

# ZONIFICACIÓN AMBIENTAL DE UNA CUENCA HIDROGRÁFICA



MYRIAM STELLA TORRES MUÑOZ



Convenio Ministerio del Medio Ambiente - SENA  
Programa Ambiental - Crédito DIB-Proyecto Sistema de Capacitación  
Continuada para Extensionistas en Recursos Naurales





Éste título digital por Sistema de Bibliotecas SENA se encuentra bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-compartirigual 3.0 unported License.

<http://co.creativecommons.org/tipos-de-licencias/>

Creado a partir de la obra en <http://biblioteca.sena.edu.co>



# ZONIFICACIÓN AMBIENTAL DE UNA CUENCA HIDROGRÁFICA

Convenio Ministerio del Medio Ambiente  
- SENA

Programa Ambiental - Crédito BID,  
para la ejecución del proyecto

“Sistema de Capacitación Continuada  
para Extensionistas en Recursos Natu-  
rales”

Santa Fe de Bogotá, D.C., 1998



**Ministerio del Medio Ambiente**

Eduardo Verano de la Rosa  
*Ministro*

Fabio Arjona Hincapié  
*Viceministro de Política y Regulación*

María Victoria Cifuentes Ramírez  
*Coordinadora General Programa  
Ambiental y de manejo de Recursos  
Naturales Crédito BID - BIRF*

Ángela Andrade Pérez  
*Directora Técnica de Ecosistemas*

Edgar Otavo Rodríguez  
*Asesor Dirección General de Ecosis-  
temas*

Germán Alonso Peñaranda Ibarra  
*Jefe de oficina asesora de Educación  
Ambiental, Participación Ciudadana y  
Población*

**Servicio Nacional de Aprendizaje -  
SENA**

Rafael Ramírez Zorro  
*Director*

Alirio Sarmiento Vargas  
*Director de Formación Profesional*

Gonzalo Sandoval  
*Jefe División Sector Primario y  
Extractivo*

Luis Carlos Roncancio  
*Coordinador Nacional Convenio Mi-  
nisterio del Medio Ambiente - SENA*

**Elaboración**

Myriam Stella Torres Muñoz  
*Ingeniera Geógrafa Especialista en  
Sistemas de Información Geográfica*

María Cristina Rueda Traslaviña  
*Diseño Gráfico e Ilustraciones*

Hamilton Virgües Lemos  
Martha María Torres Muñoz  
*Fotografía*

Alberto y Alfredo López Velandia  
*Edición de Mapas y Fotografías*

Grupo de Publicaciones -SENA-  
*Impresión'*

# Prólogo

El Ministerio del Medio Ambiente y el Sistema Nacional Ambiental, SINA, constituyen el marco institucional por medio del cual es posible incorporar la temática ambiental en la formulación de políticas y acciones de todos los sectores, encaminadas al logro del desarrollo humano sostenible.

Para adoptar este modelo de desarrollo es necesaria una gran inversión social en los agentes responsables de trabajar por el cambio de actitudes, hábitos y comportamientos en la producción del sector primario del país y por la búsqueda de soluciones concretas a los problemas ambientales locales y regionales.

Para ello, es indispensable que entidades responsables de impulsar el desarrollo sostenible en el sector productivo rural, aumenten su capacidad de gestión y cualifiquen a sus funcionarios con el propósito de hacer más efectiva y eficiente su misión de extensión, especialmente para iniciar y promover procesos de participación comunitaria en el manejo de recursos naturales y del medio ambiente.

De allí que impulsar un sistema de capacitación continuada para extensionistas y comunidades en materia de recursos naturales, basado en procesos desescolarizados, continuos y permanentes, constituye una alternativa pedagógica real frente a las grandes barreras que tradicionalmente ofrecen el modelo educativo, las modalidades de capacitación y los métodos de aprendizaje de la educación formal.

Para poner en marcha dicho sistema, el Ministerio del Medio Ambiente suscribió un convenio con el Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA, entidad encargada de apoyar y cumplir la política social en el ámbito de la promoción y de la formación profesional.

Para hacer realidad esta concepción, se están produciendo materiales didácticos especializados, dirigidos a suplir los vacíos académicos de técnicos de las Umata, Corporaciones Autónomas Regionales, ONG, comunidades rurales y docentes del SENA.

El presente documento apunta en esa dirección y ofrece elementos de orden técnico, en un lenguaje sencillo que permite su comprensión y aplicación en el trabajo de campo.

Eduardo Verano de la Rosa  
Ministro del Medio Ambiente

# Introducción

Actualmente la cuenca hidrográfica se constituye en la unidad básica de planeación. En razón a su configuración como sistema, es en este espacio en donde se puede estudiar desde diferentes niveles la complejidad de las relaciones biofísicas, socioeconómicas y antropológicas que nos permiten conocer los diferentes planos de lo que significa el concepto de biodiversidad.

El manejo de una cuenca hidrográfica corresponde al uso racional que el hombre haga de los recursos naturales (agua, aire, suelo, flora, fauna) que existen dentro de sus linderos y no debe ser orientado solamente a resolver los problemas de suministro de agua. Los objetivos para el manejo de cuencas deben hacer frente a los problemas de uso del suelo, el subsuelo y el agua, teniendo en cuenta que cada uno depende de los otros y deben considerarse por consiguiente unidos con un enfoque integrado.

El presente documento tiene como propósito brindar al estudiante y al docente un conjunto de fundamentos prácticos que, entendidos y aplicados en una forma integrada, sean el eje metodológico de la zonificación ambiental de nuestras cuencas hidrográficas.

El documento está compuesto por 6 unidades distribuidas en tres módulos que tratan sobre: Conceptos Básicos, Aspectos Metodológicos, Criterios de Zonificación Ambiental, Línea Base, Diagnóstico de, la Situación Ambiental Actual, y un ejemplo de zonificación ambiental aplicado a las microcuenca del municipio de Guasca, Cundinamarca.

Al terminar el tercer módulo, el estudiante estará en capacidad de analizar la problemática que vive determinada cuenca y establecer unidades de manejo que permitan definir perfiles de proyectos para el mejoramiento de las condiciones de vida de las personas que habitan en ella.

Myriam Stella Torres Muñoz  
Ingeniera Geógrafa

# Tabla de contenido

|                                                                                | Pag |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Prólogo                                                                        | 0   |
| Introducción                                                                   | 3   |
| <i>Tabla de contenido</i>                                                      | 5   |
| <i>Organización del documento</i>                                              | 6   |
| <i>Objetivos del documento</i>                                                 | 9   |
| <i>Sugerencias me todo lógicas</i>                                             | 10  |
|                                                                                | 11  |
| <b>MÓDULO UNO</b>                                                              | 13  |
| <b>Conducta de entrada</b>                                                     | 14  |
| <b>Unidad 1</b>                                                                | 15  |
| Conceptos básicos                                                              | 15  |
| ¿Qué es una cuenca hidrográfica?                                               | 15  |
| Límites de una cuenca                                                          | 17  |
| Componentes de una cuenca                                                      | 18  |
| Interrelación de factores                                                      | 19  |
| ¿Qué es zonificación ambiental?                                                | 19  |
| ¿Qué es un SI G?                                                               | 21  |
| Componentes de un SIG                                                          | 2]  |
| Elementos de u n SI G                                                          | 22  |
| Aplicación de los SIG                                                          | 26  |
| Ventajas de la utilización de los SIG                                          | 28  |
| Entrada de datos.....                                                          | 29  |
| SIG como un conjunto interrelacionado de subsistemas                           | 31  |
| Aplicación de un SIG a un proyecto de intereses.....                           | 32  |
| Otros sistemas.....                                                            | 33  |
| <b>Aspectos metodológicos.....</b>                                             | 34  |
| Utilización de los SIG en la zonificación ambiental.....                       | 36  |
| Proceso metodológico para la elaboración de la cartografía.....                | 37  |
| Proceso metodológico para la elaboración cartográfica con ayuda de un SIG..... | 39  |
| <i>Recapitulación</i> .....                                                    | 40  |
|                                                                                | 41  |



|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| <b>MÓDULO DOS</b>                                             | 43  |
| <b>Conducta de entrada</b>                                    | 44  |
| <b>Unidad 3</b>                                               | 45  |
| <b>Cráterios de zonificación ambiental</b>                    | 45  |
| Oferta ambiental                                              | 46  |
| Áreas de aptitud a ambiental                                  | 46  |
| Áreas de aptitud agraria y desarrollo socioeconómico          | 49  |
| Demanda ambiental                                             | 50  |
| Unidades de demanda                                           | 50  |
| Conflictos ambientales                                        | 51  |
| Unidades de conflicto                                         | 51  |
| ¿Qué son las unidades de manejo ambiental?                    | 54  |
| <b>Unidad 4</b>                                               | 63  |
| <b>Línea base</b>                                             | 63  |
| Clases de factores                                            | 63  |
| Factores físicos                                              | 63  |
| Factores biológicos                                           | 66  |
| Factores humanos o socioeconómicos                            | 69  |
| Factores ambientales                                          | 71  |
| La erosión :                                                  | 72  |
| Clases de erosión                                             | 72  |
| Formas de erosión                                             | 73  |
| Factores que favorecen la erosión                             | 80  |
| Factores y efectos de la erosión en los suelos                | 81  |
| Grados de erosión                                             | 88  |
| Grados de erosión según su intensidad                         | 90  |
| Amenazas naturales                                            | 91  |
| Amenazas en el área de estudio                                | 92  |
| Amenazas naturales por procesos de erosión y remoción en masa | 99  |
| <b>Unidad 5</b>                                               | 100 |
| <b>Diagnóstico de la situación ambiental</b>                  | 100 |
| Resumen de la línea base                                      | 105 |
| Recapitulación                                                | 106 |
| Evaluación                                                    | 107 |

# Organización del documento

Para facilitar su estudio y asimilación, el documento se ha organizado en tres módulos:

## Módulo uno

**Unidad 1:** Conceptos básicos

**Unidad 2:** Aspectos metodológicos

## Módulo dos

**Unidad 3:** Criterios de zonificación ambiental Unidad 4: Línea base

**Unidad 5:** Diagnóstico de la situación ambiental actual.

## Módulo tres

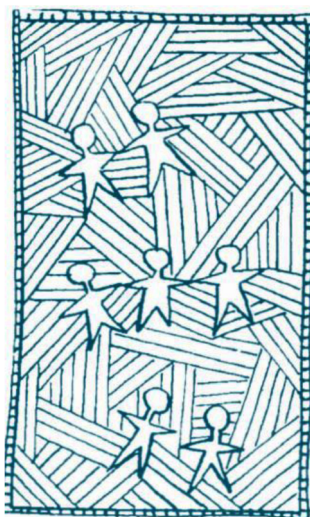
**Unidad 6:** Ejemplo de zonificación ambiental



# Objetivos del documento

El documento presenta las herramientas necesarias para:

- Efectuar la caracterización y evaluación de los aspectos físicobiótico y socioeconómico existentes en la cuenca hidrográfica, con el propósito de obtener criterios y elementos para una adecuada utilización y manejo de los recursos.
- Realizar el diagnóstico de la situación ambiental actual como herramienta para la zonificación ambiental.
- Determinar la oferta y demanda ambiental con el propósito de llegar a conocer los principales impactos ambientales de la cuenca.
- Establecer unidades de manejo que permitan alternativas de solución y perfiles de proyectos que lleven a resolver los problemas presentes en la cuenca y apoyen la zonificación.



# Sugerencia metodológicas

Para el estudio y asimilación de cada uno de los capítulos se sugieren los siguientes pasos:

- Revisar cuidadosamente el contenido de todo el documento.
- Analizar los objetivos o metas que se plantean, para la zonificación Ambiental.
- Iniciar el estudio individual de cada capítulo.
  - Desarrollar por escrito el ejercicio preliminar y al finalizar el estudio confrontar el conocimiento inicial con los nuevos elementos aportados al aprendizaje.
  - Desarrollar las autoevaluaciones de cada módulo de manera individual y por escrito.
  - Compartir con el grupo de trabajo las respuestas individuales, analizarlas y enriquecerlas.
  - Recibir orientación educativa (tutoría). El tutor (Agente Educativo Institucional) debe apoyar a los estudiantes en forma presencial.
  - Los aportes de los integrantes del grupo y las investigaciones complementarias acerca de cada tema son recursos indispensables y obligatorios que ayudan a aclarar conceptos y dudas.

# Módulo UNO

## Unidad 1

Conceptos básicos

## Unidad 2

Aspectos metodológicos



# Conducta de entrada

Marque con una X la respuesta correcta

**1.** El estudio de cuencas hidrográficas trata sobre el manejo de todos los recursos naturales que están comprendidos en ella.

F ☐

V ☐

**2.** Las cuencas no tienen límites precisos porque son espacios geográficos.

F ☐

V ☐

**3.** Para hacer el manejo adecuado de una cuenca es necesario elaborar un plan de ordenamiento de ella, el cual contempla los programas para el manejo de las aguas, los suelos, los bosques, la fauna y el hombre.

F ☐

V ☐

**4.** No se puede elaborar la zonificación ambiental en una cuenca hidrográfica si no se utiliza un SIG.

F ☐

V ☐

**5.** No es fundamental determinar el tamaño de la escala para elaborar la cartografía temática de una microcuenca.

F ☐

V ☐



## Conceptos básicos

### ¿Qué es una cuenca hidrográfica?

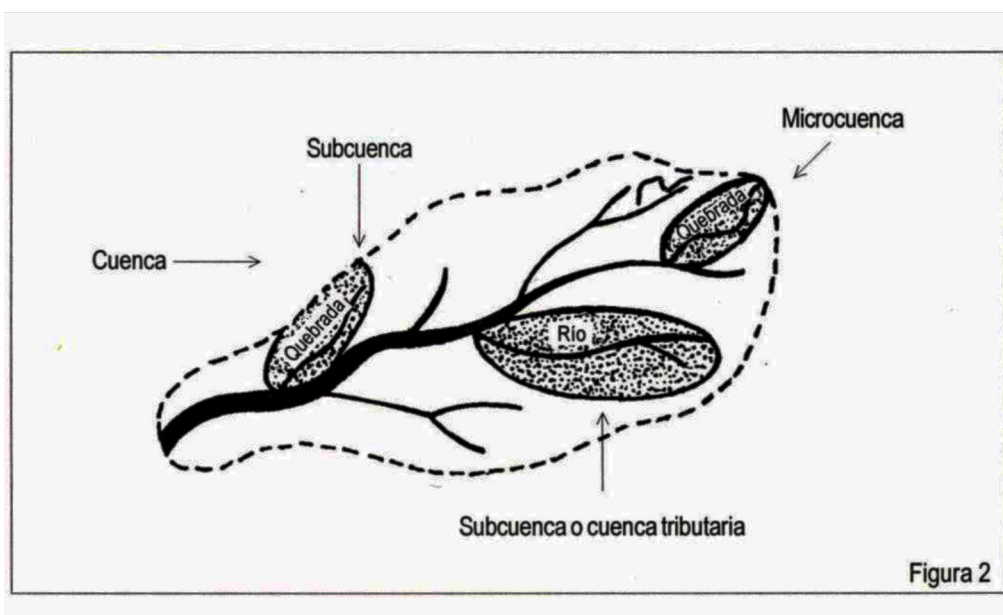
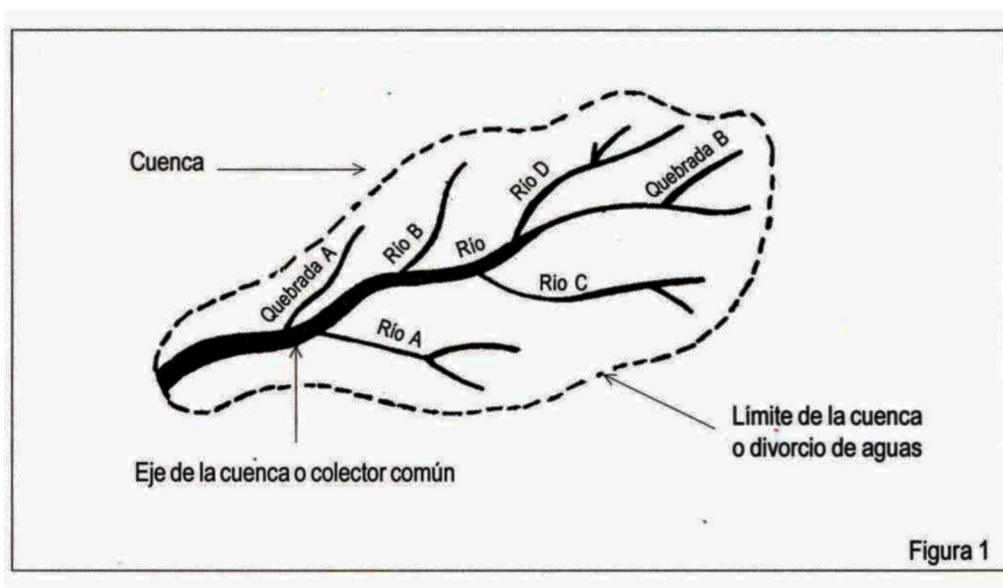
Es un área conformada por numerosos drenajes de agua que corren hacia una misma quebrada o río principal.

Existen muchas definiciones, otra podría ser: «entiéndase por cuenca u hoya hidrográfica, el área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales de caudal continuo o intermitente, que confluye en un cauce mayor, que a su vez puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar» (artículo 312, Decreto 2811 de 1974).

En la cuenca habita una población humana que vive ya sea en forma dispersa, en las veredas, o en agrupaciones en pueblos y ciudades. Esta población utiliza el bosque, cultiva la tierra y, en general aprovecha los recursos naturales.

Las corrientes de agua de la cuenca son alimentadas por aguas lluvias y/o por manantiales de aguas subterráneas; su caudal es regulado por la vegetación y el suelo.

La delimitación de la cuenca está dada por la línea de divorcio de aguas, es decir, la cota o altura máxima que divide dos cuencas contiguas. La extensión de una cuenca puede variar de pocas a miles de hectáreas.



Una cuenca está compuesta por un conjunto de quebradas o ríos pequeños que se llaman subcuencas o cuencas tributarias, o sea las que tienen menor extensión que la principal. (Fig. 1)

Si una cuenca posee pocas hectáreas se llama microcuenca. Llamamos cuenca al conjunto de pequeñas microcuencas que pertenecen a un mismo desagüe. Un conjunto de cuencas forma una hoya o cuenca principal y un conjunto de cuencas principales forman una vertiente. (Fig. 2)

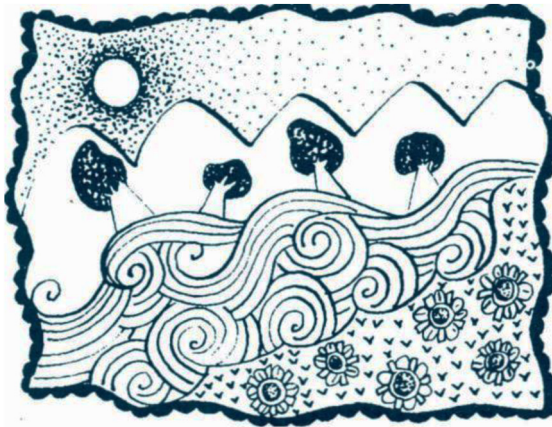
Colombia, por ejemplo, tiene tres vertientes: la vertiente del Atlántico, la vertiente del Pacífico y la vertiente Oriental. Cada una de estas vertientes está dividida en hoyas o macrocuencas, las cuales a su vez se subdividen en cuencas, subcuencas y microcuencas.

### **Límites de una cuenca**

Para limitar una cuenca hay que tener en cuenta la topografía del terreno. Los límites de la cuenca son las partes altas a su alrededor. Estos límites topográficos más altos se llaman divisorias o divorcios de agua.

Se llaman divorcios de aguas por ser estos puntos una línea de separación con las cuencas adyacentes. Las divisorias o divorcios de agua siguen alrededor de la cuenca y solamente atraviesan el río en el punto de desagüe.

El divorcio de aguas de una cuenca divide la precipitación que cae en las cuencas adyacentes y dirige el drenaje hacia uno u otro sistema de flujo.



## Componentes de una cuenca

Los componentes de una cuenca hidrográfica son todos los elementos o factores del ambiente natural. No se puede excluir ninguno de ellos porque en el balance de la naturaleza actúan todos en forma integral.

Estos elementos que componen una cuenca son todos los recursos naturales, el hombre y el ambiente:

- El agua
- La vegetación
- El suelo
- La fauna
- El aire
- El clima
- El hombre y el medio ambiente

Estos factores son vivos, dinámicos y se encuentran en interacción. Para facilitar su estudio se agrupan de la siguiente forma:

### ***Factores físicos***

El agua, el suelo, el subsuelo y el aire constituyen el ambiente físico.

### ***Factores bióticos***

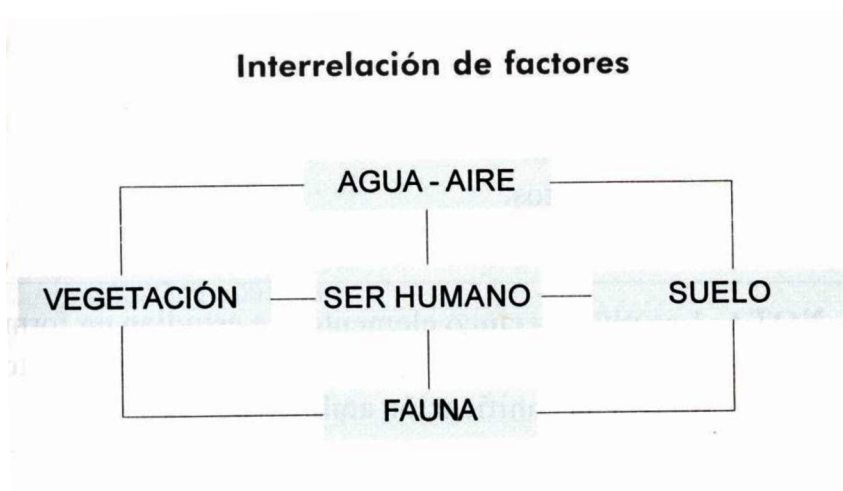
La flora (bosques, cultivos y en general la vegetación) y la fauna (animales) constituyen el ambiente biológico de una cuenca.

### ***Factores sociales y económicos***

La comunidad que habita en la cuenca aprovecha y transforma los recursos naturales para su beneficio (cultivos, ganadería, leña, minería, entre otros); también construyen obras de infraestructura de servicios y producción (acueductos, alcantarillados, vías, escuelas, hospitales y otros), las cuales elevan su nivel de vida y desarrollan la región.

## I nterrelación de factores

Todos los factores anteriormente mencionados son igualmente importantes; el deterioro o la mala utilización de alguno de ellos afectan a los otros y pone en peligro el futuro de la cuenca y sus habitantes. La cuenca, como unidad, tiene características geográficas, físicas y biológicas similares que la hacen funcionar como un ecosistema. Es por esto que las cuencas hidrográficas son la mejor unidad geográfica para la planeación del desarrollo regional.



Un análisis de estos factores se verá en la unidad 4.

## ¿Que es zonificación ambiental?

La zonificación ambiental busca identificar las Unidades de Manejo Ambiental, cuya caracterización, especialización y representación cartográfica constituyen el principal aporte para la planeación ambiental. Es un elemento constitutivo del Plan de *Manejo Ambiental*.

Un estudio de zonificación ambiental debe contemplar por lo menos los siguientes elementos o capítulos:

- Introducción
- Justificación
- Ubicación geográfica de la cuenca o microcuenca hidrográfica.
- Aspectos metodológicos
- (se refieren a la metodología que se va a aplicar en desarrollo de cada uno de los capítulos del estudio).
- Línea base
- (se refiere a la identificación y caracterización de todos los componentes del medio natural).
- Diagnóstico ambiental
- (se refiere a la situación ambiental actual de la cuenca o microcuenca hidrográfica).
- Oferta ambiental (uso potencial). Demanda ambiental (uso actual). Conflictos de uso.
- Unidades de manejo.
- Perfiles de proyectos.

**NOTA:** Los últimos cinco elementos se estudian en forma más detallada en el módulo dos, ya que son los elementos constitutivos de la zonificación ambiental.

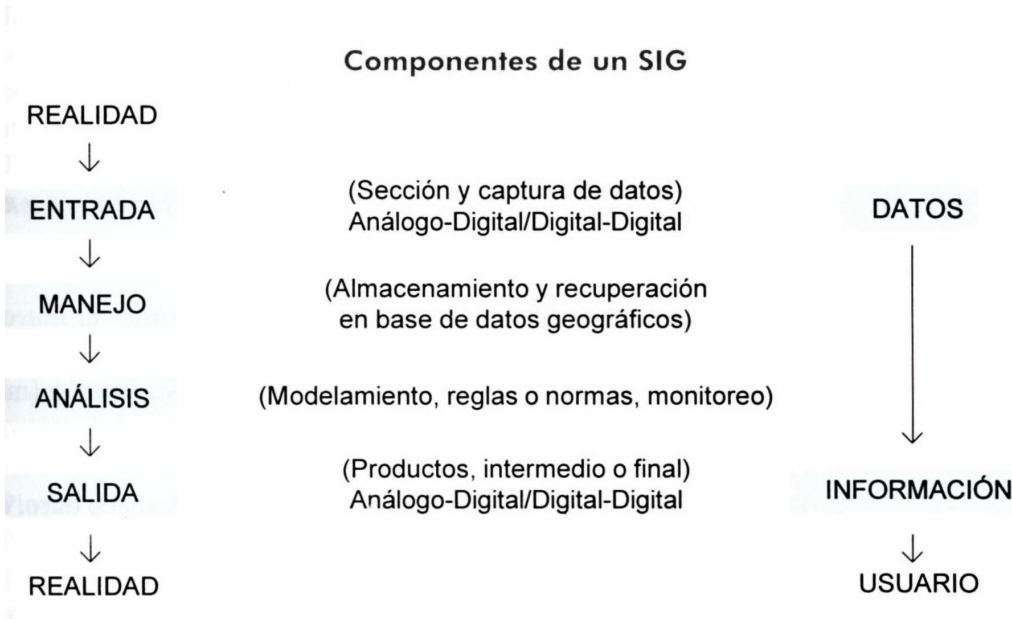


## ¿Qué es un SIG?

Un *Sistema de Información Geográfico*, SIG, es un conjunto de métodos y herramientas que actúan coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar información gráfica y de sus atributos, con el fin de satisfacer múltiples propósitos, dado que sus ventajas permiten el manejo total de la información sin sesgos, con mucha precisión y con resultados en lapsos de tiempo muy cortos.

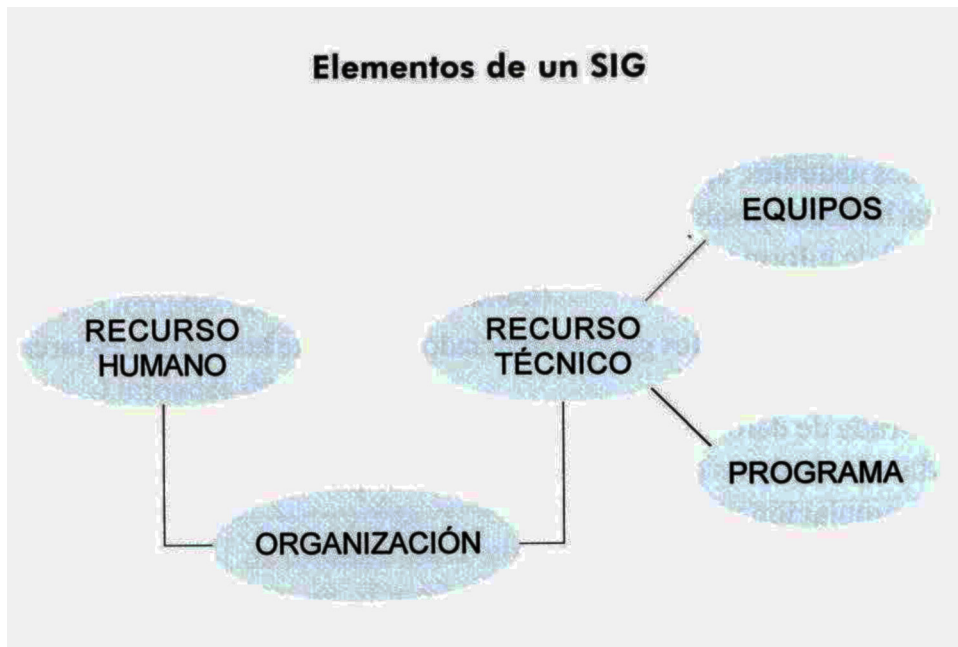
El SIG facilita la toma de decisiones en aras de la buena planeación de los recursos naturales, aprovechando la evolución de la tecnología informática, la cual ha hecho posible el desarrollo de sistemas que permiten la utilización integral de información con inmensos beneficios en la toma de decisiones. El SIG maneja los datos georreferenciados mediante las siguientes tareas:

- Entrada de datos
- Manejo de datos (almacenamiento y recuperación)
- Manipulación y análisis
- Salida de datos



## Elementos de un SIG

Un SIG está integrado por tres elementos básicos: recurso humano, recurso técnico y organización.



### *Equipos (hardware)*

Es la parte física requerida para el funcionamiento del sistema y está integrada por:

- Una Unidad de Procesamiento Central (CPU).
- Dispositivos de entrada para la captura de la información (mesa digitalizadora, barreadores, teclado, etc.).
- Dispositivos de almacenamiento (cintas magnéticas, disco duro, discos flexibles, etc.).
- Dispositivos de salida (monitor, impresora, graficador, plotter, etc.).

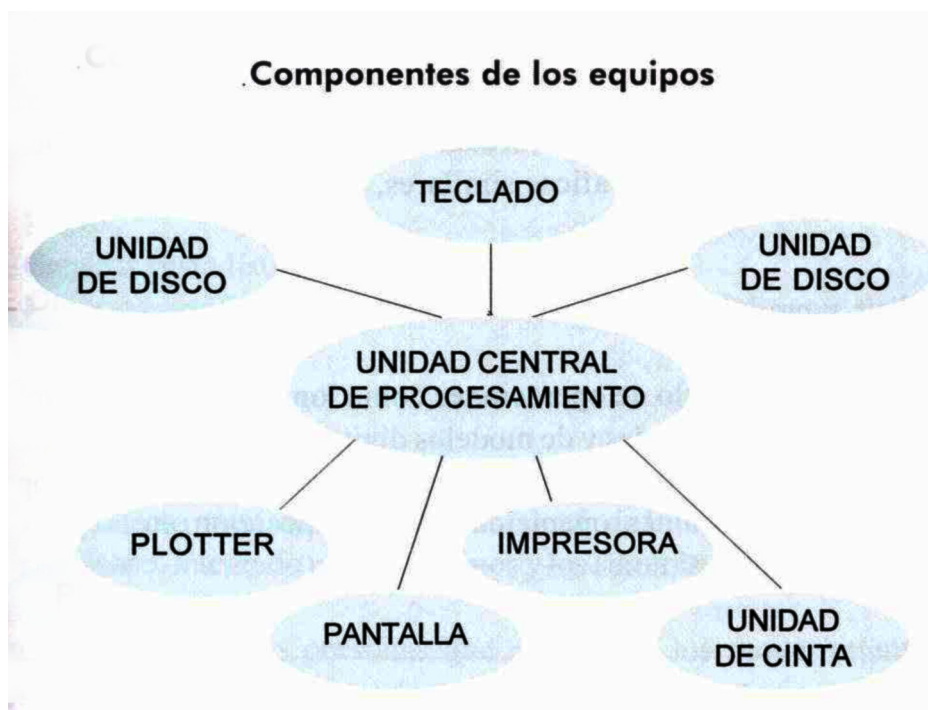
## **Programas (software)**

Es la parte lógica necesaria para el desarrollo de las funciones de un sistema. Más específicamente es un conjunto de procedimientos generados por algoritmos elaborados para operar sobre la información contenida en un medio, como son las bases de datos. Así se pueden realizar operaciones de análisis y modelamiento, además, actualizaciones sobre datos. Contiene los siguientes elementos:

## **Entrada de datos**

Es la captura de la información sobre la cual vamos a trabajar (espaciales y no espaciales, en forma analógica y digital).

- Planos imagen (sensores, remotos, aerofotografías, etc.).
- Planos gráficos (mapas).
- Topología.
- Atributos (formularios, datos estadísticos, etc.).



### **Manejo de datos**

Se refiere a los procesos de transformación y mantenimiento de datos espaciales, transformación y reordenamiento de atributos, generación de características cartográficas similares, etc.

### **Análisis y modelamiento**

Comprende el cálculo de operaciones como longitudes, áreas y volúmenes; el análisis de redes y de modelos digitales de terreno; el análisis de puntos, segmentos y polígonos interrelacionados; las funciones topográficas, interpolaciones, operaciones de superposición, etc.



## ***Salida y presentación de datos***

Es el proceso de presentar los resultados producto del análisis. Las formas posibles son:

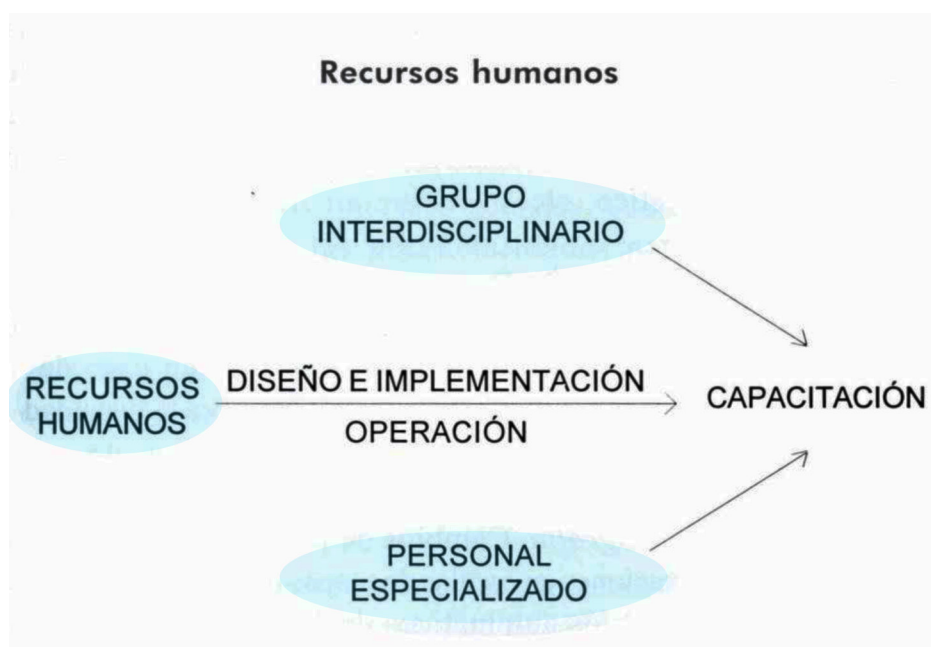
- Mapas.
- Cuadros (estadísticas, tablas, etc.).
- Informes, gráficos y reportes.

## ***Recursos humanos***

El componente más importante de un Sistema de Información Geográfico es el humano, integrado por los usuarios y los administradores del sistema.

Los usuarios son las personas que establecen los requerimientos y necesidades para trabajar en forma paralela con el sistema.

Los administradores son los encargados de la manipulación, modelamiento y análisis de la información; regidos por las necesidades y requerimientos tanto del sistema como del usuario.



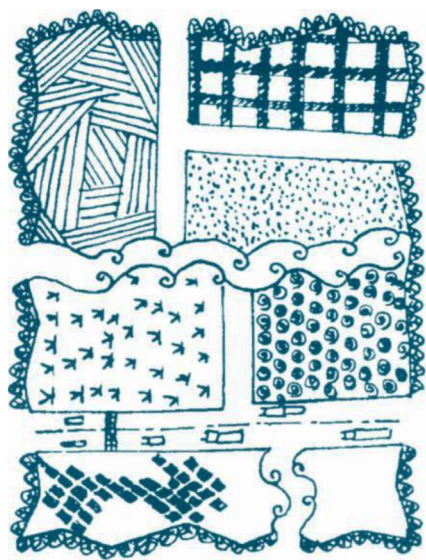
## Aplicaciones de los SIG

A través de los Sistemas de Información Geográfica el usuario puede consultar y resolver en forma rápida y oportuna los diferentes requerimientos de información para los distintos campos de operación, como el agrícola, el forestal, el geológico, el minero, etc.

Mediante la utilización de algoritmos, los Sistemas de Información Geográfica permiten, entre otros usos, realizar investigaciones de los recursos naturales, las cuales dependen en gran parte de los requerimientos y la imaginación del usuario.

Dentro de un Sistema de Información Geográfica se pueden presentar variaciones que van desde aspectos muy elementales, como son las funciones que determinan longitudes y áreas, hasta situaciones mucho más complejas, como los modelos digitales de elevación del terreno, los modelos de predicción, etc.

Como resultado del funcionamiento y operación de estos sistemas, se puede tener información altamente confiable relacionada con los siguientes aspectos:



**La planificación rural.** Referida a la localización de áreas espaciales que permiten estudiar ciertas características para la determinación de terrenos óptimos para el desarrollo de cultivos de diversos productos, la previsión de rendimientos para un determinado cultivo, el estado actual de la deforestación de un municipio específico, etc.

**La hidrografía.** Determinación de áreas de inundaciones en zonas de influencia aluvial de ríos de gran caudal, y estudios de amenazas en regiones en caso de que exista población humana; estudios sobre la densidad del drenaje, caudales, pendientes, escorrentía, etc.

**La cartografía.** Cambios de proyecciones, empalmes y variaciones en escalas de mapas digitalizados. Además, los cálculos automáticos de áreas y longitudes sobre los mapas.

**Los suelos.** Determinación y cuantificación del uso y la cobertura actual del suelo. Igualmente, la delimitación de áreas homogéneas para proyectos de planificación y desarrollo agropecuario, forestal, geológico, minero, etc.

**Estudios de ingeniería.** Especificación de volúmenes de tierra en corte y relleno para la construcción de vías de transporte y el emplazamiento de obras civiles como aeropuertos, carreteras, oleoductos, embalses, etc. Además, estos SIG ayudan al estudio de proyectos enfocados a optimizar rutas carreteables, líneas de transmisión y otros. Para llevar a cabo estos estudios son indispensables los mapas de pendiente, que se obtienen en forma rápida mediante los SIG.

**Estudios urbanos.** Los SIG juegan un papel preponderante en el estudio de proyectos dirigidos a optimizar rutas de circulación vehicular dentro de ciudades de alto índice poblacional. Igualmente para el emplazamiento de obras espaciales como parques de recreación o industriales, abastecimiento de servicios públicos, zonificación de la población por edades, estratificación del transporte, localización de zonas de concentración (comercial, industrial, residencial, de inseguridad, etc.).

Impacto ambiental. La explotación de los recursos naturales ha venido causando problemas en el medio ambiente, debido al cambio y desajuste de los ecosistemas. El SIG permite determinar los impactos más relevantes.

**Ordenamiento territorial.** Mediante este proceso se puede orientar la transformación, ocupación y utilización de los espacios geográficos, teniendo en cuenta los intereses sociales, económicos, políticos y culturales, así como las potencialidades naturales del espacio considerado. Los SIG pueden utilizarse en forma extraordinaria como herramienta eficaz para el ordenamiento territorial, ya que a través de la integración de datos espaciales y no espaciales obtenidos de diferentes fuentes, en diferentes formatos y en diferentes escalas, volúmenes de información y datos, y realizar análisis y modelamientos para la toma de decisiones.

**Mercadeo.** Los SIG permiten estudiar y localizar las principales variables relacionadas con el mercadeo, al combinar información socioeconómica con información espacial y de ventas.

## ***Ventajas de la utilización de los SIG***

- Los SIG permiten a quienes deben planificar y tomar decisiones, hacerlo adecuada y oportunamente, pues la información es almacenada en forma compacta.
- El mantenimiento y recuperación de los datos es bastante rápido y económico.
- Se facilita el trabajo con una variedad extensa de modelos carto-gráficos debido al eficiente análisis dinámico de los datos.
- Los análisis de modelos conceptuales son evaluados en forma rápida y eficiente. Algunos de estos casos son la generación de mapas de pendiente, la confección de mapas topográficos, la implantación de obras y los estudios de impacto ambiental, entre otros.
- Existe una interface de trabajo relacional para el análisis simultáneo de datos espaciales y no espaciales.
- Se facilita la actualización de la información.
- El SIG permite integrar lo espacial con otra clase de información dentro de un solo sistema y ofrece un marco adecuado para el análisis geográfico.
- Por tener los mapas y otra clase de información espacial en forma digital, el SIG permite manipular y desplegar el conocimiento geo-gráfico en una nueva forma.
- El SIG hace conexiones entre actividades basadas en proximidad geográfica. Podemos relacionar, por ejemplo, un botadero de basura tóxica con una quebrada y evaluar el daño que puede causar.
- El SIG permite el manejo de datos administrativos tales como: propietarios, propiedades, impuestos, servicios públicos, todos referenciados a su posición geográfica.

## Debemos tener en cuenta que:

- Los SIG y su interpretación son solo una herramienta de trabajo muy útil, que permite ejecutar estudios y análisis de una manera eficiente, es decir rápidos y precisos, pero para su adecuada utilización es necesario realizar trabajos de campo.
- Para poder utilizar esta moderna tecnología se requiere de:
  - Los equipos necesarios.
  - Los programas de computación adaptados a nuestras condiciones ecológicas.
  - El análisis realizado por el elemento humano.
- De estas tres partes, la principal es el elemento humano y para que el sistema funcione, es indispensable que este sea debidamente capacitado.

## Entrada de datos

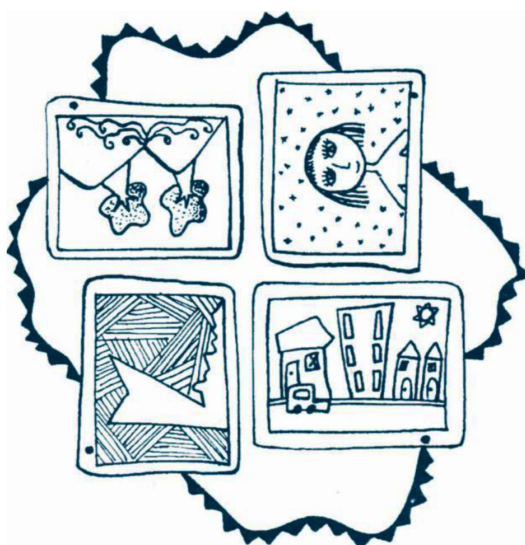
### Métodos

Existen varios procesos o métodos para la entrada de datos:

- Manual.
- Semiautomático.
- Automático.
- Por conversión.
- Por voz.

### Método manual

Existe información, especialmente la que se refiere a atributos no espaciales, que puede ser incorporada al computador utilizando el teclado. Esto implica la introducción de códigos. En muy pocos casos, aunque ocasionalmente se hace, pueden ser introducidos datos relacionados con la localización.



## **Método semiautomático**

En este método el operador manipula directamente un instrumento, mediante el cual la localización es reconocida por el computador.

Dentro de este grupo de instrumentos se pueden citar:



Las mesas digitalizadoras.

. Los estereorestituidores fotogramétricos.

El proceso que utiliza mesa digitalizadora (*digitalización manual*), es sin lugar a dudas el instrumento más utilizado para extraer información de mapas existentes. La posición de un indicador, el cual se mueve sobre una superficie plana, es detectada por el computador e interpretada como un par de coordenadas X, Y. En general, consta de una mesa plana que contiene internamente una cuadrícula

rectangular de alambres que conducen electricidad; trabaja en conjunto con un cursor que contiene un alambre centrado en una bobina de cobre, el cual es controlado por botones. Las mesas o tabletas digitalizadoras usan la cuadrícula de alambre para generar un campo magnético que es detectado por el cursor. Las precisiones son menores que 0.1 mm.

### **Operación de digitalización**

- El mapa se fija sobre la mesa digitalizadora.
- Se ubican 3 ó más puntos de control.
- Se digitaliza el contenido del documento.

Es necesario referenciar la mesa digitalizadora para que exista una correspondencia entre las coordenadas de la mesa, los elementos capturados del mapa y sus correspondientes coordenadas en el terreno, lo que constituye una transformación que contempla escala, rotación y traslación.

## ***SIG como un conjunto interrelacionado de subsistemas***

### ***Subsistema de Procesamiento de Datos***

- Adquisición: mapas, imágenes, campo.
- Entrada de datos: de las fuentes a la base de datos.
- Almacenamiento de datos.

### ***Subsistema de Análisis de Datos***

- Recuperación y análisis: realizado por preguntas y respuestas o por complejos análisis estadísticos de los datos.
- Salida de información: ¿cómo desplegar los resultados?, ¿como mapas o como tablas?, ¿o para ser introducido en otro sistema digital?

### ***Subsistema de Uso de la Información***

- Los usuarios pueden ser investigadores, planeadores o gerentes de entidades.
- Interacción entre el grupo de SIO para planear los procedimientos analíticos y las estructuras de datos.

### ***Subsistema de Manejo***

- Papel organizacional: la sección de SIO debe estar organizada como una unidad separada en una entidad, con el fin de manejar los recursos y ofrecer los servicios de una base de datos espacial.

El grupo SIO incluye un experto en el manejo del sistema, un experto en el manejo de la base de datos, un operador del sistema, un analista del sistema y operadores para digitalización.

## ***Aplicación de un SIG a un proyecto de interés***

Partiendo del concepto de que un SIG es un conjunto de procesos aplicados sobre datos no procesados, para producir información útil en la toma de decisiones, se pueden dar los siguientes pasos en el uso de un SIG en un proyecto de interés:

- Conceptualización
- Diseño
- Desarrollo
- Montaje
- Prueba
- Resultados.

Estos pasos se pueden desarrollar de la siguiente manera:

- Constitución de un grupo de estudio.
- Esbozo de la problemática (importancia, desarrollo existente, tendencia, etc.).
- Inventario de recursos locales existentes.
- Decisión de iniciar el proceso.
- Análisis del contexto (físico, político, económico, administrativo, social, recursos humanos, etc.).
- Establecimiento de un consenso entre todos los actores.
- Desarrollo de un inventario de las necesidades.
- Inventario de los datos.
- Modelos conceptuales.
- Validación definitiva de los requerimientos.
- Formación de colaboradores a todo nivel.
- Elaboración de la base de datos (digitalización de mapas existentes o nuevas adquisiciones).
- Realización del análisis de las coberturas digitalizadas.
- Producción de resultados, sugerencias y recomendaciones.

En el uso de los Sistemas de *Información Geográfico* se presentan varias limitaciones en el momento de ser aplicados a un” proyecto determinado.

Algunas de estas limitaciones son:

- Costos elevados de conversión de datos analógicos a digitales.
- Costos y necesidades de especialistas para mantener las bases de datos.
- Altos costos de equipos.
- Carencia de conceptos comunes entre el equipo participante, lo que trae como consecuencia barreras en la integración y la comunicación.
- Heterogeneidad de la información (distinta naturaleza, precisión, redundancia, incompatibilidad y fiabilidad).
- Los equipos de computación y software tienen una evolución en extremo rápida, que lo ocasiona críticas permanentes de las soluciones adoptadas y por lo tanto inseguridad en la continuidad de las tareas a desarrollar.

### **Otros sistemas**

Otros sistemas que trabajan con datos georreferenciados son:

- CAD, Computer Aided Design and Drafting, (dibujo).
- DBMS, Data Base Management Systems, (base de datos).
- AM-FM, Automated Mapping and Facility Management, (base de datos).

Todos estos sistemas son diferentes de un SIO por que no incluyen operaciones de búsqueda espacial (áreas de influencia) ni sobreposición de mapas.

A menudo el SIO es confundido con sistemas cartográficos que almacenan mapas y los generan en forma automática.





### *Aspectos metodológicos*

Aunque se ha hablado mucho sobre el tema en realidad no existe una metodología única y definitiva para realizar la zonificación ambiental de una cuenca hidrográfica.

En este documento se trata de aportar logros y avances basados en experiencias previas sobre este tema. Se propone dar respuesta a la necesidad de construir una estructura conceptual y metodológica que oriente los procesos educativos institucionales y comunitarios.

Para dar inicio al desarrollo de la zonificación se requiere establecer un marco de referencia conceptual y metodológica que oriente el análisis diagnóstico de la cuenca en sus diferentes componentes y posibilite la zonificación.

Desde el punto de vista conceptual, el estudio se basa en el establecimiento de elementos de zonificación ambiental y de impactos ambientales, los que al conjugarse constituyen escenarios de unidades de manejo y administración de recursos.

Desde el punto de vista metodológico, se emplean los criterios de zonificación ambiental que se explican en forma detallada en el siguiente capítulo, combinándolos con procesos metodológicos y técnicos de recolección de información con habitantes de la región, en busca de articular las limitaciones y potencialidades del sistema natural con las necesidades y expectativas de la comunidad.

El proceso metodológico que enmarca el estudio corresponde inicialmente al desarrollo del conocimiento ambiental desde la perspectiva de cada uno de los campos disciplinarios, tanto del sistema físicobiótico y geográfico como del socioeconómico.

En tal sentido todas las disciplinas avanzan desde la investigación secundaria y el análisis de información obtenida por instituciones (públicas y privadas), hasta la confrontación con la realidad en el trabajo de campo.

La dimensión físicobiótica y socioeconómica se basa en trabajos de interpretación de fotografías aéreas, con comprobación cartográfica en campo, donde se plasman las características de la realidad, lo que origina la cartografía temática en las áreas de:

- Mapa Geológico
- Mapa de Suelos
- Mapa Fisiográfico
- Mapa Cobertura Vegetal
- Mapa Cuencas Hidrográficas
- Mapa Socioeconómico
- Mapa Uso Actual
- Mapa Demanda Ambiental
- Mapa Oferta Ambiental
- Mapa Procesos Denudativos
- Mapa Amenazas Naturales
- Mapa Conflictos de Uso
- Mapa Unidades de Manejo.

Como se puede observar, se requiere de un grupo de trabajo interdisciplinario que participe en la elaboración e interpretación de estos mapas temáticos.

La dimensión socioeconómica se obtiene con información secundaria. Como en el país esta información es tan deficiente e incongruente, se recomienda para una buena base de partida en la parte socioeconómica, crear una especie de censo en el sitio y efectuar un diagnóstico rural rápido, esto con el objeto de poder tener herramientas de juicio confiables para el análisis de este tema.

Para la elaboración de la cartografía se parte de las planchas base del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, a escala apropiada para el estudio, así:

| CUENCA    | SUBCUENCA | MICROCUENCA      |
|-----------|-----------|------------------|
| 1:100.000 | 1:25.000  | 1:10.000 o Mayor |

Además, se requieren las fajas de fotografías aéreas recientes que cubran la zona a estudiar.

***Utilización de los SIG en la zonificación ambiental***

Los SIG se han constituido en una herramienta útil y práctica para el análisis y la interpretación de la información en el proceso de zonificación ambiental.

Es bien importante tener un conocimiento preciso de las ventajas y aplicaciones que presta un SIG, por lo tanto se debe tener una capacitación previa sobre su manejo, ya que como se mencionó anteriormente es una herramienta que no hace sino lo que se le ordena que haga y por lo tanto se debe saber cómo utilizarla.



## ***Proceso metodológico para elaborar cartografía***

Para el desarrollo de la cartografía, en el caso específico del municipio de Guasca, Cundinamarca, se siguió un proceso metodológico que permitió orientar de una forma clara y precisa el objetivo general del proyecto. (Ver gráfico).

Se tomó como punto de partida la cartografía básica (1) del IGAC a escala

1:25.000 y se digitalizaron las curvas de nivel cada 50 metros; se actualizaron las vías, drenajes, asentamientos, líneas de alta tensión, etc., con la ayuda de fotointerpretación y luego se digitalizó.

Se determinaron los siguientes mapas de información preliminar:

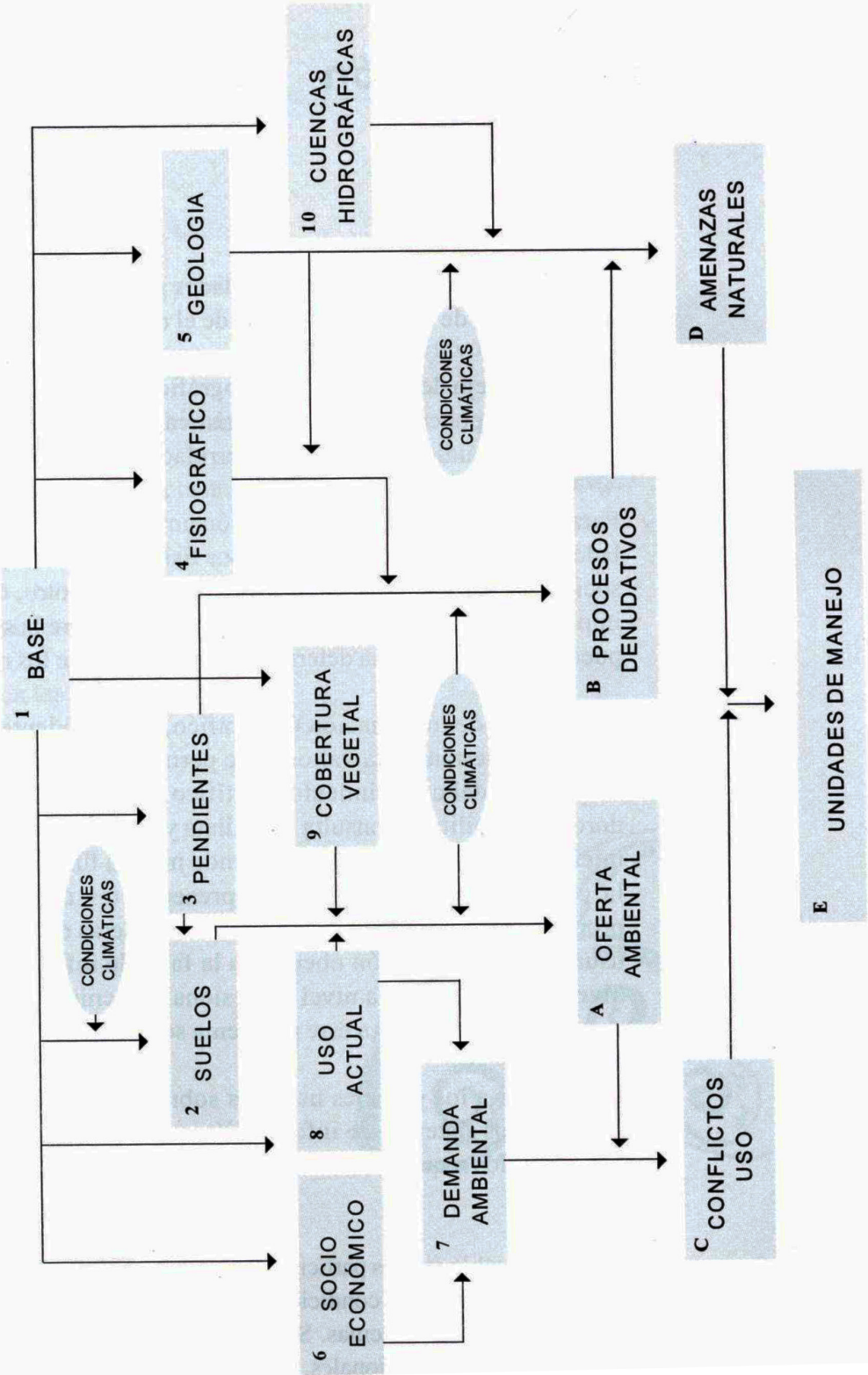
- Los mapas de Suelos (2), Fisiográfico (4), Pendientes (3) Y Geología (5). Paralelamente se elaboraron los mapas de línea base: Socioeconómico (6), Uso Actual (7), Cobertura Vegetal (8), Cuencas Hidrográficas (9).
- El mapa Socioeconómico (6) contempla las variables de: sistemas productivos, población, infraestructura, servicios básicos, entre otras (ver mapa en el anexo).
- El mapa de Demanda Ambiental (7) resulta de la información de campo, la fotointerpretación y los cruces del mapa de Uso Actual con el mapa Socioeconómico (ver mapa en el anexo).
- El mapa de Cobertura Vegetal (8) se elaboró a partir de información secundaria de la URP A (Unidades Regionales de Planeamiento Agropecuario), visitas de campo y fotointerpretación (ver mapa en el anexo).
- El mapa de Cuencas Hidrográficas (9) contempla la división de las microcuencas que cubren el municipio, hasta su influencia fuera del límite del mismo. Incluye además las estaciones climatológicas encontradas en el área, con sus respectivos histogramas. Se trazaron también las isoyetas con un intervalo de 100 m de precipitación.

Todos estos mapas preliminares y de línea base fueron digitalizados para ser utilizados en el análisis que permitió obtener los mapas producto que se describen a continuación:

- Oferta Ambiental (A). Para obtener este primer mapa producto se correlacionaron los mapas 2, 3, 4, 7 Y 8, con la ayuda de algunas condiciones climatológicas.
- Procesos Denudativos (B). Se correlacionaron los mapas 1, 3, 4 Y 5 con algunos parámetros climáticos, para obtener el segundo mapa producto.
- Conflictos de Uso (C). Resulta de la correlación de los mapas 6 y 7 con la ayuda del mapa producto (A).
- Amenazas Naturales (O). Este mapa producto resulta de la interacción del mapa preliminar 5 con la línea base 9 y los mapas producto (B) y (C).
- Unidades de Manejo (E). Este es el mapa resultado que cumple con los objetivos propuestos y es el producto de los mapas (C) y (O) .



Proceso metodológico para la elaboración catográfica con ayuda de un SIG



# Recapitulación

- Las cuencas hidrográficas son unidades geográficas que tienen gran importancia; de su buen uso depende el desarrollo de una región.
- Para el manejo de una cuenca hidrográfica es necesario saber cuáles son sus componentes o sus características de clima, vegetación, forma, etc. y estudiar las diversas interrelaciones que presentan.
- Para realizar una buena zonificación ambiental se requiere, por un lado, el conocimiento de los procesos físicos, químicos, biológicos y socioeconómicos que operan en el espacio y, por otro, determinar el impacto que sobre el bienestar y en particular sobre la salud humana puede llegar a tener una determinada utilización de los recursos.
- Un Sistema de Información Geográfico, SIG, evidentemente constituye una herramienta valiosa que permite agilizar la obtención y ampliación del conocimiento científico por parte de los investigadores y posibilita la consulta inmediata y actualizada de ese conocimiento. Los SIG se están expandiendo más en función de la moda y la capacidad de venta de los representantes de las compañías productoras de los equipos que de las verdaderas necesidades de los usuarios. Esta situación obedece a la falta de información, tanto a nivel decisorio como a nivel, profesional y técnico del país. Las alternativas de solución a este problema se pueden definir así:
  - Orientar a los posibles usuarios sobre los alcances y limitaciones de los sistemas de información.
  - Definir los requerimientos y necesidades de los usuarios con ellos mismos.
- Es indispensable que los participantes en el establecimiento o montaje de los SIG conozcan las condiciones mínimas, las potencialidades y las limitaciones de los sistemas. Se deben despertar inquietudes en los directivos y en los profesionales, para aprovechar la experiencia existente.

# Evaluación

1. Defina ¿qué es una cuenca hidrográfica?
2. ¿Cuáles son los límites de una cuenca y qué son los divorcios de agua?
3. ¿Qué es zonificación ambiental?
4. ¿Qué elementos contempla un estudio de zonificación ambiental?
5. ¿Qué es un SIG?
6. ¿Cuáles son los elementos que hacen parte de un SIG?
7. ¿Cuáles son las ventajas de un SIG?

