



SG/REG.EMAB/IX/dt 3  
24 de abril de 2008  
8.46.63

---

NOVENA REUNION DE EXPERTOS GUBERNAMENTALES  
EN ESTADISTICAS AMBIENTALES DE LA COMUNIDAD ANDINA  
28 al 30 de abril de 2008  
Cartagena de Indias - Colombia

## DELIMITACIÓN Y CODIFICACIÓN DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS EN LA CAN



## **DELIMITACIÓN Y CODIFICACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE BOLIVIA**

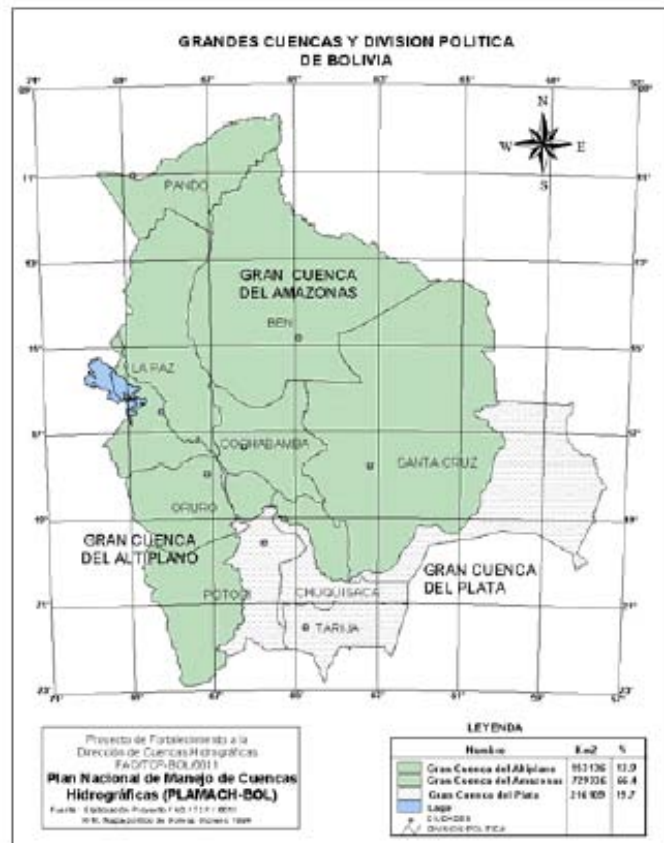
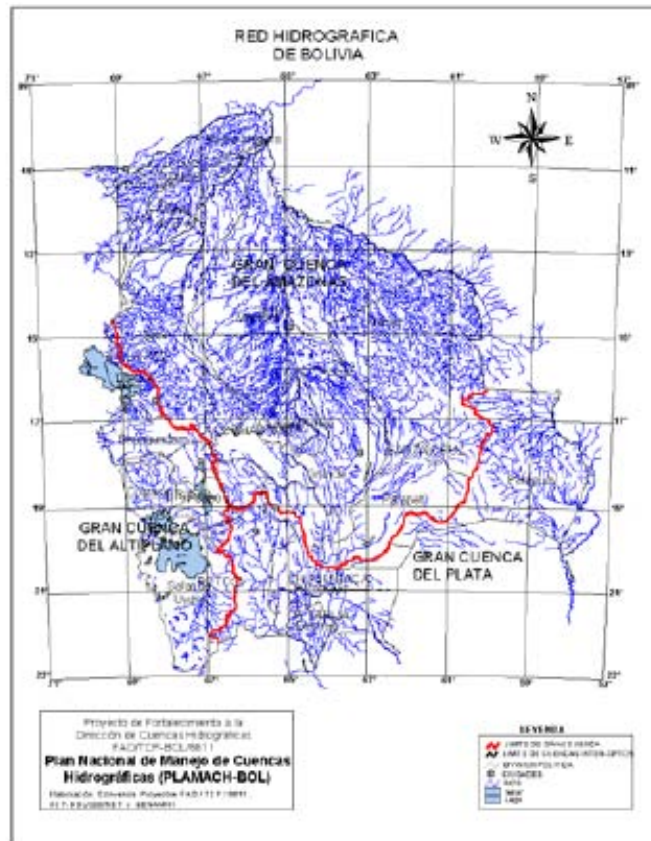
### **(APLICANDO LA METODOLOGIA DE PFAFSTETTER)** **(Documento Preliminar)**

#### **1 ANTECEDENTES**

**Cuenca hidrográfica** es el territorio en el cual caen, se depositan y discurren las aguas a través de una red de causas que convergen en uno principal y que en forma superficial o subterránea, confluyen a un mismo lugar, según el caso, a un mar. En la actualidad la definición de cuencas hidrográficas ha evolucionado y se considera a la cuenca como un sistema, que puede definirse como un conjunto de objetos que interaccionan de manera regular e interdependiente. La ingeniería de sistemas se aboca a la toma de decisiones en relación aquellos aspectos del sistema que están sujetos a un cierto grado de control para alcanzar los objetivos dados.

Son muy pocas las instituciones que realizaron trabajos de delimitación de cuencas hidrográficas a nivel nacional, así mismo la nomenclatura y criterios de delimitación de cuencas son diversos. Como antecedentes se puede citar a las instituciones que delimitaron el territorio Nacional en cuencas hidrográficas:

- El Instituto Geógrafo Militar (IGM, 1990), delimitaron las tres grandes cuencas del País, Amazónica, Altiplánica y Del Plata.
- El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología en convenio con entidades Internacionales (UNESCO y ORSTOM, 1990), delimitaron tres grandes cuencas, Amazonas, Altiplánica y Del Plata. Así mismo en la Amazónica se delimitaron siete cuencas: Madre de Dios, Beni, Orthon, Mamore, Itenez, Parapeti-Izozog y Abuna; en la Altiplánica se delimitó en tres cuencas: Desaguadero-poopó, Titicaca y Coipasa-Uyuni; finalmente la Del Plata se delimitó tres cuencas: Pilcomayo, Bermejo y Paraguay.
- La Dirección de Cuencas Hidrográficas, 1996, realiza una delimitación en cuencas y subcuencas, la cuenca del Amazonas esta delimitada en ocho subcuencas: Acre, Abuna, Madera, Orthon, Madre de Dios, Beni, Mamore e Itenez; la cuenca Altiplánica esta delimitada en cinco subcuencas: Titicaca, Desaguadero, Poopó, Coipasa y Salar de Uyuni; la cuenca Del Plata esta delimitada en tres subcuencas: Pilcomayo, Bermejo y Paraguay, finalmente la cuenca del río Parapetí conforma una cuenca.
- El Proyecto TCP/6611, ha elaborado una delimitación de las cuencas considerando los antecedentes arriba señalados, se utilizó la siguiente información, con escalas 1:1'000.000: mapa físico de Bolivia, edición 1993, mapa político de Bolivia, edición 1994, y mapas referenciales del SENAMHI y de la Dirección de Cuencas Hidrográficas.



- En estrecha colaboración con el SENAMHI, se digitalizó del mapa Político de Bolivia, la red hidrológica, división política y capitales de Departamento. Se definieron los criterios para la delimitación de las cuencas del País, encofrándose puntos de coincidencia con el equipo técnico del TCP/6611 en lo siguiente:

a).- Delimitar las grandes cuencas en el ámbito Nacional con criterios geopolíticos y de parte-aguas.

b).- Para las grandes cuencas, asignarle el prefijo de Gran cuenca Internacional, las mismas son tres, la Amazónica, Altiplánica y la Del Plata (ejemplo Gran Cuenca Internacional Amazónica).

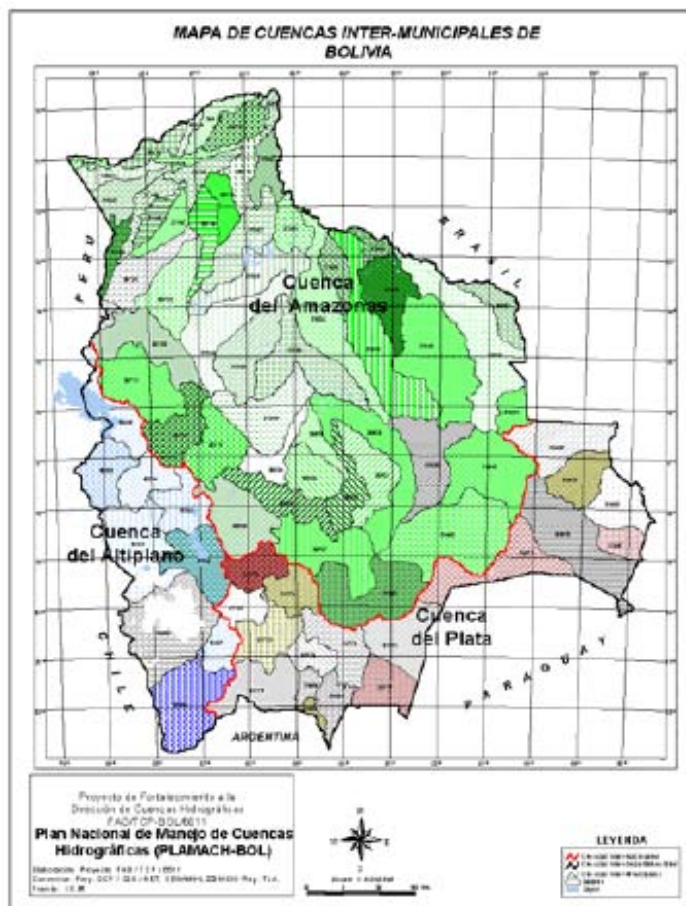
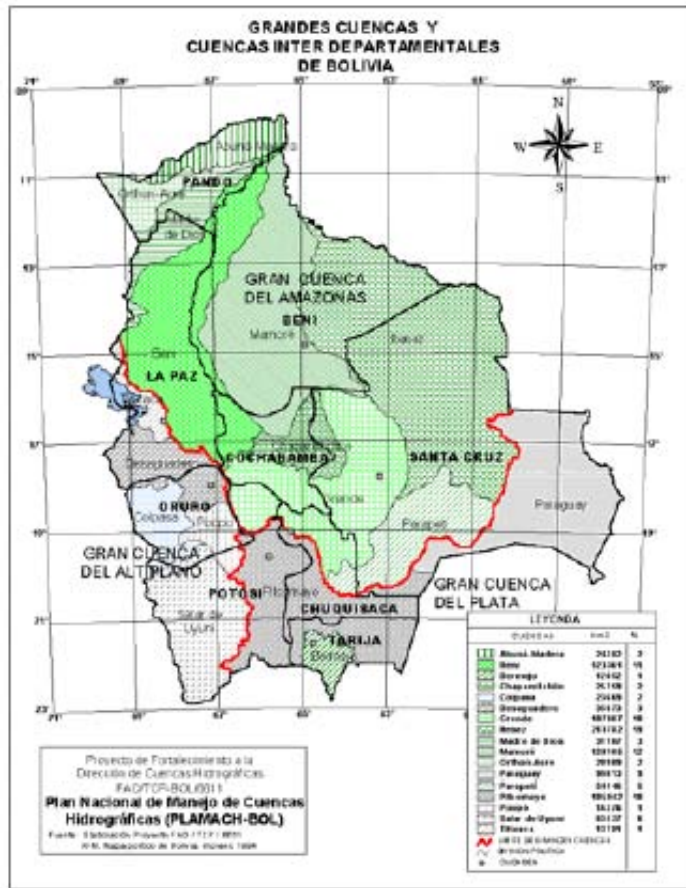
c).- Realizar una primera delimitación de las cuencas Internacionales, utilizando criterios de parte-aguas, en el ámbito de cuencas que atraviesan dos o más Departamentos y/o cuando hay contacto con Países vecinos, asignarles el prefijo de Interdepartamental (ejemplo Cuenca Interdepartamental del Río Grande).

d).- Realizar una primera delimitación de las cuencas Interdepartamentales, también utilizando los criterios de parte-aguas, en el ámbito de las cuencas que se encuentran dentro de los límites de dos o más Municipios, asignarles el prefijo de Intermunicipal (ejemplo Cuenca Intermunicipal del Río Caine).

e).- Las delimitaciones tienen que estar en concordancia con las curvas de nivel de las cartas del IGM.

Producto de ese trabajo se obtuvieron tres niveles de delimitaciones:

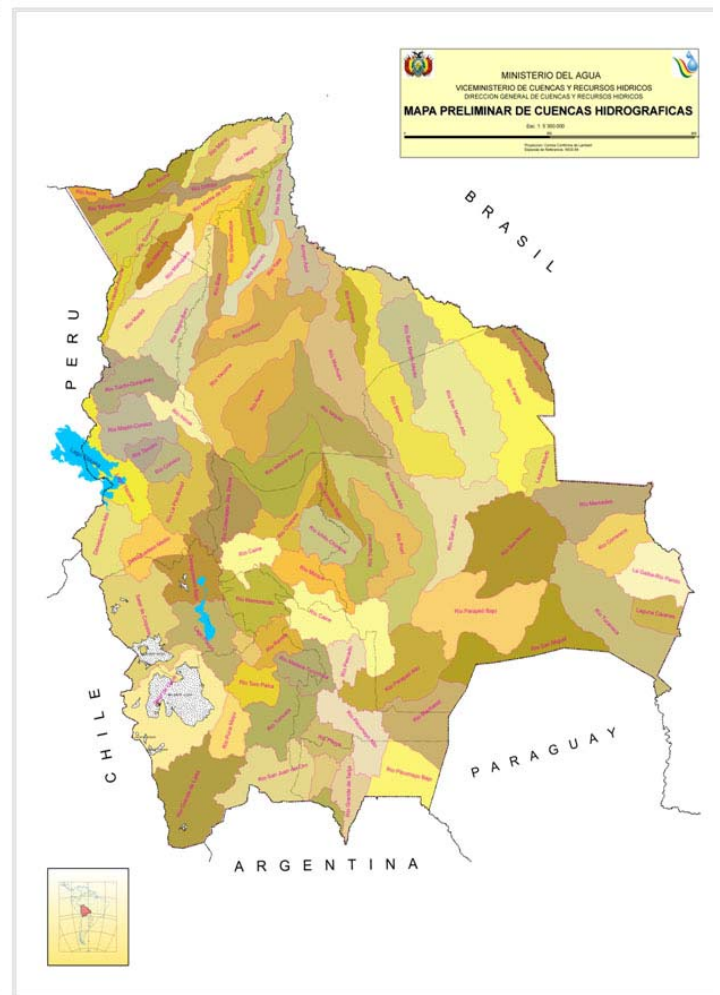
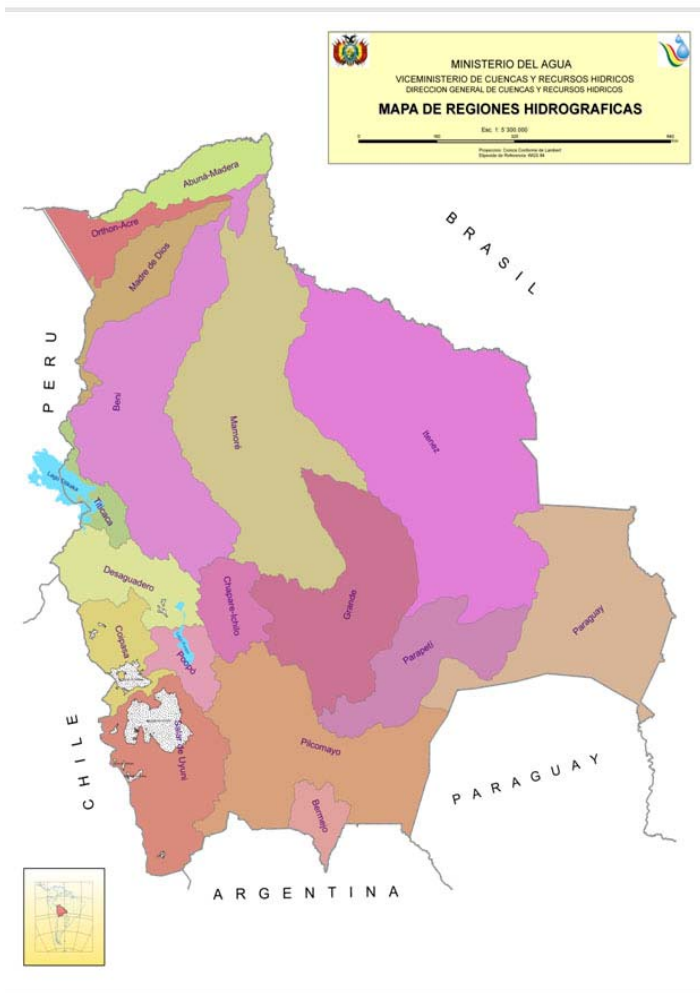
- En el primer nivel se determinó tres grandes cuencas Internacionales: Amazonas, Altiplano y Del Plata.
- En un segundo nivel de delimitaciones se determinó 17 cuencas Interdepartamentales: Coipasa, Desaguadero, Poopó, Salar de Uyuni, Titicaca, Abuna- Madera, Beni, Chapare-Ichilo, Grande, Itenez, madre de Dios, Mamore, Orthon-Acre, Parapeti, Bermejo, Paraguay y Pilcomayo. Las cinco primeras corresponden a la cuenca Internacional del Altiplano, las nueve subsiguientes a la Amazónica y las tres últimas a la Del Plata.
- En el tercer nivel de delimitación se determinaron 81 cuencas Intermunicipales.



- Finalmente el año 2000 se elaboro el mapa de Cuencas hidrográficas de Bolivia a partir de un proyecto coordinado entre el Sistema Nacional de Información para el Desarrollo Sostenible (SNIDS) y la Dirección General de Cuencas del Ministerio de Desarrollo Sostenible.

Producto de ese trabajo se obtuvieron tres niveles de delimitaciones:

- En el primer nivel se determino tres grandes cuencas Internacionales: Amazonas, Altiplano y Del Plata.
- En un segundo nivel de delimitaciones se determino 17 cuencas Interdepartamentales
- En el tercer nivel de delimitación se determinaron 89 cuencas Intermunicipales.



## 2. OBJETIVO GENERAL

Elaboración del Mapa de Cuencas Hidrográficas de Bolivia, aplicando una metodología estándar internacional para la delimitación y codificación de cuencas.

### 2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Elaboración del Documento Guía de Procedimientos para la delimitación y Codificación de las Cuencas Hidrográficas de Bolivia con el sistema de Codificación Pfafstetter a las cuencas del territorio boliviano.

## 3. SISTEMATIZACION PRELIMINAR

### 3.1 INFORMACIÓN EMPLEADA

- Archivo digital HYDRO1K: contiene aspectos hidrográficos derivados del GTOPO30 creado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) con financiamiento de Brasil y de la FAO.

Formato: Vectorial – cauces y unidades hidrográficas

Formato Digital: ShapeFile ArcView

Organizada por continentes

Sistema de Coordenadas: Lambert Azimuthal Área

- Imágenes Landsat ETM, con una resolución espacial 14.25m/p. Bandas espectrales 7 4 2 realizadas, del Proyecto GeoCover Landsat 2000 – NASA. Información obtenida vía Web del Herat Satélite Corporation-EEUU.
- Archivo digital de cartografía del INE, información vectorial de ríos Escala 1:50.000.

### 3.2 METODOLOGÍA APLICADA

Se han aplicado dos metodologías:

- a) El sistema de codificación Pfafstetter.
- b) El Método cartográfico para la delimitación de las cuencas.

#### a) SISTEMA DE CODIFICACIÓN PFAFSTETTER

El **Sistema de Codificación Pfafstetter** fue desarrollado por Otto Pfafstetter en 1989, difundido a partir de 1997 por Verdín y adoptado a partir de entonces por la United State Geological Survey (UGS – Servicio Geológico de los Estados Unidos), como estándar internacional.

Es una metodología para asignar identificadores **lds** a unidades de drenaje basado en la topología de la superficie del terreno; dicho de otro modo asigna lds a una cuenca para relacionarla con sus cuencas vecinas, locales o internas.



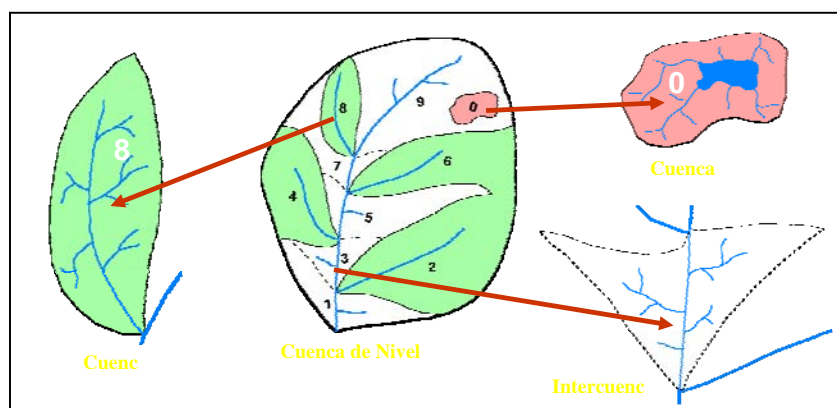
## Características de la Metodología

- El sistema es jerárquico y las unidades son delimitadas desde las unidades de los ríos (punto de confluencia de ríos), ó desde el punto de desembocadura de un sistema de drenaje en el océano.
- A cada cuenca hidrográfica se le asigna un específico código Pfafstetter, basado en su ubicación dentro del sistema de drenaje que ocupa, de tal forma que éste es único dentro al interior de un continente.
- Este método hace un uso mínimo de la cantidad de dígitos en los códigos, la longitud del código depende solamente del nivel que se está codificando.
- Este sistema de codificación permitirá asimismo, una eficiente codificación de la **red hidrográfica**.

### 1) Consideraciones básicas del Sistema

De acuerdo al sistema de Pfafstetter, existen tres tipos de unidades de drenaje: *cuencas*, *intercuencas* y *cuencas internas*.

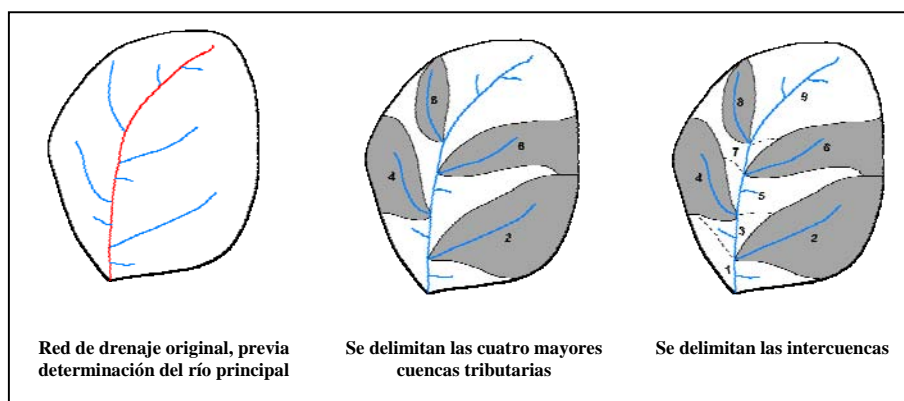
- **Cuenca**, es un área que no recibe drenaje de ninguna otra área, pero si contribuye con flujo a otra unidad de drenaje a través del curso del río, considerado como principal, al cual confluye.
- **Intercuenca**, es un área que recibe drenaje de otra unidad aguas arriba, exclusivamente, del curso del río considerado como el principal, y permite el paso de este hacia la unidad de drenaje contigua hacia aguas abajo. En otras palabras, una intercuenca, es una unidad de drenaje de tránsito del río principal.
- **Cuenca Interna**, es 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.
- La distinción entre río principal y tributario, es en función del criterio del área drenada. Así, en cualquier confluencia, **el río principal será siempre aquel que posee la mayor área drenada entre ambos**. Denominándose cuencas, a las áreas drenadas por los tributarios e intercuenas a las áreas restantes drenadas por el río principal.



## 2) El Proceso de Codificación

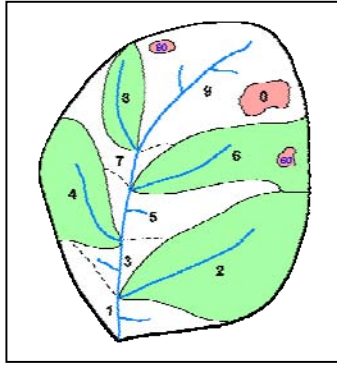
Consiste en subdividir una cuenca hidrográfica. Cualquiera que sea su tamaño, identificando y delimitando los cuatro mayores afluentes del río principal, en función del área que comprenden su respectivas cuencas hidrográficas. Las cuencas correspondientes a esos tributarios son enumeradas o codificadas con los dígitos pares **2, 4, 6 y 8**, en el sentido de aguas abajo hacia aguas arriba es decir desde la desembocadura hacia la naciente del río principal. Los otros tributarios del río principal son agrupados en las áreas restantes, denominadas intercuenas, que se codifican, en el mismo sentido, con los dígitos impares **1, 3, 5, 7 y 9**.

Cada una de las cuencas e intercuenas, que resultan de la primera subdivisión, pueden a su vez subdivididas de la misma manera, de modo que la subdivisión de la cuenca **8** genera al interior de la misma las cuencas de códigos 82, 84, 86 y 88 y las intercuenas 8., 83, 85, 87 y 89. El mismo proceso se aplica a las intercuenas resultantes de la primera división, de modo que la intercuenca 3, por ejemplo, se divide en las cuencas de códigos 32, 34, 36 y 38 y en las intercuenas 31, 33, 35,37 y 39. Los dígitos de la subdivisión son simplemente agregados al código de la cuenca (o intercuenca) que está siendo dividida.



### Algunas consideraciones del Método

- 2) Una complicación puede aparecer en la codificación de las dos más altas del río principal. En este caso a la unidad que presenta **mayor área** de drenaje se le asigna el código **“9”** y a la otra, **más pequeña**, el código **“8”**. Esta particularidad del método permite identificar la cuenca donde se origina el río, que para el caso corresponde al código 9.
- 3) Si un área contiene **cuencas internas o endorreicas**, a la cuenca interna **más grande** se le asigna el código **“0”** y las otras cuencas internas son incorporadas a las cuencas o intercuenas aledañas.



## b) MÉTODO CARTOGRÁFICO PARA DELIMITACIÓN DE CUENCAS

La importancia de este método en la aplicación de criterios cartográficos para delimitar cuencas hidrográficas en forma semi-automática, para lo cual el especialista deberá dominar los conceptos básicos de delimitación de cuencas.

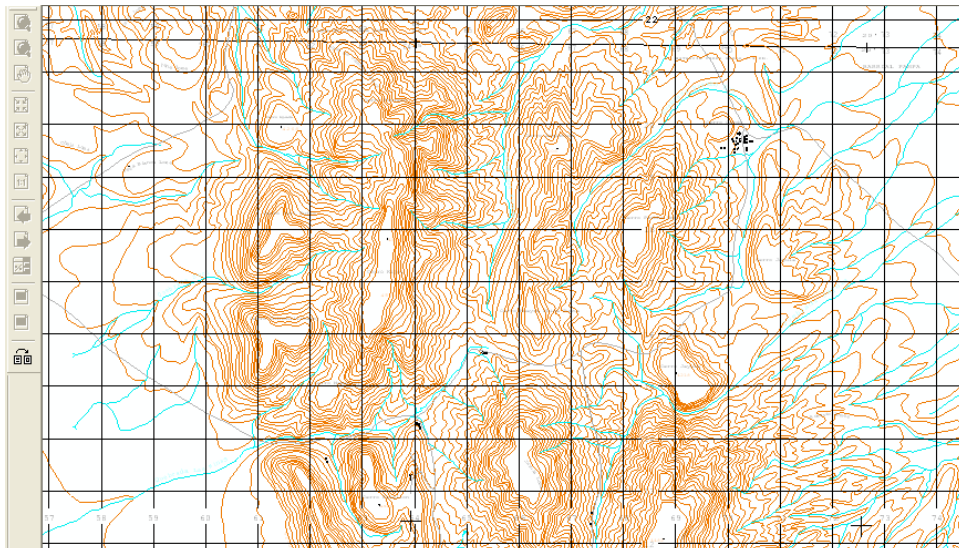
El proceso de delimitación, se puede realizar utilizando tanto en el método tradicional – delimitación sobre cartas topográficas-, como en el método digital con ingreso directo sobre la pantalla de un ordenador, utilizando algún software SIG como herramienta de digitalización.

La delimitación de las cuencas hidrográficas a partir de este método, ha tomado en consideración las siguientes reglas:

### o Proceso de Delimitación

#### Primero

Se identifica la red de drenaje o corrientes superficiales, y se realiza un esbozo muy general de la posible delimitación.



**Segundo**

Invariablemente, la divisoria corta perpendicularmente a las curvas de nivel y pasa, por los puntos de mayor nivel topográfico.

**Tercero**

Cuando la divisoria va aumentando su altitud, corta a las curvas de nivel por su parte convexa.

**Cuarto**

Cuando la altitud de la divisoria va decreciendo, corta a las curvas de nivel por la parte cóncava.

**Quinto**

Como comprobación, la divisoria nunca debe cortar una quebrada o río, sea que éste haya sido graficado o no en el mapa, excepto en el punto de interés de la cuenca.

#### **4. RECOPIACION Y PRE-PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION**

##### **4.1 Recopilación**

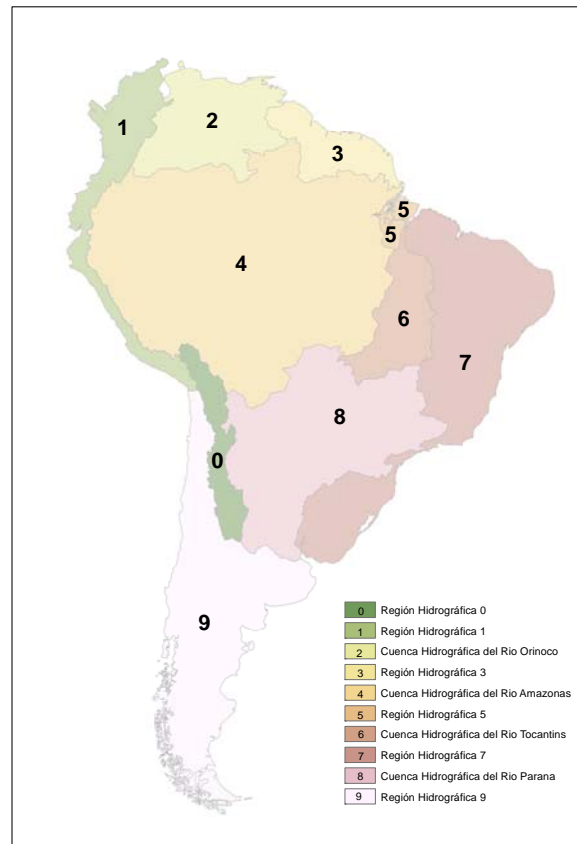
La recopilación de información sobre la metodología Pfafstetter y su aplicación en otros países, fue la primera fase para evaluar una posible aplicación del método en Bolivia. Es así, que mediante el Internet se obtuvo la información necesaria para el inicio de la investigación, para la respectiva aplicación del método en el territorio nacional.

Una de las más importantes fuentes de información ha sido el portal de la United State Geological Survey (USGS). De allí se obtuvo la división en el nivel 1 de Sudamérica, que esta constituido por diez unidades o regiones hidrográficas, que incluye, además de las nueve unidades hidrográficas elementales, el sistema de cuencas cerradas del altiplano con el código 0.

##### **4.2 Pre-procesamiento**

Para la etapa inicial de investigación y pre-procesamiento, se eligió la Cuenca del Amazonas, en especial, la cuenca del Río Madeira.

Para este proceso, se tomó como base la información de delimitación y codificación de las cuencas en el nivel 1 – línea divisoria de las aguas continentales – América del Sur, obtenidas del portal de las USGS. Luego, se obtuvieron los subsiguientes niveles: Nivel 2 y Nivel 3, según el método de Pfafstetter.

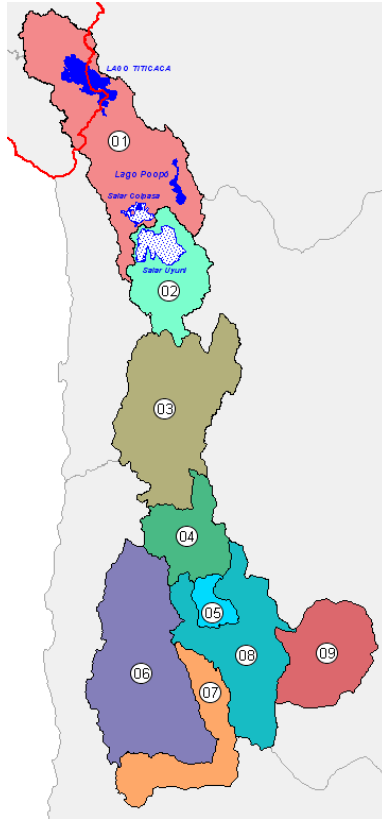


En el territorio boliviano ingresan tres cuencas hidrográficas que corresponden al nivel 1 que son:

- a) Cuenca 0 (Cuenca cerrada)
- b) Cuenca 4 (Cuenca del amazonas) y
- c) Cuenca 8 (Cuenca del Plata).

## 5. METODOLOGÍA PROCEDIMIENTO PARA LA DELIMITACION Y CODIFICACION DE LAS UNIDADES HIDROGRAFICAS

- La delimitación de las cuencas en una etapa inicial se realizó utilizando el programa SIG ArgGis 9.1, y el modulo Archydro, esta herramienta precisa un modelo de alturas, para el caso de Bolivia se empleo el Modelo SRTM de 90 metros, sin embargo las cuencas que ingresan al territorio son compartidas por los países vecinos, es así que se hacían imprescindibles los Srtms de Brasil, Paraguay, Argentina, Perú.
- Con la obtención de los Srtm's, se procedió a la primera delimitación, trabajando primero con la cuenca hidrográfica 0, el paquete delimito en esta fase, mas de 9 cuencas, por lo que fue necesaria la aplicación de conocimientos geomorfológicos y de fotointerpretación para la delimitación de 9 cuencas, como el Método Pfafstetter lo requiere. De esta forma se obtuvo el nivel 2 de la cuenca 0.



- Las cuencas **01 y 02**, ingresan en Bolivia, en esta fase se realizó la delimitación para estas dos cuencas hidrográficas, utilizando el Srtm de 90 metros, al mismo tiempo se realizó el control topológico, el control de límites de cuencas, utilizando las imágenes LANDSAT de 15 metros y 30 metros.

**Cuadro: Cuenca Cerrada Nivel 2**



- Para la obtención del Nivel 3 se delimitaron las cuencas **01 y 02**, en esta fase la revisión y control topológico se hace a mayor detalle y se obtuvo 18 unidades hidrográficas.

**Cuadro: Cuenca Cerrada Nivel 3**



- Posteriormente se empezó a trabajar con la cuenca del Amazonas que corresponde a la unidad 4 en el nivel 2 de Sudamérica.

**Cuadro: Cuenca del Amazonas Nivel 2**



- La unidad hidrográfica **46** ingresa a Bolivia, de la cual se realizó la delimitación de 9 cuencas, y las cuencas que están dentro del territorio son: **464, 466, 467, 468 y 469**, para el nivel 3.

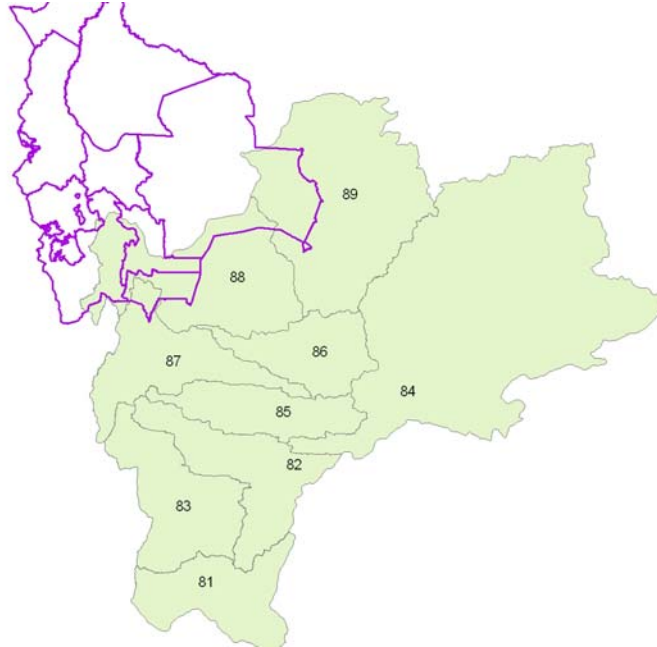
**Cuadro: Cuenca 46 Nivel 3**



- La cuenca del Plata pertenece a la unidad 8 del nivel 1 de Sudamérica, en el nivel 2, las unidades **89, 88, 87** ingresan al territorio boliviano.



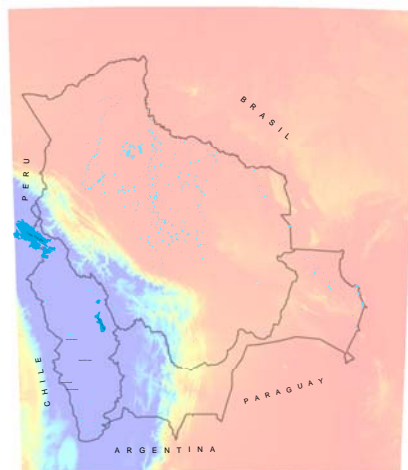
**Cuadro: Cuenca del Plata nivel 2**



### **USO DE IMÁGENES RADAR**

Para cartografiar se han empleado los datos obtenidos por radar interferométrico que básicamente consisten en un DTM (Modelo Digital del Terreno), a partir del cual se han generado imágenes del terreno que permiten determinar la ubicación del drenaje, modelos de relieve del terreno y la generación automática de curvas de nivel.

**Cuadro: Imagen RADAR de Bolivia**



## **6. CONCLUSIONES**

El método de codificación de cuencas Pfafstetter está permitiendo establecer una base cartográfica digital de cuencas hidrográficas única en el país.

Se ha codificado con este Sistema, todas las cuencas que ingresan en el territorio hasta el tercer nivel la misma que servirá de base fundamental para la delimitación a 4 y 5 nivel.

La cartografía digital de cuencas hidrográficas codificadas permitirá desarrollar una gestión adecuada de los recursos naturales

El Plano de Cuencas Hidrográficas permitirá plantear una delimitación adecuada de las Demarcaciones Hidrográficas o Unidades Administrativas para la Gestión de los Recursos Hídricos

El Plano de cuencas servirá de base para el manejo de cuencas hidrográficas

A partir de la codificación de cuencas se procederá a desarrollar la codificación de ríos, formulándose así el Plano Hidrográfico del país.

El Plano servirá de base para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos al ser considerada la cuenca hidrográfica como la unidad más adecuada para la Gestión.

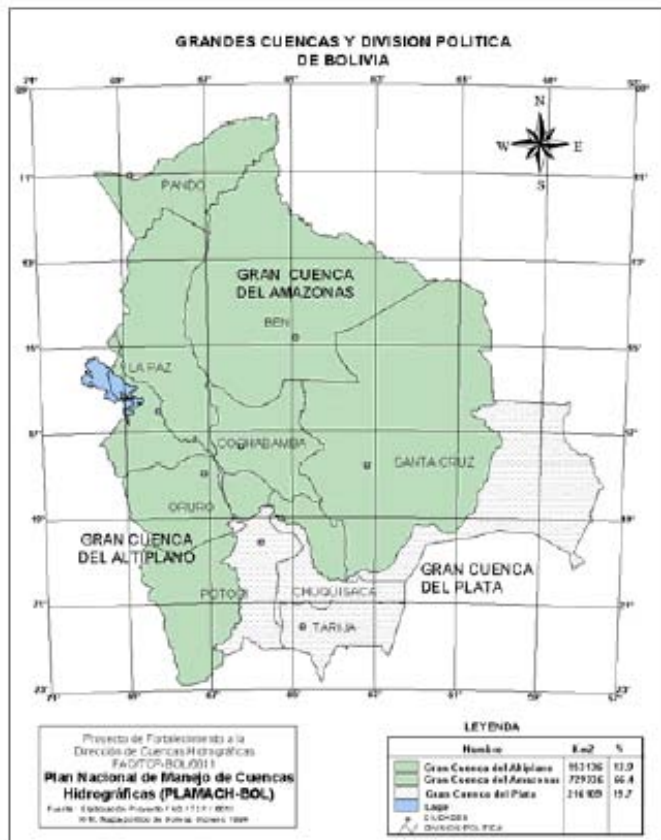
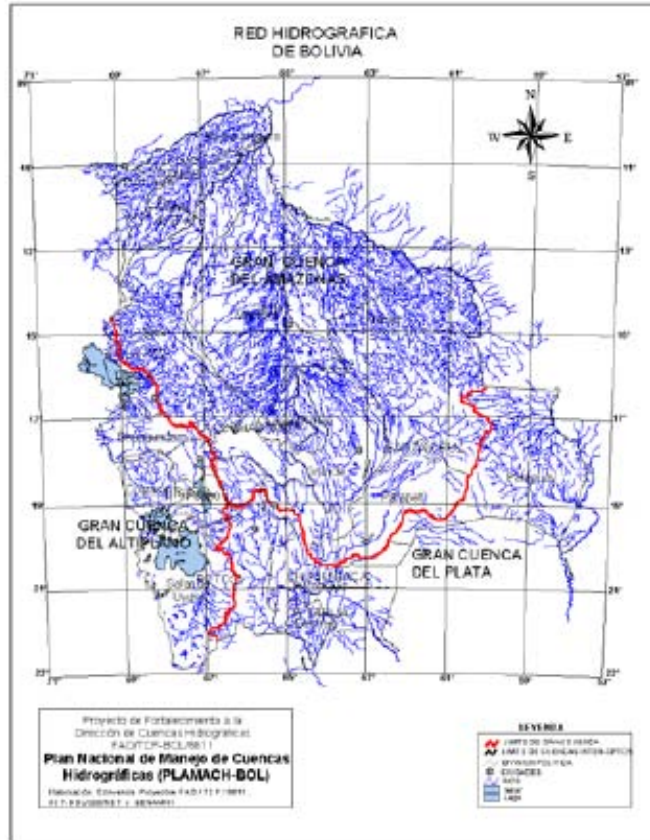
**DELIMITACIÓN Y CODIFICACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE BOLIVIA**  
**(APLICANDO LA METODOLOGIA DE PFAFSTETTER)**  
**(Documento Preliminar)**

## **1 ANTECEDENTES**

**Cuenca hidrográfica** es el territorio en el cual caen, se depositan y discurren las aguas a través de una red de causas que convergen en uno principal y que en forma superficial o subterránea, confluyen a un mismo lugar, según el caso, a un mar. En la actualidad la definición de cuencas hidrográficas ha evolucionado y se considera a la cuenca como un sistema, que puede definirse como un conjunto de objetos que interaccionan de manera regular e interdependiente. La ingeniería de sistemas se aboca a la toma de decisiones en relación aquellos aspectos del sistema que están sujetos a un cierto grado de control para alcanzar los objetivos dados.

Son muy pocas las instituciones que realizaron trabajos de delimitación de cuencas hidrográficas a nivel nacional, así mismo la nomenclatura y criterios de delimitación de cuencas son diversos. Como antecedentes se puede citar a las instituciones que delimitaron el territorio Nacional en cuencas hidrográficas:

- El Instituto Geógrafo Militar (IGM, 1990), delimitaron las tres grandes cuencas del País, Amazónica, Altiplánica y Del Plata.
- El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología en convenio con entidades Internacionales (UNESCO y ORSTOM, 1990), delimitaron tres grandes cuencas, Amazonas, Altiplánica y Del Plata. Así mismo en la Amazónica se delimitaron siete cuencas: Madre de Dios, Beni, Orthon, Mamore, Itenez, Parapeti-Izozog y Abuna; en la Altiplánica se delimitó en tres cuencas: Desaguadero-poopó, Titicaca y Coipasa-Uyuni; finalmente la Del Plata se delimitó tres cuencas: Pilcomayo, Bermejo y Paraguay.
- La Dirección de Cuencas Hidrográficas, 1996, realiza una delimitación en cuencas y subcuencas, la cuenca del Amazonas esta delimitada en ocho subcuencas: Acre, Abuna, Madera, Orthon, Madre de Dios, Beni, Mamore e Itenez; la cuenca Altiplánica esta delimitada en cinco subcuencas: Titicaca, Desaguadero, Poopó, Coipasa y Salar de Uyuni; la cuenca Del Plata esta delimitada en tres subcuencas: Pilcomayo, Bermejo y Paraguay, finalmente la cuenca del río Parapetí conforma una cuenca.
- El Proyecto TCP/6611, ha elaborado una delimitación de las cuencas considerando los antecedentes arriba señalados, se utilizó la siguiente información, con escalas 1:1'000.000: mapa físico de Bolivia, edición 1993, mapa político de Bolivia, edición 1994, y mapas referenciales del SENAMHI y de la Dirección de Cuencas Hidrográficas.



- En estrecha colaboración con el SENAMHI, se digitalizó del mapa Político de Bolivia, la red hidrológica, división política y capitales de Departamento. Se

definieron los criterios para la delimitación de las cuencas del País, encofrándose puntos de coincidencia con el equipo técnico del TCP/6611 en lo siguiente:

- a).- Delimitar las grandes cuencas en el ámbito Nacional con criterios geopolíticos y de parte-aguas.
- b).- Para las grandes cuencas, asignarle el prefijo de Gran cuenca Internacional, las mismas son tres, la Amazónica, Altiplánica y la Del Plata (ejemplo Gran Cuenca Internacional Amazónica).
- c).- Realizar una primera delimitación de las cuencas Internacionales, utilizando criterios de parte-aguas, en el ámbito de cuencas que atraviesan dos o más Departamentos y/o cuando hay contacto con Países vecinos, asignarles el prefijo de Interdepartamental (ejemplo Cuenca Interdepartamental del Río Grande).
- d).- Realizar una primera delimitación de las cuencas Interdepartamentales, también utilizando los criterios de parte-aguas, en el ámbito de las cuencas que se encuentran dentro de los límites de dos o más Municipios, asignarles el prefijo de Intermunicipal (ejemplo Cuenca Intermunicipal del Río Caine).
- e).- Las delimitaciones tienen que estar en concordancia con las curvas de nivel de las cartas del IGM.

Producto de ese trabajo se obtuvieron tres niveles de delimitaciones:

- En el primer nivel se determinó tres grandes cuencas Internacionales: Amazonas, Altiplano y Del Plata.
- En un segundo nivel de delimitaciones se determinó 17 cuencas Interdepartamentales: Coipasa, Desaguadero, Poopó, Salar de Uyuni, Titicaca, Abuna- Madera, Beni, Chapare-Ichilo, Grande, Itenez, madre de Dios, Mamore, Orthon-Acre, Parapeti, Bermejo, Paraguay y Pilcomayo. Las cinco primeras corresponden a la cuenca Internacional del Altiplano, las nueve subsiguientes a la Amazónica y las tres últimas a la Del Plata.
- En el tercer nivel de delimitación se determinaron 81 cuencas Intermunicipales.





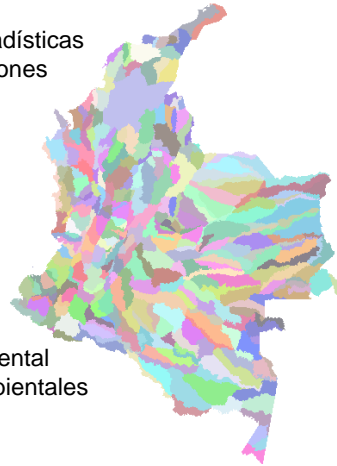
## Zonificación Hidrográfica para Colombia a Escalas Nacional y Regional



VIII Reunión de Expertos Gubernamentales en Estadísticas  
Ambientales de la Comunidad Andina de Naciones

### ZONIFICACIÓN HIDROGRÁFICA PARA COLOMBIA A ESCALAS NACIONAL Y REGIONAL

Fernando Salazar Holguín  
Subdirector de Ecosistemas e Información Ambiental  
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales  
IDEAM



Octubre de 2007  
Lima, Perú



## Zonificación Hidrográfica para Colombia a Escalas Nacional y Regional



Colombia abarca una  
superficie de  
2,038,536 km<sup>2</sup> aprox.,  
cerca de un 50% en  
aguas del Mar Caribe  
y del Océano Pacífico





El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, es el encargado de coordinar el levantamiento y manejo de la información científica y técnica sobre los **ecosistemas** del país,

así como de establecer las bases técnicas para clasificar y zonificar el uso del territorio nacional para los fines de la planificación y el ordenamiento del territorio.

El IDEAM debe obtener, analizar, estudiar, procesar y divulgar la información básica sobre hidrología, hidrogeología, meteorología, geografía básica sobre aspectos biofísicos, geomorfología, suelos y cobertura vegetal,

y tiene a su cargo el establecimiento y funcionamiento de infraestructuras meteorológicas e hidrológicas nacionales para proveer informaciones, predicciones, avisos y servicios de asesoramiento a la comunidad.

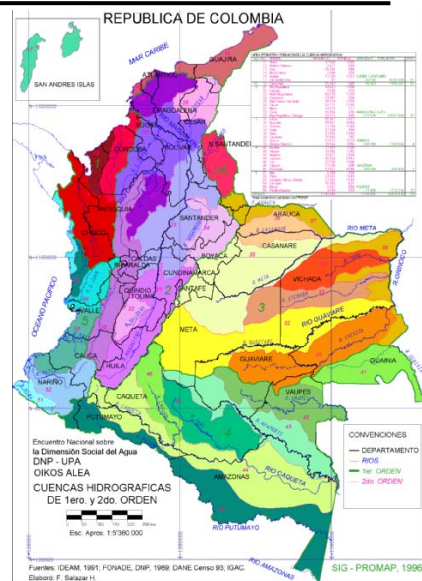


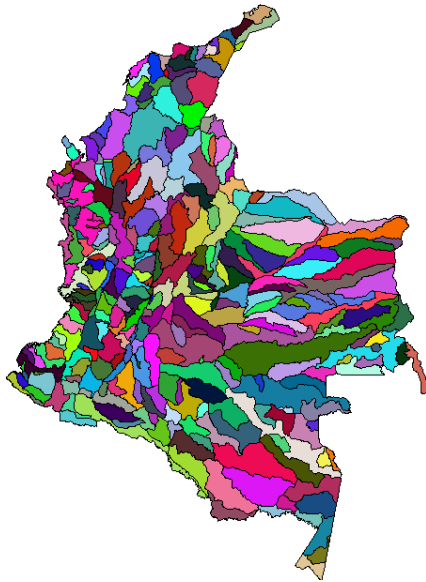
## ORDENAMIENTO DE CUENCAS

- Decreto Ley 2811 de 1974
- Ley 99 de 1993
- Decreto 1729 de 2002
- Decreto 1604 de 2002
- Resolución No. 104 de 2003 IDEAM criterios de priorización

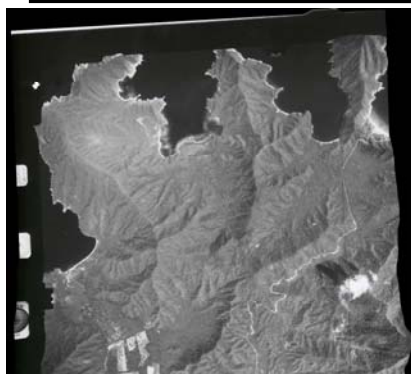


La delimitación de cuencas implicaba hasta hace poco tiempo una labor manual dispendiosa, dependiente de la disponibilidad de cartografía básica en las diferentes escalas.



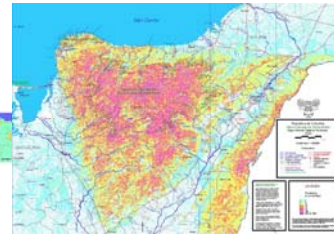
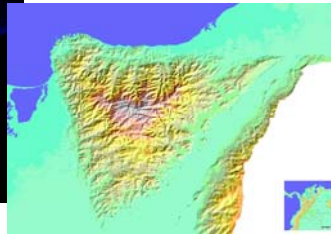
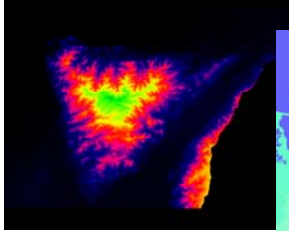
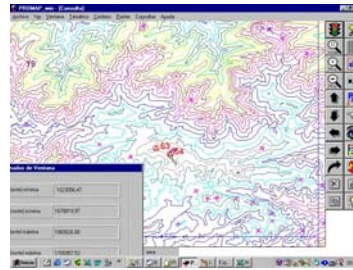


El desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) a partir de mediados de los 1980's, facilitó progresivamente el manejo y procesamiento de la zonificación hidrográfica.



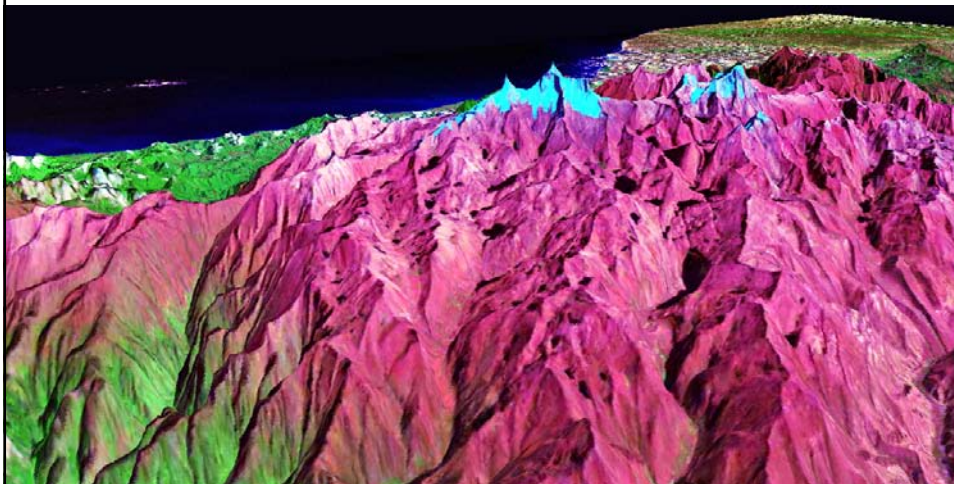
Al continuar dependiendo de la disponibilidad de mapas topográficos, elaborados a partir de fotografías aéreas, no se lograba un avance suficiente en la estructuración de la red hídrica y su zonificación a nivel nacional, regional o local.

Los modelos digitales del terreno (MDT) construidos a partir de la digitalización manual e interpolación de curvas de nivel, posibilitaron la generación automatizada de productos de gran utilidad para el análisis hidrológico y geográfico en general (Mapas de Pendientes, Sombras, Aspecto, etc.)



Sánchez, H.; Del Villar, E. y Salazar, F.; Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta, [www.prosierra.org](http://www.prosierra.org)

## Zonificación Hidrográfica para Colombia a Escalas Nacional y Regional



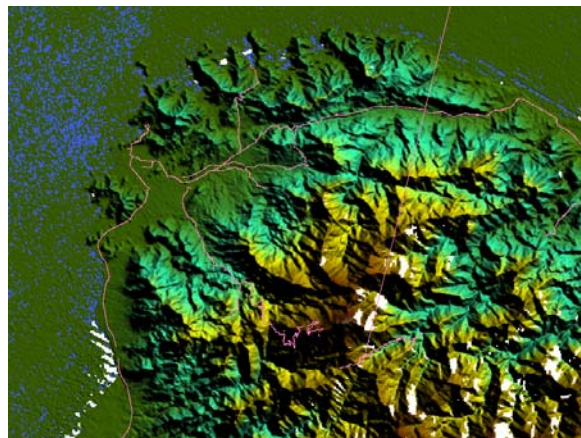


En los 1990's surgieron programas de modelamiento espacial hidrológico basado en modelos digitales de elevación.

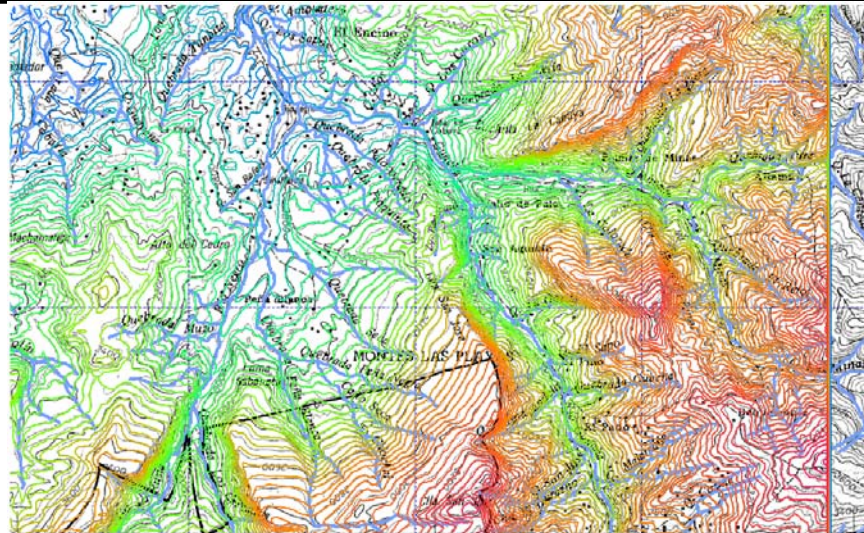


Divisoria de Aguas delineadas manualmente; Red Hidrográfica derivada automáticamente de MDT, basado en mapas topográficos

La Misión Topográfica de Radar del Traslador Espacial **SRTM** (NASA, USGS, NGA) generó y puso a disposición de la comunidad científica internacional, en 2002, un modelo digital de elevación, con resolución de 30 y 90 metros, cubrimiento casi global, coherencia y precisión sin precedentes.

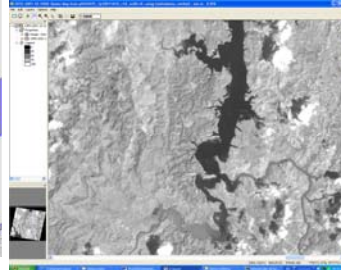
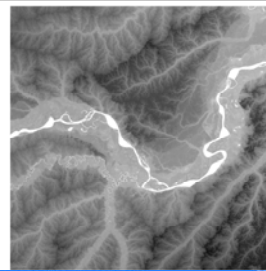
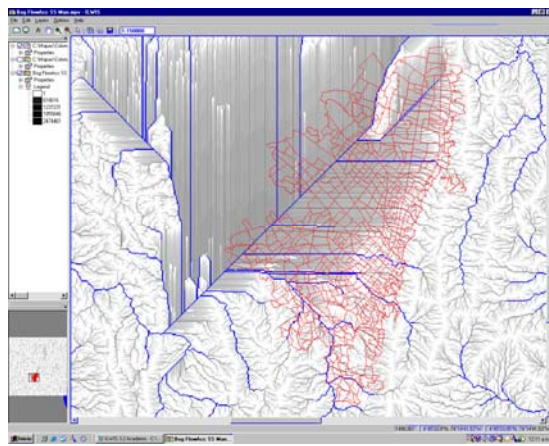


<http://edc.usgs.gov/conferences/SRTM/>



<http://edc.usgs.gov/conferences/SRTM/>

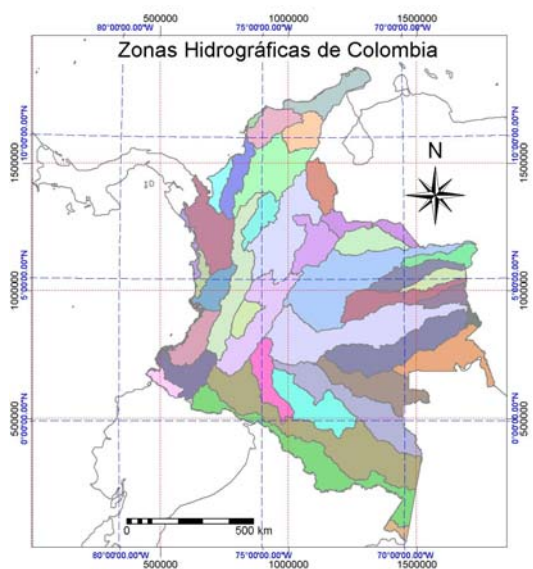
**Terreno plano, cuerpos de agua; llenado de  
vacíos y depresiones**



<http://edc.usgs.gov/conferences/SRTM/>



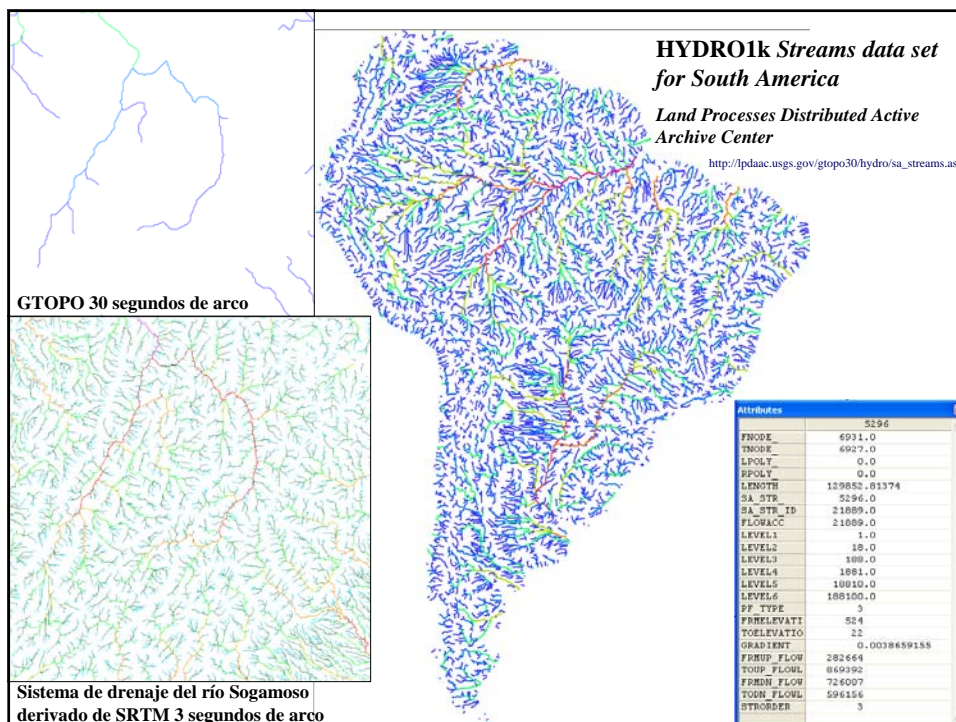
## Zonificación Hidrográfica para Colombia a Escalas Nacional y Regional



El IDEAM ha reconstruido la zonificación hidrográfica del país, a partir de los modelos SRTM, conjuntamente con el Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, y las Corporaciones Autónomas Regionales.

Ésta se propone como una de las capas básicas de la Infraestructura de Colombiana de Datos Espaciales - ICDE

El Seminario Internacional sobre la Infraestructura de Datos Espaciales para la Concepción de un IDE Andino. 20 y 21 de febrero de 2006. Lima, Perú

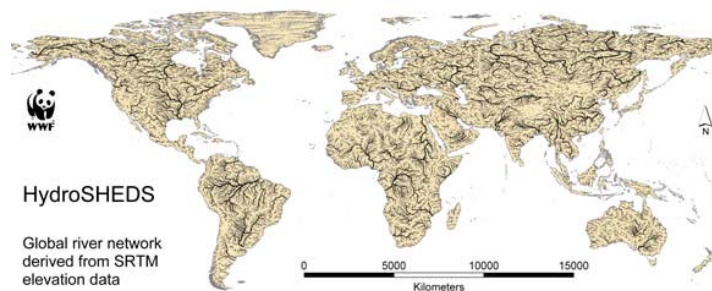


# HydroSHEDS

(Hydrological data and maps based on Shuttle Elevation Derivatives at multiple Scales)

HydroSHEDS es un producto cartográfico que provee información hidrográfica para aplicaciones a escalas global y regional en un formato consistente

<http://hydrosheds.cr.usgs.gov>



## Zonificación Hidrográfica para Colombia a Escalas Nacional y Regional



AH	Cuenca	%Col	Col Km2	Km2	%Cue
	<b>Mar Caribe</b>	<b>59.39</b>	<b>533,842</b>	<b>1,948,420</b>	<b>27.40</b>
	Directos Caribe (VE, CA, Islas)			312,515	
	Canal de Panamá			3,015	
1	Directos Caribe (CO)	8.98		102,397	14.87
2	Magdalena - Cauca	23.75		270,655	39.31
	<b>Caribe</b>	<b>32.73</b>	<b>373,052</b>	<b>688,585</b>	<b>54.18</b>
	Orinoco (VE)			602,805	
3	Orinoco (CO)			347,710	
	<b>Orinoco</b>	<b>30.51</b>	<b>347,710</b>	<b>950,519</b>	<b>36.58</b>
	Amazonas (BR, PE, BO, EC)			5,781,276	
	Guainía (VE)			7,791	
	Casiquiare (VE)			43,966	
4	Amazonas (CO)	28.13		320,536	5.19
4	Guainía (CO)	1.87		21,341	0.35
	<b>Amazonas</b>	<b>30.00</b>	<b>341,877</b>	<b>6,174,910</b>	<b>5.54</b>
	Directos Pacífico (PA, EC, CR)			100,781	
5	Directos Pacífico (CO)			77,019	
	<b>Pacífico</b>	<b>6.76</b>	<b>77,019</b>	<b>177,800</b>	<b>43.32</b>
	<b>Océano Pacífico (Malpelo)</b>	<b>40.61</b>	<b>365,036</b>	<b>1,074,798</b>	<b>33.96</b>
	<b>COLOMBIA TERRESTRE</b>	<b>55.91</b>	<b>1,139,658</b>		
	<b>COLOMBIA MARINA</b>	<b>44.09</b>	<b>898,879</b>		
	<b>COLOMBIA TOTAL</b>		<b>2,038,536</b>		

<http://hydrosheds.cr.usgs.gov>  
<http://www.ngdc.noaa.gov>  
<http://www.esri.com>  
<http://www.igac.gov.co>  
<http://www.invermar.org.co>  
<http://www.ideam.gov.co>

## Zonificación Hidrográfica para Colombia a Escalas Nacional y Regional

AH	NOMAI	ZH	NOMZH	SZH	NOMSZH
1	CARIB	11	Atrato - Darién	1100	R_Atrato_(mi)_desde_frente_a_R_Capá_a_bocas_R_Quito
1	CARIB	11	Atrato - Darién	1101	R_Andágueda
1	CARIB	11	Atrato - Darién	1102	R_Capá
1	CARIB	11	Atrato - Darién	1103	R_Quito
1	CARIB	11	Atrato - Darién	1104	R_Atrato_(md)_desde_R_Andágueda_hasta_bocas_R_Bebará_y_R_Bebaramá
1	CARIB	11	Atrato - Darién	1105	R_Atrato_(mi)_desde_R_Quito_hasta_bocas_R_Bojayá_y_R_Munguidó_al_R_Buchadó
1	CARIB	11	Atrato - Darién	1106	R_Atrato_(md)_desde_R_Bebará_hasta_R_Murri_y_R_Ocaidó
1	CARIB	11	Atrato - Darién	1107	R_Murri
1	CARIB	11	Atrato - Darién	1108	R_Bojayá
1	CARIB	11	Atrato - Darién	1109	R_Atrato_(mi)_desde_R_Bojayá_al_R_Ipurdú_y_R_Opogadó
1	CARIB	11	Atrato - Darién	1110	R_Atrato_(md)_desde_R_Torquitadó_a_R_Sucio_y_R_Urada
1	CARIB	11	Atrato - Darién	1111	R_Sucio
1	CARIB	11	Atrato - Darién	1112	R_Atrato_(mi)_desde_R_Ipurdú_al_R_Truandó_y_R_Truandó
1	CARIB	11	Atrato - Darién	1113	R_Atrato_(mi)_desde_R_Sucio_hasta_desemb_y_R_Cacarica
1	CARIB	11	Atrato - Darién	1114	R_Atrato_(md)_desde_R_Sucio_hasta_desemb_y_R_Tumaradó
1	CARIB	11	Atrato - Darién	1115	Directos_Caribe_-_Darién_desde_R_Atrato_al_Cabo_Tiburón_y_R_Tanela
1	CARIB	12	Caribe - Urabá	1201	Directos_Caribe_-_Urabá_-_R_León
1	CARIB	12	Caribe - Urabá	1202	Directos_Caribe_-_Urabá_-_R_Mulatos
1	CARIB	12	Caribe - Urabá	1203	Directos_Caribe_-_Urabá_-_R_San_Juan_de_Urabá
1	CARIB	12	Caribe - Urabá	1204	Directos_Caribe_-_Urabá_-_Q_Candelaria
1	CARIB	13	Sinú	1301	R_Sinú_(mi)_hasta_R_Esmeralda_y_(md)_hasta_Q_Urrá
1	CARIB	13	Sinú	1302	R_Sinú_(mi)_desde_R_Verde_del_Sinú_hasta_Q_Nain
1	CARIB	13	Sinú	1303	R_Sinú_(md)_desde_Q_Urrá_a_salida_Cga_Betanci
1	CARIB	13	Sinú	1304	R_Sinú_(mi)_desde_R_Nain_a_Q_Cucharo
1	CARIB	13	Sinú	1305	R_Sinú_(mi)_desde_Q_Cucharo_hasta_bocas_R_San_Diego_y_R_San_Diego
1	CARIB	13	Sinú	1306	R_Sinú_(md)_hasta_(loc)_Montería_y_Cga_Betanci
1	CARIB	13	Sinú	1307	R_Sinú_(md)_hasta_desemb_y_Caño_San_Carlos
1	CARIB	13	Sinú	1308	R_Sinú_(mi)_desde_R_San_Diego_a_desemb
1	CARIB	13	Sinú	1309	Directos_Caribe_desde_R_Sinú_hasta_Canal_del_Dique
1	CARIB	14	Caribe - Litoral	1401	Directos_Caribe_desde_Canal_del_Dique_hasta_Bocas_de_Ceniza
1	CARIB	15	Caribe - Guajira	1501	Directos_Caribe_desde_(loc)_Ciénaga_hasta_bocas_R_Don_Diego
1	CARIB	15	Caribe - Guajira	1502	R_Don_Diego

## Zonificación Hidrográfica para Colombia a Escalas Nacional y Regional

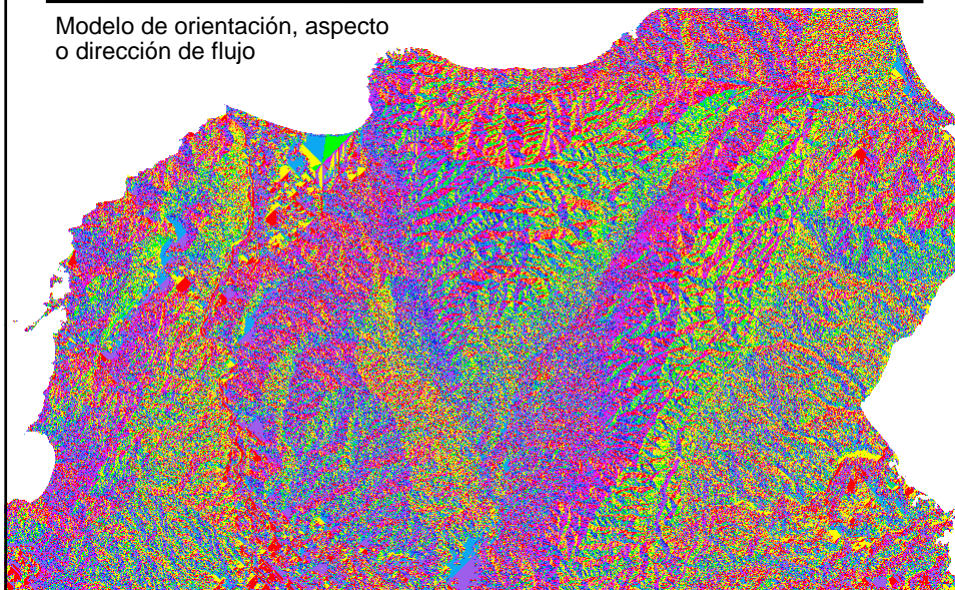
Preparación del Modelo: llenado de vacíos y depresiones



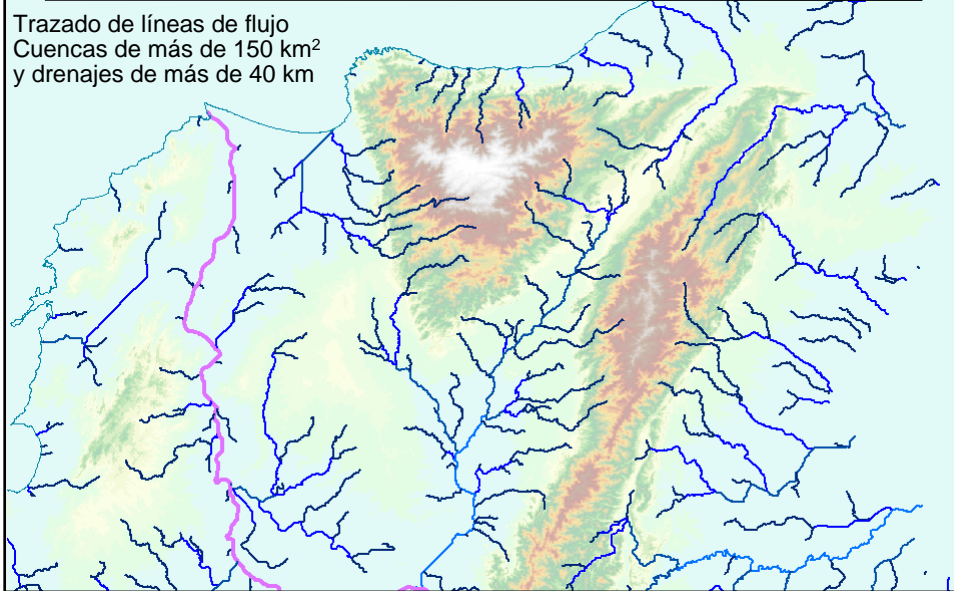




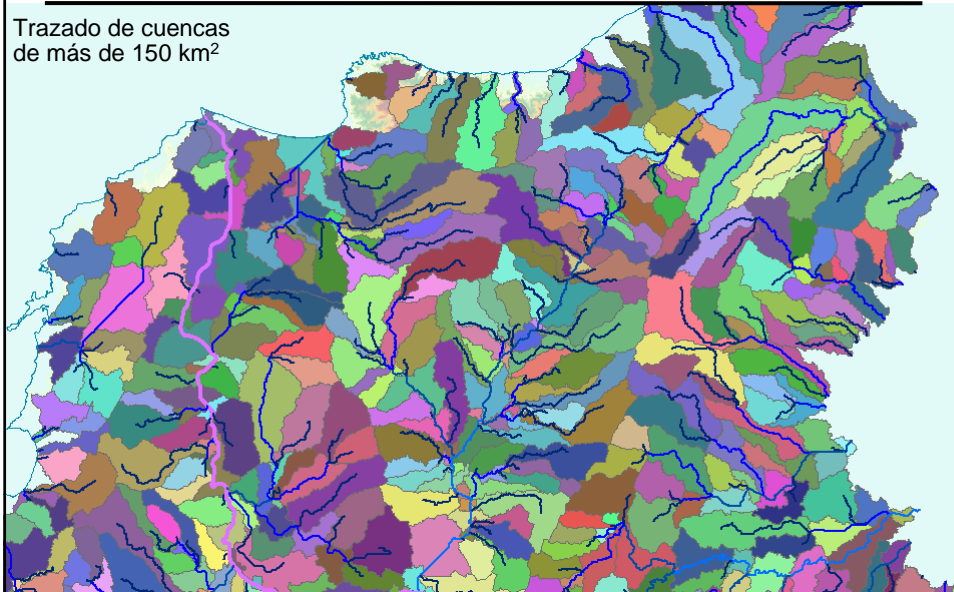
Modelo de orientación, aspecto  
o dirección de flujo

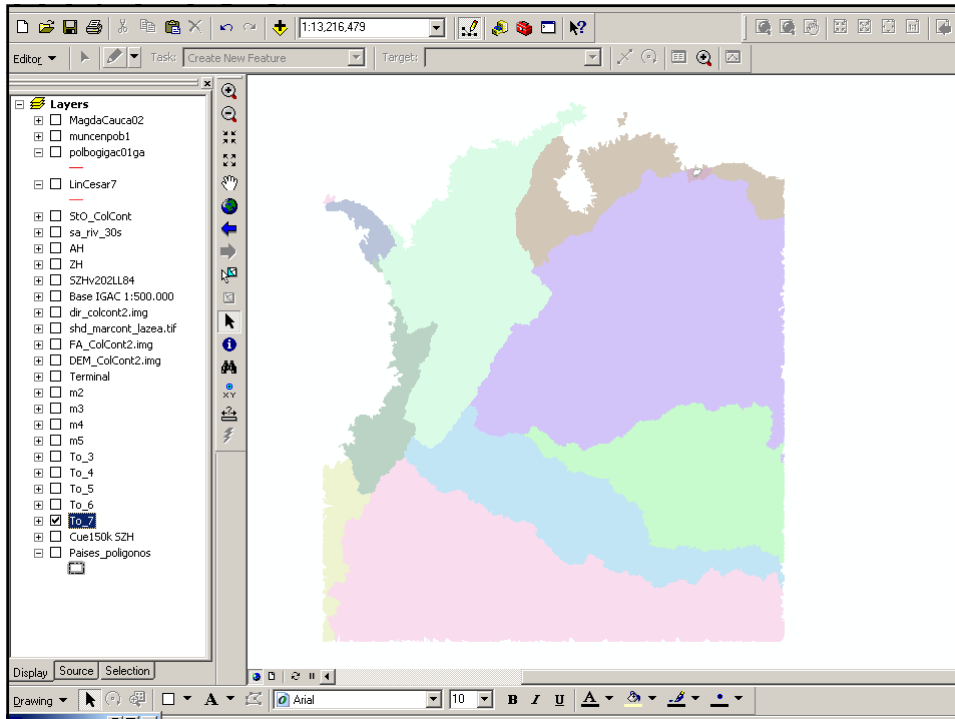
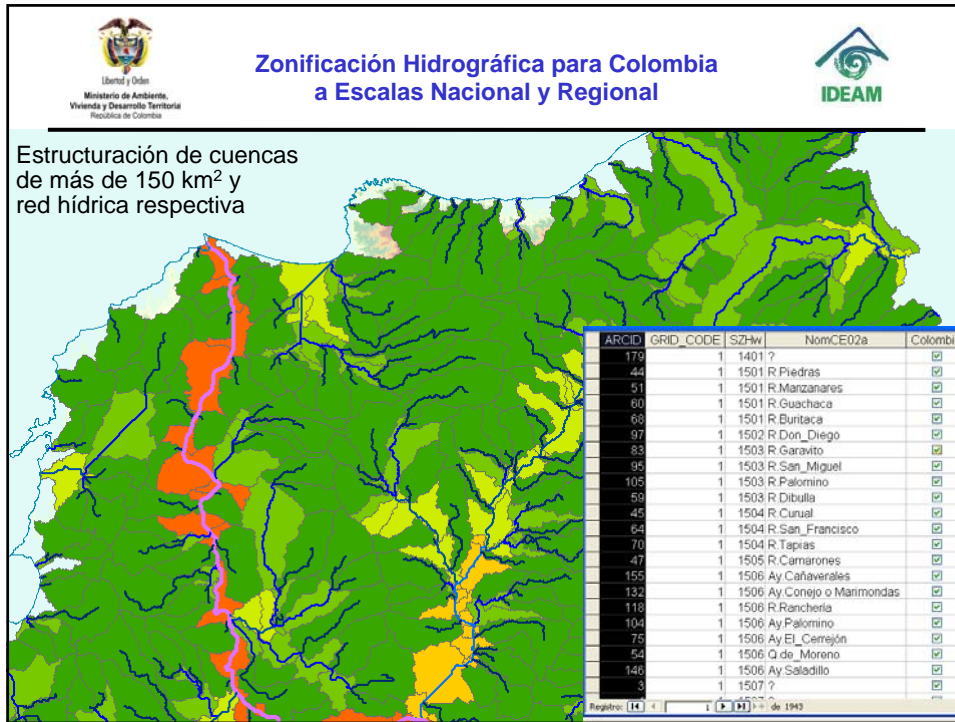


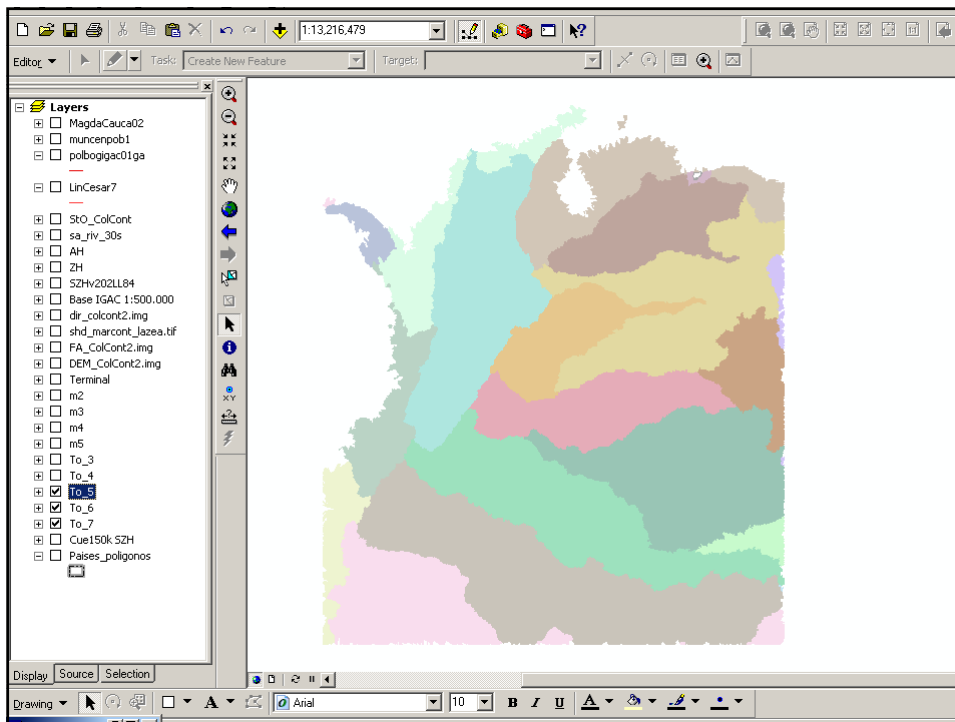
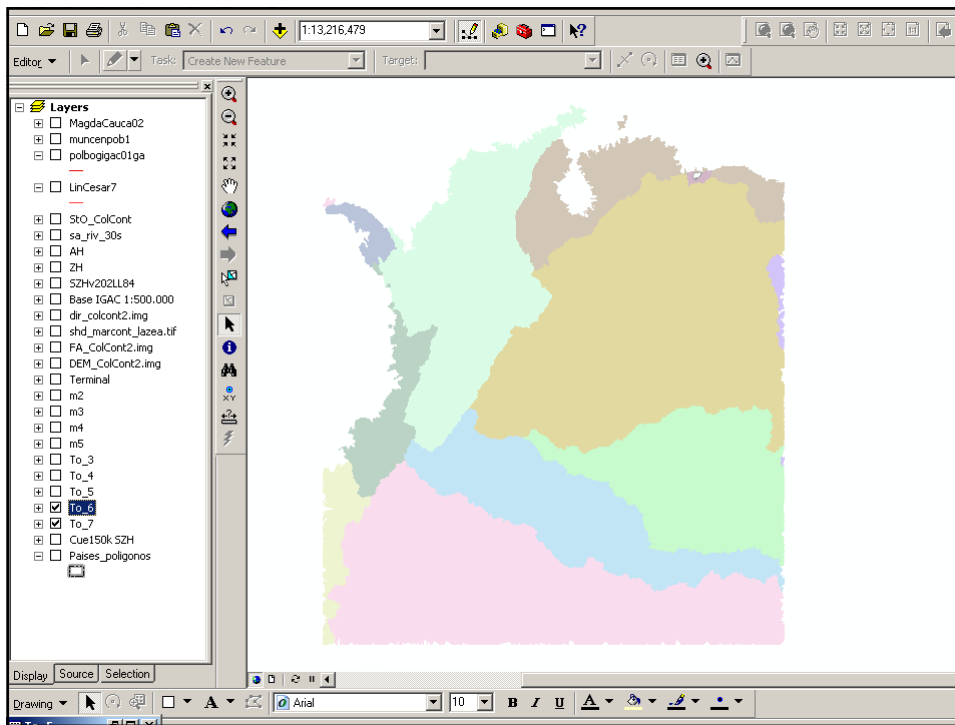
Trazado de líneas de flujo  
Cuencas de más de 150 km<sup>2</sup>  
y drenajes de más de 40 km



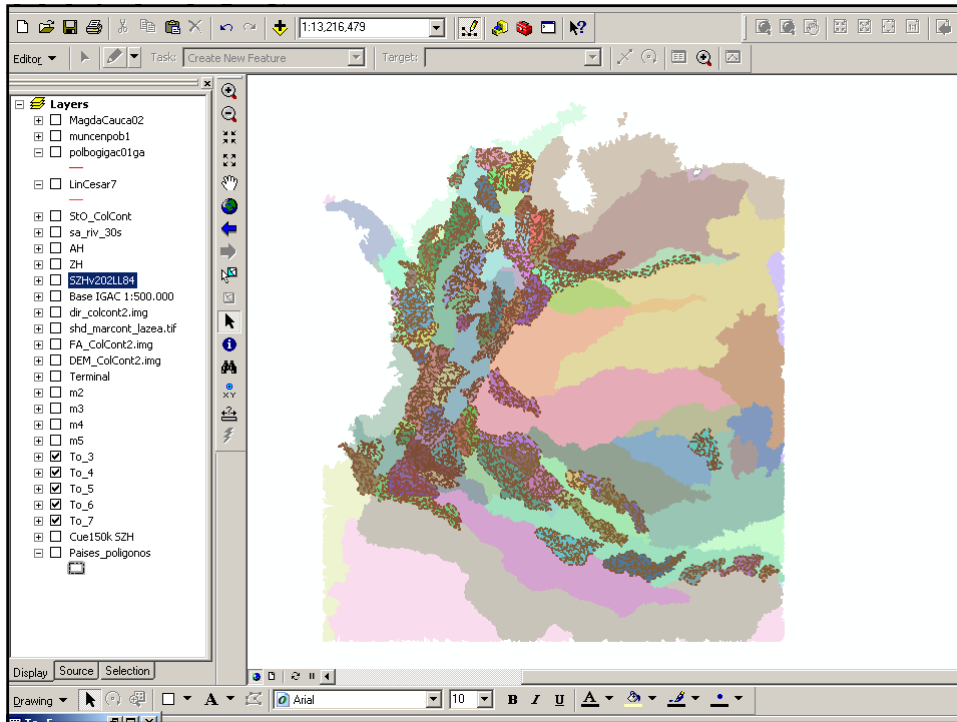
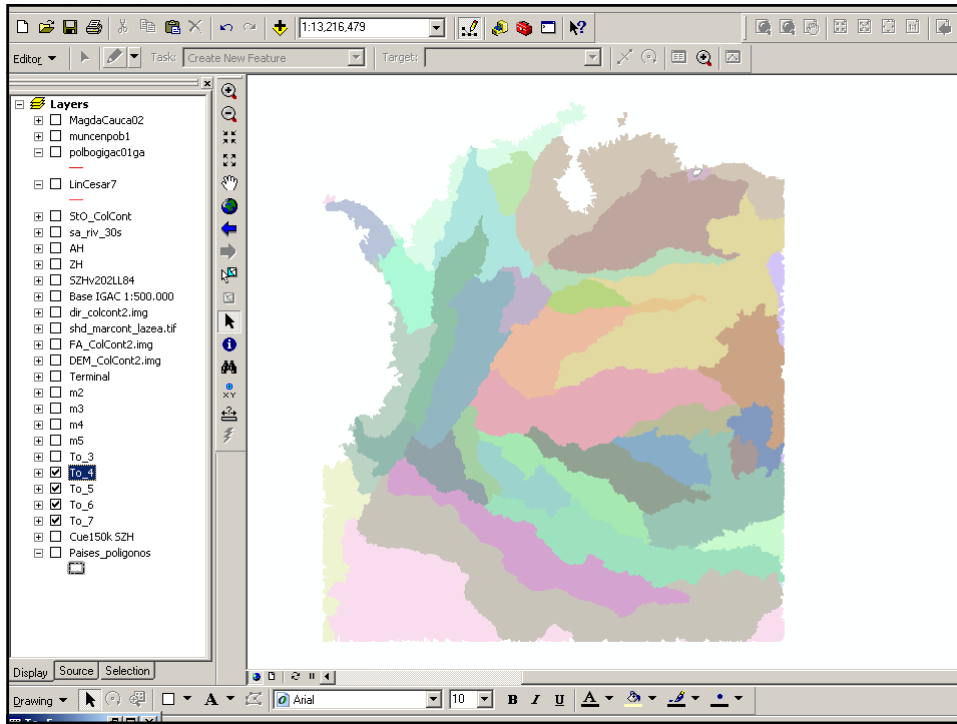
Trazado de cuencas  
de más de 150 km<sup>2</sup>

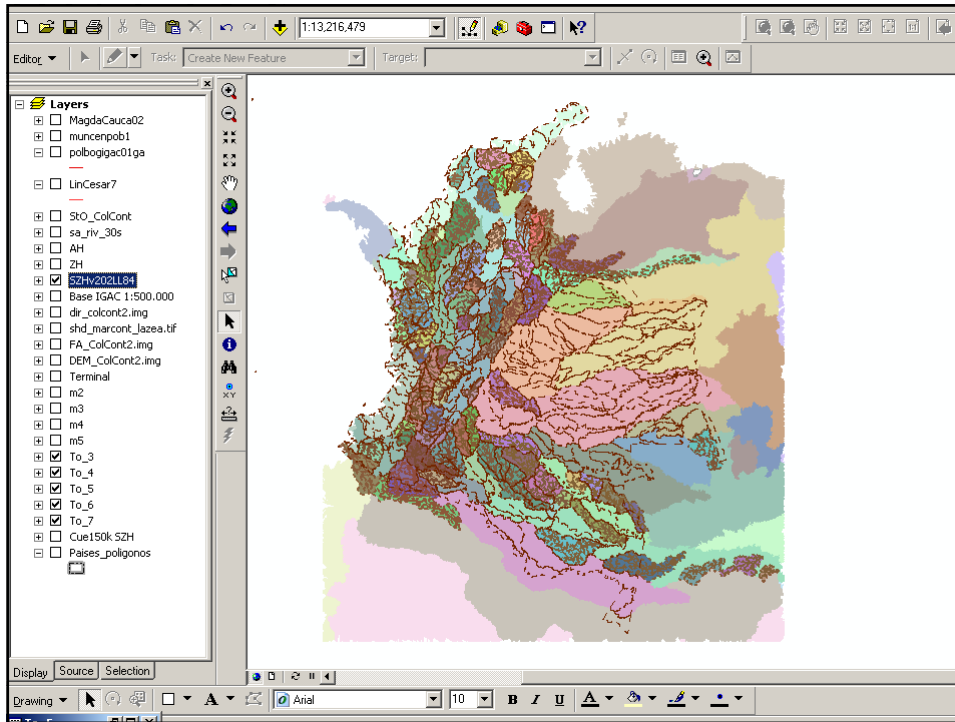












La derivación automática de parámetros del relieve a partir de MDEs también se puede realizar con diferentes programas especializados, ILWIS Academic 3.3 o ArcGIS, por ejemplo.

1. Las variables topográficas
  - A. El gradiente topográfico
  - B. La pendiente
  - C. La orientación
  - D. La curvatura
  - E. La rugosidad
2. Caracterización morfométrica
  - A. Los elementos del relieve
  - B. Los métodos de clasificación
  - C. La descripción estadística
    - 1) Variables lineales (histograma de elevaciones)
    - 2) Variables circulares (orientación, p.e.)
    - 3) Otros descriptores: entropía, autocorrelación, dimensión fractal

Elemento	Descripción
pico	convexidad en todas direcciones
cresta	convexidad en una dirección ortogonal a una línea sin curvatura
collado	convexidad en una dirección ortogonal a una concavidad
ladera	sin curvatura y con pendiente no nula
planicie	sin curvatura y con pendiente nula
canal	concavidad en una dirección ortogonal a una línea sin curvatura
pozo	concavidad en todas direcciones

Descripción y análisis del relieve  
Angel M. Felicísimo  
<http://www.etsimo.uniovi.es/~feli>  
[amfeli@unex.es](mailto:amfeli@unex.es)

### Referencias

- Felicísimo, A.M. **Descripción y análisis del relieve.** <http://www.etsimo.uniovi.es/~feli>, [amfeli@unex.es](mailto:amfeli@unex.es)
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. 1996. **Cuencas hidrográficas de Colombia.**
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 1999. **Catálogo de publicaciones y servicios.** IGAC, Bogotá.
- Lehner, B., Kris Verdin y Andy Jarvis; 2006. **HydroSHEDS Technical Documentation Version 1.0.** Conservation Science Program, World Wildlife Fund US; USGS Earth Resources Observation and Science; International Centre for Tropical Agriculture (CIAT). [www.worldwildlife.org/hydrosheds](http://www.worldwildlife.org/hydrosheds) y <http://hydrosheds.cr.usgs.gov>
- Salazar, Fernando et al. 1999. **Evaluación Ecológica Rápida - Definición de áreas críticas para la conservación en la Sierra Nevada de Santa Marta.** Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta, Ministerio del Medio Ambiente - Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales, The Nature Conservancy - USAID, Embajada del Japón. Bogotá., [www.prosierra.org](http://www.prosierra.org)
- United States Geological Survey (USGS). 2004a. **HYDRO1k Streams data set for South America.** Land Processes Distributed Active Archive Center. [http://lpdaac.usgs.gov/topo30/hydro/sa\\_streams.asp](http://lpdaac.usgs.gov/topo30/hydro/sa_streams.asp)
- United States Geological Survey (USGS). 2004b. **The National Map - Seamless Data Distribution System Viewer.** <http://seamless.usgs.gov/index.htm>
- University of Maryland, Global Land Cover Facility; 2005. **Earth Science Data Interface.** Version 2.1.17. <http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>

### Programas Utilizados

ILWIS 3.3 Academic, <http://www.itc.nl/ilwis/default.asp>; ArcGIS, <http://www.esri.com/>; Global Mapper, <http://www.globalmapper.com/>; Microsoft Office Professional; PROMAP.



## Zonificación Hidrográfica para Colombia a Escalas Nacional y Regional



*¡GRACIAS POR SU ATENCIÓN!*