Puntuación
1. Estructura	1 a 2 estratos	1
	1 a 3 estratos	2
	3 o más estratos: arbóreo, arbustivo, herbáceo y epífitas	3

Criterio	Indicador	Puntuación
2. Densidad	Baja	1
	Media	2
	Alta	3
3. Interceptación de la precipitación	Baja	1
	Media	2
	Alta	3
4. Presencia de mulch	Baja	1
	Media	2
	Alta	3
5. Características especiales	Ecosistemas de zona seca	1
	Ecosistemas plantados	2
	Ecosistemas de altura de reconocida importancia hidrológica	3
6. Tipo de vegetación	Temporal	1
	Anual	2
	Perenne	3
7. Grado de intervención	Alto	1
	Medio	2
	Bajo	3

Fuente. Rojas, 2004

#### a. Procedimiento para el cálculo del IPH

En el siguiente recurso educativo, usted encontrará de manera resumida el procedimiento para la obtención del IPH. Revise cada proceso a realizar.

#### Proceso para la obtención del Índice de Protección Hidrológica (IPH)

Cómo pudo notar, la obtención de este índice es bastante sencillo, algo que se facilita mucho más si se utiliza información geográfica y SIG. En las actividades prácticas obtendremos el IPH de una cuenca mediante el uso de estas herramientas tecnológicas.

Con esos resultados, el análisis del IPH da paso a establecer las clases de protección hidrológica que van desde la Clase V1, hasta la Clase V7 que se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 3.3.***Clases de protección hidrológica en función del IPH.*

Clases	IPH
Clase V1	1,00
Clase V2	0,8 – 0,99
Clase V3	0,6 – 0,79
Clase V4	0,4 – 0,59
Clase V5	0,2 – 0,39
Clase V6	0,0 – 0,19
Clase V7	0,0

*Fuente. Muñoz, 2011.*

### 3.4. La relación agua, suelo, cubierta vegetal en el manejo de cuencas hidrográficas.

Recordemos que en la Unidad 1 habíamos resumido la interacción e interrelación de los componentes de la cuenca en esta compleja relación: agua - suelo – cubierta vegetal. Se podría decir que esta relación es la que sostiene el funcionamiento de una cuenca como fuente abastecedora de agua, y es sobre la cual se enmarcan las acciones de manejo.

De aquí es donde también se desprenden las categorías de manejo (Muñoz, 2011), es decir:

- Categoría 1: Manejo del agua
- Categoría 2: Manejo del suelo
- Categoría 3: Manejo de la vegetación

A partir del establecimiento de estas categorías, podrían surgir preguntas como las siguientes: ¿qué aspectos se deben trabajar en cuanto al agua en relación con su capacidad erosiva?, ¿qué elementos se trabajarían para mejorar las condiciones de un suelo afectado que está impidiendo el almacenamiento de agua?, ¿qué aspectos de manejo de la vegetación se deben considerar en el manejo de una cuenca?, u otras.

Estas preguntas son las que generalmente se deben resolver en los procesos de planificación y manejo de una cuenca que abordaremos en el segundo bimestre. Téngase en cuenta para un análisis futuro.



**RECUERDE:** La compleja relación: agua - suelo – cubierta vegetal es la que sostiene el funcionamiento de una cuenca como fuente abastecedora de agua, y es sobre la cual se enmarcan las acciones de planificación y manejo.

### 3.5. Actividades que afectan a la hidrología del suelo.

Las actividades que afectan a la hidrología dependen del uso de los recursos que un lugar puede tener. En este sentido, encontraremos actividades relacionadas con el aprovechamiento forestal, agricultura, ganadería, eliminación de la cubierta vegetal y extracción de recursos naturales renovables y no renovables. Seguramente que a lo largo de su formación profesional ya ha abordado esta problemática desde diferentes ámbitos, ahora será necesario recordarlas y aplicarlas al ámbito de las cuencas hidrográficas.

A manera de resumen, revise la tabla a continuación donde se condensa esta información.

**Tabla 3.4.**

*Actividades que afectan a la hidrología del suelo.*

Actividad	Efecto
Compresión del suelo	También llamada compactación del suelo. Su efecto es la pérdida de porosidad, capacidad de infiltración y por ende capacidad de almacenamiento de agua.
Deforestación	Disminuye el agua de infiltración, disminuye drásticamente la evapotranspiración, aumenta el escorrentimiento y puede producir desde erosión leve hasta la pérdida de estabilidades de sitios con alta pendiente. Es el inicio del proceso de erosión, de pérdida de fertilidad del suelo y consecuentemente la desertificación.
Reforestación	Se debe aclarar que la reforestación per se no siempre tendrá solo resultados positivos. Antes de emprender acciones de este tipo, se debe analizar: los fines de la reforestación, las afectaciones de una nueva cobertura en el ciclo hidrológico, las especies a utilizar, lugares a reforestar, cómo se encuentra el suelo, entre otros. La reforestación está colocada aquí como actividad que afecta al suelo, puesto que influye en el agua almacenada.

Actividad	Efecto
Incendios forestales	Además de destruir la cubierta vegetal, los incendios provocan la evaporación de la humedad almacenada en el suelo. Al afectar la vegetación, se afectan a la intercepción y transpiración y aumentan las pérdidas por evaporación. Al reducir la cubierta vegetal se produce mayor erosión a lo que se suma el arrastre de materia orgánica generando efectos como pérdida de productividad del suelo, sedimentación y eutrofización de cuerpos de agua.
Minería	Es una de las actividades más agresivas contra el suelo y todos sus recursos asociados, las actividades mineras promueven la comprensión y erosión del suelo y la deforestación, además de toda la afectación al medio circundante como contaminación del agua, pérdida de la biodiversidad o pérdida de la funcionalidad ecológica. Estas consecuencias suceden tanto debido a la minería metálica como a la no metálica.
Extracción de aguas subterráneas	Afecta a la hidrología si el agua es extraída en cantidades exageradas. Además, al dejar espacios "vacíos" en las capas subterráneas, puede provocar los denominados hundimientos afectando a la infraestructura construida por el ser humano.

Fuente. Muñoz, 2011



### Actividades de aprendizaje recomendadas

Estimados estudiantes, las actividades propuestas a continuación no son evaluadas y no debe entregarlas al docente. Estas le permitirán verificar sus avances y reforzar los conocimientos en la unidad correspondiente.

#### Actividad 1: Revisión de recursos en línea

Revise el artículo [Índices de Protección Hidrológica de la Vegetación en la Cuenca del Río Potrero en Argentina](#). Revise detenidamente la metodología que se usa para el cálculo de este índice.

Luego de haber revisado esta información, aplique sus conocimientos en la práctica que se plantea más adelante.

#### Actividad 2. Práctica 2

Desarrolle la actividad Práctica 2 que se publicará en la sección de anuncios académicos de la asignatura en la semana correspondiente. Para desarrollarla, descargue los recursos disponibles en la sección Archivos en la carpeta denominada "Datos Prácticas".

Con el desarrollo de esta práctica se podrá determinar el Índice de Protección Hidrológica de una cuenca hidrográfica local.

### **Actividad 3.**

Para verificar lo aprendido, le invito a desarrollar la siguiente autoevaluación.



## Autoevaluación 3

Escoja la opción correcta.

1. En una cuenca hidrográfica el agua se almacena en:
  - a. El suelo.
  - b. Las plantas.
  - c. La biomasa de las plantas.
2. La vegetación aporta con materia orgánica al suelo en:
  - a. La superficie y de los estratos profundos (subterráneos).
  - b. La superficie y de manera subsuperficial.
  - c. Los estratos profundos únicamente.
3. Los tipos de almacenamiento de agua en el suelo de la cuenca son:
  - a. Grande, mediano y pequeño.
  - b. De hojarasca y ramas, y de raíces.
  - c. Real y temporal.
4. Las películas que se forman alrededor de una partícula de suelo, que aportan al almacenamiento real son:
  - a. B y C. Disponible para las plantas y disponible para escorrentía respectivamente.
  - b. A y B. No disponible para las plantas y disponible para las plantas respectivamente.
  - c. A, B y C. No disponible para las plantas, disponible para las plantas y disponible para escorrentía respectivamente.
5. En el almacenamiento temporal la fuerza que predomina es:
  - a. Fuerza de adhesión.
  - b. Fuerza de gravedad.
  - c. Fuerza centrífuga.

6. El tipo de desagüe que aporta a la escorrentía superficial en época de estiaje es el desagüe:
  - a. Básico.
  - b. Directo.
  - c. Indirecto.
7. Una de las características de la vegetación usada para el manejo de la cuenca son las:
  - a. Raíces escasas.
  - b. Raíces aéreas.
  - c. Raíces profundas.
8. El IPH se calcula a partir de:
  - a. La cobertura vegetal.
  - b. La porosidad del suelo.
  - c. El tamaño de la cuenca hidrográfica.
9. Uno de los criterios que toma el IPH para su cálculo es:
  - a. El tamaño de la vegetación.
  - b. El grado de intervención.
  - c. La biodiversidad presente.
10. ¿La actividad de reforestación puede afectar a la hidrología del suelo?
  - a. No. Es una actividad que siempre ayuda a la hidrología de la cuenca de manera independiente a como se realice.
  - b. Sí. Por eso no es recomendable reforestar en cuencas alteradas.
  - c. Sí. Cuando no se la hace de manera planificada considerando su finalidad.

[Ir al solucionario](#)

Hemos llegado al final de esta unidad, espero que haya quedado más claro el contenido aquí analizado. Una vez que ha terminado de revisar los contenidos y recursos disponibles para esta unidad, intenta responder a las siguientes preguntas. Apunte sus respuestas en su cuaderno de notas de la asignatura.

*¿De qué forma se puede afectar a la infiltración alterando la cubierta vegetal y cuáles serían los impactos sobre el almacenamiento del agua?*

*¿Cuáles son las actividades humanas que mayormente impactan sobre la condición hidrológica de la vegetación en las cuencas hidrográficas?*

Si aún no puede responder a estas preguntas, será necesario que retroalimenta su aprendizaje revisando nuevamente los contenidos de la Unidad 3. Si considera que ha respondido a las preguntas correctamente y con seguridad, ya conoce usted las afectaciones que los seres humanos generamos sobre la cobertura vegetal y los recursos hídricos. Siga adelante con la última unidad de este bimestre. ¡Ánimo!



## Semana 7

---

En la penúltima semana del primer bimestre, deberá concentrar su esfuerzo en el análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica, lo cual requiere la aplicación de procesos algebraicos y matemáticos no complejos si se comprenden las bases teóricas conceptuales.

### **Unidad 4. Análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica**

---

En este acápite revisaremos los aspectos básicos a tomar en cuenta para el análisis morfométrico de una cuenca. Por favor, analice detenidamente cada uno de los aspectos que estudiaremos aquí.

Así también, analizaremos algunos parámetros importantes para el diagnóstico de una cuenca hidrográfica, ya que los resultados numéricos que obtengamos, así como su interpretación, nos permitirá comprender mejor el comportamiento hidrológico de una cuenca. Determinaremos así algunos índices con la ayuda de información que obtengamos del análisis de mapas, imágenes satelitales e información geográfica con la

ayuda de los Sistemas de Información Geográfica – SIG y otras fuentes de información secundaria.

#### 4.1. Morfometría de cuencas hidrográficas

El funcionamiento de una cuenca se asemeja al de un colector que recibe la precipitación y la convierte en escurrimiento, dependiendo de las condiciones climáticas y las características físicas de la cuenca. Las propiedades morfométricas de una cuenca hidrográfica proporcionan una descripción física - espacial que permite realizar comparaciones entre distintas cuencas hidrográficas. Al mismo tiempo, ofrecen conclusiones preliminares sobre las características ambientales del territorio a partir de la descripción precisa de la geometría de las formas superficiales (Gaspari et al., 2013).

El análisis morfométrico es utilizado para caracterizar cuantitativamente una cuenca hidrográfica a través de variables numéricas que se pueden ser obtenidas directamente de un mapa topográfico o en su defecto mediante el uso de tecnologías modernas basadas en el uso de SIG (Vásquez et al., 2016).

Aunque existen parámetros generales como el perímetro y área, los parámetros morfométricos de una cuenca hidrográfica se pueden agrupar en: forma, relieve, y drenaje (Gaspari et al., 2013).

Para que la comprensión de los temas que revisaremos sea efectiva, todos los parámetros que veremos a continuación se los abordará de manera práctica en las actividades de aprendizaje previstas para la semana 7 y 8.

Empecemos entonces.

#### 4.2. Límites de la cuenca

Antes de abordar con los parámetros señalados, es oportuno indicar que debemos empezar por establecer la demarcación de la cuenca. Para determinar los límites de una cuenca es esencial considerar su aspecto físico. En este punto, usted ya conoce que el elemento que limita la cuenca es el *Divortium Aquarum* (que ya revisamos en la Unidad 1) tal como se muestra en la siguiente figura.

## Figura 4.1.

Límites de una cuenca hidrográfica.



Para realizar la identificación de límites de una cuenca, se requiere analizar las cartas topográficas de la zona, con el análisis de las cotas más altas que se distinguen en las fotografías aéreas o mediante el uso de un Modelo Digital de Elevaciones – DEM, qué es un modelo de información de tipo ráster. Para este proceso es necesario contar con información de la red hídrica y de las curvas de nivel.

Se inicia con la identificación del cauce principal y toda la red hídrica, se señalan los puntos de mayor cota que rodean toda el área de estudio y el punto de interés, que será el único punto del cauce que será cortado por el “*Divortium Aquarum*”. Revise el proceso que se utiliza para la delimitación de una cuenca mediante la identificación de las líneas divisorias.

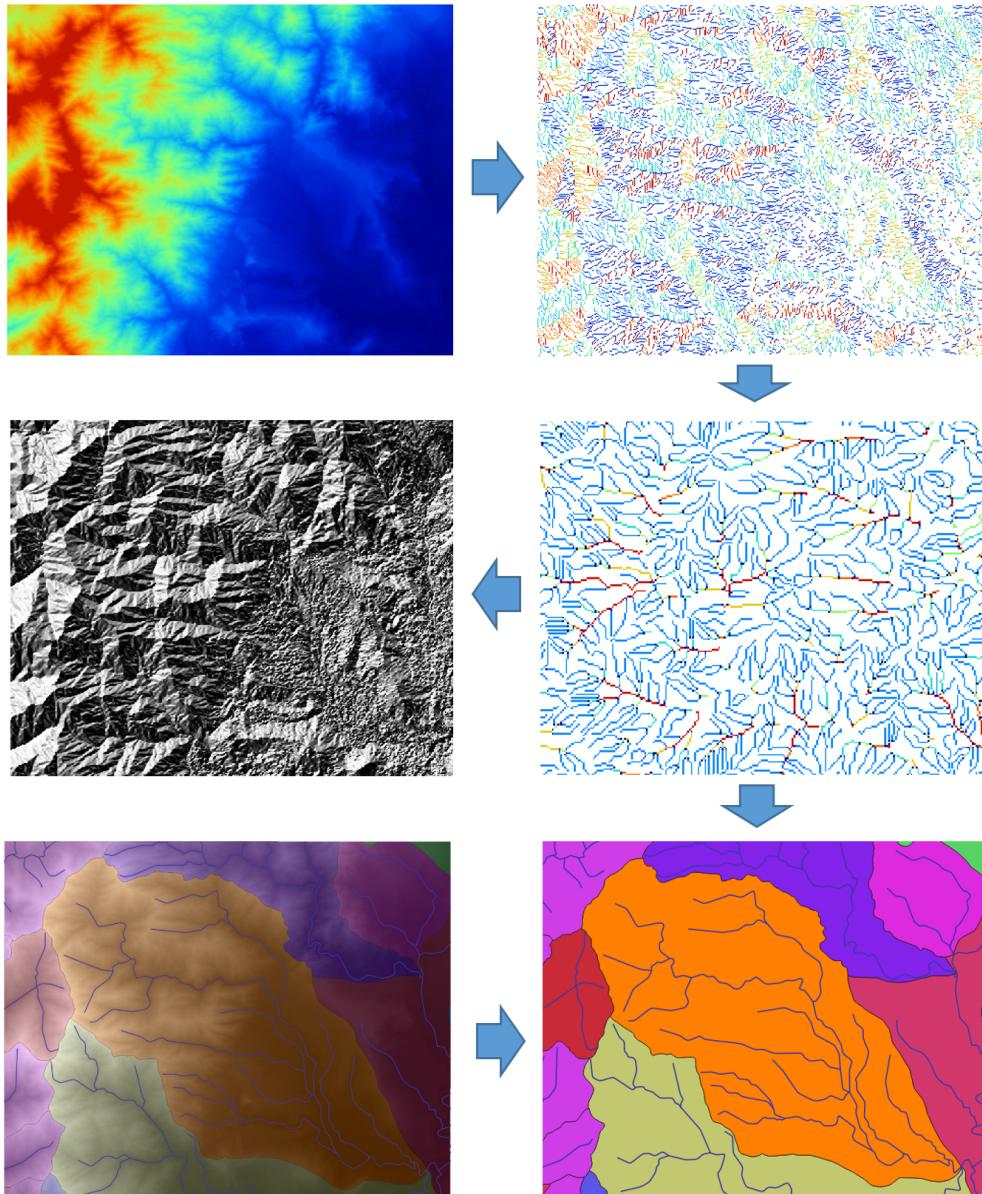
### Proceso para la delimitación de una cuenca hidrográfica mediante las líneas divisorias de agua.

En el caso de utilizar herramientas automatizadas de SIG y con la información del DEM, se puede obtener los límites de la cuenca de manera sencilla. Para generar estos límites un SIG obtiene información de: **dirección y acumulación de flujo**, es decir un cálculo del flujo acumulado como el peso acumulado de todas las celdas que fluyen en cada celda de pendiente descendente en el ráster de salida; **mapa de sombras**, que es un mapa con una simulación de las sombras que generan las vertientes de las montañas y que facilita identificar por donde circula la red de drenaje, ya que genera un efecto de profundidad del terreno, y, finalmente la **delimitación de las cuencas**.

Para que se obtenga una delimitación con el menor error posible se requiere de un DEM con una adecuada resolución, la cual depende de la escala con la que queramos trabajar. Un ejemplo de este proceso se muestra en la figura siguiente:

**Figura 4.2.**

Proceso de delimitación de cuencas hidrográficas mediante SIG



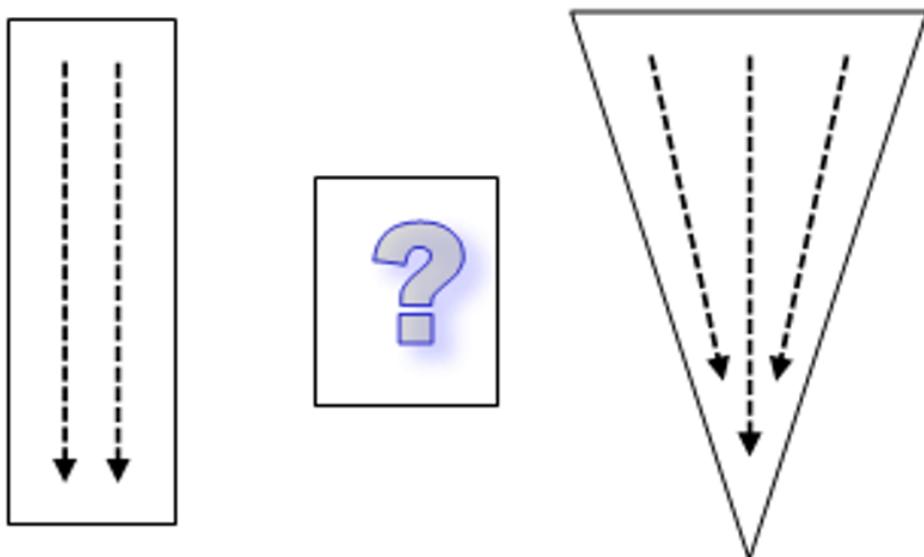
### 4.3. Parámetros de forma

La forma de la cuenca determina la velocidad con la cual el agua llega al cauce principal, siguiendo su curso desde el nacimiento hasta la confluencia o desembocadura. Este parámetro permite conocer dimensiones como el ancho, el largo, perímetro, área de la cuenca, como otros factores que determinan la hidrología de la corriente (Henao, 1998; Muñoz, 2011).

Si quisiéramos comparar con un ejemplo sobre cómo la forma afecta a una cuenca, imagínese una calle con una misma dimensión de ancho en ambos extremos y otra en la que un extremo es más ancho y el otro más delgado (Figura 4.2). ¿Cómo cree que se comportará la escorrentía desde las partes altas al llegar a la garganta y a la zona de deyección si se encuentran en una misma pendiente, pero tienen estas diferentes formas?

**Figura 4.3.**

*Comparación de la forma de dos cuencas hidrográficas.*

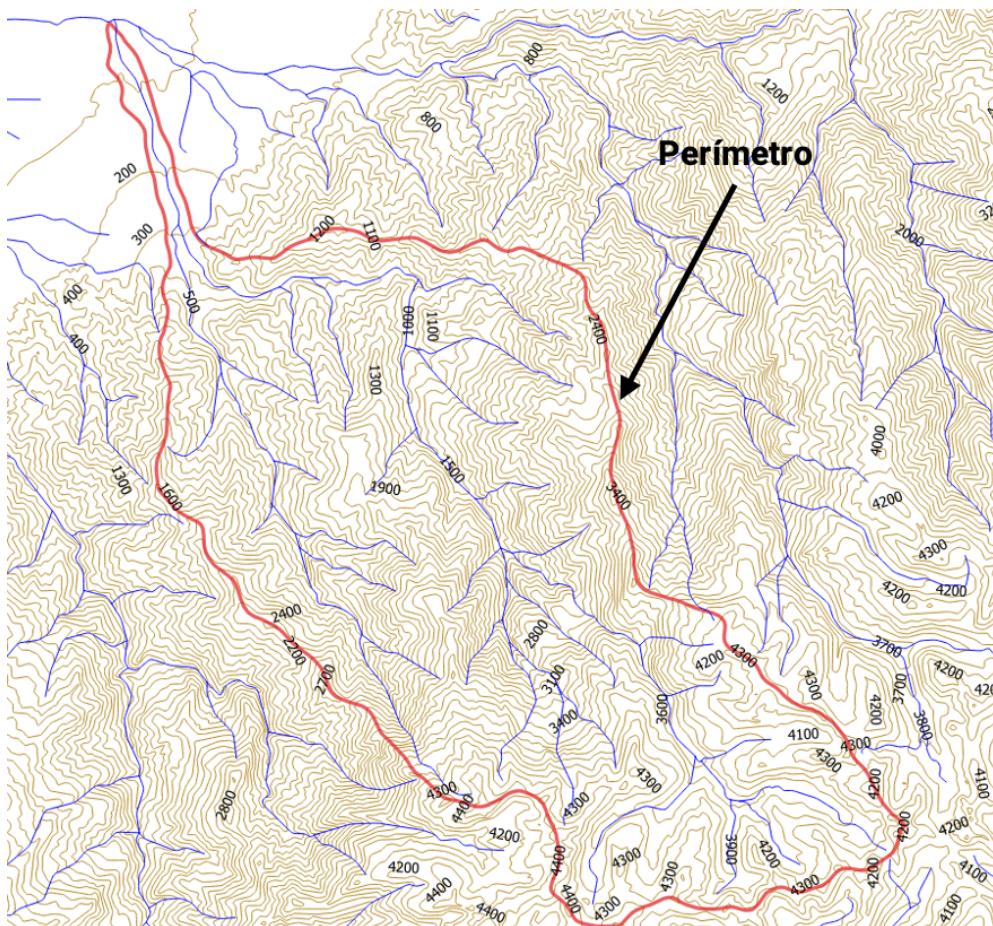


#### 4.3.1. Perímetro (P)

El perímetro es la medición de la longitud de la línea que envuelve la cuenca, para ello es necesario establecer claramente las líneas divisorias. Se marca geográficamente a través de la línea que divide el correr del agua entre una cuenca y otra.

Para medir el perímetro de la cuenca es necesario utilizar herramientas como determinación geométrica a través de cartas topográficas, o herramientas de medición de SIG como la calculadora de campos.

**Figura 4.4.**  
*Representación del perímetro de la cuenca hidrográfica*



#### 4.3.2. Área (A)

El área determina el tamaño de la cuenca en función de los límites en los que se encuentre enmarcada, es decir la curva del perímetro. Esto nos permite deducir el comportamiento de las crecidas y así también clasificar la cuenca. Es elemento determinante para delimitar la propiedad y el uso de la tierra. El área tiene también un efecto sobre los caudales: máximo (crecidas), mínimo (corriente mínima) y medio (corriente media) de una cuenca hidrográfica (Muñoz, 2011):

- En cuanto al efecto del área en el caudal máximo, un evento de crecida es atenuado entre más grande sea la cuenca. En cambio, en cuencas pequeñas, el agua que se precipita escurre muy rápido por todas las partes de la misma.

Entre más grande sea la cuenca, mayor tiempo necesitará el pico de crecida en pasar por la garganta, por eso es que en cuencas grandes las crecidas son mejor mitigadas que en cuencas de área reducida (Muñoz, 2011).

- Respecto al efecto del área en el caudal mínimo, en el caso de una cuenca grande el agua precipitada deberá escurrir desde las cuencas pequeñas haciendo que exista un caudal constante almacenado en ellas (caudal de estiaje). En cambio, en cuencas pequeñas o incluso cuencas medianas, el caudal se perderá, puesto que recurrirá a un aporte, es decir sale de estas cuencas para contribuir a otra de mayor tamaño.

El caudal de las cuencas grandes es el resultado de fuertes precipitaciones en las cuencas interiores o de lluvias débiles producidas en la totalidad de la cuenca. El caudal del conjunto de cuencas tributarias hace que el caudal de la cuenca grande se mantenga más estable que el de las tributarias (Muñoz, 2011).

- Finalmente, con respecto al efecto del área sobre el caudal medio, en el caso de una cuenca grande, el caudal promedio no permanecerá constante por lo que es probable que en las partes bajas se tenga un caudal mayor que en las partes altas, justamente por las mismas razones que explicamos anteriormente.

Para medir el área de la cuenca es necesario utilizar herramientas como determinación geométrica a través de cartas topográficas, o herramientas de medición de SIG como la calculadora de campos.

**Figura 4.5.**

*Representación del área de la cuenca hidrográfica*



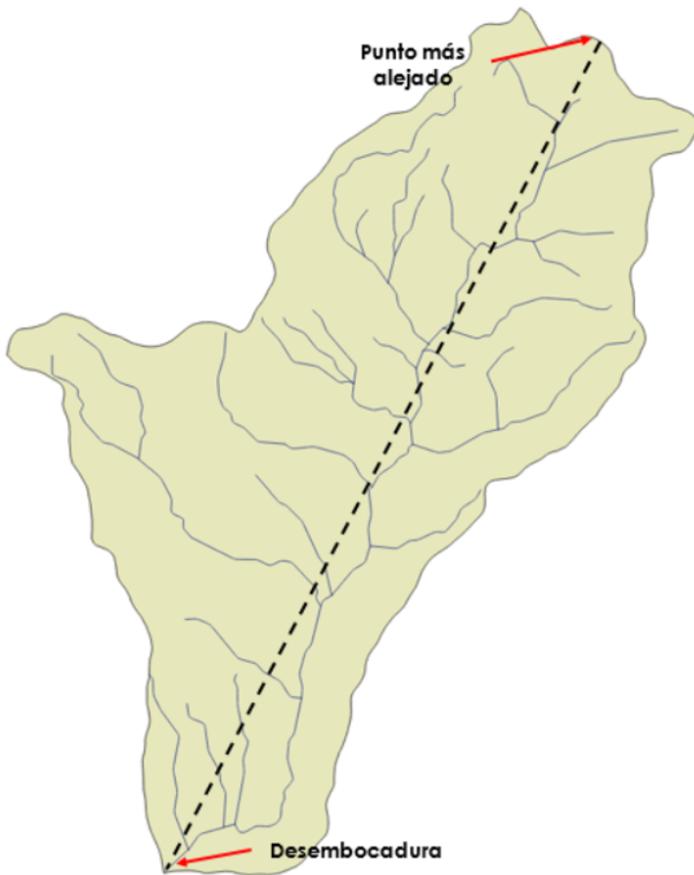
#### 4.3.3. Longitud axial (La)

Esta medida se considera como la longitud total en línea recta desde el punto de nacimiento de la corriente o punto más lejano de la cuenca hasta el punto de desembocadura a un caudal mayor, o punto más bajo. A esta línea recta se le considera como el eje principal de la cuenca

Para determinar la longitud axial de la cuenca es necesario usar herramientas como determinación geométrica a través de cartas topográficas, o herramientas de medición de SIG como la herramienta medir línea o a su vez insertando una capa vectorial de tipo línea para luego obtener su longitud con la calculadora de campos.

**Figura 4.6.**

Representación de la longitud axial de la cuenca hidrográfica



#### 4.3.4. Ancho promedio ( $A_p$ )

Es el resultado de relacionar el área de la cuenca con su longitud axial y se expresa como:

$$A_p = \frac{A}{L_a}$$

Donde:

$A$  = Área total de la cuenca expresada en  $\text{Km}^2$

$L_a$  = Longitud axial expresada en km.

El ancho promedio se puede obtener directamente con la ayuda de una calculadora, ingresando los datos en una hoja de cálculo de Excel o trabajando con las herramientas de la calculadora de campos de SIG. El resultado de esta relación se expresa en kilómetros.

#### 4.3.5. Factor forma (Ff) o Índice de forma (If)

El factor forma se define a través de la relación entre el ancho promedio de la cuenca ( $Ap$ ) y la longitud axial ( $La$ ). Este factor es adimensional, indica cómo se regula la concentración del escurrimiento superficial y manifiesta la tendencia de la cuenca a las crecidas (Gaspari et al., 2013). Esta relación se expresa matemáticamente como:

$$Ff = \frac{Ap}{La}$$

Donde:

$Ap$  = Ancho promedio en km

$La$  = Longitud axial en km

Cuando Ff es similar a 1, representa una cuenca de forma redondeada. La cuenca con IF bajo, menor a 1, se caracteriza por ser una cuenca grande y alargada, sujeta a crecientes de menor magnitud con un colector de mayor longitud que la totalidad de los tributarios. Valores de Ff cercanos a 1 indican cuencas circulares, generalmente pequeñas (Muñoz, 2011; Gaspari et al., 2013).

Una cuenca de forma triangular, con dos vértices en las cabeceras, afluentes de similar longitud y sincronismo en la llegada, provocará crecidas más significativas (Muñoz, 2011; Gaspari et al., 2013)

En cuanto a la propensión a las crecidas, un Ff bajo, menor a 1, significa que es menos propensa a las crecidas, mientras que un valor cercano a 1 o superior a 1, significa que la cuenca hidrográfica es susceptible y peligrosa ante las crecidas.

Una vez obtenidas las variables  $Ap$  y  $La$ , se puede calcular Ff con el uso de una calculadora, hoja de cálculo de Excel o mediante la calculadora de campos de SIG.

#### 4.3.6. Coeficiente de compacidad (Kc)

El coeficiente de compacidad nos permite conocer qué tan redonda es la cuenca hidrográfica en función a la relación de su perímetro con un círculo de igual área (Muñoz, 2011; Gaspari et al., 2013; Vásquez et al., 2016), de tal forma que podríamos tener desde una cuenca redonda hasta una ovalada. Esto será de utilidad para estimar la tendencia a las crecidas.

EL Kc es adimensional y varía con la forma de la cuenca, independientemente de su tamaño, cuanto más irregular es la cuenca, mayor es el coeficiente (Vásquez, et al., 2016). Matemáticamente se define como:

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{(\pi * A)}}$$

Donde:

P = Perímetro de la cuenca, en km

A = Área en Km<sup>3</sup>

$\pi$  = Pi

Si el Kc tiende a 1,0 la cuenca es más redonda y va incrementando su valor igual o mayor a 1,75 que es cuando se trata de cuencas rectangulares oblongas. (Muñoz, 2011; Gaspari et al., 2013). Resultado de estos valores, el coeficiente de compacidad se clasifica en 3 clases de forma que mostramos a continuación.

**Tabla 4.1.**

*Clases de forma de las cuencas hidrográficas de acuerdo a su Kc*

Clase de forma	Rangos de clase	Forma de la cuenca
Kc1	De 1,0 a 1,25	Casi redonda a oval-redonda
Kc2	De 1,25 a 1,50	Oval-redonda a oval-oblonga
Kc3	De 1,50 a 1,75	Oval-oblonga a rectangular-oblonga

Fuente. Henao, 1998; Gaspari et al., 2013

En cuanto a la tendencia a las crecidas, cuando el valor de Kc se aproxima a la unidad, significa que la cuenca hidrográfica presenta potencial torrencial, es decir que aumenta su peligrosidad (Henao, 1998, Muñoz, 2011). Esto

se debe a que las distancias relativas de los puntos de la divisoria con respecto a un punto central, no presenta diferencias mayores y el tiempo de concentración se hace menor, por lo tanto, mayor será la posibilidad de que las ondas de crecidas sean continuas (Gaspari et al., 2013).

El KC está relacionado estrechamente con el tiempo de concentración, que es el tiempo que tarda una gota de lluvia en moverse desde la parte más lejana de una cuenca hasta el desagüe o salida (Henao, 1998; Gaspari et al., 2013; Muñoz, 2011). En otras palabras, es el tiempo en que tarda en movilizarse el agua desde la parte alta de la cuenca a la parte baja. Si el tiempo de concentración es menor, significa que la cuenca es pequeña y el agua baja rápidamente, lo que la hace más propensa a las crecidas. Por el contrario, si éste es mayor, significa que es una cuenca grande, el agua tarda en trasladarse y es menos propensa a las crecidas.

Una vez obtenidas las variables P y A, se puede calcular Kc con el uso de una calculadora, hoja de cálculo de Excel o mediante la calculadora de campos de SIG.

#### 4.3.7. Índice de alargamiento (Ia)

El índice de alargamiento permite determinar qué tan alargada es la cuenca hidrográfica relacionando la longitud máxima que es la longitud axial (La) con el ancho máximo medido de manera perpendicular a La. Su relación está dada por la siguiente expresión matemática:

$$Ia = \frac{La}{l}$$

Donde:

La = Longitud axial en km

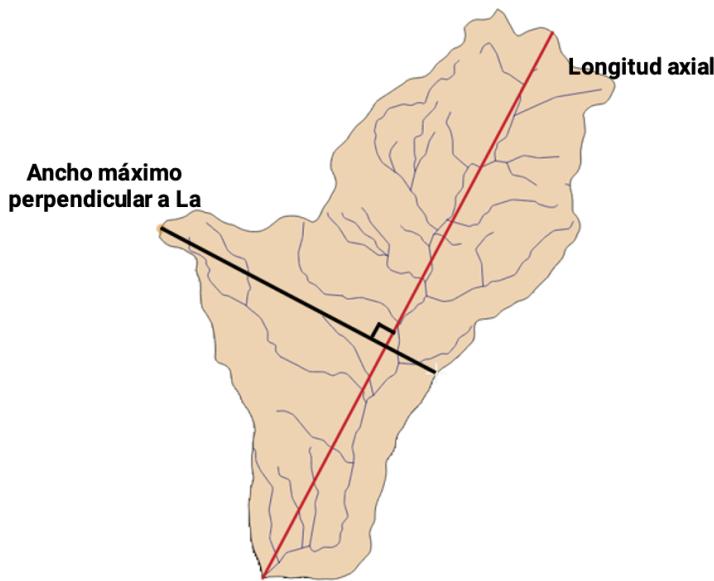
l = Ancho máximo perpendicular a La en km

Si el resultado es pequeño, cercano a 1, la cuenca es cuadrada (circular), la red de drenaje es en forma de abanico, tiene talwegs elementales bien conformados y el tramo del colector principal es corto. Si el valor es mayor a 1 la cuenca es rectangular (alargada), el ángulo de la red de drenaje es agudo con relación al río principal y los tiempos de concentración evidentemente son muy diferentes (Muñoz, 2011).

Se debe considerar que el ancho máximo es la dimensión donde la cuenca tiene su mayor ensanchamiento de manera perpendicular a La. Su determinación se la puede conseguir con el uso de herramientas como determinación geométrica a través de cartas topográficas, o herramientas de SIG. En el gráfico siguiente se representa al ancho máximo establecido de manera perpendicular a La para una mayor comprensión.

**Figura 4.7.**

*Representación del ancho máximo con relación a la longitud axial*



#### 4.3.8. Índice de homogeneidad (Ih)

El índice de homogeneidad es similar al índice de alargamiento con la diferencia que se compara la cuenca con la forma de un ovoide y basa su análisis en la relación entre la superficie de la cuenca y la superficie de un rectángulo que la contendría (Muñoz, 2011). Su relación está dada por la siguiente ecuación:

$$Ih = \frac{S1}{S2}$$

Donde:

S1 = Superficie de la cuenca en Km<sup>2</sup>

$S_2$  = Superficie del rectángulo en  $\text{Km}^2$ , tiene por dimensiones el largo máximo de la cuenca ( $L_a$ ) y el ancho máximo medido perpendicularmente a  $L_a$ .

Si  $I_h$  es mayor a 1 se presume que la cuenca es rectangular u ovoide, mientras que si es cercano o igual a 1 es cuadrada o circular (Muñoz, 2011)

#### 4.3.9. Índice asimétrico (Ad)

El índice asimétrico permite conocer la ubicación simétrica (en el centro) o asimétrica (cargada a un lado de las vertientes) del río principal en comparación al área de las vertientes. Recordemos que las vertientes no son cuerpos de agua (hablando en términos de cuencas hidrográficas) sino los colectores de precipitación, es decir las superficies que se encuentran a cada lado del río principal. La ecuación que representa este índice es:

$$I_h = \frac{AvM}{Avm}$$

Donde:

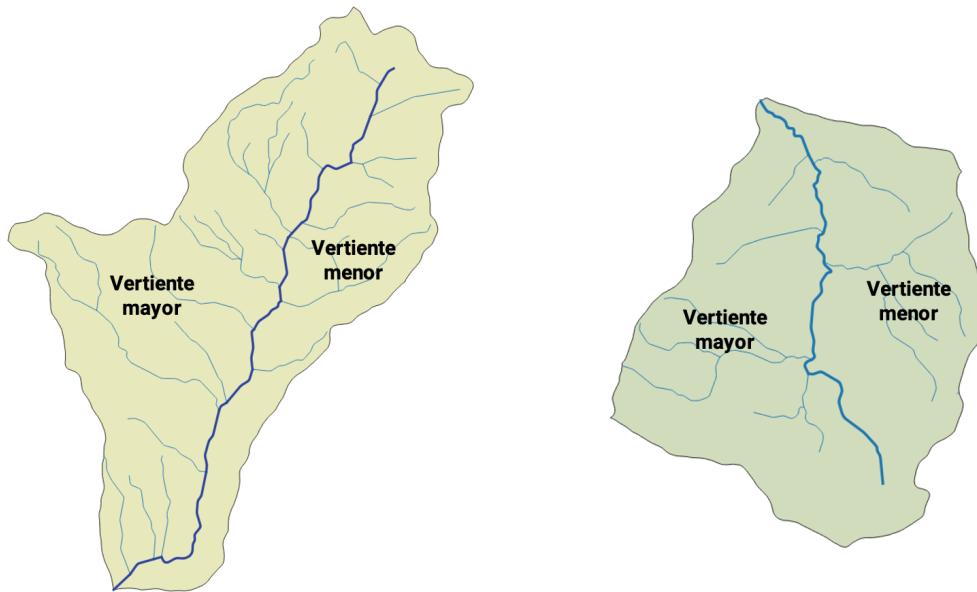
$AvM$  = Área de la vertiente mayor en  $\text{Km}^2$

$Avm$  = Área de la vertiente menor en  $\text{Km}^2$

Si los resultados obtenidos arrojan un valor de  $Ad$  cercano a 1, significa que el drenaje es homogéneo, es decir recorre por el centro de la cuenca y se la considera simétrica. Si  $Ad$  es mayor a 1 significa que el talweg no se encuentra en el centro sino es más "cargado" a un lado de la red de drenaje, es decir, hacia una de las vertientes, tratándose de una cuenca asimétrica (Muñoz, 2011, Henao, 1998). En la figura siguiente se muestra una representación de una cuenca asimétrica y otra simétrica.

**Figura 4.8.**

*Representación la asimetría y simetría de las cuencas hidrográfica*



Para la obtención de Ad se vuelve indispensable el uso de herramientas SIG, de tal forma que se pueda establecer las áreas parciales de la cuenca y posteriormente la relación entre AvM y Avm.

#### 4.4. Parámetros de relieve

Los parámetros de relieve representan un grupo importante de parámetros a considerar en el análisis morfométrico. Estas determinan cómo se produce el movimiento del agua, ya que es obvio que entre mayor sea la pendiente el agua fluye más rápido. Además, pueden ser determinantes al momento de analizar riesgos de erosión ante eventos de deforestación, puesto que, en zonas de alta pendiente, se produce fuerte erosión mientras que en zonas planas suelen presentarse problemas de drenaje y sedimentación. Por otro lado, al relacionar la altitud con la temperatura y la precipitación, ya podrá intuir que puede afectar a la evaporación. Veamos estos parámetros a continuación.

#### 4.4.1. Mediana de altitud (Hmd)

La mediana de altitud corresponde a la elevación media equivalente al 50% del área de la cuenca determinada con base en la cota de la curva de nivel que divide la cuenca en dos zonas de igual área (CPQ, 2018)

El valor de Hmd se obtiene con la curva hipsométrica, que representa gráficamente la distribución del área de acuerdo a su elevación (Gaspari et al., 2013). Como ejemplo, las curvas de nivel de una cuenca se encuentran en intervalos de aprox. 200 metros en donde se tienen valores del área y pendiente que se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 4.2.**

*Mediciones y cálculos para la determinación de la mediana de altitud.*

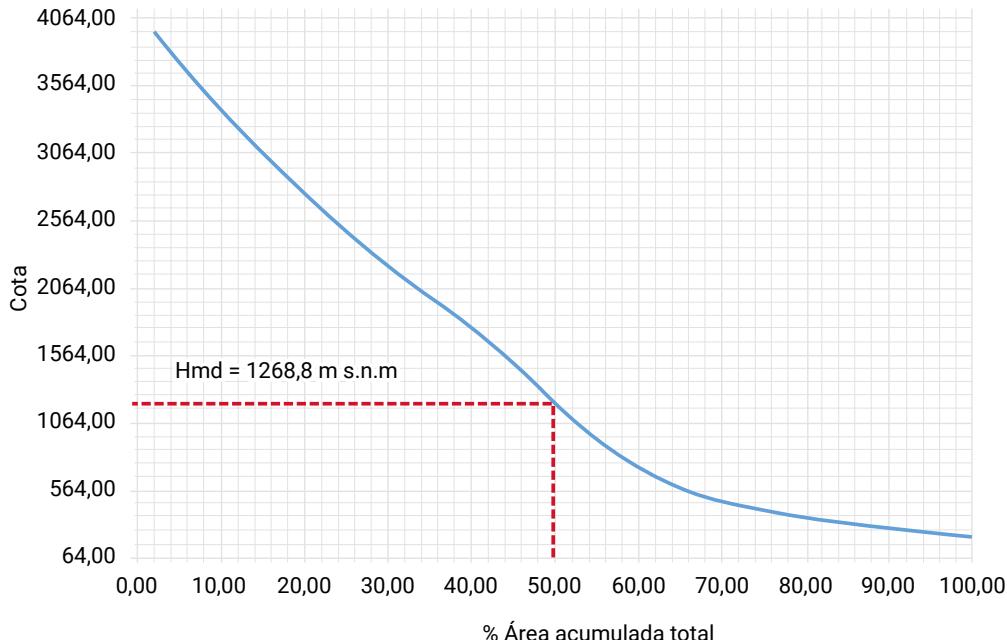
No.	Cota intervalo	Cota media	Área parcial	Área acumulada (Km <sup>2</sup> )	% Área total
1	64	331,73	197,87	175,43	593,6
2	331,73	599,47	465,6	64,43	417,6
3	599,47	867,2	733,34	35,72	353,17
4	867,2	1134,93	1001,07	25,84	317,45
5	1134,93	1402,67	1268,8	27,11	291,61
6	1402,67	1670,4	1536,54	34,69	264,5
7	1670,4	1938,13	1804,27	32,9	229,81
8	1938,13	2205,87	2072	32,91	196,91
9	2205,87	2473,6	2339,74	27,82	164
10	2473,6	2741,33	2607,47	26,82	136,18
11	2741,33	3009,07	2875,2	29,68	109,36
12	3009,07	3276,8	3142,94	23,22	79,68
13	3276,8	3544,53	3410,67	21,72	56,46
14	3544,53	3812,27	3678,4	23,02	34,74
15	3812,27	4080	3946,14	11,72	11,72
					1,98

Como usted podrá notar, encontramos valores del área para cada curva de nivel y su respectiva transformación a porcentajes. El área acumulada no es otra cosa que la suma acumulada de los valores de cada curva adicional, estos son los valores que utilizamos para construir la curva hipsométrica. Cabe recalcar que para obtener el área de cada curva de nivel se puede acudir a herramientas SIG que nos dan un valor más preciso que si lo hicieramos manualmente. Con estos datos sólo tenemos que aplicar a un

eje de coordenadas y tendremos la curva hipsométrica que se muestra en la siguiente figura:

**Figura 4.9.**

*Representación de la curva hipsométrica.*



Analizando esta gráfica, puede notar usted que la perpendicular del 50 % del área acumulada al cortar con la curva hipsométrica determina la mediana de altitud que para este caso sería de 1268,8 m s.n.m. Tome en cuenta que tomamos como unidad los metros sobre el nivel del mar porque hablamos de altitud no altura, esta última se representa en metros.

Para la obtención de la curva hipsométrica, se vuelve indispensable el uso de un DEM y la aplicación de herramientas SIG de tal forma que se pueda obtener las curvas de nivel, las áreas parciales y área acumulada. Con esta información se debe trabajar en una hoja de cálculo de Excel para obtener la gráfica de la curva y el histograma de frecuencias.

#### 4.4.2. Altitud media (Hm)

La altitud media permite conocer la posición geográfica altitudinal de la cuenca. Con el conocimiento de este valor se pueden inferir muchos parámetros, especialmente el clima (Muñoz, 2011). Se expresa matemáticamente:

$$Hm = \frac{H \text{ max} + H \text{ min}}{2}$$

Donde:

$H \text{ max}$  = Altitud del punto más alto en m s.n.m.

$H \text{ min}$  = Altitud del punto más bajo en m s.n.m.

Para la determinación de  $Hm$  es necesario trabajar con la información de las curvas de nivel obtenidas anteriormente a partir del DEM.

#### 4.4.3. Pendiente media de la cuenca

Este parámetro es un factor importante en la caracterización del relieve de una cuenca ya que el tiempo de concentración del flujo en superficie es afectado significativamente por la pendiente del terreno. A mayor pendiente hay mayor velocidad de flujo en superficie y, por lo tanto, menor infiltración y mayor escorrentía superficial, lo que conlleva a tiempos de concentración más cortos (Henao, 1998)

Existen algunos métodos para calcular la pendiente de una cuenca, aquí vamos a describir el criterio de Alvord, uno de los métodos más sencillos para hacerlo. A pesar de ser sencillo este cálculo, una de sus limitantes es que debemos obtener los datos de cada una de las curvas de nivel que conforman la cuenca; sin embargo, esto lo podemos superar si usamos las herramientas de un SIG. Se suele representar como  $Sc$ .

Para calcular la pendiente media de la cuenca, se analizan las curvas y su diferencial de altura, algunos autores recomiendan utilizar intervalos entre 30 a 150 metros para evitar tediosos cálculos. A cada una de las curvas se le mide la longitud total y a partir de esta información se plantea la relación entre la altura, la longitud de la curva y la superficie total de la cuenca, de la siguiente forma:

$$Sc = \frac{D}{A} * \sum_{i=1}^n = 1 Li * 100$$

Donde:

D = Desnivel entre dos curvas de nivel consecutivas

A= Área total de la cuenca

Li = Longitud de la curva de nivel i

Si utilizamos una carta topográfica, vamos a determinar que, de acuerdo a la escala utilizada, el desnivel de las curvas de nivel consecutivas es el intervalo al cual están tomadas. Todo este cálculo lo podemos apreciar mejor con el siguiente ejercicio.

Si los datos obtenidos fueron los siguientes:

#### Tabla 4.3.

*Datos para la obtención de la pendiente media de la cuenca*

Cota (m s.n.m)	Longitud (m)	Cota (m s.n.m)	Longitud (m)
3700	2664,668	4550	86837,3973
3750	5866,2286	4600	102767,689
3800	7654,8613	4650	122697,109
3850	8529,991	4700	134723,63
3900	10326,325	4750	138043,175
3950	14906,4284	4800	142625,486
4000	20729,0589	4850	122800,546
4050	27090,3627	4900	107144,608
4100	34476,1274	4950	91643,7311
4150	36804,5362	5000	82663,7409
4200	44044,0866	5050	70757,7852
4250	50803,4111	5100	51334,4849
4300	58768,0823	5150	34562,3252
4350	64282,0571	5200	15484,9929
4400	66656,2987	5250	6782,318
4450	71616,6999	5300	1851,1923
4500	76310,9536	5350	182,846
		<b>TOTAL</b>	<b>1914433,234</b>

Reemplazando:

$$D = 0,05 \text{ km}$$

$$A = 313,428746 \text{ Km}^2 \text{ (obtenida previamente)}$$

$$\sum Li = 1914433,234 \text{ m (1914,43 km)}$$

$$Sc = \frac{0,05}{313,43} * 1914,43 * 100 = 30,54\%$$

En el caso en el que la equidistancia, es decir el intervalo o desnivel entre curva y curva (fajas altitudinales) sea diferente, entonces necesitamos establecer la pendiente media de cada una de ellas, por tanto, la pendiente media de la cuenca se realizaría utilizando la siguiente ecuación matemática:

$$Hm = \frac{(P1 * A1) + (P2 * A2) + (P3 * A3) + \dots + (Pn * An)}{a1 + a2 + a3 + \dots + an}$$

Donde:

P1, P2, P3,...Pn = Pendiente media de la superficie entre dos curvas de nivel sucesivas en m<sup>2</sup>

a1, a2, a3,...an = Superficie entre curvas de nivel sucesivas en m<sup>2</sup>

En función de la pendiente se puede establecer una clasificación de éstas de la siguiente forma:

#### **Tabla 4.4.**

*Clasificación del relieve en función de la pendiente*

Pendientes medias (%)	Relieve
0 - 3	Plano
3 - 7	Suave
7 - 12	Mediano
12 - 20	Accidentado
20 - 35	Fuerte
35 - 50	Muy fuerte
50 - 75	Escarpado
Mayor de 75	Muy escarpado

Fuente. Henao, 1998

#### **4.5. Parámetros de drenaje**

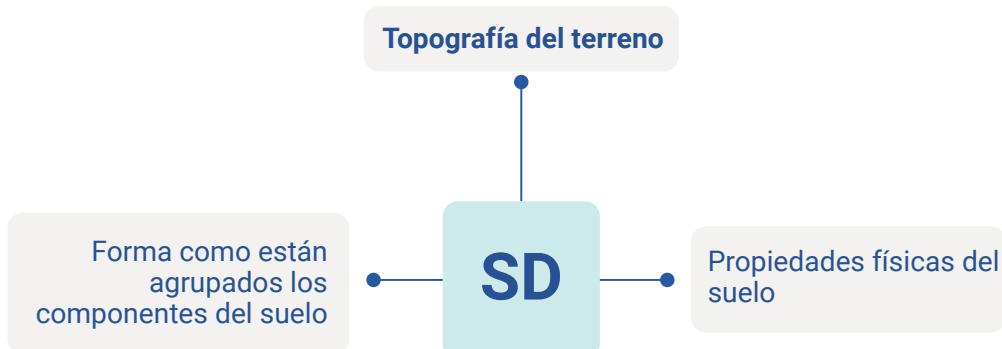
En este tema revisaremos la definición de sistema de drenaje o patrones de drenaje; la clasificación de sistemas de drenaje según Schumm (1956)

y los tipos de drenaje. Esto es de suma utilidad para identificar estrategias para solucionar problemas ambientales que se presentan en cuencas hidrográficas.

Es importante recalcar que cuando hablamos de parámetros de drenaje o morfometría de drenaje, estamos haciendo referencia a la forma del sistema de drenaje de una red hidrológica o cuenca hidrográfica, la cual se relaciona con los factores indicados en Figura 4.10.

**Figura 4.10.**

*Factores que se relacionan con el sistema de drenaje*



Fuente. Muñoz, 2011

#### 4.5.1. Sistemas de drenaje o patrones de drenaje

Se conoce como patrón de drenaje, la configuración de un río o un sistema de drenaje, como el que aparecería visto desde un avión (Muñoz, 2011).

El término drenaje hace referencia al desfogue de las aguas que discurren por los diferentes cauces de la cuenca alimentando cuerpos de agua a lo largo de la misma. Los cauces a los que nos referimos son: río, afluente y arroyo.

Debido a que el sistema de drenaje es la conformación o disposición del recurso hídrico a través del tiempo, hay que tomar en cuenta que los recursos hídricos se distinguen según la longitud e importancia de los cuerpos de agua (ríos, lagos, afluentes, etc.)

Tenga en cuenta que existen también otras formas de denominar al sistema de drenaje como por ejemplo las secciones de una red hídrica en curso superior, curso medio y curso inferior (ver Unidad 1). Así también, de

acuerdo al régimen hídrico, se puede categorizar a un sistema de drenaje en ríos de alta montaña, ríos de mediana altura o de valle y ríos de llanura.

#### 4.5.2. Clasificación de los sistemas de drenaje

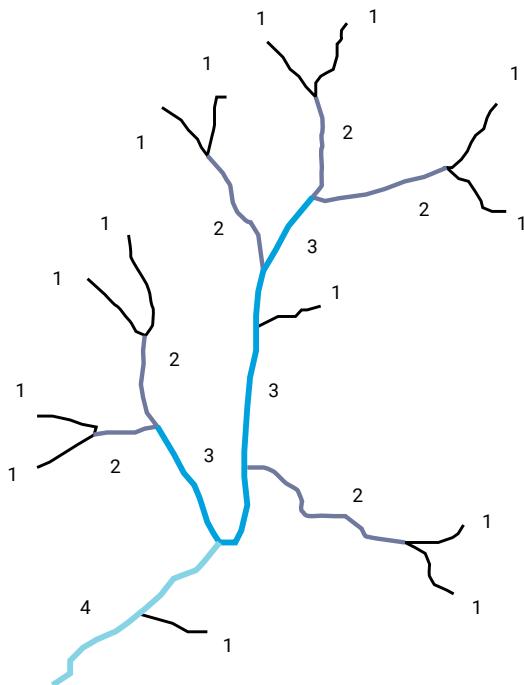
Generalmente, se suelen utilizar los sistemas de clasificación propuestos por Schumm (1956), Horton (1945) y Strahler (1964), estos denominan a los distintos cauces de acuerdo a un “orden”. Revisaremos algunos de estos sistemas a continuación.

##### a. Clasificación de los sistemas de drenaje según Schumm

Según Schumm, el orden número 1 se asigna al escurrimiento menor, o sea, a aquel que no pasa de ser tributario o talweg elemental (Figura 4.11). El río de orden 2 se forma de la unión de dos afluentes de orden 1. La confluencia de dos cursos de segundo orden da origen a un río de tercer orden, el cual puede tener otros afluentes de primer y segundo orden; y finalmente si confluye con un curso del mismo orden, forma un curso de cuarto orden. En definitiva, el río principal de la cuenca tiene el orden más elevado (Henao, 1998).

**Figura 4.11.**

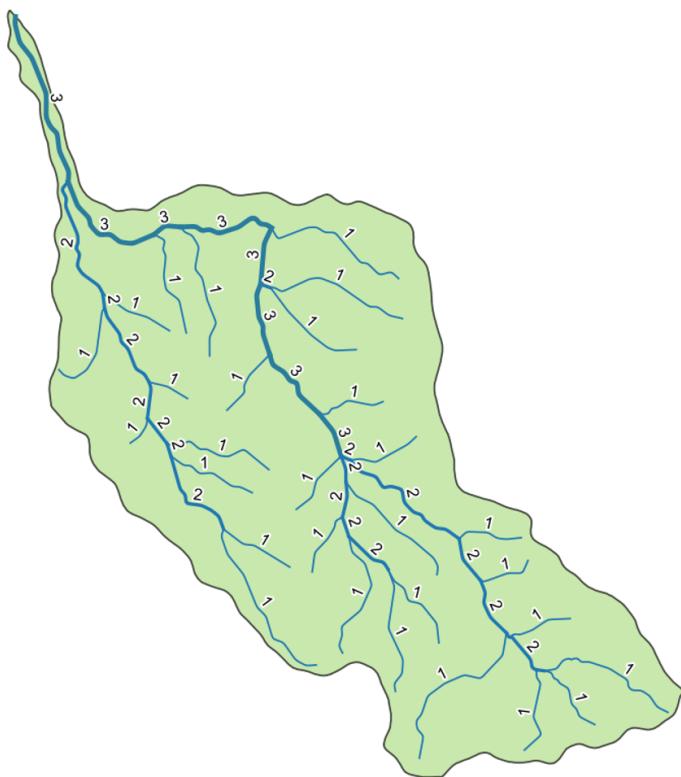
Representación de la clasificación del sistema de drenaje según Schumm.



Cabe señalar que en este sistema de clasificación no se suman geométricamente los órdenes. Es decir, la confluencia de un cauce de orden 1 con un cauce de orden 2 no da como resultado un cauce de orden 3, tampoco la confluencia de un cauce de orden 3 con otro de orden 3 resulta en un cauce de orden 6. Este sistema nos indica que la confluencia de dos cauces del mismo orden genera un cauce de orden superior y la confluencia de un cauce de un orden inferior con un superior hará que se mantenga el orden de este último. En el primer caso, se mantiene el orden 3 por ser el orden superior y en el segundo caso el cauce resultante tendrá el orden inmediato superior que es el 4. En la siguiente figura se muestra otro ejemplo.

**Figura 4.12.**

*Representación de la clasificación del sistema de drenaje según Schumm.*



**b. Clasificación de los sistemas de drenaje según Horton**

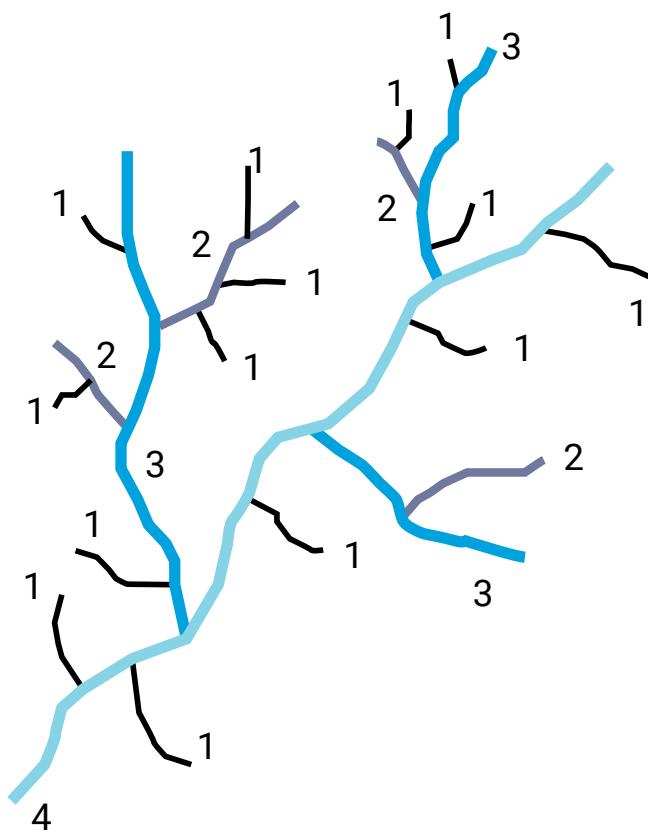
Gracias a la clasificación de Horton se conoce lo que se denomina red hidrográfica, por medio de índices numéricos. Según Horton, el

escurrimiento de primer orden es aquel que carece de tributarios y, por tanto, corresponde al talweg elemental, el cual es la base de iniciación del escurrimiento concentrado. Un talweg de segundo orden es él que recibe al menos uno o varios tributarios del primer orden (Henao, 1998).

Un talweg de tercer orden es aquel curso de agua al que confluyen uno o varios afluentes de segundo orden, pero él puede recibir directamente afluentes de primer orden y así sucesivamente hasta la corriente principal de la cuenca, que se considera tiene el talweg más elevado (Henao, 1998).

**Figura 4.13.**

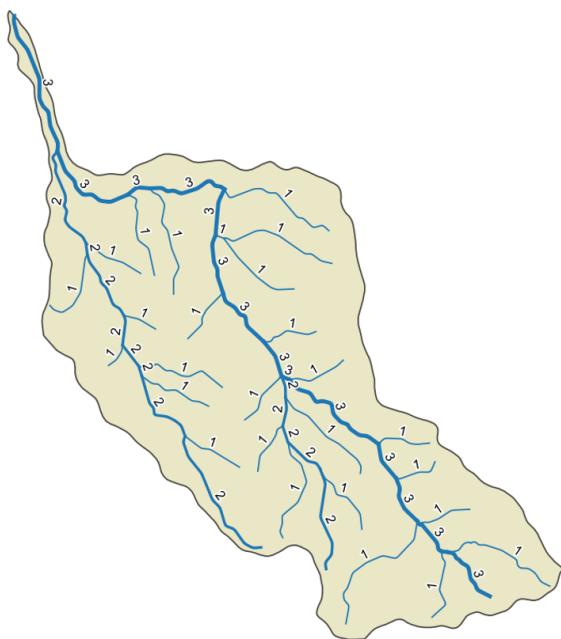
*Representación de la clasificación del sistema de drenaje según Horton.*



Aplicando este sistema de clasificación en la cuenca hidrográfica del ejemplo anterior, se tendría lo que se muestra en la siguiente figura.

**Figura 4.14.**

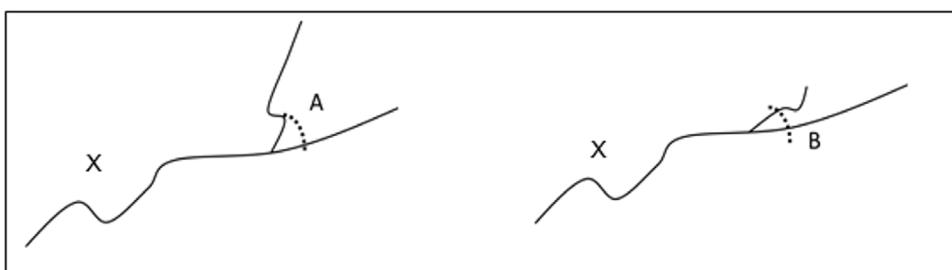
Representación de la clasificación del sistema de drenaje según Horton.



Aunque es posible realizar la clasificación de Horton de los talwegs, el problema es que es difícil identificar cuál es la prolongación del cauce principal al momento de encontrarse aguas arriba con una bifurcación. Para evitar este inconveniente, se considera un cauce principal el resultado del análisis de los ángulos o la longitud de los cauces. De esta forma, un tributario sería aquel que forma un ángulo más grande con la dirección general del río principal a la confluencia. Veamos esto en un gráfico que lo explica mejor:

**Figura 4.15.**

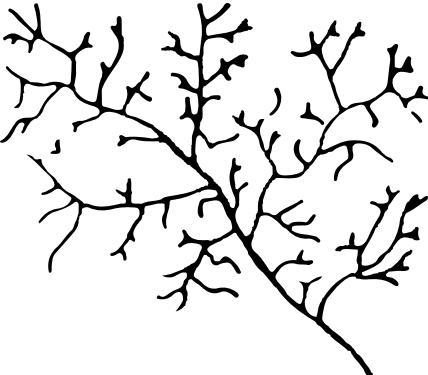
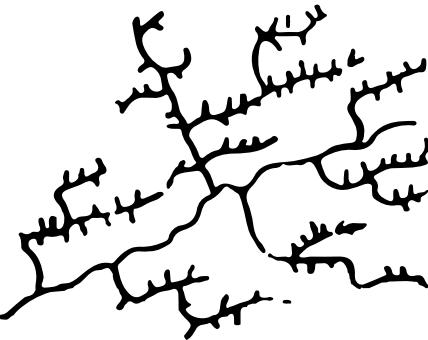
Identificación del cauce principal según Horton.

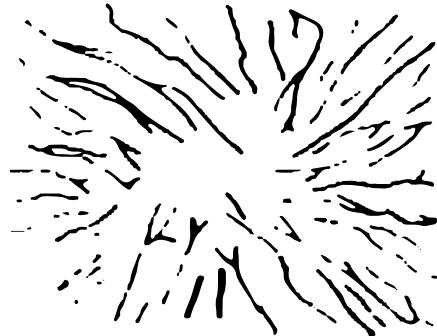
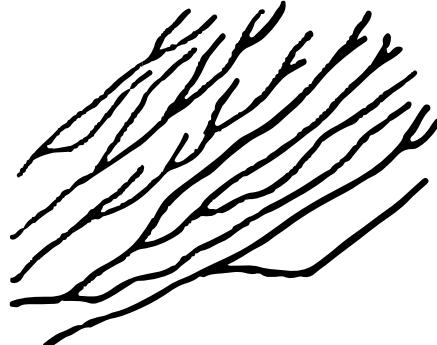
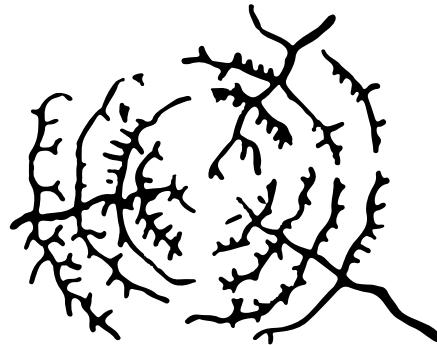
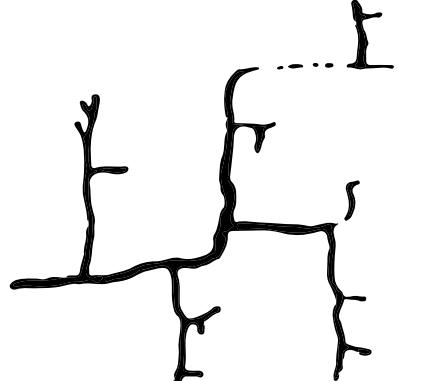


En este gráfico se puede apreciar que el cauce de ángulo A, sería el tributario ya que forma un ángulo mayor respecto al cauce X. En el ejemplo del cauce que forma el ángulo B, no tiene un ángulo mayor respecto a X, pero es de menor longitud. En ambos casos, según el sistema de Horton, se concluye que X es el cauce principal mientras que A y B son los tributarios.

#### 4.5.3. Tipos de sistema de drenaje

Los tipos de sistema de drenaje dependen de algunos factores como: la estructura del suelo, de la roca y su grado de fracturación y estratificación y de la topografía (Muñoz, 2011) y pueden diferir de un autor a otro. Aquí presentaremos los más importantes, revíselos y téngase presentes para que pueda comprender mejor cómo se originan y cómo se comportan. Por ello a continuación se presentan las Características de los principales sistemas de drenaje.

Sistema	Característica	Representación
Sistema Dendrítico	<p>Se forma sobre material como roca dura y homogénea, granulación fina, permeabilidad baja y resistente a la erosión.</p> <p>Se encuentra en topografías horizontales con pendiente leve.</p> <p>El drenaje corre en toda dirección.</p> <p>Es característico de lugares montañosos.</p>	
Sistema Rastrillo	Corre sobre rocas plegadas, inclinadas y con series de fallas paralelas.	

Sistema	Característica	Representación
Sistema Radial	Ocurre en zonas con elevaciones cónicas únicamente, por ejemplo volcanes.	
Sistema Paralelo	Se presenta en zonas con pendientes fuertes y uniformes con presencia de fallas paralelas y en terrenos de inclinación uniforme.	
Sistema anular	Se produce por el levantamiento periférico de las formaciones sedimentarias originales.	
Sistema rectangular	Corre sobre fallas, estructuras y diaclasas.  Su forma se debe a la angularidad de las rocas fracturadas que dan paso a cambios bruscos de dirección.	

Fuente. Muñoz, 2011. Imágenes tomadas de: Muñoz, 2011

#### 4.5.4. Densidad de drenaje

La densidad de drenaje se relaciona con la tercera ley de Horton. Es la concentración del drenaje con relación a toda la superficie de la cuenca y para ello se consideran la totalidad de los cursos de agua, sus longitudes y los respectivos órdenes. Para calcular la longitud deben medirse los cursos de agua tanto permanentes como temporales (Horton, 1945).

Su cálculo se realiza a través de la siguiente relación matemática:

$$Dd = \frac{Lx}{A}$$

Donde:

Dd = Densidad del drenaje de la cuenca en km/Km<sup>2</sup>

Lx = L<sub>1</sub>+L<sub>2</sub>+...L<sub>n</sub>, Suma de las longitudes de todos los ríos en km

A = Área total de la cuenca en Km<sup>2</sup>

El valor de la densidad de drenaje indica tres condiciones situacionales de la cuenca: geología, relieve y humedad. Un valor superior a 2,5 km/km<sup>2</sup>, indica que la lluvia caída en el terreno drena rápidamente. Conforme los valores ascienden, se deducirá que la roca es dura (no se deja resonar por cualquier drenaje), que el relieve es suave (en relieves fuertes los drenes se concentran), que el suelo es impermeable (no se pierden los drenes) y que la cobertura vegetal es densa (favorece la existencia de drenes) (Muñoz, 2011).

Para obtener las variables para el cálculo de Dd será necesario el trabajo con la red hídrica de la cuenca y mediante el uso de herramientas SIG para establecer la longitud de los cauces y el área de la cuenca.

#### 4.5.5. Tiempo de concentración (Tc)

En el apartado 4.3.6. Ya definimos el Tc e indicamos que es el tiempo en que tarda en movilizarse el agua desde la parte alta de la cuenca a la parte baja. A menor tiempo transcurrido, significa que la cuenca es pequeña y a mayor tiempo, significa que es una cuenca grande, el agua tarda en trasladarse y es menos propensa a las crecidas.

Para su obtención existen algunos métodos propuestos por varios autores, entre ellos los más recomendados para cuencas hidrográficas andinas son: el de Kirpitch (Araque et al., 2019) y California Culvert Practice (Castillo et al., 2021).

La fórmula de Kirpitch es la siguiente:

$$Tc = 0,0195 \left[ \frac{L^3}{H} \right]^{0.385}$$

Donde:

L = Longitud del cauce principal

H = Diferencia entre la cota mayor y la cota menor

La fórmula de California Culvert Practice es la siguiente:

$$Tc = \left[ 0,87 \frac{L_c^3}{H} \right]^{0.385}$$

Donde:

Lc = Longitud del cauce principal

H = Diferencia entre la cota mayor y la cota menor

El tiempo obtenido se expresa en minutos y para su obtención se debe obtener las variables con la ayuda de herramientas SIG.



### Actividades de aprendizaje recomendadas

Estimados estudiantes, las actividades propuestas a continuación no son evaluadas y no debe entregarlas al docente. Estas le permitirán verificar sus avances y reforzar los conocimientos en la unidad correspondiente.

#### Actividad 1: Revisión de recursos en línea

Revise el documento [¿Qué es una cuenca hidrológica?](#) Aquí encontrará información adicional sobre la obtención de los parámetros morfométricos.

Luego de haber revisado esta información, aplique sus conocimientos en la práctica que se plantea más adelante.

### **Actividad 2. Revisión de video**

**Revise el videotutorial de la obtención de los parámetros morfométricos utilizando QGIS**

Aplique los procedimientos que aquí se realizan utilizando el software QGIS y sus distintos complementos para el cálculo de los parámetros morfométricos.

### **Actividad 3. Práctica 3**

Desarrolle la actividad Práctica 3 que se publicará en la sección de anuncios académicos de la asignatura en la semana correspondiente. Para desarrollarla, descargue los recursos disponibles en la sección Archivos en la carpeta denominada “Datos Prácticas”.

Con el desarrollo de esta práctica podrá determinar realizar un análisis morfométrico de los principales parámetros de una cuenca hidrográfica.

### **Actividad 4.**

Le invito a participar en la siguiente autoevaluación, que le servirá para comprobar lo aprendido.



## Autoevaluación 4

Escoja la opción correcta.

1. ¿Para qué sirve el análisis morfométrico?
  - a. Nos brinda una estimación del comportamiento de crecida de una cuenca mediante métodos indirectos.
  - b. Nos permite analizar el ciclo hidrológico de la cuenca.
  - c. Nos brinda la posibilidad de conocer cómo se comporta el clima en la cuenca.
2. ¿Es posible utilizar la tecnología SIG para realizar un análisis morfométrico?
  - a. No. Porque no es útil para estos análisis.
  - b. No. Porque no existe información suficiente para hacerlo.
  - c. Sí. Porque se automatizan procesos y se obtienen datos con mayor precisión.
3. ¿Los límites de la cuenca son parte del análisis morfométrico?
  - a. Sí. Porque guardan estrecha relación con el perímetro de la cuenca.
  - b. No. Porque no afectan al comportamiento de la escorrentía de la cuenca.
  - c. Sí. Porque con ellos se obtiene la altitud de la cuenca.
4. La longitud axial (La) es:
  - a. La longitud del sitio más ancho de la cuenca.
  - b. La longitud total en línea recta del cauce principal, desde su origen hasta su desembocadura.
  - c. La superficie total de la cuenca.

5. El factor forma determina:
  - a. La cantidad de agua que contiene la cuenca.
  - b. La longitud total de la cuenca.
  - c. La velocidad con la cual llega el agua al cauce principal.
6. El factor forma (Ff) considera las variables:
  - a. Ancho promedio y longitud axial.
  - b. Área y perímetro.
  - c. Altitud y área.
7. El coeficiente de compacidad (Kc) compara la forma de la cuenca con:
  - a. Un triángulo.
  - b. Un círculo.
  - c. Una línea.
8. El coeficiente de compacidad (Kc) es un índice que toma valores entre:
  - a. 0 y 1.
  - b. 1 y 100.
  - c. 1 y 10.
9. Los sistemas de drenaje de Horton y Schumm se establecen de acuerdo a:
  - a. El tamaño de los cauces.
  - b. Índice de los cauces.
  - c. Órdenes de los cauces.
10. La densidad de drenaje considera entre sus variables a:
  - a. Ancho promedio.
  - b. Factor forma.
  - c. Longitud axial.

[Ir al solucionario](#)

Hemos llegado al final de Unidad 4 y del primer bimestre. Espero que lo que ha aprendido aquí le sirva para comprender mucho más el funcionamiento de una cuenca hidrográfica. Una vez que haya terminado de revisar los contenidos y recursos disponibles para esta unidad, ¿puede responder a las siguientes preguntas? Apunte sus respuestas en su cuaderno de notas de la asignatura.

*¿Para qué sirve el análisis de las características morfométricas de una cuenca hidrográfica?*

*¿Cómo se aplican los SIG para el análisis morfométrico?*

Si aún no puede responder a estas preguntas, será necesario que retroalimenta su aprendizaje revisando nuevamente los contenidos de la unidad. Si considera que ha respondido correctamente y no tiene duda de sus respuestas, ha aprendido al menos lo básico de esta Unidad. Siga Aprendiendo más de las cuencas hidrográficas.



## Semana 8

---

Revise los contenidos de cada una de las unidades antecesoras y retroalimenta su aprendizaje.

Prepárese para el desarrollo de la evaluación presencial del primer bimestre.



## Actividades finales del bimestre

Unidades 1, 2, 3 y 4.



## Actividad de aprendizaje recomendada

### Actividad 1:

- **Actividad de aprendizaje:** Revisar y analizar las temáticas y contenidos estudiados en el bimestre.
- **Tipo de recurso:** Evaluación presencial

- **Orientación metodológica:** La evaluación es presencial y se rinde al finalizar el bimestre. La fecha en la que debe rendir la evaluación es propuesta por la Universidad. Considere que esta actividad no se puede recuperar. Las preguntas son de opción múltiple con una sola respuesta correcta. Para repasar los contenidos de este primer bimestre, se sugiere realizar nuevamente las autoevaluaciones de las unidades correspondientes. Recuerde que la evaluación presencial es una actividad formativa – sumativa que evalúa la adquisición de las competencias del componente.
- **Instrumento de evaluación:** Evaluación impresa o en línea. Esta evaluación es parte de las actividades de aprendizaje autónomo.



## Segundo bimestre

### Resultado de aprendizaje 2

- Propone alternativas de gestión integral de recursos hídricos en función a las necesidades de las cuencas hidrográficas.

Antes de presentar los contenidos de la quinta unidad y con el resultado de aprendizaje dos, usted estará en la capacidad de identificar las condiciones iniciales de una cuenca para luego planificar y gestionar la misma, enfocándose en el recurso hídrico, y los demás elementos que componen la cuenca. Revisaremos algunos casos de manejo de cuencas hidrográficas de Ecuador para que usted pueda sistematizar toda esta información, y también vaya generando sus propios recursos.

En este bimestre usted aprenderá a desarrollar habilidades para identificar y describir problemáticas relacionadas con la gestión de los recursos hídricos en el Ecuador; para luego proponer soluciones de manejo de las cuencas, usando diferentes recursos que en la actualidad se proponen como es la Gestión Integrada de Recursos Hídricos - GIRH; misma que puede tener diferentes niveles de injerencia desde lo local, nacional y/o regional.

El poder proponer alternativas de manejo de los recursos hídricos es vital en la actualidad nacional y global, específicamente el sexto Objetivo de Desarrollo Sostenible incluye las metas que dan sentido al estudio de esta materia. Es por eso que se les presenta a los profesionales en formación de la carrera de gestión ambiental esta materia para que puedan aprender de otro muy buen campo de desarrollo profesional, que genere los cambios que la sociedad demanda.

### Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje



#### Semana 9

Estimado estudiante, iniciamos el estudio de este bimestre complementando el análisis de una cuenca hidrográfica, con otros elementos correspondientes al diagnóstico. Estos elementos le serán

de utilidad cuando lleve a cabo el manejo de los recursos que esta guía contiene en las unidades siguientes. En este sentido, analizaremos cómo las diferentes presiones antrópicas como por ejemplo la eliminación de coberturas naturales, pueden afectar a la cuenca y las formas para solucionar algunos de esos problemas.

## **Unidad 5. Diagnóstico de la cuenca hidrográfica**

---

Esta unidad se propone con la finalidad de ordenar los procedimientos iniciales, previo a poner en marcha el manejo de cuencas hidrográficas. Por ello se desarrollan los contenidos de la unidad de acuerdo a cómo podemos ir generando información, por lo que le recomendamos ir siguiendo las temáticas aquí abordadas.

### **5.1. ¿Cuál es el diagnóstico de cuencas hidrográficas?**

Es importante aclarar que como en cualquier diagnóstico lo que se hace es conocer el “estado del arte” de la cuenca; es decir, se intenta conocer su estado actual para compararlo con un patrón de referencia, así como las razones que han provocado una desviación o cambio. Este diagnóstico no consiste en simplemente recoger o sistematizar información, sino analizar e interpretar para saber el estado en que se encuentra la cuenca y las razones para que esté así.

Los diagnósticos son más ricos en la medida en que son realizados por equipos interdisciplinarios, y es aquí en donde como Gestores Ambientales (GA), tenemos el rol de coordinar equipos de este tipo, para obtener resultados que sean válidos para nuestros estudios en cuencas hidrográficas. También es conveniente en el diagnóstico tener en cuenta lo que establece el enfoque sistémico, así podremos relacionar los elementos que interactúan en la cuenca, así como su problemática y posibles alternativas de solución.

**Figura 5.1.**

Descripción de un taller participativo / interdisciplinario.



Tomada de: <https://images.app.goo.gl/65ikV6qH1jDUXBAv6>

## 5.2. Procedimiento para el diagnóstico con enfoque sistémico de cuencas

Las fases para el diagnóstico de cuencas no son lineales; por tanto, tampoco son una receta que hay que seguir al pie de la letra. Se trata más bien de lineamientos que aplicados en la realidad deben cubrir todos los aspectos a conocer, y sobre todo ser bastante metódicos al tratar de obtener la información que necesitaremos para nuestros fines de manejo y estudio de cuencas.

Existen muchos procesos para llevar a cabo un diagnóstico, el elegir uno depende de si este se adapte con nuestras necesidades, o a su vez cambiarlo de acuerdo a nuestra realidad. A continuación, le presentamos unos ejemplos de diagnósticos posibles a seguir.

### 5.2.1. Enfoque sistémico

El enfoque sistémico es tal vez el más aplicable para abordar la conceptualización de cuenca hidrográfica y su posterior desarrollo. Un enfoque sistémico de una cuenca, facilita un mejor conocimiento de su estructura y función, en términos que puede definir elementos y relaciones como, por ejemplo: profundidad hidrológica, divisoria de aguas, vaguada, interfluvio, flujo base, entre otros que fueron abordados en la unidad 1.

Al hablar de enfoque sistémico, hacemos referencia al análisis de cada uno de los factores entre ellos: clima local, fisiografía, cobertura vegetal, uso de la tierra, suelos, material parental y topografía, que tienen incidencia en una cuenca hidrográfica (Devia, 1991), y que pueden provenir de distintas fuentes de consulta.



*El enfoque ecosistémico permite analizar y evaluar factores involucrados dentro de contextos mayores o menores desde diversos escenarios (administrativos, económicos, naturales, socioculturales, etc.).*

Analicemos entonces algunos lineamientos o pasos, que pueden ser útiles para aplicar el enfoque sistémico. Nuestra meta será el Plan de Manejo de la Cuenca (PMC).

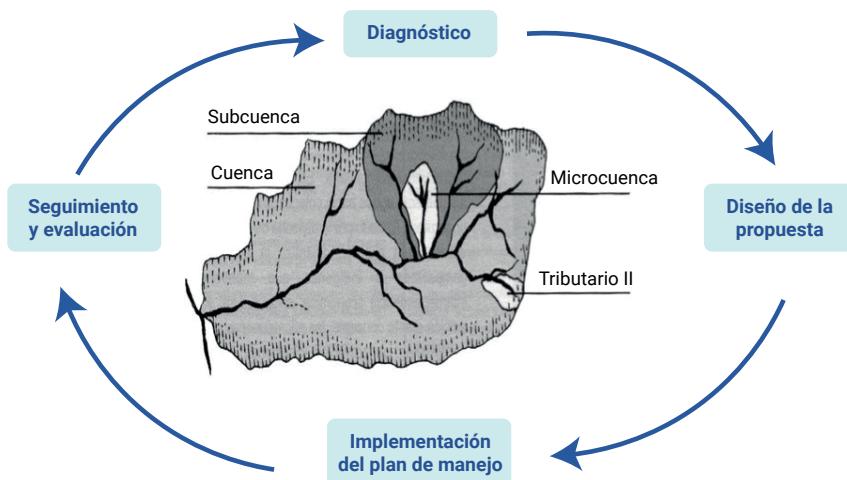
En la fase de diagnóstico debemos contar con:

- La decisión política y compromisos institucionales de los gobiernos locales que faciliten esta etapa
- Un equipo multidisciplinario
- Un plan de trabajo
- Difusión y sensibilización del proceso de elaboración del PMC

Para hacer un diagnóstico basado en el enfoque sistémico tenemos dos componentes: 1. El inventario, y 2. La caracterización. Antes de revisar estos dos componentes tenga en cuenta que para obtener un adecuado PMC debemos considerar los momentos de la planificación que son: diagnóstico, diseño de la propuesta, implementación del PMC y el seguimiento y evaluación; como lo ilustra la figura a continuación.

**Figura 5.2.**

*Momentos de la planificación para el manejo de cuencas hidrográficas.*



Fuente. IDEAM, 2004.

Ahora si pasamos a revisar el inventario y la caracterización que son pasos previos al diagnóstico de la cuenca.

### 5.2.2. Inventario

El inventario comprende la elaboración de mapas temáticos con el uso de las mejores tecnologías disponibles como SIG, así como la recopilación, análisis y generación de información no espacial, referida a los aspectos biofísicos, socioeconómicos y políticos; con el fin de conocer de manera integral el territorio de la cuenca hidrográfica objeto de estudio.

Debido a la aplicabilidad de sus conocimientos y habilidades desarrolladas previamente en el estudio de esta carrera, es necesario que aquí los condense, para ponerlos en práctica en contextos reales. En este sentido, le sugerimos revisar sus competencias en técnicas de trabajo participativo; levantamiento, análisis y sistematización de información; investigación de fuentes primarias y secundarias de información, y tratamiento de datos.

Como podemos observar en la tabla-resumen a continuación, hay una serie de técnicas y herramientas para el levantamiento de información que son comúnmente utilizadas para realizar el diagnóstico de una cuenca hidrográfica. Revísalas, y si cree que existen otras que no se han enumerado, es momento de tomar nota de ellas pues lo que se muestra es solamente una referencia.

## **Tabla 5.1.**

*Técnicas y herramientas para el levantamiento de información en un diagnóstico.*

<b>Técnicas para recolectar información</b>	<b>Herramientas</b>
Conservación informal con actores de la comunidad	Elaboración de transectos Diagrama de tortilla
Entrevistas y cuestionarios	Priorización de problemas
Observación directa	Mapa de servicios
Estudios de caso	Línea de tiempo
Sondeos	Mapa de recursos naturales y uso de la tierra
Diagnósticos participativos	Calendario estacional de actividades con enfoque de género
Revisión de información secundaria (bibliografía)	Ánálisis de beneficios.

Fuente. World Vision 2004.

Para efectuar un buen inventario de las condiciones ambientales, económicas y sociales de la cuenca objeto de estudio, se lo hace recopilando información tanto secundaria como primaria. Si no recuerda la diferencia entre estas dos, retroalimenta consultado su significado.

### **5.2.3. Caracterización**

Aquí se determinan y se estudian los parámetros que definen de una forma particular a la cuenca que estamos analizando. Por esta razón se suele realizar la caracterización de una cuenca en los aspectos biofísicos y socioeconómicos. Duroujeanni (1999), también hace referencia a un aspecto ambiental, sin embargo, comprendiendo que una cuenca es un ecosistema enviaremos el mismo para el presente análisis.

#### **a. Caracterización biofísica**

El conocer los elementos que mencionaremos en la tabla 5.2 de una cuenca, además de sus interacciones e interrelaciones; nos permite comprender a detalle el funcionamiento de una cuenca. Es justo aquí donde se analizan los factores biológicos y físicos de los estudiados con mayor detalle en la unidad 1. Adicionalmente, son parte de esta caracterización biofísica, el análisis morfométrico que revisamos en la unidad 8.

Se identifican inicialmente las unidades de terreno de la cuenca (unidad cartográfica según criterios fisiográficos y geomorfológicos). Esta actividad se efectúa a través de la interpretación de imágenes de satélite o fotografías

aéreas. Las unidades de terreno son la base para la sistematización, análisis y caracterización de los recursos hídricos, clima, suelo, cobertura vegetal, fauna y uso actual de la tierra de la cuenca.

### **Tabla 5.2.**

#### *Aspectos biofísicos a considerarse en la caracterización*

<b>Aspectos biofísicos</b>	<b>Descripción</b>
Suelos	Tipo de suelos (Pedología), clase de suelos (agrología), uso actual, conflicto de uso, pendientes, potencial de erosión, pedregosidad.
Sistemas de producción	cultivos predominantes, rendimientos, principales problemas de los sistemas
Agua	principales ríos, lagos, números de fuentes de agua, contaminación de fuentes de agua, porcentaje de familias con acceso a agua potable.
Flora	principales especies existentes.

Fuente. World Vision. 2004.

Toda esta caracterización biofísica permite la elaboración de mapas preliminares básicos de la cuenca hidrográfica tales como:

- Mapa de unidades de terreno
- Mapa climático
- Mapa hidrológico
- Mapa de suelos
- Mapa de vegetación
- Mapa de uso actual del suelo
- Mapa de amenazas de origen natural

Existen otros tipos de mapas o incluso variaciones, realizando un cruce de información entre los anteriormente nombrados; sin embargo, estos son los principales. En el siguiente recurso educativo usted podrá encontrar términos relacionados con el diagnóstico de cuencas.

#### [\*\*Diagnóstico de la cuenca hidrográfica.\*\*](#)

#### **b. Caracterización socioeconómica.**

En este sentido, la caracterización socioeconómica se relaciona con los factores humanos. Algunos de los aspectos que se consideran son: salud,

educación, vivienda, etc., aspectos también revisados en la unidad 1 y que se amplían en la tabla 5.3.

### Tabla 5.3.

Aspectos socioeconómicos a considerar en la caracterización o diagnóstico.

Aspectos socioeconómicos	Descripción
Salud	Servicios de salud (unidad, puesto, hospital, etc.), programas de salud (preventiva, curativa, reproductiva, materno-infantil, etc.), personal de salud, indicadores de salud (porcentaje de niños vacunados, de atenciones prenatales, de enfermedades diarreicas, de infecciones respiratorias agudas).
Educación	Número de centros educativos, años de escolaridad de cada centro, porcentaje de analfabetismo, etc.
Vivienda	Porcentaje de personas con vivienda propia, materiales de la vivienda, etc.

Fuente. World Vision. 2004.

La caracterización socioeconómica es un insumo fundamental para la formulación del inventario, que servirá a la vez para la posterior elaboración del PMC. Tiene como fuente de información secundaria aquellos documentos oficiales como: los planes de desarrollo municipal (PDM), planes de desarrollo parroquial, planes de desarrollo estratégico, planes de conservación, así como otras fuentes como datos estadísticos, sistemas nacionales de información, etc. A esta información se la debería ajustar con experiencias previas, lo observado en campo, talleres comunales, municipales y parroquiales, en donde se integran diferentes actores sociales.

Hoy en día la participación social es un requisito indispensable para los proyectos de toda índole, y mucho más cuando se refieren al uso, manejo, explotación, o conservación de recursos naturales; por tanto, debe desarrollar herramientas para asegurar que esta participación se cumpla a cabalidad.

En cuanto a los aspectos socioeconómicos, los productos que se deberán obtener se pueden reflejar en mapas como:

- Mapa base de asentamientos humanos
- Mapa base de densidad demográfica
- Mapa de flujos migratorios

- Mapa de distribución de la actividad económica
- Mapa de la red de educación y salud
- Mapa de infraestructura
- Mapa de amenazas de origen antrópico
- Mapa de conflictos socioambientales

Existe otro tipo de información valiosa para el diagnóstico de la cuenca, esto es lo político-institucional, y lo incluiremos aquí por tratarse en parte del aspecto social.

- Información político institucional. - Se trata de identificar y presentar los principales aspectos relacionados con la estructura político institucional y organizativa del lugar (parroquia, cantón, provincia, etc.), en donde se encuentra la cuenca hidrográfica objeto de estudio. La información sobre localización de tierras comunitarias, áreas protegidas, complementada con la explotación forestal, mineras o petroleras son esenciales al momento de recopilar este tipo de información.

Con la información colectada, se deben obtener mapas preliminares como:

- Mapa político-administrativo
- Mapa de derechos de uso
- Mapa de identificación de organizaciones representativas que se encuentran en la cuenca hidrográfica
- Mapa de concesiones
- Mapa de áreas prioritarias de conservación

### 5.3. Diagnóstico situacional de la cuenca

El diagnóstico situacional de una cuenca tiene ciertas implicaciones, principalmente la importancia en integrar y analizar la información, y la participación en este proceso de un grupo interdisciplinario de profesionales.



*Un proceso participativo y la socialización del proceso, avances, dificultades y resultados obtenidos es fundamental en el diagnóstico de una cuenca hidrográfica. Además, tome en cuenta que quien probablemente tenga más conocimientos sobre la cuenca (aunque empíricos) es la gente que vive en ella.*

A continuación, resumimos los aspectos técnicos como los sociales a considerar. Como usted conoce, muchos aspectos se relacionan estrechamente entre sí; y por ello tendrán en ocasiones dificultad en analizarlos por separado, tal vez ese no sea el inconveniente más grande; lo verdaderamente relevante es, que las particularidades que caracterizan a una cuenca sean consideradas.

#### **Tabla 5.4.**

*Elementos a considerar en el diagnóstico de aspectos técnicos y sociales.*

<b>Diagnóstico en aspectos técnicos</b>	<b>Diagnóstico en aspectos sociales</b>
Agricultura, donde se está dando, (por ej. pendientes, utilización de agroquímicos, etc.), cómo se está dando (por ej. efectos sobre la cuenca, sedimentación, erosión, etc.) de qué tipo es (comercial, subsistencia).	Rentabilidad económica de las actividades productivas, comparada con el tamaño familiar, condiciones económicas del entorno, comercialización, etc.
Pastoreo, intensivo, extensivo, regulado, capacidad de carga, compactación del suelo, sobresaturación de MO.	Estabilidad de la actividad productiva, rentabilidad, duración en el tiempo, número de miembros de la familia dedicados a la actividad, etc.
Tala (incontrolada, aprovechamiento forestal sostenible, especies utilizadas, etc.).	Problemática (pendientes, productividad del suelo, mano de obra, factores climáticos, etc.).
Vías de acceso y obras civiles (que afecten al estado de la cuenca).	Conocimientos y actitudes (que afecten al estado de la cuenca).
Actividades extractivas (minería metálica, no metálica).	Actitud, costumbres, cultura, costumbres alimenticias, modos de producción, hábitos de trabajo, autosuficiencia, dependencia, ayuda externa, cooperación, etc.
Uso del suelo, (uso y ocupación) que agrupa aspectos anteriores más otros tales como: terrenos de cultivo, asentamientos humanos, pastizales, plantaciones, zonas de conservación, etc.	Perspectiva, necesidades de quienes utilizan la cuenca ante cambios y mejoras.
En ocasiones se suele clasificar entre: uso predominante, compatible, prohibido, provisional, privado y uso potencial.	
Uso potencial del territorio, que muestra las características y aptitudes del terreno para ciertas actividades. Conflictividad, espacios sobre utilizados, subutilizados, etc. (ver clasificación de tierras de las cuencas de acuerdo a tratamiento).	Aspectos demográficos (natalidad, mortalidad, morbilidad, composición familiar, etc.).

Diagnóstico en aspectos técnicos	Diagnóstico en aspectos sociales
Riesgos naturales y provocados por el ser humano.	Desarrollo Comunitario (experiencias exitosas). Estudio socioeconómico.

Fuente. Muñoz, 2011.

En el siguiente recurso educativo usted podrá encontrar un juego de relaciones sobre estos aspectos técnicos y sociales descritos.

### Aspectos técnicos y sociales del diagnóstico de cuencas



#### Semana 10

Continuemos con el abordaje del diagnóstico de las cuencas hidrográficas, en esta semana nos concentraremos en revisar enlistar lo necesario en cartografía de la cuenca que no ha sido abordada anteriormente, así como lo que complementa la línea base.

#### 5.4. Cartografía para el manejo de cuencas

Como resultado de la caracterización está la representación gráfica, sistemática, georreferenciada, y otras actividades con base en la información obtenida. Esto no solo con la finalidad de condensar de cierta forma los datos, sino contar con una herramienta visual y demostrativa de nuestro trabajo. A más de los mapas señalados anteriormente en los apartados 5.2 y 5.3, se tendría que generar los siguientes:

- Mapa base.
- Mapa topográfico.
- Mapa de pendientes.

#### 5.5. Línea Base

La línea base es el marco de referencia cualitativo y cuantitativo que sirve para poder analizar los impactos y cambios a nivel biofísico y socioeconómico, relacionados con la implementación de actividades en un plan o proyecto (World Vision, 2004).

En los proyectos ambientales, de manejo de cuencas y de recursos naturales, los cambios e impactos se producen a mediano o largo plazo. Sin embargo, es importante monitorear los procesos, para establecer los ajustes necesarios y sustentar la intensidad de acciones en determinados componentes con el fin de asegurar los productos esperados.

Al monitorear períodos de corto plazo (3 a 4 años), la mayoría de cambios pueden ser poco relevantes en magnitud y no tendrán bases contundentes de sostenibilidad; por tanto, lo que se puede alcanzar en este horizonte de tiempo son umbrales de cambio que permitirán:

- Tomar decisiones para ajustar a las diferentes estrategias, métodos, y aplicación de técnicas que lleva el proyecto.
- Sustentar la necesidad de intensificar y fortalecer a determinados componentes para asegurar los productos esperados del proyecto.
- Respaldar la continuidad del proyecto, basados en los umbrales o indicadores de los primeros años.
- Demostrar los beneficios del proyecto, la importancia y beneficios de las actividades.
- Proveer criterios e información para formular propuestas de continuidad del proyecto.
- Lograr la interacción de otros actores o interesados en el proyecto.
- Reconocer el éxito o fracaso de los proyectos a corto plazo, y avance de los que son a largo plazo.

Una de las formas más utilizadas para organizar y manejar los datos e información en la línea base, es mediante los indicadores.

#### 5.5.1. Indicadores

El indicador es una expresión sintética y específica, que señala una condición característica o valor determinado en el tiempo; por ejemplo, podemos partir mencionando el tiempo una fecha o un año estaría muy bien “2016”, luego una condición o característica específica puede ser los “*incendios forestales*”, finalmente un valor determinado o cantidad sería una superficie, para este caso “10000 hectáreas”. Los indicadores pueden ser cualitativos y cuantitativos, dependiendo de la naturaleza de lo que se requiere evaluar, estos deben ser medibles y verificables, que permitan reconocer el éxito, fracaso o avance de la intervención.

Finalmente, para que el ejemplo hipotético de indicador que estamos formulando tenga sentido se debería mencionar el lugar y adicionar ciertos conectores lógicos; quedándonos este indicador así: *"En el año 2016 se incendiaron 10000 ha de bosques en las cuencas hidrográficas de la ciudad de Loja"*.

Los indicadores conducen a clarificar el significado de los objetivos del proyecto y proporcionan las bases para evaluar el cumplimiento de los objetivos y monitorear los avances.

#### a. Tipos de indicadores

Se pueden distinguir al menos cuatro tipos de indicadores, concordando cada uno de ellos con el nivel de planificación y los objetivos establecidos en cada nivel:

- **Indicadores de impacto:** indicadores relacionados con los logros a largo plazo, y las contribuciones de los proyectos o programas al cumplimiento del objetivo superior de la institución y/o grupo (misión y visión).
- **Indicadores de efecto:** indicadores relacionados con los logros a mediano plazo, y las contribuciones de los proyectos sociales al cumplimiento de los objetivos programáticos en una región específica (objetivos estratégicos).
- **Indicadores de resultado:** indicadores relacionados con los logros a corto plazo, y las contribuciones del proyecto social a resolver directamente problemas y necesidades del grupo (metas).
- **Indicadores de proceso/producto:** indicadores relacionados con el inmediato plazo y las contribuciones de los componentes y actividades al cumplimiento de los propósitos establecidos en cada objetivo específico del proyecto social (acciones clave).

#### b. Características de los indicadores

Para que un indicador sea completo se sugiere que este tenga mínimo 3 elementos: calidad, cantidad y tiempo; un ejemplo hipotético fue el mencionado en el apartado 5.5.1. Pero mientras más completos estos sean, la información que contienen será más apreciada, por lo que se

recomienda que los indicadores cumplan con la mayoría de las siguientes características:

- Medibles y fáciles de cuantificar.
- Tangibles.
- Aplicables sobre un rango de diferentes ecosistemas y sistemas económico-sociales.
- La recolección de datos debe ser fácil y de bajo costo.
- Adecuados al nivel de agregación del sistema bajo análisis.
- Permiten involucrar a la población local en el monitoreo y toma de decisiones.
- Realistas y alcanzables.
- Deben especificar un solo resultado medible por lograr.
- Eficientes para lograr que la información obtenida justifique el gasto de recursos económicos y tiempo incurrido en su recolección.
- Específicos, es decir basados en la información disponible “in situ”.
- Sencillos para permitir recoger rápidamente los datos a bajo costo.

Un ejemplo de **indicador de resultado**, contrario al ejemplo hipotético anterior que fue de diagnóstico; sería que: *“Transcurridos 10 años de sensibilización, organización y ejecución del PMC para el cantón Loja, se cuenta con 30000 ha de áreas de reserva destinadas como áreas de recarga hídrica”*

## 5.6. Monitoreo de calidad y cantidad de agua

Según Araque et al. (2019) la **calidad de agua** se define como el conjunto de características químicas, físicas y biológicas del agua. Los parámetros que la componen tienen mayor o menor grado de importancia dependiendo del uso que se pretenda dar a la misma. Entonces no serán iguales los valores por ejemplo en turbidez en un agua que se destinará al riego que en otra que se destina al consumo humano.

A continuación, enlistamos algunos de los parámetros que se tiene en consideración al momento de monitorear la calidad del agua.

- Turbidez
- Parámetros sensoriales (color, olor y sabor)
- Temperatura
- Sólidos disueltos totales

- Dureza
- pH
- Conductividad
- Corrosividad
- Calidad microbiana del agua

La **cantidad de agua** de las cuencas hidrográficas, depende principalmente de las condiciones ambientales como relieve, suelo, y clima.

Primero hablemos del suelo, por ejemplo, ciertos tipos de suelo pueden favorecer la infiltración del agua, mientras que otros favorecen la escorrentía. Sumado al tipo de suelo, está el manejo que se le dé al mismo para favorecer estos dos procesos nombrados del ciclo del agua.

Ahora, hablemos del clima, por ejemplo, dependerá de las condiciones climáticas como la presencia o ausencia de lluvias lo que favorecerá el establecimiento de un caudal de flujo base para una cuenca hidrográfica. A continuación, le presentamos un estudio de caso sobre los efectos del clima, cobertura vegetal y condiciones topográficas sobre el riesgo de erosión de suelo de una cuenca semiárida Andina al sur de Ecuador. En este estudio usted podrá apreciar estas diferencias climáticas, en las que se analiza las condiciones que presenta marzo como el mes más lluvioso y agosto como el mes más seco.



#### Estudio de caso, cuenca hidrográfica Catamayo.

En cuanto al **caudal de los ríos** y sus fluctuaciones, se han dado ciertas denominaciones a los mismos:

- **Ríos perennes:** ríos que presentan bajas fluctuaciones de caudal a nivel del año debido a que se encuentran localizados en zonas de alta pluviosidad.
- **Ríos estacionales:** como su nombre lo indica son ríos fuertemente influenciados por las épocas de lluvia conocidas como invierno y verano.
- **Ríos transitorios:** ríos que se encuentran en sitios con baja pluviometría y aparecen únicamente en época lluviosa.

En relación con el agua que circula por los cauces naturales de las cuencas, también se utilizan los siguientes términos:

- **Caudal natural:** cantidad de agua que tiene el cauce de un río bajo condiciones hidrológicas normales.
- **Caudal ambiental:** cantidad de agua mínima presente en un cauce natural, con la finalidad de garantizar la flora y la fauna que acoge el río.
- **Caudal mínimo remanente:** caudal mínimo continuo que se tiene en el cauce de un río, mismo que no puede ser aprovechado en proyectos de infraestructura y que garantiza la sustentabilidad de la flora y fauna acuática.

Para la evaluación de caudales, puede revisar la norma técnica ecuatoriana NTE INEN-ISO 748 [Hidrometría, Medida de caudal de líquidos en canales abiertos ... \(ISO748:2007, IDT\)](#)

Estimado estudiante, hemos culminado la Unidad 5 y con ello usted cuenta con los elementos para adentrarse en el manejo de una cuenca hidrográfica, por lo que es momento de empezar el estudio de la siguiente unidad, continúe con los mismos ánimos.



### Actividades de aprendizaje recomendadas

Estimados/as estudiantes, las actividades propuestas a continuación no son evaluadas y no debe entregarlas al docente. Estas le permitirán verificar sus avances y reforzar los conocimientos en la unidad correspondiente. Se sugiere tomar nota del aprendizaje logrado con ellas.

#### Actividad 1: Resumen de contenidos e ideas clave

Elabore su propia tabla en la que pueda determinar con claridad aquellos aspectos que se consideran tanto para la caracterización biofísica como la socioeconómica, considerando lo ya elaborado en el análisis morfométrico.

Una vez que haya concluido con esta actividad, habrá reforzado sus conocimientos y tendrá un resumen sencillo que le permitirá estudiar a futuro estos contenidos.

## **Actividad 2: Análisis situacional**

Analice la realidad de las cuencas hidrográficas de su entorno y si existen participación y mecanismos de participación de la población en el manejo de las mismas.

Este breve análisis le ayudará a determinar el grado de participación en la toma de decisiones sobre el manejo de los recursos hídricos. Reflexione cómo se podría mejorar la participación y tome nota de ello en su cuaderno de apuntes de la asignatura.

## **Actividad 3: Revisión bibliográfica**

Revise la normativa norma técnica ecuatoriana relacionada con la calidad de agua que se destine para uso agrícola (riego), o para consumo humano (agua potable) NTE INEN-1 108:2011 [NTE para Agua potable. Requisitos](#). Y determine cuáles son los parámetros más importantes relacionados con la calidad del agua que describe la norma para cualquiera de estos usos.

Este análisis le será de mucho aprendizaje para conocer la normativa de manera general y establecer en cuál de ellas se encuentran descritos los parámetros de calidad del agua para diferentes usos.

## **Actividad 4: Práctica 5**

Desarrolle la actividad Práctica 5 relacionada con la determinación de la calidad del agua, la cual se publicará en la sección de anuncios académicos de la asignatura en la décima semana correspondiente. Para desarrollarla, descargue los recursos disponibles en la sección Archivos en la carpeta denominada “Datos Prácticas”.

Con el desarrollo de esta práctica, se podrá determinar de manera sencilla la calidad del agua de un caso determinado en función de la comparación con la normativa ambiental.

Para comprobar lo aprendido, le invito a desarrollar la siguiente autoevaluación.



## Autoevaluación 5

Responda con una V para el ítem verdadero o una F para falso, según corresponda.

1. ( ) El diagnóstico de la cuenca implica conocer el estado del arte comparándolo con un patrón de referencia.
2. ( ) Es necesario que un diagnóstico sea determinado únicamente por profesionales del medio ambiente.
3. ( ) El enfoque sistémico significa analizar y evaluar los factores involucrados en algunos escenarios en los que se enmarca la gestión de las cuencas hidrográficas.
4. ( ) Dos de los aspectos previos al diagnóstico son la socialización de resultados, y evaluación y seguimiento del plan de manejo de una cuenca.
5. ( ) El inventario incluye, entre otras cosas, la construcción de mapas para conocer de forma integral el territorio de la cuenca.
6. ( ) Un aspecto de la caracterización biofísica es conocer los servicios básicos y de salud con que se cuenta en una cuenca.
7. ( ) Un resultado de la caracterización socioeconómica es un mapa de asentamientos humanos.
8. ( ) Un mapa de uso actual de suelo es un resultado de la caracterización biofísica.
9. ( ) La información política-institucional no es relevante para la caracterización de una cuenca.

10. ( ) Una de las formas más utilizadas para organizar y manejar los datos e información en la línea base es mediante los indicadores.

[Ir al solucionario](#)

Luego de haber contestado la autoevaluación, le invitamos a comprobar sus aciertos en el solucionario que se encuentra al final de esta guía didáctica. Si falló en alguna pregunta, no se desanime, vuelva a revisar el contenido en el que están estos vacíos y con seguridad mejorará su conocimiento.



Continuamos con el estudio de la asignatura en esta decimoprimer semana, en la que revisaremos contenidos de la Unidad 6 que aborda la planificación para el manejo de cuencas hidrográficas; aquí converge lo anteriormente estudiado, y se suman las herramientas de planificación.

## **Unidad 6. Planificación para el manejo de cuencas hidrográficas**

---

El estudio de cuencas hidrográficas, sus componentes, comportamiento, aspectos técnicos, socioeconómicos, legales y demás terminan por llevarnos a conocer “¿cómo hacer el manejo de las mismas?”. Es por esto que a continuación vamos a revisar una herramienta muy valiosa como instrumento de gestión de recursos hídricos que nos puede servir para planificar el trabajo a ejecutarse dentro de una cuenca.

Empecemos entonces.

### **6.1. ¿Para qué planificar el manejo de cuencas?**

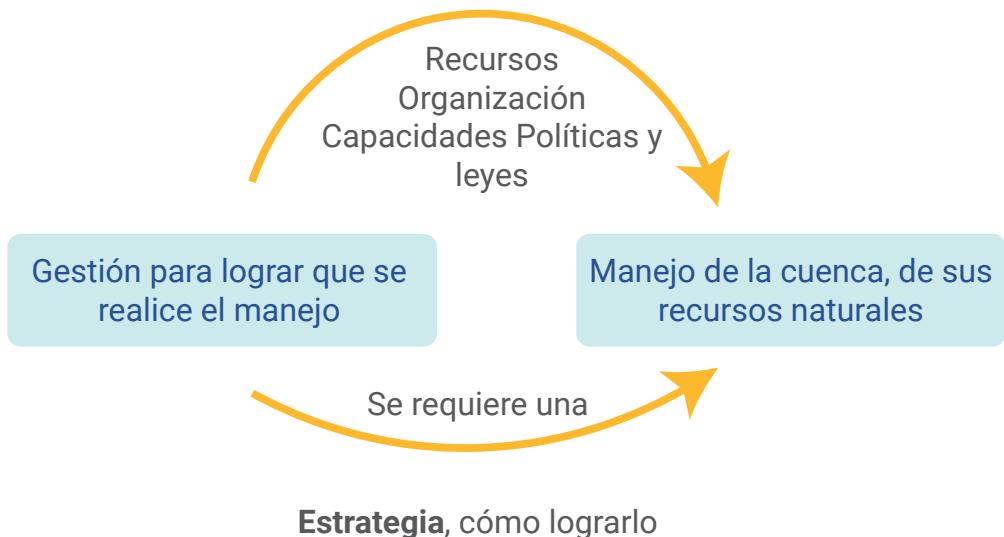
La planificación de cuencas hidrográficas, o de recursos hídricos; tiene como finalidad resolver de forma “ordenada” los problemas específicos que aquí se presentan. Así también tiene la intención de coordinar los esfuerzos y recursos disponibles de tal manera que se utilicen eficientemente para obtener beneficios a corto y largo plazo.

A lo largo del tiempo, la planificación de cuencas ha evolucionado desde la necesidad de resolver problemas específicos como, por ejemplo, eventos de inundaciones o problemas con la cantidad o calidad de agua para consumo humano. Luego, la planificación de cuencas se centró en un uso múltiple considerándose la “problemática de uso competitivo” que enfrentan los recursos hídricos, por ejemplo, el agua para consumo humano y agua para la producción agrícola y pecuaria. Hoy en día, se aborda la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH), que implica un manejo no solo del agua sino de otros elementos asociados a ella, haciéndose hincapié no solo a la cuenca como tal, sus recursos naturales y procesos biofísicos, sino también a los aspectos socioeconómicos.

Por otro lado, si consideramos también que la cuenca es la unidad de gestión ideal, la planificación es importante porque permite tener resultados tangibles y evaluables en un espacio de territorio controlado. Es justamente por esta razón que está considerada en herramientas de planificación a nivel macro como ocurre en nuestro país con los planes nacionales de desarrollo como el Plan Nacional de Desarrollo, el Plan Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial, y el Plan Nacional del Agua.

**Figura 6.1.**

*Importancia de la planificación para obtener el Plan de Manejo de Cuencas hidrográficas*



Sin lugar a dudas para alcanzar nuestro objetivo es necesario tener una estrategia para lograr los resultados deseados y es ahí donde la planificación para el manejo de cuencas resulta clave como lo muestra el esquema anterior.

## 6.2. Plan de manejo de cuencas hidrográficas (PMC)

Una vez que tenemos la información que hemos levantado, sistematizado y construido en el diagnóstico de la cuenca hidrográfica (inventario y caracterización), estos se convierten en insumos del PMC.

Para comprender mejor de qué se trata este plan, analicemos su definición:

“El plan de manejo es el documento que plantea los problemas más significativos del área y el objetivo principal que se busca alcanzar con el ordenamiento y manejo de la cuenca” (Hernández, 1993).

“Los planes de manejo de cuencas en el contexto global, se conceptualizan como instrumentos directrices para ordenar las acciones que requiere una cuenca hidrográfica, para lograr un uso sostenible de sus recursos naturales”. El diseño del plan de manejo de cuencas, requiere de una formulación técnica, luego definir el modelo que le corresponde y finalmente el proceso técnico y social para definir las actividades” (World Vision, 2004).

En definitiva, cuando nos referimos al plan de manejo, nos encontramos frente a un documento técnico que incluye un proceso de acciones y lineamientos a ejecutarse en un área determinada que en este caso es la cuenca hidrográfica, y que debe ser asumido por los tomadores de decisiones y otros actores claves.

### 6.3. Proceso de planificación de cuencas hidrográficas

El proceso de planificación puede variar dependiendo de las particularidades del plan, del lugar donde va a ser realizado y de los actores involucrados, no existe un procedimiento estándar establecido. No obstante, podemos establecer ciertos lineamientos útiles para la construcción del plan y para saber manejar adecuadamente las situaciones que se vayan presentando.



*Uno de los aspectos críticos en el diseño del plan de manejo de cuencas es la concertación de intereses y necesidades de los actores locales, de las organizaciones y de las instituciones presentes.*

Una de las preocupaciones de quienes tienen la responsabilidad de implementar el plan de manejo de la cuenca, es lograr un resultado viable, para que se pueda implementar todo lo expuesto; en relación con los intereses y decisiones de los actores locales y de sus organizaciones (World Vision, 2004).

La metodología de “planificación integral” hace más compleja esta tarea, ya que no solo se abordan los problemas asociados con los recursos naturales, sino con el propio desarrollo económico y social local. La clave del éxito en

este caso estará en una buena conducción de los actores participantes, en el desarrollo de un enfoque claro, con objetivos bien definidos y propósitos realizables en los diferentes horizontes de la planificación (World Vision, 2004). Un ejemplo de cómo conseguir una “planificación integral” es básicamente con la conformación de equipos multidisciplinarios (que lo vimos en la Unidad 5) y el incluir a todos los actores clave de la cuenca, personas interesadas “stakeholders” y tomadores de decisión. En conjunto, los stakeholders y los tomadores de decisiones deben identificar conflictos y plantear mediaciones, para encontrar una visión de desarrollo ideal o futuro deseado.

Por esta razón, durante las diferentes etapas del desarrollo de un PMC, es imprescindible que tanto las organizaciones locales, las instituciones y las entidades comprometidas en los objetivos de un plan de manejo, se incorporen o integren en forma representativa, con equidad de género e igualdad en responsabilidad y derechos. Solo así será posible lograr la concertación necesaria para satisfacer las demandas y expectativas de los actores clave de la cuenca. Un ente o medio promotor debe ser identificado para apoyar y catalizar el proceso, según los casos este puede ser un ente estatal, municipal, comunitario o de otras organizaciones (World Vision, 2004).

 *El elemento fundamental en el proceso de planificación para el manejo de cuencas es la participación de actores claves, solo así se pueden concertar intereses y necesidades. Esto es un proceso que requiere de un apego estricto a las normas legales y acompañamiento técnico constante.*

A continuación, le invitamos a revisar un recurso educativo relacionado con la planificación para el manejo de cuencas hidrográficas del Ecuador.

### [Planificación de las Cuencas Hidrográficas del Ecuador](#)



**Semana 12**

Continuamos con el estudio de la planificación para el manejo de las cuencas hidrográficas en esta decimosegunda semana, en la que debe tener presente ciertos aspectos clave para que el manejo y gestión de cuencas sea efectivo.

## 6.4. Estructura de un plan de manejo de cuencas hidrográficas

A estas alturas, es comprensible entender algunos planteamientos que pueden generarnos ciertas dudas como: ¿qué hacer con toda la información, qué orden seguir, qué aspectos son más relevantes?, entre otras. Pues bien, sin querer establecer un orden estricto en la estructura del plan, damos pautas para su construcción y ponemos a disposición de ustedes algunos lineamientos para estructurar el plan.

Recordemos la Figura 5.1 del proceso de planificación para el manejo de cuencas hidrográficas, que tiene 4 grandes componentes: Diagnóstico, Diseño de la propuesta, Implementación del plan de manejo, y Seguimiento y evaluación. Los volvemos a mencionar para tenerlos en cuenta en su aplicación más adelante.

Como usted recordará, nos encontramos en la fase que corresponde al *diseño de la propuesta*, es decir el diseño del PMC. Este PMC debe tener una estructura que se ajuste a la realidad, por tanto, deberá ser sistemático y claro. World Vision (2004) nos presenta una propuesta del mismo, que ponemos a su disposición en el anexo [Modelo de estructura de un plan de manejo de cuencas hidrográficas](#).

Como podrá usted notar, en esta estructura existen componentes que no hemos analizado y que probablemente tampoco son parte de nuestra formación profesional. Justamente en este punto es en dónde radica la importancia de que el PMC sea construido de forma interdisciplinaria en donde cada profesional aporte desde su línea de trabajo conocimientos y propuestas claves, ante la problemática por resolver. No olvide que el elemento fundamental de la planificación es la participación de todos/as las/los actores claves.

## 6.5. Condiciones facilitadoras para el manejo de cuencas hidrográficas.

Con base en el rol que tenemos como gestores ambientales de facilitadores en los procesos de diseño y puesta en marcha del PMC. Deberemos crear un ambiente propicio para poder tomar decisiones acertadas y así conseguir los resultados esperados en la gestión de cuencas. Por lo que a

continuación se presentan algunas condiciones que facilitan el desarrollo de estos procesos:

- a. **Sensibilización:** que se desarrolla al momento de iniciar el ingreso al territorio, orientando las acciones a demostrar y la importancia de conservar los recursos naturales, a valorar los beneficios que se logran de ellos y sobre todo el reconocer que debemos trabajar en la cuenca para conseguir los cambios que queremos en la misma.
- b. **Comunicación:** paralelamente con la sensibilización se desarrolla el contacto con los diferentes actores de las cuencas y con la población en general; esto requiere una adecuada modalidad de diálogo, con intercambio de ideas, discusiones y acuerdos.
- c. **Conocimiento:** es determinante conocer el territorio con sus elementos biofísicos y socioeconómicos, que los revisamos en las Unidades 4 y 5 de esta guía. Como recordarán para esto debemos valorar de manera integral a la cuenca, sus problemas, intereses, demandas y/o expectativas que los actores tienen.
- d. **Organización:** es una condición clave para trabajar en las cuencas, sería difícil trabajar con cada una de las familias o personas, por esa razón se prefiere considerar mantener y desarrollar las actividades con las organizaciones de base, que a su vez están representadas por sus líderes y autoridades.
- e. **Mecanismos de participación:** para lo cual es importante definir y tomar acuerdos sobre las formas y mecanismos de participación, esto depende de la escala del territorio, si es a escala de finca, microcuenca, o la cuenca en su conjunto.
- f. **Derechos:** es muy importante informar, comunicar y explicar a los participantes en los procesos de manejo de cuencas sobre los derechos que poseen para opinar, presentar sus propuestas, manifestar sus acuerdos y tomar decisiones.
- g. **Político y legal:** el tener respaldo legal tanto para la organización como para los recursos naturales, incluyendo incentivos. Así mismo que se cuenta con el respaldo de las autoridades de los territorios, en relación con la normativa pertinente.

- h. **Beneficios:** es importante que los participantes puedan tener información y conozcan de manera concreta, sobre los beneficios de apoyar y participar en estos procesos.

También parte de nuestra visión como gestores ambientales es buscar una gestión sostenible de las cuencas hidrográficas, con el fin de que sus pobladores consigan una calidad de vida. Para ello sugerimos que en este proceso de planificación para el manejo de cuencas se incluya una evaluación de los impactos ambientales que se podrían generar durante todo el PMC y ejecución del mismo. A continuación, abordamos sucintamente este tema.

## 6.6. Evaluación de impacto ambiental en el manejo de cuencas hidrográficas

A lo largo de su formación profesional usted se ha encontrado con un sinnúmero de actividades, elementos o factores que causan impactos ambientales a los sistemas naturales ya sean positivos o negativos. Así mismo, al cursar el componente de impactos ambientales pudo estar al tanto de los métodos y herramientas para el análisis, control, mitigación o minimización de los mismos. Pues bien, estos tienen su aplicabilidad en el contexto técnico como lo es el diseño e implementación del PMC. No pretendemos analizar a detalle estas herramientas que usted ya conoce, sino más bien enlazarlas con el manejo de cuencas y por ende de los recursos hídricos y recursos asociados.

El observar los impactos ambientales como resultado del manejo de cuencas es indispensable, puesto que aquí se desarrollan acciones que también pueden afectar tanto positiva como negativamente a los componentes ambientales.

Tome en cuenta que al diseñar un PMC, no hablamos precisamente de ejecutar únicamente actividades de conservación de los recursos, sino también de actividades que bajo el criterio de sostenibilidad deben ejecutarse para el beneficio de la población humana que se asiente en la cuenca o se sirva indirectamente de los beneficios que provee la cuenca hidrográfica en la forma de bienes y servicios ambientales.

Si realizamos un balance de las actividades que se ejecutan en los aspectos productivos, es obvio pensar que muchas actividades producirán más

impactos negativos que positivos sobre los componentes naturales; no obstante, es justamente ahí donde debe apuntar el PMC. Es decir, sopesar los impactos negativos con actividades o acciones que hagan que estos sean mínimos y/o no perdurables.

Por otro lado, también están las acciones de recuperación de la cuenca. Tenga en cuenta que estas podrían generar impactos ambientales negativos a un inicio, pero luego pueden transformarse en todo lo contrario, por ejemplo: un programa de reforestación podría al inicio de su implementación generar impactos negativos sobre la fauna, el suelo, o la provisión de agua; no obstante, estos impactos se convertirán en positivos a largo plazo cuando el bosque se encuentre establecido.

Finalmente, le recomendamos utilizar (de acuerdo a cómo esté diseñado el PMC), las diferentes herramientas de análisis y evaluación de impactos ambientales. Entre las distintas herramientas con que se cuenta, podría simplemente usar una lista de revisión o chequeo, o podría hacer una evaluación de impactos ambientales detallada.

Bien, ya hemos revisado el 50 % de los momentos de la planificación para el manejo de cuencas hidrográficas. Analizaremos en la Unidad 7 la implementación o puesta en marcha de este plan de manejo.



## Actividades de aprendizaje recomendadas

Estimados/as estudiantes, las actividades propuestas a continuación no son evaluadas y no debe entregarlas al docente. Estas le permitirán verificar sus avances y reforzar los conocimientos en la unidad correspondiente. Se sugiere tomar nota del aprendizaje logrado con ellas.

### Actividad 1:

Revise el plan de manejo de una cuenca

que sea de su interés, analice la información contenida como base para su elaboración. Los sitios en los cuales puede descargar esta información son las páginas web de los GAD, o en las páginas web de algunas plataformas que impulsan el manejo y conservación del agua; por ejemplo, FONAG (Fondo para la Protección del Agua), FORAGUA (Fondo Regional del Agua), o directamente en el buscador de Google.

**Actividad 2:**

Compare la estructura de un plan de manejo de una cuenca cualquiera, con la estructura que se ha presentado en esta guía. ¿Qué elementos tienen en común?

**Actividad 3:**

Consulte la Ley de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua y relaciónela con los impactos ambientales en cuencas hidrográficas. ¿Analice cuál método sería el más ajustable para un programa de reforestación?

Una vez finalizado el estudio de las temáticas abordadas en la Unidad 6, es momento de demostrar lo aprendido contestando la siguiente autoevaluación.



## Autoevaluación 6

Responda con una V para el ítem verdadero o una F para falso, según corresponda.

1. ( ) La planificación para el manejo de las cuencas hidrográficas, representada por el plan de manejo, condensa todo el análisis sobre la realidad de una cuenca hidrográfica.
2. ( ) La planificación de cuencas hidrográficas o planificación de recursos hídricos tiene como finalidad resolver de forma “ordenada” los problemas específicos que aquí se presentan.
3. ( ) Desde que apareció la necesidad de planificar el manejo de los recursos hídricos los enfoques no han evolucionado.
4. ( ) La gestión integrada de los recursos hídricos implica un manejo no solo del agua, sino de otros elementos asociados a ella, aquí se hace hincapié no solo a los procesos biofísicos y la cuenca como tal, sino también al aspecto socioeconómico.
5. ( ) El plan de manejo es el documento que plantea los problemas más significativos del área y el objetivo principal que se busca alcanzar con el ordenamiento y manejo de la cuenca.
6. ( ) Los planes de manejo son instrumentos sociales que, aunque son valiosos, no pueden ser utilizados por los encargados de tomar decisiones.
7. ( ) El aspecto más sencillo de sobrellevar en el proceso de planificación del manejo de cuencas es la concertación de intereses y necesidades.
8. ( ) El elemento fundamental en el proceso de planificación para el manejo de cuencas es la participación.

9. ( ) Debido a que las actividades que se ejecutan en una cuenca son todas positivas, no es necesario un análisis de los impactos ambientales.
10. ( ) Es posible que algunas actividades de recuperación de la cuenca hidrográfica generen, a corto plazo, impactos ambientales negativos.

[Ir al solucionario](#)

Luego de haber contestado la autoevaluación, lo invito a comprobar sus aciertos en el solucionario que se encuentra al final de la guía didáctica, si fallo en alguna de ellas, no se desanime, vuelva a revisar el contenido en el que exista vacíos y con seguridad mejorará su conocimiento.



## Unidad 7. Manejo de cuencas hidrográficas

Estimado estudiante, en esta unidad analizaremos algunas estrategias que se utilizan para llevar a cabo un manejo adecuado de los recursos en una cuenca hidrográfica.

Analizaremos cómo las diferentes presiones pueden afectar a una cuenca y las formas para solucionar algunos de esos problemas.

### 7.1. La cuenca como sistema

En la Unidad 5 revisamos un aspecto muy importante como es el diagnóstico de la cuenca con enfoque sistémico; es decir, intentar considerar todos los elementos que la conforman, pues bien, a eso también se lo conoce como visión holística.

Recordemos a cada momento la estrecha relación que caracteriza a una cuenca: suelo-cubierta vegetal-agua, pues de esa manera podremos analizar las presiones que enfrenta la cuenca en cada uno de estos elementos.

Existen algunas cuestiones a considerar en el funcionamiento de una cuenca. Para hacer más entendible esto planteamos las siguientes preguntas: ¿por qué las necesidades de la gente que se encuentra viviendo dentro de una cuenca o en los alrededores de una cuenca implican presiones? ¿En qué momento se rompe la relación: ser humano-naturaleza como una especie dependiente de su ambiente?

Revisemos algunas posibles respuestas a estas interrogantes. Una cuenca puede analizarse como un ecosistema en el cual, si uno de sus elementos que está en constante interacción con su nicho u otra especie, se afectare; podría implicar la afectación al funcionamiento natural de todo el ecosistema. Claro que esto dependerá del tipo de relación y grado de resiliencia que tengan las especies que se encuentran interactuando dentro de este ecosistema hipotético. En la Figura 7.1 que le mostramos a continuación que indica los componentes de una cuenca hidrográfica y que ya fueron estudiados en el primer bimestre; se lo observa al ser humano

justo en el centro; es justamente el ser humano una de las especies que tiene la mayor resiliencia o adaptabilidad a las alteraciones que se producen en los ecosistemas.

**Figura 7.1.**  
*Componentes de la cuenca hidrográfica.*



La cuenca hidrográfica bajo esta premisa, podría ser considerada como un sistema sustentable pues la materia y energía es ciclada constantemente de tal forma que nada se desaproveche. Bajo este análisis es necesario mantener un relativo equilibrio con miras al uso sostenible de los recursos naturales por el ser humano que es nuestra meta final como Gestores Ambientales.

Con este análisis previo no decimos que el manejo de cuencas sea fácil, sino que sería más llevadero si se realiza considerando el enfoque eco sistémico. También podría alcanzarse si se usaran recursos hasta ahora no tan

explotados como, por ejemplo: conocimientos ancestrales, uso alternativo y sostenible de recursos, prácticas de explotación sostenibles, minimización de impactos ambientales, entre otros. Por otro lado, la voluntad de manejar de manera sostenible los recursos en una cuenca se lograría con: una visión política proyectista, formación de cultura ambiental, educación ambiental continua, asignación justa de incentivos socioeconómicos donde existan presiones a los recursos naturales, entre otras.

Con lo expuesto en este apartado 7.1 esperamos quede más clara la necesidad de una integración de aspectos bajo una visión holística para el manejo de cuencas.

## 7.2. ¿Qué es el manejo de cuencas?

Al manejo de cuencas hidrográficas debemos intentar hacerlo de tal forma que se minimicen al máximo, las afectaciones a los recursos naturales. El manejo, por tanto, debería contener “un conjunto de políticas, estrategias y directrices, programas y acciones que en forma integral, organizada y sistémica conduzcan a la conservación de los recursos naturales renovables en función al objetivo principal”.

Analicemos los siguientes conceptos de **Manejo de Cuencas** que se han seleccionado del texto Manejo de Cuencas Hidrográficas tropicales de Muñoz, 2011:

- “Aplicación de métodos y principios técnicos para el manejo de todos los recursos naturales renovables en una cuenca, con el objeto de asegurar el máximo suministro de agua usable, régimen deseado, prevención y control de erosión y reducción de sedimentos e inundaciones” (Sociedad de Forestales Americanos, 1963).
- “Es el manejo de la tierra para la óptima producción de agua de alta calidad, la regulación del rendimiento hídrico, la máxima estabilidad del suelo además de otros productos de la tierra” (Dils, 1963).
- “Proceso participativo de la población y usuarios de una cuenca, formulando, gestionando y ejecutando un conjunto integrado de acciones sobre el medio natural y la estructura social, económica, institucional y legal de una cuenca para alcanzar objetivos específicos requeridos por la sociedad” (REDLACH, 1994).

- “Consiste en armonizar el uso, aprovechamiento y administración de todos los recursos naturales (agua, suelo, 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” (Doroujeanni, 1999).

¿Con cuál de estos conceptos usted se quedaría?, o ¿Cuál es el que más se adaptaría a lo que se entiende por manejo?

Si analizamos estas definiciones, probablemente coincidamos en que se debe tener muy en cuenta la relación agua-suelo-cubierta vegetal, a la que debemos sumarle las diversas actividades antrópicas, tratando de hacer que los recursos naturales sean usados lo más eficiente posible y minimizando los impactos que puedan existir.

No cabe duda que el recurso natural principal en una cuenca hidrográfica es el “agua”, y que su cantidad y calidad depende principalmente de cómo manejemos la cuenca en su conjunto o desde un enfoque integral, sin descuidar en todo momento que este debe ser un proceso participativo. También puede ser interesante revisar: el manejo ancestral, manejo empresarial y manejo participativo, en los que la forma de gestionar la cuenca para su uso ha venido evolucionando.



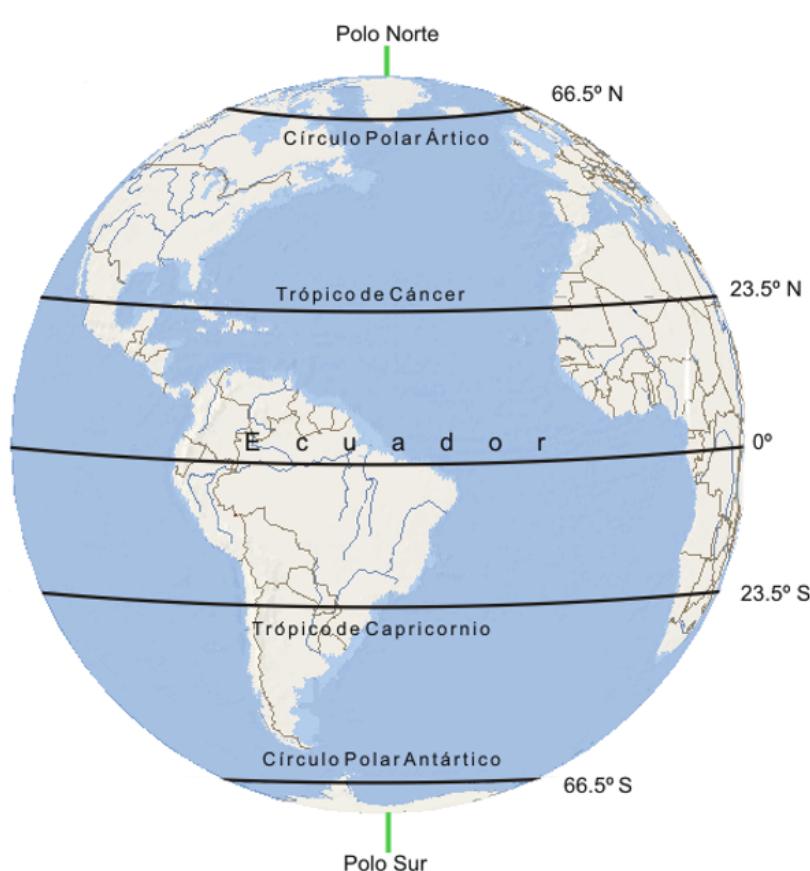
*El manejo de cuencas, por tanto, implica un conjunto de políticas, estrategias y directrices, programas y acciones que en forma integral, organizada y sistémica conduzcan a la conservación de los recursos naturales renovables en función al objetivo principal.*

### 7.3. Cuenca tropicales

Las cuencas tropicales son llamadas así por ubicarse en los trópicos a ambos lados de la línea ecuatorial; a esto se suma la alta presencia de biodiversidad, la concentración de agua en volúmenes considerables, y los problemas particulares que enfrentan, haciendo necesario que se realice un manejo adaptado a sus condiciones.

**Figura 7.2.**

Ubicación de las cuencas hidrográficas tropicales en el globo terrestre.



Tomada de: <https://images.app.goo.gl/fgnNXaSjmvDEb9Ry7>

En cuencas tropicales su manejo implica contar con medidas de diferente índole por ejemplo vinculadas con el manejo forestal, la producción agrícola, la calidad de agua y el tratar de equilibrar los aspectos social, económico y ambiental; claves para la sostenibilidad.

De ahí que es necesario que las políticas de manejo se orienten a:

- Adopción de prácticas sostenibles.
- Mejoramiento de los procesos productivos y equidad en los precios de los productos.
- Legislación real tanto para el uso de la tierra como para su conservación.
- Fortalecimiento institucional.

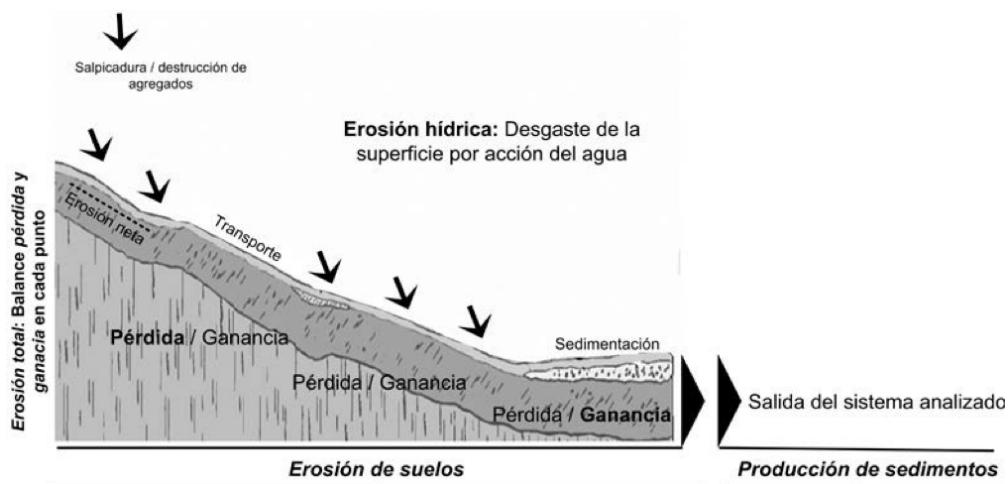
En este sentido, se hace necesario un manejo en los siguientes aspectos:

### a. Manejo del agua

Teniendo en cuenta que el agua es uno de los objetivos clave que perseguimos al manejar una cuenca hidrográfica. Proponemos que el manejo de esta se dé con el fin de reducir casi completamente las pérdidas de agua por escorrentía y asegurar el máximo aprovechamiento del agua que es recogida en la cuenca; como lo describe a continuación la Figura 7.3 con el esquema de procesos erosivos y sedimentación, que podría presentarse en una ladera teórica.

**Figura 7.3.**

*Procesos de erosión - sedimentación en una ladera teórica.*



Fuente. tomado de (Chagas & Ignacio, 2018)

En este sentido, el considerar a la cuenca como un ecosistema juega un rol fundamental ya que así podríamos enfocarnos de manera integral al manejo de cada elemento que conforma la cuenca. Por ejemplo: el suelo con sus condiciones y funciones; la vegetación con la interceptación, transpiración, evaporación, etc.; la fauna en sus estrechas relaciones ecológicas con la flora. Es así que la relación entre todos estos elementos presentes en una cuenca hidrográfica, sumados a un manejo equilibrado; disminuirían el riesgo de ciertas amenazas a la población como son las inundaciones, erosión, deslizamientos, e incluso las sequías.

En el link que le presentamos a continuación usted dispone de información referente al mapa de órdenes de suelo y mapa de conflictos de uso de

tierras. Las características naturales de la tierra le otorgan una aptitud o capacidad para sustentar las actividades productivas que realiza el ser humano. Sin embargo, muchas veces el uso que se le da a la tierra no es compatible con esta capacidad, generando un conflicto de uso, por ello le invito a revisar [Mapa de Orden y Conflictos de uso del suelo \(SIGTIERRAS\)](#)

Dado que la finalidad misma del manejo de las cuencas es el beneficio humano, el manejo hídrico se debe enfocar también en conservar tres características que son: la cantidad, la calidad y la regularidad del agua (Henao, 1998).

En el caso de la cantidad de agua, se cuenta con cálculos aproximados de las necesidades hídricas como por ejemplo los establecidos por la OPS, que considera que un país tiene escasez de agua cuando su disponibilidad es igual o menor a 1000 m<sup>3</sup> /persona/año.

Respecto a la calidad, existen índices de calidad de agua que permiten conocer los límites de contaminantes permisibles en los diferentes cauces. Es así que tenemos por ejemplo en nuestro país las Normas INEN 1108, recogidas también en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente que establece límites para determinados parámetros físico-químicos y microbiológicos. Por otro lado, también tenemos los denominados Índices de Calidad de Agua (ICA); o índices basados en el análisis de indicadores biológicos como el BMWP (Biological Monitoring Working Party) o el EPT (Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera).

En el manejo del agua confluye todo lo analizado en las unidades anteriores bajo este enfoque de integralidad de los elementos.

### **b. Manejo del suelo**

Relacionado sobre todo a mantener las condiciones de almacenamiento hídrico para asegurar una buena provisión de agua. Esto depende y va de la mano con el estado de la cobertura del suelo y su manejo, que como lo analizamos anteriormente es la base de la permanencia del agua en las cuencas.

### **c. Pastizales y ganadería**

Analizar cómo se manejan los pastos y la ganadería en las cuencas, e intentar cuantificar sus beneficios. Si resultan más altos que los costos ambientales o afectaciones ambientales negativas. Tratando de evitar

que se vuelva más severo el deterioro ambiental que producen estas actividades o cuanto afectan a otros elementos de los ecosistemas naturales; y que en algunos casos se puede ver reflejado en erosión, compactación y contaminación del suelo. Y dependiendo de las condiciones climáticas, dependiendo de su manejo podrían favorecer a una progresiva desertificación.

#### d. Fauna silvestre

Es importante no solo para mantener el equilibrio dinámico en las redes tróficas, sino también para el mantenimiento de la diversidad que puede ser aprovechada como lo indicaremos en el siguiente punto.

#### e. Recreación

La recreación es una actividad potencial que hoy en día está tomando mayor fuerza, porque se puede mantener a largo plazo el stock de recursos naturales para su aprovechamiento posterior; y en lo que compete a nosotros, los denominados “servicios ambientales” entre ellos el aseguramiento de una provisión constante del suministro de agua para las poblaciones humanas.

Le invitamos ahora a revisar el siguiente recurso educativo donde encontrará una descripción de sus principales características de algunas cuencas hidrográficas tropicales, ubicadas en Ecuador y Perú; por citar algunos ejemplos.

[Principales cuencas hidrográficas del Ecuador](#)

### 7.4. Criterios para intervenir en cuencas hidrográficas

Le invito a investigar los indicadores de alteración de la cuenca, así como los criterios para intervenir en ellas. Puede encontrar una descripción amplia y clara en el libro Manejo de Cuencas Hidrográficas Tropicales de Muñoz, 2011. Le presento a continuación una tabla resumen de algunas características de estos temas.

**Tabla 7.1.***Ejemplos de criterios para intervención en cuencas hidrográficas.*

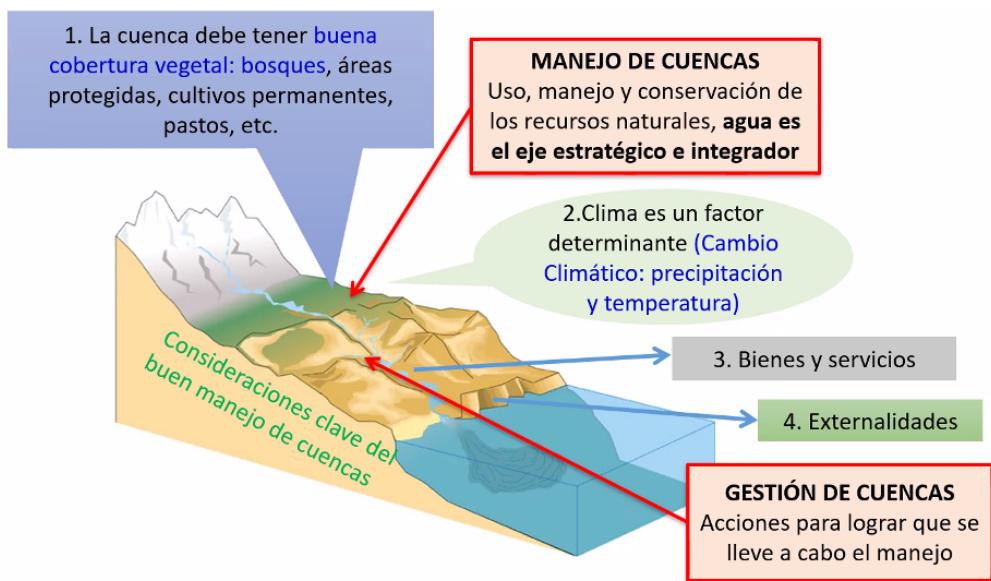
Criterio	Ejemplo
1. Importancia de la cuenca por factores geopolíticos.	Por ej. Cuencas binacionales, situación del recurso hídrico asociado a la población (disponibilidad de agua entre países). Tenemos el caso de la cuenca Catamayo-Chira, entre nuestro país y el Perú.
2. Cuencas proveedoras de agua a poblados y que se encuentran en estado muy crítico de producción real del recurso hídrico tanto en cantidad como en calidad.	Por ej. Cuando se plantean actividades urgentes de recuperación y mejoramiento del estado de la cuenca para mejorar la oferta hídrica. Subcuenca Zamora-Huayco en Loja, Microcuenca El Llimón en Zamora, Cuenca de Guayllabamba en Quito.
3. Urgencia de proteger a seres humanos cuando peligra su vida.	Por ej. cuencas costeras donde la población está asentada en la zona de inundación o en las orillas de los ríos. Río Cañar o río Jubones.
4. Por consideraciones económicas.	Por ej. Cuando ciertas actividades productivas dependen de los recursos de las cuencas o que se generan en ellas. Cuenca del Río Paute por su importancia en la generación de energía hidroeléctrica
5. Problemas de erosión excesiva y formación de grandes avenidas.	Por ej. cuencas que han sido sometidas a la eliminación progresiva de la cubierta vegetal. Cuenca alta del río Guayas.

Fuente. Muñoz, 2011. Manejo de cuencas hidrográficas tropicales.

Luego de revisar los ejemplos de la tabla anterior, usted puede relacionar la información, con ejemplos concretos por cada criterio en su localidad de residencia. Por ejemplo, cuando tenemos criterios de consideraciones económicas en este caso los recursos de la cuenca generan actividades productivas o de importancia económica como la generación de energía hidroeléctrica. También la figura a continuación esquematiza algunas consideraciones que podrían ser tomadas en cuenta para el buen manejo de cuencas hidrográficas.

**Figura 7.4.**

Consideraciones clave para el buen manejo de cuencas.



**Semana 14**

Continuemos revisando el manejo de cuencas hidrográficas, en esta semana nos concentraremos en revisar los diferentes principios y obstáculos que se podrían presentar al intervenir en una cuenca; así como el manejo participativo, mismo que favorecer el éxito de nuestros objetivos en el PMC, así como cualquier actividad de recuperación o mitigación de impactos ambientales en la cuenca.

## 7.5. Principios o postulados en el manejo de cuencas

Los postulados son muy claros, aquí expondremos algunas formas de su aplicación.

### a. Principio de reciprocidad

Hoy en día mucho se habla de la responsabilidad que tenemos de velar por el uso sostenible de los recursos naturales; en este sentido el principio de reciprocidad significa: la responsabilidad de devolver o mantener en el ecosistema cuenca aquellas funciones que le permitan seguir proveyendo

agua. Aquí se enmarcan aquellas iniciativas de: reforestación, empleo sostenible de los recursos, producción productiva sostenible, control de actividades degradantes, entre otros.

En nuestro país este tipo de iniciativas se han aplicado sobre todo en cuencas priorizadas como importantes gracias a que proveen de agua a las ciudades donde se concentra gran porcentaje de la población, y así también en las cuencas que alimentan cauces importantes para otras utilidades como la generación de energía eléctrica. Así podemos mencionar como ejemplo iniciativas de conservación de la cuenca del río Guayllabamba o la cuenca del río Paute.

#### b. Principio de equidad

Considerando que el agua es un bien común y que es también un recurso vital para la población, la necesidad de asegurar el acceso a la misma es indispensable. Esto no solo para quienes se encuentran en las ciudades sino también para las zonas rurales. Así mismo, el acceso no debe ser solo al agua como tal, sino a agua segura, es decir agua en condiciones adecuadas para su consumo.

Considere que este principio en cuanto al agua, está recogido en algunas normativas empezando por la Constitución de la república.

### 7.6. Obstáculos en el manejo de cuencas

Cualquier acción que implique manejar recursos naturales tan importantes como el agua, supone obstáculos para lograrlo; pero que necesariamente deben ser tomados en cuenta, al momento de intervenir en una cuenca hidrográfica, estos son:

- **La densidad poblacional humana:** que está en constante crecimiento y que demanda un flujo constante de agua para suplir sus múltiples necesidades.
- **La tenencia de la tierra:** que dificulta tener buenos resultados de ciertos esfuerzos, en lugares donde sencillamente no se tiene ninguna intención de cambiar o dejar prácticas de uso y manejo inadecuadas.
- **Descoordinación entre sectores y falta de conocimientos ambientales:** donde es necesario un trabajo institucional coordinado

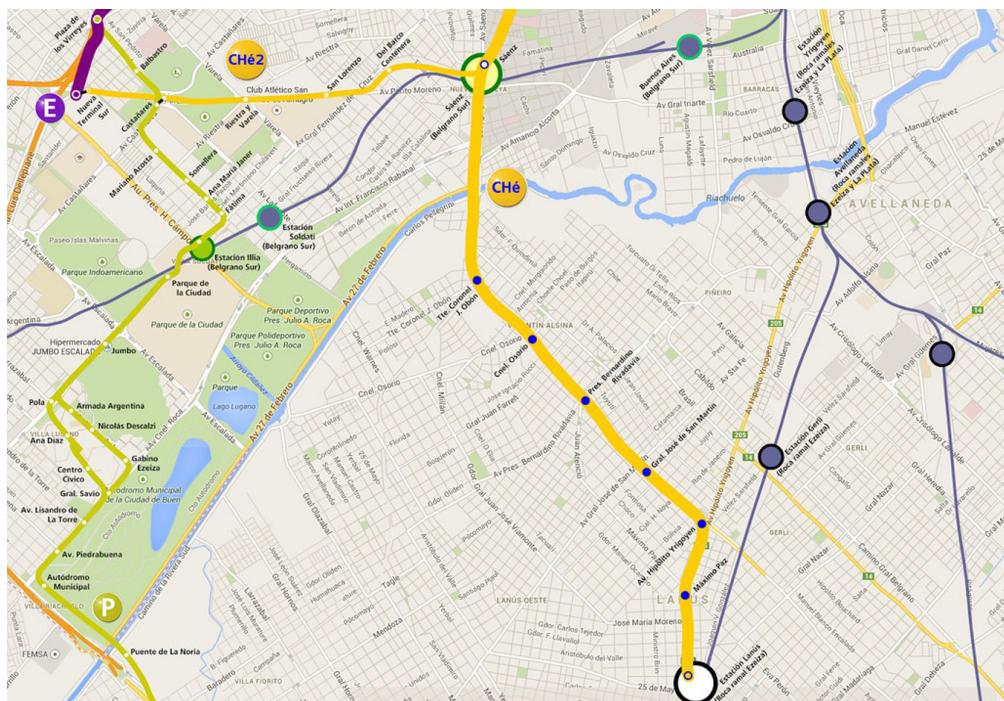
y suma de esfuerzos respecto a los conocimientos ambientales, la necesidad de trabajar en un cambio de comportamiento frente al uso que se les da a todos los recursos no solamente el agua.

- **Tecnologías consumistas:** que demandan gran cantidad de energía, producen muchos desechos y existe poco valor agregado.
- **Distribución injusta de recursos:** que puede repercutir en pobreza y abre paso al uso desorganizado y no sostenible de recursos a corto plazo.
- **Limitaciones financieras:** que no permiten contar con recursos para poner en marcha proyectos de conservación de cuencas.

La Figura 7.5 que le presentamos a continuación, podría ser un ejemplo de descoordinación entre sectores y falta de conocimientos ambientales.

**Figura 7.5.**

*Intereses de ubicación entre una línea férrea y una vertiente fluvial.*



Tomada de: <https://images.app.goo.gl/dPQ3PZMojMWLvjAk9>

Luego de esta descripción de los principales obstáculos para el manejo de cuencas, usted podría incluir otros más que son específicos en su cuenca de estudio.

Le invitamos ahora a revisar el siguiente recurso educativo donde encontrará una descripción del manejo inadecuado del recurso hídrico, este análisis busca que usted identifique mediante imágenes algunos ejemplos de la problemática relacionada este tema.

### [Manejo inadecuado del Agua](#)

## 7.7. Manejo Participativo de Cuencas

Algunos de los obstáculos para el manejo de cuencas que revisamos en el apartado anterior dependen del manejo participativo de cuencas. Incluso gran parte del éxito del manejo de la cuenca está en, cómo se den estos procesos participativos en la misma.

También, algunas condiciones habilitadoras para el manejo de cuencas involucran temas directos relacionados con la participación, por ejemplo:

- La población de la cuenca, debe conocer cuáles serían los beneficios esperados.
- La mejor alternativa para ejecutar un plan de manejo participativo es trabajando con organizaciones.
- Antes de iniciar la ejecución del PMC, formalizar o definir acuerdos y compromisos, de los involucrados.

Vale la pena recordar que siempre existen intereses entre las partes interesadas “stakeholders”, que podrían estar en contraposición con los intereses de los tomadores de decisiones. Por ejemplo, en cuencas productoras de agua los tomadores de decisión preferirán la conservación de los recursos naturales; mientras que los dueños de las fincas en cuencas con producción agropecuaria su interés lo más probable será incrementar el predio productivo.

Por otra parte, Donzier et al. (2009) sugiere tener algunas consideraciones de aspectos claves del proceso participativo de manejo de cuencas, que los mencionamos a continuación:

- Asegurar que las partes interesadas más importantes están representadas.
- Diferenciar lo que es información, consulta, participación y empoderamiento.
- Ponderar con cuidado el equilibrio entre informar a todos e involucrar a algunos.
- Garantizar que los procesos burocráticos no pongan en riesgo la participación real.
- Garantizar una participación transparente.
- Fortalecer la apropiación de los planes de acción de cuencas.
- Asegurar que el financiamiento destinado a involucrar a los stakeholders sea el adecuado.
- Asegurar una comunicación fluida entre los stakeholders y los tomadores de decisión.
- Desarrollar la capacidad entre los grupos más vulnerables para que participen en la planificación e implementación del manejo de cuencas.

Como parte de las estrategias a tener en cuenta si queremos conseguir una participación efectiva de todos los actores clave, es alcanzar una organización que nos permita obtener resultados exitosos y sostenibles.



*Los actores clave eligen con cuál tipo de organización les interesaría trabajar, mientras que la labor de los técnicos y autoridades es dar respaldo y hacer promoción.*

A continuación, le presentamos algunas de las estrategias que vale tenga en cuenta, y le permitirían tener éxito en el manejo de la cuenca, a través de la participación efectiva de las partes interesadas:

1. Valorar las organizaciones de la cuenca y sus experiencias previas; **no crear nuevas sino fortalecer las ya existentes.**
2. Las organizaciones responden a **motivación, intereses y beneficios.**
3. Trabajar con **grupos organizados** tiene mayores ventajas.

4. Las organizaciones deben ceñirse al marco legal.
5. La célula básica a nivel de finca es la familia.
6. Fortalecer las capacidades de gestión e información.
7. Los problemas de la cuenca se deben tratar con las organizaciones y en comunidad.
8. Según el tamaño de cuenca, complejidad o escala; la organización tiene diferentes niveles jerárquicos.
9. Lo ideal sería conformar un comité de cuencas con organizaciones de la parte alta, media y baja (dependiendo del numeral anterior)

## 7.8. Recuperación de la vegetación

Hemos venido hablando de la importancia de la cobertura vegetal del suelo, por la dinámica e interrelación con el agua, y por la permanencia de un suministro constante de este recurso que proveen las cuencas, para ello se propone alternativas como:

- Recuperación espontánea de la vegetación.
- Recuperación de la humedad de las cuencas.

Antes de que profundice en la revisión de estos dos temas propuestos, deberíamos tener claro: ¿Por qué es importante la recuperación de la cubierta vegetal en las cuencas?, ¿qué acciones que se reflejen en un plan de manejo se pueden emprender para mejorar las condiciones de almacenamiento de humedad en las cuencas? Si aún no tiene claras sus respuestas, tal vez sea adecuado seguir profundizando el estudio de la relación cubierta vegetal-suelo-agua.

De todas formas, es necesario que el manejo de cuencas se realice considerando tres elementos:

- Manejo del suelo de la cuenca.
- Manejo del agua atmosférica, superficial y subterránea.
- Manejo de la vegetación.

El primer y último elemento se los estudia con mayor detalle en otras asignaturas de la carrera. Sin embargo, debe tener presente que en ocasiones será necesario realizar forestación; en otras, reforestación en algunas zonas de la cuenca (dependiendo de las condiciones del lugar y el grado de afectación del suelo).

Para ello tenga presente que las especies que son más útiles para cumplir con estos fines son aquellas que cuentan con la mayoría de las siguientes características del esquema a continuación:

### **Figura 7.6.**

#### *Esquema de características de especies forestales.*

- Larga vida
- Fácil multiplicación
- Raíces abundantes que proporcionen el mayor espacio poroso al suelo
- Raíces profundas
- Producir bastante materia orgánica
- Baja capacidad de transpiración
- Aporte social y económico al campesino
- Multiuso o multipropósito
- Crecimiento y desarrollo en condiciones de rusticidad
- Reproducción agresiva

Finalmente, podría ampliar su revisión o recapitulación de las orientaciones técnicas, sociales e institucionales; como parte de las estrategias de reforestación. Esto le ayudará a tener otros elementos de trabajo en la práctica real profesional.

A continuación, le presentamos un recurso educativo donde se hace una ampliación de uno de los tipos posibles de restauración pasiva de bosques en cuencas hidrográficas que tienen diferente grado de degradación o cambio de cobertura del suelo.

#### [\*\*Restauración pasiva de bosques en cuencas degradadas.\*\*](#)

Hemos finalizado la revisión de contenidos de la Unidad 7. Ahora ya cuenta con más insumos que le permitirán trabajar de forma adecuada en el manejo de cuencas hidrográficas. Finalizaremos el estudio de esta asignatura revisando en la última unidad a la Gestión Integrada de Recursos Hídricos.



## Actividades de aprendizaje recomendadas

Estimados/as estudiantes, las actividades propuestas a continuación no son evaluadas y no debe entregarlas al docente. Estas le permitirán verificar sus avances y reforzar los conocimientos en la unidad correspondiente. Se sugiere tomar nota del aprendizaje logrado con ellas.

### Actividad 1:

- Desde el enfoque de sistema, trate de identificar los elementos más importantes que se encuentran interactuando en una cuenca hidrográfica.

### Actividad 2:

- En una cuenca que se encuentre más cercana a usted, investigue qué aspectos son los que conforman los mayores obstáculos para su manejo.

### Actividad 3:

- Con base en las características de las especies vegetales para recuperar la cubierta vegetal de una cuenca, investigue cuáles de estas son aptas para mejorar las condiciones de una cuenca que usted identifique como degradada (si gusta puede revisar el siguiente estudio: <https://bit.ly/33lueic>).

Una vez finalizadas las actividades de aprendizaje recomendadas de esta Unidad 7, es momento de demostrar lo aprendido contestando la siguiente autoevaluación.



## Autoevaluación 7

Responda con una V para el ítem verdadero o una F para falso, según corresponda.

1. ( ) La cuenca es considerada como sistema porque aquí se encuentran varios elementos en constante interacción.
2. ( ) En una cuenca hidrográfica se cumple la relación agua-suelo-cubierta vegetal, estos son los elementos más importantes de la misma.
3. ( ) El manejo de cuencas implica contar con un conjunto de políticas, estrategias, directrices, acciones, entre otras, encaminadas a la conservación de los recursos naturales renovables.
4. ( ) El considerar como manejo al mejoramiento de la producción agrícola en una cuenca hidrográfica es un aspecto erróneo.
5. ( ) Una cuenca tropical es llamada así por la influencia de su ubicación en zonas templadas.
6. ( ) Una política de manejo de cuencas debe estar orientada a, por ejemplo, fortalecer el aspecto institucional.
7. ( ) La legislación es un elemento necesario para manejar una cuenca hidrográfica.
8. ( ) Un aspecto a considerarse, en la ganadería que se realiza en una cuenca, es que siempre es factible pues los beneficios ambientales siempre son menores que los económicos.
9. ( ) Un obstáculo en el manejo de cuencas es que la distribución de recursos en las comunidades humanas no es equitativa.

10. ( ) Un criterio para seleccionar especies de plantas, para mejorar la cobertura vegetal de la cuenca, es que tengan alta demanda de consumo de agua.

[Ir al solucionario](#)

Luego de haber contestado esta autoevaluación, lo invito a comprobar sus aciertos en el solucionario que se encuentra al final de la guía didáctica, si fallo en alguna de estas preguntas, no se desanime, vuelva a revisar el contenido en el que exista vacíos y con seguridad mejorará su conocimiento.



Estimado estudiante, como unidad final en el estudio en esta asignatura, veremos a continuación lo que plantea el manejo de cuencas hidrográficas y sus recursos asociados bajo la visión de la **Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH)**.

## Unidad 8. Gestión Integrada de Recursos Hídricos

---

Hemos venido hablando sobre la necesidad de manejar o gestionar los recursos de una cuenca de forma sostenible, y no solo vele por los recursos naturales, sino también que guarde estrecha relación con la equidad social y el desarrollo económico, además el grado de responsabilidad, equidad y participación de los actores involucrados. Justamente por esto, trataremos la propuesta desarrollada por la Alianza Mundial para el agua (Global Water Partnership - GWP), que hoy en día está siendo muy utilizada por el enfoque y beneficios que genera.

### 8.1. ¿Qué es la GIRH?

Taylor et al. (2005) nos muestra una apreciación clara de los aspectos que considera la GIRH, revisemos a continuación.

"En su forma más simple, la **gestión integrada del recurso hídrico** es un concepto lógico y atractivo. Se basa en que los múltiples usos del recurso hídrico, son interdependientes. Esto es evidente para todos nosotros. La alta demanda de agua para irrigación y flujos de drenaje contaminados por el uso agrícola, significa menos agua fresca para beber o para uso industrial. Las aguas de desecho, municipales o industriales, contaminan los ríos y amenazan los ecosistemas. Si el agua debe ser mantenida en un río para proteger recursos pesqueros y ecosistemas, se puede desviar menos para la siembra de cultivos. Existen muchos ejemplos más que ilustran el hecho básico de que el uso sin regulación del escaso recurso hídrico, es un desperdicio y es inherentemente insostenible".

Por otra parte, veamos lo que establece como definición Donzier et al. (2009):

"GWP define a la **GIRH** como un proceso que promueve el desarrollo y gestión coordinados del agua, la tierra y los recursos asociados, para maximizar el resultado bienestar económico y social de manera equitativa sin comprometer la sostenibilidad de ecosistemas vitales. A nivel de cuencas hidrográficas o lacustres y de acuíferos, la **GIRH** puede definirse como un proceso que permite la gestión coordinada del agua, la tierra y los recursos asociados dentro de los límites de una cuenca para optimizar y compartir equitativamente el resultante bienestar socioeconómico sin comprometer la salud de ecosistemas vitales a largo plazo."

Como podemos analizar la GWP, habla de la necesidad de considerar a los recursos hídricos como un elemento integrador de otros recursos, tal como lo analizamos al postular a la cuenca como un ecosistema en el que confluyen diferentes factores; También la gestión debe ser interdisciplinaria, por tanto, holística, recuerde lo que se analizó en las unidades previas en esta guía.

Entonces, ahora posiblemente nos estemos preguntando a qué se refiere la gestión integrada. Taylor et al. (2005), nos brindan una clara explicación al respecto.

"Gestión integrada significa que todos los usos diferentes del recurso hídrico deben ser considerados en conjunto. La distribución del agua y las decisiones de gestión consideran los efectos de cada uno de los usos sobre los otros. Son capaces de tomar en cuenta de forma global, las metas sociales y económicas, incluyendo la búsqueda del desarrollo sostenible. Como veremos, el concepto básico de **GIRH** ha sido ampliado para incorporar la toma de decisiones participativa. Diferentes grupos de usuarios (agricultores, comunidades, ambientalistas) pueden tener influencia en las estrategias para el desarrollo y la gestión del recurso hídrico. Esto genera beneficios adicionales, como usuarios informados que aplican autorregulación local con relación a cuestiones tales como conservación del agua y protección de sitios de captación de una manera mucho más efectiva que la que puede lograrse con regulación y vigilancia centralizadas".

Para Donzier et al. (2009) el enfoque de **GIRH** ayuda a administrar y desarrollar los recursos hídricos en forma sostenible y equilibrada, teniendo en cuenta los intereses sociales, económicos y ambientales. Reconoce los

diferentes grupos de interés que compiten entre sí, los sectores que usan y abusan del agua, y las necesidades del medioambiente.

Un ejemplo de lo antes expuesto es que la cuenca como unidad territorial asociada a la dotación de diferentes servicios ecosistémicos, requiere tanto del ejercicio interdisciplinario como del involucramiento de personas interesadas "stakeholders" y tomadores de decisión. En conjunto, los stakeholders y los tomadores de decisiones deben identificar conflictos y plantear mediaciones, para encontrar una visión de desarrollo ideal o futuro deseado. Adicionalmente, se requiere de un plan para asegurar esa visión de desarrollo o para tomar correctivos en caso de que no se estén cumpliendo los acuerdos.

El enfoque integrado coordina la gestión de recursos hídricos en todos los sectores y grupos de interés, y a diferentes escalas, desde la local a la internacional. Pone énfasis en la participación social del público en los procesos nacionales de formulación de leyes y políticas, estableciendo una buena gobernanza y creando acuerdos normativos e institucionales efectivos que permitan tomar decisiones más equitativas y sostenibles. Toda una gama de herramientas, tales como evaluaciones sociales y ambientales, instrumentos económicos, y sistemas de información y monitoreo, respaldan este proceso (Donzier et al. 2009).

Entonces, para poder gestionar los diferentes recursos que tiene la cuenca es indispensable el mensurable, es decir, cuantificar su disponibilidad para asegurar su uso sostenible. El levantamiento de información debe incluir también los aspectos socio económico y político institucional de la zona, puesto que son potenciales reguladores del uso del suelo.

¿Qué opina usted al respecto? Pudo notar que el hecho de "integrar" elementos hace que tengamos una visión más amplia de la importancia de gestionar los recursos asociando otros elementos. Tenga presente que aquí se da mayor énfasis al componente social, es decir las complejas relaciones que involucran al ser humano.

Así mismo Taylor et al. (2005), indican que la palabra "gestión" es empleada en su significado más amplio. Enfatiza que no solamente debemos enfocarnos en el desarrollo del recurso hídrico, sino que debemos gestionar conscientemente su desarrollo de una manera tal, que asegure su uso sostenible a largo plazo y para futuras generaciones.

Por lo tanto, la GIRH es un proceso sistemático hacia un desarrollo sostenible, y el desarrollo y supervisión del recurso hídrico en el contexto de objetivos sociales, económicos y ambientales. Contrastá con el enfoque sectorial, que es aplicado en varios países. Por ejemplo, cuando la responsabilidad del agua potable recae en una agencia, la del agua de irrigación en otra y la del agua para el ambiente en otra distinta, la falta de relaciones intersectoriales conduce a un desarrollo y administración del recurso hídrico no coordinados. Esto a menudo da como resultado conflictos, desperdicio y sistemas no sostenibles.

Entonces ¿por qué realizar una Gestión Integrada de Recursos Hídricos? Pues la respuesta es obvia: el agua es vital para la supervivencia, la salud y la dignidad humana y es un recurso fundamental para el desarrollo. Los recursos de agua dulce del mundo se encuentran bajo presión creciente y muchas personas carecen aún de un suministro de agua adecuado para satisfacer sus necesidades básicas. El crecimiento de la población, el aumento de la actividad económica y de los estándares de vida, han conducido a un aumento de la competencia y en los conflictos relacionados con los recursos limitados de agua dulce. En la tabla a continuación, se presentan algunas razones del porqué muchas personas argumentan, que el mundo enfrenta una crisis hídrica inminente (Taylor et al. 2005). Tenga en cuenta que los datos de la tabla 8.1 tienen ya más de 15 años, y muchos de estos problemas se han empeorado desde entonces.

### **Tabla 8.1.**

#### *Hechos sobre la crisis hídrica a nivel mundial.*

- 
- Únicamente el 0,4 % del total del agua global está disponible para los seres humanos.
  - En la actualidad más de 2 mil millones de personas se ven afectadas por escasez de agua en más de 40 países.
  - 263 cuencas de ríos son compartidas por dos o más naciones.
  - Cada día se depositan en los cauces de agua 2 millones de toneladas de desechos humanos.
  - La mitad de la población de los países en desarrollo está expuesta a fuentes de agua contaminadas lo cual aumenta la incidencia de enfermedades.
  - El 90 % de los desastres naturales en la década de los noventa, estuvieron relacionados con el agua.
  - El incremento de la población a 6 billones sería el principal conductor de la gestión del recurso hídrico en los próximos 50 años.
- 

Fuente. Taylor, et al. 2005. Planes de gestión integrada del recurso hídrico. Manual de capacitación y guía operacional.

Un ejemplo más actual y concreto de la crisis del recurso hídrico que nos muestra la Alianza Mundial para el Agua 2009; quienes resaltan que, “en muchas regiones, la gestión del agua siempre ha sido un gran problema debido a la variabilidad e incertidumbres naturales de los patrones meteorológicos. Con el cambio climático, es probable que este problema empeore. En algunas cuencas, los cambios en el clima traerán consigo menos precipitaciones y menores caudales en los ríos, mientras que, en otras cuencas el cambio climático generará mayores inundaciones. Estos cambios se verán exacerbados debido a otras variaciones tales como el crecimiento demográfico y económico, la urbanización y la creciente demanda de alimentos, que aumentan la demanda de agua y degradan los cursos de agua y acuíferos en cuencas donde el recurso ya es escaso. Los cambios observados en la cuenca del río Senegal son una clara prueba de ello, debido a la variabilidad climática, el caudal anual del río Senegal ha disminuido y ahora representa una cuarta parte de lo que era en la década del '50. Mientras tanto, la población ha crecido un 30 % desde la década del '50. Actualmente, quienes viven en la cuenca del Senegal cuentan con aproximadamente una quinta parte de los recursos hídricos disponibles por persona, comparado con los que vivían allí hace sesenta años.”

Es obvio que la GIRH es cada vez más crítica para cumplir con las necesidades de gestión de la cuenca hidrográfica y de la problemática a resolver respecto al recurso hídrico. De ahí la necesidad de estudiarla, veamos a continuación algunos principios también relevantes de este enfoque.

## 8.2. Principios para la GIRH

Revisemos a continuación los principios en los que se fundamenta la GIRH, los cuales son el resultado de la Declaración de Dublín sobre el agua y el desarrollo sostenible como conclusión de la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medioambiente (CIAMA) del año 1992, y que fue una reunión técnica previa a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medioambiente y el Desarrollo (CNUMAD) que se desarrolló en Río de Janeiro en junio de 1992 (Taylor et al. 2005, Villamagua, 2012).

- **Principio 1.** El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para mantener la vida, el desarrollo y el medioambiente.

- **Principio 2.** El desarrollo y gestión del agua debe ser participativo, involucrando a usuarios, planificadores y tomadores de decisiones a todo nivel.
- **Principio 3.** Las mujeres tienen un papel central en la provisión, gestión y protección del agua.
- **Principio 4.** El agua es un bien público y tiene un valor socioeconómico en todos sus niveles de uso.



*"Los principios son declaraciones que hace una comunidad de personas, que orientan su forma de ser y de actuar" (IUCN 2012).*

Le invitamos ahora a revisar el siguiente recurso educativo donde amplía lo relacionado con los aspectos básicos y principios de la GIRH.

### [Gestión Integrada del Agua](#)

#### 8.3. GIRH en cuencas hidrográficas

La GIRH es aplicable también a la gestión de cuencas ya que se trata de una unidad de manejo prioritario para la provisión de agua, pero en donde se asientan también las poblaciones humanas donde puede haber conflictos.

Analicemos cómo plantea este enfoque para las cuencas Donzier et al. (2009)

"La formulación, planificación y gestión de políticas puede considerarse como una serie de pasos secuenciales en la gestión de cuencas. El primer paso es definir objetivos generales de políticas (a dónde queremos llegar). Los pasos siguientes son especificar los problemas de la gestión del agua a resolver (identificar problemas), hacer una lista de estrategias potenciales (cómo llegar a donde queremos), evaluar cada una de ellas, seleccionar una estrategia o combinación de estrategias, implementar la estrategia, evaluar los resultados, aprender de dichos resultados y revisar nuestro plan para que funcione mejor en el futuro".

Como usted verá entonces se habla aquí de los procesos de planificación incluyendo también los aspectos de evaluación y monitoreo que es lo

que permite medir el alcance de las acciones, corregir falencias, mejorar procesos y retroalimentar resultados.

Donzier et al. (2009), proponen también que la GIRH en cuencas sea una secuencia de pasos que conforman un ciclo. “Por supuesto, en la práctica este ciclo puede ser interrumpido por fuerzas externas, pero el “ciclo de gestión basado en el aprendizaje mediante la práctica” nos ayuda a incorporar lo que aprendemos en el proceso de planificación y gestión del agua y a tener en cuenta la información nueva a medida que disponemos de ella”.

Esto significa que podemos adaptar la manera de administrar el agua a las circunstancias cambiantes, como por ejemplo los cambios políticos, las catástrofes naturales y los cambios demográficos (Donzier et al. 2009).

Tome en cuenta que estos pasos son también el resultado del aprendizaje de la práctica, pues como en todo proceso de planificación no existe una “receta” o algo que debe seguirse al pie de la letra.



*Dentro de los límites de una cuenca, integrar los usos del suelo y la gestión del agua no es una tarea sencilla. Esto se debe a que la gestión del suelo, que incluye la planificación, la silvicultura, la industria, la agricultura y el medioambiente, generalmente está regulada por políticas no relacionadas con las normas del agua y está administrada por muchos sectores diferentes de una administración (Donzier et al. 2009).*

## 8.4. Procesos para la GIRH

Los pasos mencionados en el apartado anterior son parte del proceso para la GIRH, estos se los muestra en la siguiente figura:

**Figura 8.1.**

*Ciclo de gestión de la planificación e implementación, basado en el aprendizaje mediante la práctica.*



Fuente. Donzier et al. 2009. Manual para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos en cuencas

Finalmente, existen algunos puntos de partida para la GIRH en cuencas hidrográficas, así mismo Donzier et al. (2009) nos los explica claramente.

Los administradores de cuencas pueden preguntarse dónde comenzar con un enfoque integrado, a quién dirigirlo y a qué nivel. Una manera simple y efectiva de descubrir hacia dónde dirigir la acción inicialmente es identificar los puntos de partida:

1. A nivel local (plan de subcuenca, plan local de gestión de acuíferos, plan local de asignación de agua en distritos de usuarios del agua, plan del gobierno local). [Estudio de caso a nivel local](#)
2. A nivel de implementación (plan de gestión a escala provincial o de cuenca). [Estudio de caso en cuencas productivas](#)
3. A nivel de políticas (procesos nacionales e internacionales para desarrollar políticas, tratados y leyes del agua). [Estudio de caso en cuencas transfronterizas](#)

Estos puntos son muy relevantes en cuanto al manejo de cuencas, pues el mismo no puede ser viable si no se enmarca en las prioridades de gestión de recursos a nivel nacional, de lo contrario imagínese usted dónde quedaría todo el esfuerzo que se pueda poner al sostenimiento de una cuenca a nivel local sin el apoyo de políticas, instituciones y población en general.

En nuestro país se ha dado un paso en este sentido ya que como se mencionó en la Unidad 6, la gestión de cuencas ya es parte de las herramientas de planificación y también es motivo de interés institucional a nivel público como ocurre con los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MATE), entre otros.

## 8.5. Experiencias de manejo de cuencas de la región con enfoque GIRH

A continuación, le presentamos un par de experiencias de manejo de cuencas hidrográficas de la región bajo enfoque GIRH.

El primer estudio de caso es a nivel local en el que se establece la línea base para aplicar una GIRH en una zona con fuertes presiones antrópicas por crecimiento urbano y producción agropecuaria básicamente; y en la que, por otra parte, se provee con cerca del 50 % del caudal de agua para una ciudad intermedia del Ecuador.

El segundo caso es un estudio a nivel de políticas, en el que se identifican las áreas prioritarias de conservación para poder aplicar políticas para una GIRH en cuencas semiáridas que tienen fuertes demandas de recursos hídricos para consumo humano y producción agropecuaria. Esta cuenca

internacional tiene gran importancia ya que provee de agua en la parte alta a Ecuador y en la parte media y baja al Perú.



### *Experiencias de manejo de cuencas hidrográficas de la región bajo enfoque GIRH*

#### **Casos de estudio 1 y 2**

Estimado estudiante, con este tema hemos llegado al final de la revisión de contenidos de esta asignatura, espero que los temas abordados le sean de mucha ayuda para su vida profesional como Gestor Ambiental. Recuerde que el secreto del éxito es la perseverancia y constancia, ello hará de usted no solo un buen profesional sino también una persona emprendedora.

¡Éxitos...!



#### **Actividades de aprendizaje recomendadas**

Estimados/as estudiantes, las actividades propuestas a continuación no son evaluadas y no debe entregarlas al docente. Estas le permitirán verificar sus avances y reforzar los conocimientos en la unidad correspondiente. Se sugiere tomar nota del aprendizaje logrado con ellas.

##### **Actividad 1:**

1. Revise investigaciones en las que se haya aplicado la GIRH en una cuenca hidrográfica de nuestro país, y determine bajo qué condiciones o realidad ha sido aplicada.

##### **Actividad 2:**

2. Investigue la problemática de los recursos hídricos en su lugar de residencia e intente enlazar como la GIRH podría aportar como una herramienta para solucionarla.

##### **Actividad 3:**

3. Revise los planes nacionales de desarrollo como: el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, el Plan Nacional del Agua, así como la

normativa legal aplicable a la gestión de los recursos hídricos en el Ecuador.

Una vez finalizado el estudio de las temáticas abordadas en la Unidad 8, es momento de demostrar lo aprendido contestando la siguiente autoevaluación.



## Autoevaluación 8

Responda con una V para el ítem verdadero o una F para falso, según corresponda.

1. ( ) La GIRH se basa en que los múltiples usos del recurso hídrico son interdependientes.
2. ( ) La GIRH demanda el desarrollo y gestión coordinados del agua, la tierra y los recursos asociados.
3. ( ) Debido al tamaño de las microcuencas la GIRH no puede ser aplicable a ellas.
4. ( ) La GIRH no considera aspectos de decisiones participativas en el proceso de planificación.
5. ( ) La GIRH ayuda a equilibrar los intereses sociales, económicos y ambientales.
6. ( ) La GIRH excluye de su proceso de planificación, leyes y políticas de gobernabilidad y acuerdos normativos e institucionales.
7. ( ) El desarrollo sostenible puede ser algo con lo que se puede aportar mediante la planificación de recursos, a través de la GIRH.
8. ( ) La justificación de la GIRH está en que el recurso agua es infinito y se lo debe explotar industrialmente.
9. ( ) Uno de los principios de la GIRH es que el agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para mantener la vida, el desarrollo y el medio ambiente.

10. ( ) En nuestro país se ha dado un gran cambio en la gestión de cuencas que ya es parte de las herramientas de planificación y también es motivo de interés institucional a nivel público.

[Ir al solucionario](#)

Luego de haber contestado la autoevaluación, lo invito a comprobar sus aciertos en el solucionario que se encuentra al final de la guía didáctica, si fallo en alguna de ellas, vuelva a revisar el contenido en el que exista vacíos y con seguridad mejorará su conocimiento.



## Semana 16

---

Revise los contenidos de las unidades 5, 6, 7 y 8; y refuerce su aprendizaje.

Prepárese para el desarrollo de la evaluación presencial del segundo bimestre.



### Actividades finales del bimestre

Unidades 5, 6, 7 y 8.

#### Orientaciones:

- **Actividad de aprendizaje:** Revise y analice las temáticas y contenidos estudiados en el segundo bimestre.
- **Tipo de recurso:** Evaluación presencial
- **Orientación metodológica:** La evaluación presencial se rinde al finalizar el bimestre. La fecha en la que debe rendir la evaluación se define por la Universidad. Considere que esta actividad no se puede recuperar. Las preguntas son de opción múltiple con una sola respuesta correcta. Se sugiere revisar nuevamente las autoevaluaciones de las unidades correspondientes. Recuerde, la evaluación presencial es una actividad formativa – sumativa que evalúa la adquisición de las competencias del componente.
- **Instrumento de evaluación:** Evaluación impresa o en línea; esta evaluación es parte de las actividades de aprendizaje autónomo.

¡Felicitaciones! hasta aquí hemos completado la revisión de los contenidos propuestos, para esta asignatura.



## 4. Solucionario

Autoevaluación 1		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	b	Abarca los ámbitos: biótico, abiótico, social, económico, cultural, entre otros.
2	a	La relación es: agua – suelo – cubierta vegetal.
3	c	Las partes constitutivas son parte alta, media y baja.
4	b	Se refiere al espacio en sentido vertical, en el que el agua que se encuentra en la cuenca, desde la cobertura vegetal hasta los estratos profundos hasta donde llega a infiltrarse.
5	c	Es el límite natural de la cuenca.
6	b	Es <i>talweg</i> es el punto más bajo de la cuenca hidrográfica por donde discurre el caudal elemental en época de estiaje.
7	b	Por su sistema de descargas se clasifican en: cuencas endorreicas, exorreicas, arreicas y criptorreicas.
8	b	Por su tamaño se clasifican en: grandes, medianas y pequeñas.
9	a	La metodología Pfafstetter identifica a: cuencas, intercuencas y cuencas internas.
10	c	La escala de la metodología Pfafstetter se trabajó a 1:250000.

Ir a la  
autoevaluación

Autoevaluación 2		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	c	El ciclo hidrológico es continuo, porque no tiene inicio ni fin.
2	a	La precipitación es el depósito de agua en sus diferentes formas como lluvia, nieve, granizo o niebla.
3	c	La neblina a veces es considerada como forma de condensación y no siempre como precipitación.
4	a	La lluvia se divide en tres porciones: la que escurre por la superficie, la que se infiltra y la que se evapora.
5	c	En la interceptación intervienen el follaje y la infraestructura humana.
6	b	La interceptación sí se ve afectada por el tipo de vegetación, porque depende de la vegetación, el tipo, edad y densidad.
7	c	La escorrentía se forma por el agua externa y el agua de percolación e infiltración.
8	c	Los tipos de escorrentía son: superficial, subsuperficial y subterránea.
9	b	La evaporación y la transpiración son procesos diferentes pero relacionados entre sí.
10	b	La intensidad de transpiración se incrementa en el día y se reduce en la noche.

[Ir a la autoevaluación](#)

Autoevaluación 3		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	a	En una cuenca hidrográfica el agua se almacena en el suelo.
2	a	La vegetación aporta con materia orgánica al suelo en la superficie y de los estratos profundos (subterráneos).
3	c	Los tipos de almacenamiento de agua en el suelo de la cuenca son real y temporal.
4	b	Las películas que se forman alrededor de una partícula de suelo que aportan al almacenamiento real son la A y B. Es decir, la no disponible para las plantas y disponible para las plantas respectivamente.
5	b	En el almacenamiento temporal la fuerza que predomina es la fuerza de gravedad.
6	a	El tipo de desagüe que aporta a la escorrentía superficial en época de estiaje es el desagüe básico.
7	c	Una de las características de la vegetación usada para el manejo de la cuenca es que tenga raíces profundas.
8	a	El IPH se calcula a partir de la cobertura vegetal.
9	b	Uno de los criterios que toma el IPH para su cálculo es el grado de intervención de la cobertura vegetal.
10	c	La actividad de reforestación afecta a la hidrología del suelo cuando no se la hace de manera planificada considerando su finalidad.

[Ir a la  
autoevaluación](#)

Autoevaluación 4		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	a	El análisis morfométrico brinda una estimación del comportamiento de crecida de una cuenca mediante métodos indirectos.
2	c	Es posible utilizar la tecnología SIG porque se automatizan procesos y se obtienen datos con mayor precisión.
3	a	Los límites de la cuenca son parte del análisis morfométrico porque guardan estrecha relación con el perímetro de la cuenca.
4	b	La longitud axial (La) es la longitud total en línea recta del cauce principal desde su origen hasta su desembocadura.
5	c	El factor forma determina la velocidad con la cual llega el agua al cauce principal.
6	a	El factor forma (Ff) considera las variables ancho promedio y longitud axial.
7	b	El coeficiente de compacidad (Kc) compara la forma de la cuenca con un círculo.
8	a	El coeficiente de compacidad (Kc) toma valores entre 0 y 1.
9	c	Los sistemas de drenaje de Horton y Schumm se establecen de acuerdo a los órdenes de los cauces.
10	c	La densidad de drenaje considera entre sus variables a la longitud axial.

[Ir a la  
autoevaluación](#)

Autoevaluación 5		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	V	El diagnóstico justamente pretende conocer el estado del arte de la cuenca y compararla con un patrón de referencia.
2	F	Por el contrario, el diagnóstico pretende que se construya un equipo multi e interdisciplinario.
3	V	Justamente el enfoque sistémico pretende analizar y evaluar los factores de los escenarios de gestión de cuencas hidrográficas.
4	F	Dos de los aspectos previos al diagnóstico son el inventario y la caracterización.
5	V	Uno de los temas que incluye el inventario es la construcción de mapas para conocer las condiciones de la cuenca.
6	F	Un aspecto de la caracterización biofísica es el mapa de suelos con sus características o condiciones.
7	V	Un resultado de la caracterización socioeconómica es el mapa base de asentamientos humanos.
8	V	El mapa de uso actual de suelo es el resultado de la caracterización biofísica.
9	F	En la caracterización de una cuenca la información política-institucional es muy relevante.
10	V	Los indicadores son una de las formas más utilizadas para organizar y manejar los datos de la línea base.

**Ir a la  
autoevaluación**

Autoevaluación 6		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	V	La planificación para el manejo de cuencas, representada por el plan de manejo, condensa el análisis sobre su realidad.
2	V	La finalidad de la planificación de cuencas hidrográficas es resolver de forma ordenada los problemas que aquí se presentan.
3	F	Desde que apareció la necesidad de planificar la gestión de los recursos hídricos los enfoques han ido evolucionando.
4	V	La GIRH implica un manejo no solo del agua sino de otros elementos asociados a ella, como los aspectos socioeconómicos.
5	V	El plan de manejo plantea los problemas más significativos y es el objetivo principal que se busca alcanzar con el ordenamiento de la cuenca.
6	F	Los planes de manejo son instrumentos sociales muy valiosos que deben ser usados por los encargados de tomar decisiones.
7	F	El aspecto más complejo del proceso de planificación del manejo de cuencas es la concertación de intereses y necesidades.
8	V	La participación es el elemento fundamental dentro del proceso de planificación para el manejo de cuencas.
9	F	A pesar de que las actividades que se ejecutan en una cuenca son positivas, es necesario un estudio de impactos ambientales.
10	V	Ciertas actividades de recuperación de la cuenca pueden generar, a corto plazo, impactos ambientales negativos.

[Ir a la autoevaluación](#)

Autoevaluación 7		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	V	La cuenca es considerada un sistema porque aquí están en constante interacción varios elementos.
2	V	La relación agua - suelo - cubierta vegetal se cumple en una cuenca, porque son los elementos más importantes de la misma.
3	V	El manejo de cuencas implica contar con políticas, estrategias, directrices y acciones encaminadas a la conservación de los RRNN.
4	F	Es adecuado considerar como manejo al mejoramiento de la producción agrícola en una cuenca hidrográfica.
5	F	Una cuenca tropical es llamada así por la influencia de su ubicación en zonas tropicales junto a la línea ecuatorial.
6	V	Una política de manejo de cuencas es que esté orientada a fortalecer el aspecto institucional.
7	V	La legislación es un elemento clave para el manejo de cuencas.
8	F	Un aspecto a considerar en la ganadería que tiene una cuenca es que los beneficios ambientales siempre son menores que los económicos.
9	V	Un obstáculo en el manejo de cuencas es que la distribución de recursos no es equitativa en las comunidades.
10	F	Un criterio para seleccionar especies de plantas para mejorar la cobertura de la cuenca es que tengan baja demanda hídrica.

[Ir a la  
autoevaluación](#)

Autoevaluación 8		
Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	V	La GIRH se basa en que los múltiples usos del recurso hídrico son interdependientes.
2	V	La GIRH demanda el desarrollo y gestión coordinados del agua, suelo y demás recursos asociados.
3	F	La GIRH puede ser aplicable a distintas escalas, desde las pequeñas hasta una escala regional.
4	F	La GIRH considera los aspectos de decisiones participativas en el proceso de planificación.
5	V	La GIRH ayuda a equilibrar los intereses sociales, económicos y ambientales.
6	F	La GIRH incluye en su proceso de planificación leyes y políticas de gobernabilidad y acuerdos normativos e institucionales.
7	V	A través de la GIRH el desarrollo sostenible puede ser algo con lo que se puede aportar a la planificación de recursos.
8	F	La justificación de la GIRH está en que el recurso agua es limitado, por lo que no se debe sobreexplotar.
9	V	Uno de los principios de la GIRH es que el agua es un recurso finito y vulnerable, esencial para mantener la vida, el desarrollo y el ambiente.
10	V	En nuestro país se ha dado un gran cambio en la gestión de cuencas, este proceso ya es parte de las herramientas de planificación y también motivo de interés institucional a nivel público.

Ir a la  
autoevaluación



## 5. Referencias bibliográficas

- Aguirre, N. 2007. Manual para el manejo sustentable de cuencas hidrográficas. Universidad Nacional de Loja.
- Araque, M.; Vásconez, M.; Mancheno, A.; Álvarez, C.; Prehn, C.; Cevallos, C.; Ortiz, L. 2019. Cuencas hidrográficas. Universidad Politécnica Salesiana. Edt. Abya-Yala. Quito.
- Campos A. 1992. Procesos del ciclo hidrológico. U.A.S.L.P, San Luis Potosí, SLP, México. pp 2-5.
- Chagas, C., & Ignacio, C. 2018. Escurrimiento, erosión del suelo y contaminación de los recursos hídricos superficiales por sedimentos asociados a la actividad agropecuaria extensiva: algunos elementos para su análisis. In.
- Castillo, C.; Abreu, D. Álvarez, M. 2021. Evaluación de distintas fórmulas empíricas para el cálculo del tiempo de concentración en la cuenca urbana del río Bélico y Cubanicay, ciudad de Santa Clara. Universidad Tecnológica Equinoccial. Vol. 12 pp 51-64.
- CPQ – Consorcio Pomca Quindío. 2018. Plan de ordenación y manejo de la cuenca del río La Vieja. Bogotá.
- UCAR – The University Corporation for Atmospheric Research. The COMET Program. 2022. Condiciones de humedad para suelos de diferentes texturas.
- Faustino, J. & Jiménez, G. 2000. Manejo de Cuencas hidrográficas. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza. Turrialba.
- FAO – Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2022. Textura del suelo. Disponible en: [https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6706s/x6706s06.htm](https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm)

- Devia, E. 1991. Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. IGAC.  
Bogotá, Colombia.
- Donzier, J. ; Walshe, M. ; Brühl, H. ; De Moraes, O. ; Estrela, T. ; Hall, A. ;  
Sokolov, V. y Tekateka, R. (2009). Manual para la gestión integrada  
de recursos hídricos en cuencas. Global Water Partnership (GWP),  
International Network of Basin Organizations (INBO).
- Duroujeanni, A. 1999. La dinámica del desarrollo sustentable y sostenible.  
CEPAL. Congreso Venezuela.
- Gaspari, F.; Rodríguez, A.; Senisterra, G.; Delgado, M.; Besteiro, S. 2013.  
Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas.  
Universidad Nacional de La Plata.
- Henao, J. 1998. Introducción al manejo de cuencas hidrográficas.  
Universidad Santo Tomás.
- Hernández, E. 1993. Monitoreo y evaluación de proyectos de ordenación de  
cuencas. Facultad de Ciencias Forestales. Mérida, Venezuela.
- Horton R. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins  
Hydro-physical approach to quantitative morphology. Bulletin of  
Geological Society of America. Vol. 56 pp. 275–370
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.  
2004. Guía técnico científica para la ordenación y manejo de cuencas.  
IDEAM. Colombia.
- INEFAN – Instituto Ecuatoriano Forestal y de Áreas Naturales y Vida  
Silvestre. 1995. Política Forestal y de áreas naturales y vida silvestre  
del Ecuador. Lineamientos, estrategias y acciones. Quito.
- Muñoz, F. 2011. Manejo de cuencas hidrográficas tropicales. Edt. UTPL.
- Rodríguez, F. 2006. Cuencas hidrográficas, descentralización y desarrollo  
regional participativo. Intersedes: Revista de las Sedes Regionales.  
Vol. 7.
- RAE definición de cuenca <https://dle.rae.es/cuenca>
- SENAGUA – Secretaría Nacional del Agua; SGCAN – Secretaría General de la  
Comunidad Andina; UICN – Unión Internacional para la Conservación

de la Naturaleza. 2009. Delimitación y codificación de unidades hidrográficas del Ecuador, escala 1:250000, nivel 5. Metodología Pfafstetter. Quito.

SENAGUA – Secretaría Nacional del Agua. 2011. Resolución 2011 – 245 de aprobación de la Metodología Pfafstetter para la delimitación y codificación de unidades hidrográficas del Ecuador. Quito.

Schumm S. 1956. Evolution of drainage systems and slopes in bed lands at Perth Amboy, New Jersey, Bulletin of Geological Society of America. Vol 67 pp 597–646

Strahler A. 1964. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: Chow VT (ed) Handbook of applied hydrology. McGraw Hill Book Company, New York.

Taylor, P.; Jonker, L.; Donkor, E.; Guio, D.; Mbodji, I.; Mlingi, C.; Hassing, J. y López, D. (2005). Planes de gestión integrada del recurso hídrico. Manual de capacitación y guía operacional. Red Internacional para el desarrollo de capacidades en la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (Cap-Net), Global Water Partnership (GWP) y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Vásquez, A.; Mejía, A.; Faustino, J.; Terán, R.; Vásquez, I.; Díaz, J.; Vásquez, C.; Castro, A.; Tapia.; Alcántará, J. 2016. Manejo y gestión de cuencas hidrográficas. Fondo Editorial-UNALM.

Villamagua, G. (2012). Gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH). Unión Internacional Para La Conservación UICN, 40 – 45.

World Vision Canadá. (2004). Manual de manejo de cuencas. World Vision. Canadá.



---

## 6. Anexos

---

### Anexo 1. Casos de estudio 1 y 2

#### Caso 1: Establecimiento de la línea base para la GIRH en cuencas Andinas

El estudio se condujo en la microcuenca del río Zamora Huayco (ZH), está ubicada en el cantón Loja en el sur de Ecuador. El objetivo del este estudio de caso fue dejar descritas algunas bases para la GIRH, ya que se construyeron escenarios de cambio de uso y cobertura de la tierra, y los procesos biofísicos e hidrológicos que se producirían de manera natural bajo condiciones actuales y con la proyección de un escenario futuro hacia el año 2029.

Al revisar usted este estudio se encontrará con temas dentro del modelamiento hidrológico como las posibles avenidas torrenciales y los márgenes de inundación; considerados como claves para temas de gestión. También el modelamiento muestra curvas de duración general con dos escenarios (uno en condiciones actuales y otro en futuras), resaltando que, en una condición futura el tener una mayor cobertura boscosa generaría una mejor regulación de caudales, aumentaría el flujo base y disminuiría los picos en avenidas torrenciales.

Esta propuesta de línea base para la GIRH, es el inicio de muchos más pasos que se deberían dar por parte de los actores locales (Stakeholders y tomadores de decisiones), que vayan construyendo una GIRH para esta cuenca y todo el cantón Loja. Es así que la academia, GAD, FORAGUA, entre otros que deseen sumarse, incluyendo obviamente a las comunidades locales de cada cuenca; quienes podríamos construir una “GIRH modelo” a escala local.

#### Caso 2: Identificación de áreas prioritarias para la GIRH en cuencas con déficit hídrico.

El estudio se condujo en la cuenca Catamayo, está ubicada en la provincia de Loja en el sur de Ecuador. El objetivo del este estudio de caso presentar

un modelo de descripción de zonas prioritarias para la conservación de las fuentes abastecedoras de agua para distintos cantones de la provincia de Loja, mismos que tienen déficit hídrico por las condiciones climáticas de la cuenca. Descritas estas áreas es un punto de partida para poner en marcha políticas locales hacia una GIRH a escala de cuenca y subcuenca que la conforman.

La GIRH en cuencas hidrográficas es una prioridad, sobre todo en las regiones semiáridas que se ven afectadas simultáneamente por el clima, crecimiento demográfico, el cambio de uso de la tierra, la erosión del suelo y la mala gobernanza. En los países en vías de desarrollo, la GIRH se lleva a cabo a menudo sin herramientas de apoyo, datos científicos o un conocimiento profundo de las características del territorio. El objetivo de este estudio fue presentar un caso práctico para aplicar una herramienta de apoyo para la toma de decisiones, priorizando áreas para la gestión de la tierra. Se aplicó un análisis multicriterio simple y cuantitativo en la cuenca hidrográfica semiárida Catamayo para identificar las áreas de mayor interés para la implementación de prácticas de conservación y gestión de recursos a escala local y regional. Además de describir el estado actual de las condiciones en la cuenca, nuestros resultados sugieren escenarios de cambio en relación con las proyecciones oficiales de población y basados en el análisis espacial de cambio de uso del suelo. También en el análisis de resultados se tuvo una distribución dispersa de los valores prioritarios dentro de la cuenca, por lo que se incorporó una regla jerárquica para definir las prioridades a escala de subcuenca (SW); identificándose cuatro subcuenca de muy alta prioridad y necesidad urgente de aplicar prácticas de gestión y conservación. Sobre la base de las proyecciones de cambios futuros por el crecimiento poblacional y el cambio de la cubierta del suelo, se duplicó el número de subcuenca que requerirán mayor atención futura. Finalmente, este estudio incluye áreas para la gestión o conservación de la tierra de acuerdo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 6.6, 15.1-15.2 que demandan de “Metodología para priorizar áreas de gestión y conservación del suelo y el agua, en cuencas hidrográficas”.

Este estudio publicado en el año 2020 ha servido de base para levantar más indicadores que podrían favorecer el desarrollo de políticas de GIRH a escala local, nacional e internacional. Por ejemplo, en este año 2022 fue publicado un estudio relacionado con el [riesgo potencial de exposición a pesticidas en esta cuenca transfronteriza](#).

Seguro estos estudios expuestos son el inicio de muchos más que se deberían realizar por parte de los actores clave de estas cuencas en función a los intereses o demandas de los “Stakeholders” y tomadores de decisiones, y con el apoyo de las universidades, GAD, MAATE, entre otros que deseen sumarse.

## Anexo 2. Modelo de estructura de un plan de manejo de cuencas hidrográficas.

I. Resumen ejecutivo	a. Antecedentes. b. La problemática a resolver. c. Zonas de intervención, regiones y áreas de influencia. d. El plan o proyecto, sus características, objetivos, componentes, actividades, metas y riesgos. e. El prestatario, fuentes de financiamiento y los ejecutores. f. Costo total del plan o proyecto y requerimiento de financiamiento. g. Ejecución, implementación y monitoreo del plan o proyecto. h. Beneficios y beneficiarios. i. Participación comunitaria. j. Contribución a la gestión ambiental de la cuenca y el país. k. Justificación del plan o proyecto.
II. Marco de referencia, diagnostico, línea base	a. Los recursos naturales y su importancia en la economía nacional. <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Aprovechamiento y capacidad de soporte de los recursos naturales.</li><li>▪ Políticas sobre el manejo de los recursos naturales y del medio ambiente.</li><li>▪ Legislación ambiental y de recursos naturales.</li></ul> b. Diagnóstico y línea base de la cuenca. <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Características biofísicas y condiciones socioeconómicas.</li><li>▪ Diagnóstico biofísico.</li><li>▪ Diagnóstico socioeconómico.</li><li>▪ Marco legal e institucional.</li><li>▪ Análisis de tendencias / pronóstico.</li><li>▪ Marco lógico y síntesis del diagnóstico.</li><li>▪ Indicadores para construir la línea base de la cuenca.</li><li>▪ Línea base, cualitativa y cuantitativa, georeferenciación.</li><li>▪ Métodos para valorar los cambios de la línea base.</li><li>▪ Monitoreo de la línea base.</li></ul> c. Ordenamiento territorial y zonificación del uso de la tierra. <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Lineamientos para el ordenamiento territorial.</li><li>▪ Formulación del ordenamiento territorial.</li><li>▪ Zonificación del uso de la tierra.</li><li>▪ Definición de subcuencas y micro cuencas prioritarias.</li></ul> d. Conceptualización del proyecto de manejo de la cuenca. <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Síntesis de la problemática.</li><li>▪ Causas vinculadas a la problemática.</li><li>▪ Enfoque para la formulación del proyecto.</li><li>▪ Alternativas de solución y su justificación.</li><li>▪ Efectos del proyecto y la sostenibilidad en el desarrollo integral de los recursos naturales renovables de la cuenca.</li></ul>

III. El proyecto, objetivos y componentes	<p>a. Objetivos, principal y específicos.</p> <p>b. Visión integral y estructura del proyecto.</p> <p>c. Componentes, definición, descripción, actividades y metas del proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Transferencia de tecnología para el incremento de la producción silvoagropecuaria y uso apropiado de la tierra.</li> <li>▪ Manejo forestal y reforestación.</li> <li>▪ Manejo de recursos hídricos.</li> <li>▪ Manejo y conservación de suelos y aguas.</li> <li>▪ Manejo y conservación de áreas protegidas y otras equivalentes.</li> <li>▪ Extensión y educación ambiental.</li> <li>▪ Investigación y estudios complementarios.</li> <li>▪ Fortalecimiento institucional.</li> </ul> <p>d. Beneficios y beneficiarios.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Beneficios.</li> <li>▪ Características de los beneficiarios directos e indirectos del programa.</li> <li>▪ Descripción de los tipos de beneficios que recibirán del proyecto y del efecto distributivo de las inversiones.</li> </ul> <p>e. Participación comunitaria</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Formas de participación efectiva de las comunidades y beneficiarios en el diseño del proyecto.</li> <li>▪ Sostenibilidad de la participación comunitaria.</li> </ul> <p>f. Esquema administrativo y operativo.</p> <p>g. Propuestas tecnológicas, métodos de transferencia y extensión a nivel de cuencas.</p> <p>h. Costos del Proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Costo total por componente, actividades y categorías de inversión.</li> <li>▪ Análisis de costos.</li> </ul> <p>i. Financiamiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fuentes de financiamiento. Contrapartida nacional.</li> <li>▪ Participación porcentual del financiamiento y origen de los fondos.</li> </ul>
---	--

IV. Implementación, ejecución y Monitoreo del proyecto	<p>a. El Ejecutor</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Descripción de la institución ejecutora y co-ejecutores.</li> <li>■ Mecanismos de coordinación interinstitucional.</li> <li>■ Estructura y ubicación de la unidad ejecutora.</li> </ul> <p>b. Estrategias y participación de los beneficiarios en la ejecución del proyecto, especialmente de las comunidades básicas tradicionales.</p> <p>c. Incentivos para la participación de las comunidades y de los beneficiarios en la ejecución del proyecto.</p> <p>d. Ejecución Técnica de los Componentes del Proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Transferencia de tecnología para el incremento de la producción silvoagropecuaria y uso apropiado de la tierra.</li> <li>■ Manejo forestal y reforestación.</li> <li>■ Manejo de recursos hídricos.</li> <li>■ Manejo y conservación de suelos y aguas.</li> <li>■ Manejo y conservación de áreas protegidas y otras equivalentes.</li> <li>■ Extensión y educación ambiental.</li> <li>■ Investigación y estudios complementarios.</li> <li>■ Fortalecimiento institucional.</li> </ul> <p>e. Cronograma de actividades e inversiones, incluyendo los desembolsos.</p> <p>f. Mecanismos para la ejecución, supervisión y evaluación del programa, monitoreo ambiental del proyecto.</p> <p>g. Planes operativos global y anuales.</p> <p>h. Sistema Gerencial de programación y seguimiento.</p> <p>i. Evaluación de riesgos y medidas correctivas.</p>
V. El prestatario, el organismo ejecutor y otras Instituciones participantes	<p>a. El prestatario y el organismo ejecutor.</p> <p>b. Otras Instituciones y organizaciones participantes.</p> <p>c. Mecanismos de coordinación de convenios interinstitucionales y contratos.</p>
VI. Análisis de factibilidad	<p>a. Factibilidad técnica.</p> <p>b. Factibilidad financiera.</p> <p>c. Factibilidad económica.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Beneficios del proyecto.</li> <li>■ Rentabilidad económica del proyecto.</li> <li>■ Análisis de sensibilidad.</li> </ul> <p>d. Factibilidad legal e institucional.</p> <p>e. Justificación social.</p> <p>f. Justificación ambiental.</p>

Fuente. World Vision. 2004.