



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y  
DEL MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE GRADO PARA LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA

PROPUESTA DE DELIMITACIÓN Y CODIFICACIÓN DE UNIDADES  
HIDROGRÁFICAS DE LA CUENCA DEL RÍO ESMERALDAS, ESCALA 1:50 000,  
POR EL MÉTODO DE PFAFSTETTER, MEDIANTE EL USO DE SISTEMAS DE  
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

REALIZADO POR:

LORENA ALEXANDRA ROSAS MENA

SANGOLQUÍ – ECUADOR

SEPTIEMBRE 2011

# **CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRAFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE**

## **CERTIFICADO**

Nosotros: ING. GUILLERMO BELTRÁN e ING. ALEXANDER ROBAYO

### **CERTIFICAN**

Que, el Proyecto de grado titulado “PROPUESTA DE DELIMITACIÓN Y CODIFICACIÓN DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE LA CUENCA DEL RÍO ESMERALDAS, ESCALA 1:50 000, POR EL MÉTODO DE PFAFSTETTER, MEDIANTE EL USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA”, realizado por la señorita LORENA ALEXANDRA ROSAS MENA ha sido revisado prolijamente y cumple con los requerimientos: teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la ESPE, por lo que nos permitimos acreditarlo y autorizar su entrega al Sr. Ing. Francisco León L., en su calidad de Director de la Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente. El trabajo en mención consta de dos empastados y dos discos compactos el cual contienen el documento en formato portátil de Acrobat (pdf).

Sangolquí, 13 de septiembre de 2011

---

ING. GUILLERMO BELTRÁN  
DIRECTOR

---

ING. ALEXANDER ROBAYO  
CODIRECTOR

## **RESUMEN**

El presente trabajo tiene por objeto delimitar y codificar las unidades hidrográficas de la cuenca del río Esmeraldas, mediante una metodología estándar, para contar con una cobertura geográfica digital, a escala 1:50 000, que servirá para proyectos de planificación, conservación y gestión sostenible de los recursos naturales del territorio en general y de los recursos hídricos en particular; además aplicar la nueva metodología adoptada por el Ecuador en marzo del 2011 mediante resolución de la Secretaria Nacional del Agua, ya que el Ecuador no tenía una delimitación de unidades hidrográficas oficial, lo cual es un tema de suma importancia.

La delimitación de las unidades hidrográficas de la cuenca del río Esmeraldas, se desarrolló mediante procesos semiautomáticos, con el uso del software ArcGis 9.3, además del análisis y procesamiento espacial del modelo digital de elevación del área de estudio.

El proceso de codificación se realizó aplicando el método de Pfafstetter, luego de dividir las unidades hidrográficas se codificaron jerárquicamente las unidades tipo cuenca, intercuenca y cuenca interna, partiendo desde la dimensión continental (Niveles 1, 2 y 3), elaborada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y la Secretaria General de la Comunidad Andina, para toda América del Sur, hasta los niveles 4 y 5 respectivamente.

Finalmente las unidades hidrográficas obtenidas por el método de Pfafstetter, fueron comparadas con la división hidrográfica utilizada actualmente en el Ecuador, para implementar criterios del método a aplicarse en la nueva división hidrográfica del país.

## SUMMARY

This work aims to define and codify the hydrographic units of the Esmeraldas River basin, through a standard methodology in order to have digital geographic coverage, scale 1:50 000, which serve to project planning, conservation and sustainable management the area's natural resources in general and in particular water resources, besides implementing the new methodology adopted by Ecuador in March 2011 by order of the National Secretariat for Water, and that Ecuador had no official definition of hydrographic units , which is a very important issue.

Delimitation of hydrographic units of the Esmeraldas River watershed was developed using semi-automatic processes, with the use of ArcGIS 9.3 software, as well as spatial analysis and processing of digital elevation model of the study area. The encoding process is performed by applying the method of Pfafstetter, after splitting hydrographic units were coded hierarchically type units basin, interbasin and inner basin, starting from the continental scale (Levels 1, 2 and 3), prepared by the International Union for the Conservation of Nature and the Secretary General of the Andean Community, for all of South America, to levels 4 and 5 respectively.

Finally hydrographic units obtained by the method of Pfafstetter were compared with hydrographic division currently used in Ecuador, to implement the method to apply criteria in the new division of the country basin.

## **DEDICATORIA**

Para Alex Abarca, quien desde hace 7 años ha acompañado los buenos y malos momentos de mi vida, porque éste es el inicio de todos los sueños que tenemos juntos.

## AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la fuerza y el valor de no decaer

A mi Virgen Dolorosa, que siempre intercedió por mí cuando más lo necesite

A ti papito, por el apoyo incondicional en mi vida personal y académica

A ti mamita, por ser mi fuerza y mi valor, por estar a mi lado, por ser la voz amiga y consejera en todo momento.

A mis hermanas, Pati, Gaby y Vivi, por ser las mejores hermanas y amigas, en quienes siempre encontré consuelo, estímulo y apoyo.

A Mauricio, quien ha sido como mi hermano.

A mis hermosas sobrinas, Paulita y María José, por ser los angelitos que han llenado mi vida de felicidad.

A mi abuelita Carmela y mi tío Leonardo, quienes me han escuchado y aconsejado siempre.

A mis maestros, Ing. Guillermo Beltrán e Ing. Alexander Robayo, por su apoyo en la elaboración de esta tesis; a la Ing. Oliva Atiaga e Ing. Alberto Andrade, por todo el conocimiento impartido durante mi vida universitaria.

A mis compañeros y amigos de trabajo, Ing. Galo Segovia, Sr. Héctor Larreategui, Ing. Patricio Vivero, Ing. Segundo Guamán e Ing. José Duque, por la motivación, los consejos y la colaboración que siempre me brindaron.

A mis amigos, Vivi, Rodri, Beto, Jorge, Xime y Lenin, por los hermosos momentos que vivimos en la universidad, por enseñarme el significado de la amistad; a Cris y Dianita, por tener la dicha de tenerlas en mi vida.

Y a ti mi amor, porque no hay día desde que te conocí en el que me haya sentido sola.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

---

<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>17</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>17</b>
1.1. ANTECEDENTES .....	17
1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....	20
1.3 MARCO LEGAL.....	21
Codificación a la ley de aguas. ....	21
Ley de Cartografía Nacional. ....	21
Reglamento a la Ley de Cartografía Nacional .....	22
1.4. OBJETIVOS .....	23
1.4.1. Objetivo General .....	23
1.4.2. Objetivos Específicos .....	23
1.5 METAS .....	24
1.6 DESCRIPCIÓN DEL ÁMBITO GEOGRÁFICO .....	25
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>28</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>28</b>
2.1. CUENCA HIDROGRÁFICA .....	28
2.2. SISTEMA DE DELIMITACIÓN Y CODIFICACIÓN PFAFSTETTER.....	28
2.2.1. Niveles .....	28
2.2.2. Cuenca.....	30
2.2.3. Intercuenca .....	30
2.2.4. Cuenca Interna .....	30
2.2.5. Características principales del método de Pfafstetter .....	32
2.2.6. Proceso de codificación en la metodología de Pfafstetter .....	33

2.2.7. Casos especiales.....	34
<b>2.3. HERRAMIENTAS Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SIG .</b>	<b>34</b>
2.3.1. Información cartográfica .....	35
2.3.2. Sistemas de Coordenadas y Datum.....	36
2.3.3. Metadato.....	37
2.3.4. Modelación de Cuencas hidrográficas .....	38
Modelo Digital del Terreno: .....	38
Dirección de Flujo .....	39
Acumulación de Flujo .....	40
Enlace de corrientes.....	40
 <b>CAPÍTULO III .....</b>	 <b>42</b>
 <b>3. METODOLOGÍA .....</b>	 <b>42</b>
3.1. INTRODUCCIÓN .....	42
3.2. IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	42
3.3. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE.....	42
3.3.1 Recopilación de información existente .....	42
3.3.2 Definición de criterios para la evaluación de información existente .....	42
3.3.3 Generación de la Matriz de evaluación de la información existente.....	43
3.3.4 Conclusiones sobre la evaluación de la información existente .....	44
3.4. ESTRUCTURACIÓN PARA FORMATO SIG.....	44
3.4.1. Edición cartográfica .....	45
3.4.2. Estandarización, estructuración y sistematización.....	45
3.4.3. Creación de los elementos clasificados según su topología .....	46
3.4.4. Creación de las Bases de Datos Espacial.....	46
3.5. PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA LA DELIMITACIÓN DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS.....	46
3.5.1. Método semiautomático para delimitación de unidades hidrográficas.....	47
1) Generación de áreas de drenaje o cuencas de captación (watersheds): .....	47
2) Generación Vectorial de Unidades Hidrográficas: .....	51



3) Inserción de los códigos de las unidades hidrográficas .....	51
3.6. GENERACIÓN DE LOS METADATOS DEL ARCHIVO DIGITAL.....	51
3.7. TALLERES DE DIFUSIÓN Y CAPACITACIÓN .....	52
3.8. MEMORIA TÉCNICA .....	52
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>55</b>
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>55</b>
4.1. IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	55
4.1.1. Ubicación política .....	55
4.1.2. Ubicación geográfica .....	55
4.1.3. Ubicación hidrográfica .....	55
4.2. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE.....	56
4.2.1 Información existente .....	56
Fuentes de información investigadas y documentos recopilados .....	56
4.2.2 Criterios para la evaluación de información existente.....	60
4.2.3 Matriz de evaluación de la información existente .....	60
4.2.4 Conclusiones sobre la evaluación de la información existente .....	60
4.3 MAPA BASE.....	61
4.4 DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE LA CUENCA DEL RÍO ESMERALDAS, OBTENIDAS MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE PFAFSTETTER.....	63
4.4.1 Nivel 3 .....	63
4.4.2 Nivel 4 .....	63
4.4.3 Nivel 5 .....	64
4.5 COMPARACIÓN ENTRE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE LA CUENCA DEL RÍO ESMERALDAS, OBTENIDAS MEDIANTE EL MÉTODO DE PFAFSTETTER, CON LA DIVISIÓN HIDROGRÁFICA UTILIZADA ACTUALMENTE EN EL PAÍS.....	67
4.5.1 Descripción de las unidades hidrográficas de la cuenca del río Esmeraldas hasta el nivel de microcuencas en la división hidrográfica adoptada por el Ecuador en 1992 .....	67

4.5.2 Descripción de las unidades hidrográficas de la cuenca del río Esmeraldas hasta el nivel 5 en la división hidrográfica mediante el método de Pfafstetter. ....	71
4.5.3 Diferencias entre las dos divisiones hidrográficas aplicadas en la cuenca del río Esmeraldas. ....	74
4.6 MAPA DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE LA CUENCA DEL RIO ESMERALDAS .....	75
4.6.1 Descripción general del Mapa .....	75
4.7 METADATOS .....	78
4.8 TALLERES DE DIFUSIÓN Y CAPACITACIÓN .....	78
4.9 MEMORIA TÉCNICA .....	78
<b>CAPITULO V .....</b>	<b>79</b>
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>79</b>
5.1 CONCLUSIONES .....	79
5.2. RECOMENDACIONES .....	80
<b>ANEXOS .....</b>	<b>82</b>
<b>ANEXOS 4.1 .....</b>	<b>83</b>
IMÁGENES .....	83
<b>ANEXOS 4.2 .....</b>	<b>93</b>
MATRICES .....	93
<b>ANEXOS 4.3 .....</b>	<b>96</b>
MAPAS .....	96
<b>ANEXOS 4.4 .....</b>	<b>106</b>
TALLERES DE DIFUSIÓN Y CAPACITACIÓN .....	106
<b>ANEXOS 4.5 .....</b>	<b>121</b>
MEMORIA TÉCNICA .....	121
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>165</b>

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla. 4.1. Unidades Hidrográficas de Sudamérica.....	56
Tabla. 4.2. Información cartográfica.....	56
Tabla. 4.3. Información documental.....	59
Tabla. 4.4. Unidades hidrográficas de la cuenca del río Esmeraldas, nivel 4.....	63
Tabla. 4.4. Unidades hidrográficas de la cuenca del río Esmeraldas, nivel 5.....	65

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. División hidrográfica del Ecuador presentada en el 2002.....	20
Figura. 1.2. Mapa de ubicación de la cuenca del río Esmeraldas en el Ecuador.....	26
Figura. 2.1. Delimitación de unidades hidrográficas de Sudamérica hasta el nivel 3.....	29
Figura. 2.2. Subdivisión de una unidad hidrográfica con los tipos de unidades hidrográficas que contiene según la metodología de Pfafstetter.....	31
Figura. 2.3. Ejemplo de la subdivisión de la unidad hidrográfica del río Babahoyo, con los tipos de unidades hidrográficas que contiene según la metodología de Pfafstetter.....	31
Figura. 2.4. Representación esquemática de la hidrología trabajada bajo un SIG.....	35
Figura. 2.5. Representación de la distribución de zonas UTM del Ecuador continental....	36
Figura. 2.6. Codificación de la dirección de flujo de cada celda.....	40
Figura. 2.7. Ejemplo de enlaces de corrientes.....	41
Figura. 3.1. Diagrama de flujo de la generación de áreas de drenaje o cuencas de captación (watersheds).....	50
Figura. 3.2. Modelo esquemático de la metodología del proyecto “Propuesta de delimitación y codificación de unidades hidrográficas de la cuenca del río Esmeraldas, escala 1: 50 000, por el método de Pfafstetter, mediante el uso de sistemas de información geográfica”.....	54
Figura. 4.1. Estructura de la Geodatabase para el proyecto .....	62
Figura. 4.2. Simbología convencional del mapa de unidades hidrográficas.....	76
Figura. 4.3. Leyenda temática del mapa de unidades hidrográficas.....	77

## GLOSARIO

**Acumulación de flujo:** Es una medida indirecta de las áreas de drenaje. La acumulación de flujo es una matriz en la cual se calcula para cada celda un valor de acumulación de peso proveniente de todas las celdas que fluyen hacia ella

**Base de Datos:** es una tabla digital, conformada por columnas y filas, que nos permite almacenar grandes cantidades de información de forma organizada. Una base de datos o tabla de atributos es un conjunto de información relacionada que se encuentra agrupada ó estructurada.

**CAD:** Diseño asistido por computadora, lo que busca es reemplazar el dibujo manual, no necesitan datos. Estos sistemas almacenan los datos espaciales en forma de información gráfica, como un dibujo.

**Cuenca:** Área (unidad hidrográfica) que no recibe drenaje de ninguna otra área, pero si contribuye con flujo a otra unidad de drenaje

**Cuenca Interna:** 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, por ejemplo los lagos.

**Curvas de nivel:** Líneas que unen puntos de igual altitud y muestran, así, la forma de los valles y las colinas, y la pendiente de las laderas.

**Datum de referencia:** Es un conjunto de puntos de referencia en la superficie terrestre en base a un modelo asociado de la forma de la tierra (elipsoide de referencia) para definir el sistema de coordenadas geográfico.

**Dirección de flujo:** Es una matriz determinada por la dirección más empinada de descendencia de cada celda o pixel

**Enlace de corrientes:** Es el punto de encuentro de dos drenajes, es decir el punto de

<p>fluidez de una unidad hidrográfica.</p>
<p><b>Intercuenca:</b> Es un área (unidad de drenaje) que recibe el drenaje de otra unidad que se ubica aguas arriba, mediante el curso del río principal, y permite el drenaje del flujo propio y del que ha ingresado a esta unidad hacia la unidad de drenaje que se ubica aguas abajo. De esta forma, una unidad hidrográfica tipo intercuenca es una unidad de tránsito del río principal.</p>
<p><b>Metadato:</b> Es la información estandarizada, precisa, detallada y clara acerca de un recurso digital, utilizado para un proyecto, en otras palabras, es la información de un dato, que nos ayuda a conocerlo totalmente.</p>
<p><b>Modelo digital del terreno:</b> Es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua</p>
<p><b>Nivel:</b> En la metodología de Pfafstetter, este término nos ayuda a distinguir jerárquicamente la siguiente subdivisión de una unidad hidrográfica.</p>
<p><b>Punto de fluidez:</b> Es el punto en la superficie en el que el agua fluye fuera de un área. Es el punto más bajo a lo largo del límite de una cuenca hidrográfica.</p>
<p><b>Puntos acotados:</b> Son puntos espaciales con posición y altitud numérica</p>
<p><b>Raster:</b> Es una estructura o fichero de datos que representa una rejilla rectangular de píxeles o puntos de color.</p>
<p><b>Red hidrográfica:</b> Es un sistema de circulación lineal, jerarquizado y estructurado que asegura el drenaje de una cuenca hidrográfica.</p>
<p><b>Red vial:</b> Sistema lineal de vías terrestres que permite mantener comunicadas las distintas localidades en un territorio</p>
<p><b>SIG:</b> Sistema que utiliza una base de datos espacial, para responder preguntas de naturaleza geográfica. Estas herramientas facilitan y favorecen procesos de análisis</p>

espacial, efectivizando las tareas de planeación regional y de soporte en la toma de decisiones.

**TIN:** Modelo de triángulos irregulares para representar la elevación de la superficie de un terreno.

**Topología:** Es la estructura de los datos espaciales de gran utilidad para prevenir su integridad y garantizar su limpieza y consistencia geométrica. Contiene reglas que definen como los elementos comparten el espacio

**Umbral:** Es la cantidad mínima de señal que ha de estar presente para ser registrada por un sistema.

**Unidad hidrográfica:** Es la superficie de drenaje natural, donde convergen las aguas que fluyen a través de valles y quebradas, formando de esta manera una red de drenajes o afluentes que alimentan a un desagüe principal, que forma un río.

**Vector:** Estructura de datos utilizada para almacenar datos geográficos. Los datos vectoriales constan de líneas o arcos, definidos por sus puntos de inicio y fin, y puntos donde se cruzan varios arcos, los nodos.

## ABREVIATURAS

CAD	Computer-Aided Design
CLIRSEN	Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos
CNRH	Consejo Nacional de Recurso Hídricos
CONELEC	Consejo Nacional de Electricidad
IEOS	Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias
IGM	Instituto Geográfico Militar
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología en Hidrología
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
INECEL	Instituto Ecuatoriano de Electrificación
INERHI	Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos
INOCAR	Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador
MDE	Modelo Digital de Elevaciones
MOP	Ministerio de Obras Públicas
PSAD 56	Provisional South American Datum 1956
SENAGUA	Secretaría Nacional del Agua
SENPLADES	Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo del Ecuador
SGCAN	Secretaría General de la Comunidad Andina
SIG	Sistema de Información Geográfica
SIGTIERRAS	Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica.
SIRGAS	Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas
TIN	Triangulated Irregular Network
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
USGS	United States Geological Survey
UTM	Universal Transversal de Mercator
WGS 84	World Geodetic System 84



## CAPÍTULO I

---

### 1. INTRODUCCIÓN

La cuenca es la unidad territorial más adecuada para la gestión de los recursos naturales en general y de los recursos hídricos en particular. Con la finalidad de establecer las bases para una gestión adecuada de los recursos naturales a nivel Nacional, se hace necesaria la elaboración de un mapa de unidades hidrográficas bajo un sistema estándar de delimitación y codificación de unidades hidrográficas, enmarcado a nivel Nacional e Internacional.

En el marco de la iniciativa para la estandarización de la información de unidades hidrográficas en el ámbito sudamericano y en el ámbito subregional andino, la Secretaría General de la Comunidad Andina SGCAN y la oficina sudamericana de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza UICN Sur, elaboró en conjunto con las autoridades nacionales de aguas de los países de la Comunidad Andina, el Mapa de Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas a la escala 1:250 000 según la metodología de Pfafstetter.

La metodología de delimitación y codificación de unidades hidrográficas Pfafstetter, fue desarrollado por el ingeniero brasileño Otto Pfafstetter en 1989, adoptado como estándar internacional en 1997 por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

La tendencia actual es que el método se constituya en un estándar internacional de delimitación y codificación de cuencas hidrográficas, que contemple las cuencas hidrográficas como unidades de gestión y que se encuentren en el mismo sistema de referencia mundial WGS 84 para que facilite la transferencia y manipulación de información de las unidades hidrográficas, no solo a nivel nacional sino también internacional.

#### 1.1. ANTECEDENTES

Las diversas instituciones públicas y privadas del país, que desarrollan actividades de manejo de cuencas, manejo de recursos naturales y gestión de los recursos hídricos, desde hace algún tiempo han demandado la necesidad de contar con un mapa de delimitación y codificación de unidades hidrográficas del Ecuador.

Para lograr este objetivo en mayo de 1989, se conformó un comité técnico con la participación de: Ministerio de Relaciones Exteriores, Cancillería, Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN), Instituto Geográfico Militar (IGM), Instituto Nacional de Meteorología en Hidrología (INAMHI), Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL), Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos (INERHI), Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS) y Ministerio de Obras Públicas (MOP), con la finalidad de establecer una normatividad en el ámbito nacional, que permita el uso técnico en cuanto a la división hidrográfica y su nomenclatura, obteniéndose como resultado en Enero de 1992 una memoria técnica y el mapa temático escala 1 : 1 000 000, en el cual se determinan 31 Sistemas, 80 Cuencas (incluida la cuenca del río Cenepa), 156 Subcuencas y 890 Microcuencas, estas últimas, no estaban definidas completamente; este mapa nunca fue oficializado.

El 25 de Octubre de 1994 con la expedición del decreto ejecutivo N° 2224, se conformó una nueva Organización Institucional del Agua, constituyéndose entonces el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), que era responsable del cumplimiento de las funciones que la Ley de creación del INERHI, la Ley de Aguas y su Reglamento y la Ley de Desarrollo Agrario asignaban al extinto instituto, excepto las funciones relacionadas con la ejecución, operación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica en general, así como las relacionadas con la conservación ambiental y el control de la contaminación de los recursos hídricos, todas ellas asignadas a las Corporaciones Regionales de Desarrollo.

La extinción del INERHI permitió concentrar en el CNRH las funciones normativas, de planificación y administración del recurso hídrico que establecen las anteriores leyes, creando de esta forma un organismo rector del agua en el ámbito nacional.

Ante la necesidad de que el país cuente con una división hidrográfica en el ámbito de sistemas, cuencas y subcuencas hidrográficas, el Ex – CNRH, como ente rector del recurso hídrico, congregó un grupo técnico intersectorial de trabajo bajo la coordinación del Ex-CNRH, integrado por delegados del MOP, INAMHI, Subsecretaría de Agua Potable y Saneamiento Básico, CONELEC, CLIRSEN, DINAREN y la invitación a un delegado del IGM. Luego de 4 reuniones de trabajo del grupo en los días 10, 23, 30 de enero y 19 de junio del 2002, y reuniones particulares con el CLIRSEN, se definió la necesidad de elaborar un Mapa de Unidades Hidrográficas actualizado y oficial.

Como resultado de ello, la Secretaría General del Ex - CNRH a través del Departamento de Manejo de Cuencas, presentó la propuesta de la división hidrográfica del País, basada en la división presentada en enero de 1992 por el extinto INERHI, con dos variantes, la cuenca del río Cenepa ya no era tomada en cuenta porque pertenecía al vecino país del Sur, Perú, por ello se obtuvo 79 cuencas hidrográficas y se realizó una reclasificación de las subcuencas, que dio como resultado 137 subcuencas; el objetivo primordial del Ex – CNRH, era procurar la aprobación oficial por las instancias superiores del Gobierno Central.

La propuesta de la división por cuencas hidrográficas en la que se consideró el área total del Ecuador con sus límites definitivos fue:

Vertiente del Pacifico	72 Cuencas	101 Subcuencas
Vertiente del Amazonas	7 Cuencas	36 Subcuencas
<b>Total</b>	<b>79 Cuencas</b>	<b>137 Subcuencas</b>

De las 72 cuencas que drenan hacia el Océano Pacífico existen dos que son áreas insulares (incluidas en el área de las cuencas Vertiente Pacífico):

Isla Puna	923 Km <sup>2</sup>
Islas Galápagos	8.010 Km <sup>2</sup>

Esta propuesta no fue oficializada por el grupo Interinstitucional, sin embargo, el ex CNRH, la publicó como la división hidrográfica a utilizarse en el país, más no la oficial.

A continuación se muestra la propuesta del Mapa de la División Hidrográfica del Ecuador (Figura. 1.1), presentada en el 2002 por el Consejo Nacional de Recursos Hídricos.

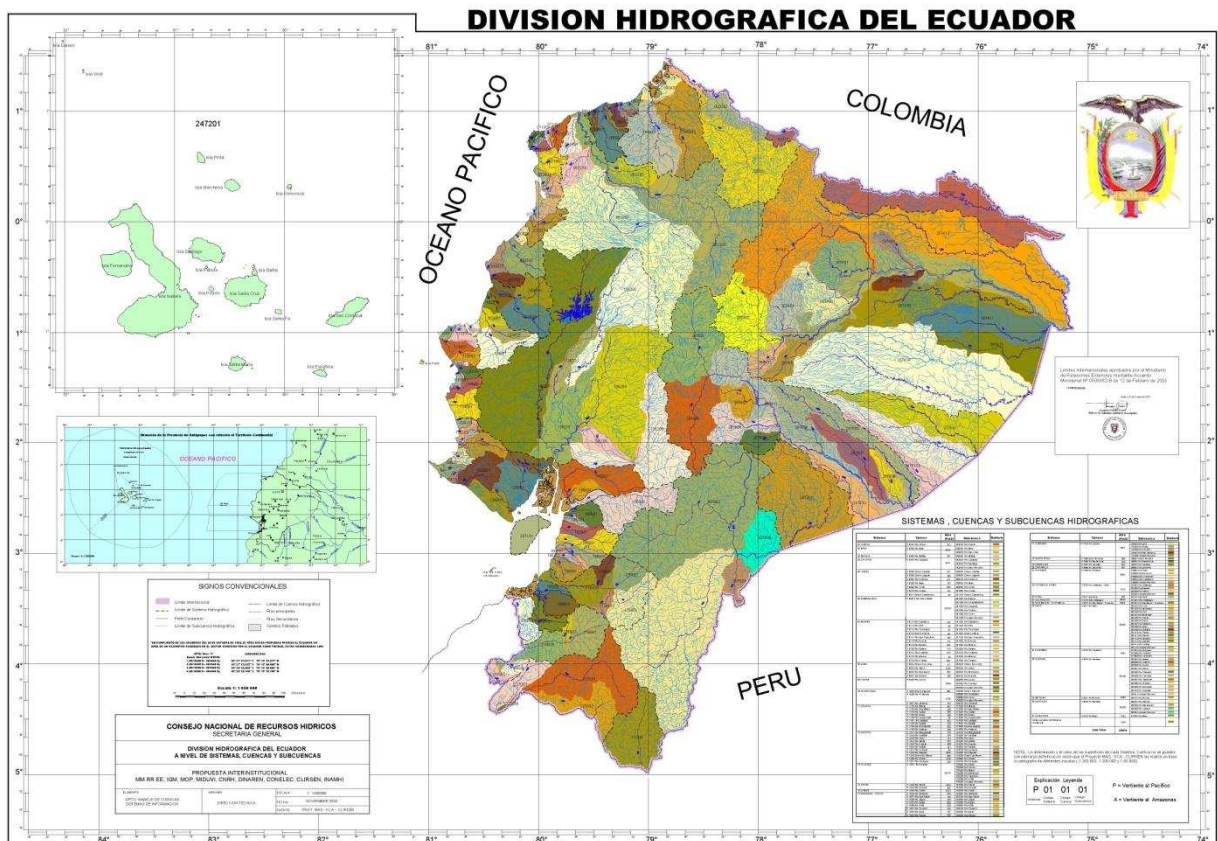


Figura. 1.1. División hidrográfica del Ecuador presentada en el 2002 por el Consejo Nacional de Recursos Hídricos. Fuente: SENAGUA

Con el uso de la metodología de Pfafstetter en el 2008 la UICN Sur elaboró el mapa de delimitación y codificación de unidades hidrográficas de Sudamérica a la escala 1:1 000 000, hasta el nivel 3, en el sistema de referencia WGS 84 asociado al elipsoide global GRS80 y en coordenadas geográficas, mapa que ha sido necesario desarrollar previamente a la elaboración del mapa de unidades hidrográficas de los países de la Comunidad Andina y del mapa de unidades hidrográficas del Ecuador a escala 1: 250 000.

## 1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La necesidad de contar con un mapa de delimitación y codificación de unidades hidrográficas del Ecuador, lleva a contribuir, con una metodología aplicada en la cuenca del río Esmeraldas, y establecerla como una herramienta básica, para la gestión sostenible de los recursos naturales en general y de los recursos hídricos en particular, considerando a la cuenca o unidad hidrográfica como el espacio territorial más adecuado para la gestión.

La importancia de este proyecto se ve reflejada en la necesidad de contar con un sistema homogéneo, lógico, ordenado y sistemático en la delimitación y codificación de las unidades hidrográficas del Ecuador.

### **1.3 MARCO LEGAL**

La normativa legal aplicable para el proyecto “Propuesta de Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas de la cuenca del río Esmeraldas, escala 1:50 000, por el método de Pfafstetter, mediante el uso de sistemas de información geográfica”, es la siguiente:

#### **Codificación a la ley de aguas.**

Codificación 16, Registro Oficial 339 de 20 de Mayo del 2004.

## TITULO I

### DISPOSICIONES FUNDAMENTALES

Art. 1.- Las disposiciones de la presente Ley regulan el aprovechamiento de las aguas marítimas, superficiales, subterráneas y atmosféricas del territorio nacional, en todos sus estados físicos y formas.

Art. 13.- Para el aprovechamiento de los recursos hidrológicos, corresponde al Consejo Nacional de Recursos Hídricos, hoy Secretaria Nacional del Agua: a) Planificar su mejor utilización y desarrollo; b) Realizar evaluaciones e inventarios; c) Delimitar las zonas de protección; d) Declarar estados de emergencia y arbitrar medidas necesarias para proteger las aguas; y, e) Propender a la protección y desarrollo de las cuencas hidrográficas.

#### **Ley de Cartografía Nacional.**

Decreto Supremo 2686-B,

Registro Oficial 643 de 4 de Agosto de 1978.

## TITULO I

Del Instituto Geográfico Militar y de su Misión

### CAPITULO UNICO

Art. 2.- El Instituto Geográfico Militar realizará toda actividad cartográfica referente a la elaboración de mapas y levantamiento de cartas oficiales del territorio nacional.

## TITULO IV

De los Trabajos Cartográficos y Geográfico Ejecutados por otros

### CAPITULO UNICO

Art. 21.- Las personas naturales o jurídicas, las instituciones públicas o privadas que elaboren cartas especiales o temáticas deberán utilizar la cartografía básica proporcionada por el Instituto Geográfico Militar.

### **Reglamento a la Ley de Cartografía Nacional**

Decreto ejecutivo 2913

Registro Oficial 828 de 9 de Diciembre de 1991.

## TITULO I

### GENERALIDADES

#### CAPITULO II

De las Cartas y Mapas

Art. 8.- Objeto de los Documentos Cartográficos.- Los documentos cartográficos tienen por objeto representar la realidad geográfica del territorio, sujetándose a normas y especificaciones aceptadas internacionalmente.

Art. 9.- Cartas y Mapas Oficiales.- Para efectos de la Ley de la Cartografía Nacional y de este Reglamento se clasifican como cartas y mapas oficiales a aquellos documentos obtenidos por métodos analógicos y/o digitales que representen la realidad física y/o política del país, en las escalas 1:10 000 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:250 000, 1:500 000 y 1:1 000 000, los mismos que deben ser elaborados por el Instituto Geográfico Militar. La Cartografía elaborada a escala 1:10 000 será aquella que sirva de base para el Sistema de Información Catastral del país, en áreas rurales.

La cartografía básica nacional será editada a escala 1: 50 000. Las cartas a escalas mayores a 1: 50 000 serán editadas bajo requerimiento de las entidades públicas y privadas.

Art. 14.- Elaboración de Cartas Temáticas.- La Cartografía temática del territorio nacional, deberá elaborarse utilizando la cartografía básica ejecutada por el Instituto Geográfico Militar; y, para el caso de ser realizada por terceros, deberá ser autorizado por éste, de acuerdo a lo previsto en la Ley y en el presente Reglamento.

Su impresión deberá realizarse en el país, salvo el caso de requerirse una técnica especializada no disponible en el Ecuador.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo General**

Elaborar el mapa de la propuesta de la delimitación y la codificación de las unidades hidrográficas de la cuenca del río Esmeraldas, escala 1: 50 000, con el método de Pfafstetter, hasta el nivel 5.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- a. Recopilar información existente sobre la cuenca del Río Esmeraldas.
- b. Generar el mapa base de la cuenca hidrográfica de la cuenca del río Esmeraldas, escala 1: 50 000, con los elementos de curvas de nivel, puntos de altura, red hidrográfica y vial.
- c. Elaborar el Modelo Digital de Elevación de la cuenca del río Esmeraldas
- d. Generar la dirección de flujo de la cuenca del río Esmeraldas.
- e. Generar la acumulación de flujo de la cuenca del río Esmeraldas.
- f. Generar las unidades hidrográficas de la cuenca del río Esmeraldas, por el método de Pfafstetter, hasta el nivel 5.
- g. Codificar las unidades hidrográficas de la cuenca del río Esmeraldas por el método de Pfafstetter, hasta el nivel 5.
- h. Comparar las unidades hidrográficas de la cuenca del Río Esmeraldas, mediante el método de Pfafstetter, con la clasificación de cuencas utilizada actualmente en el país.

- i. Crear los metadatos de la Delimitación y Codificación de las unidades hidrográficas de la cuenca del Río Esmeraldas.
- j. Redactar la memoria técnica de la delimitación y codificación de unidades hidrográficas de la cuenca del Río Esmeraldas por el método de Pfafstetter.
- k. Presentar la propuesta de delimitación y codificación de unidades hidrográficas de la cuenca del Río Esmeraldas al personal técnico de la SENAGUA.
- l. Difundir, capacitar e informar sobre la propuesta de la delimitación y codificación de unidades hidrográficas por el método de Pfafstetter, en la Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA)

## 1.5 METAS

- a. Matriz de evaluación, análisis y validación de información recopilada.
- b. Coberturas geográficas de curvas de nivel, puntos acotados, red hídrica y vial de la cuenca del río Esmeraldas, tipo vector, escala 1: 50 000 (formato shapefile).
- c. Modelo Digital de Elevación de la cuenca del río Esmeraldas, tipo raster (formato tiff).
- d. Dirección de flujo de la cuenca del río Esmeraldas, tipo raster (formato tiff).
- e. Acumulación de flujo de la cuenca del río Esmeraldas, tipo raster (formato tiff).
- f. Coberturas geográficas de la delimitación de las unidades hidrográficas de la cuenca del río Esmeraldas, por el método de Pfafstetter, hasta el nivel 5, tipo vector, escala 1: 50 000 (formato shapefile).
- g. Listas de Codificación de unidades Hidrográficas por el método de Pfafstetter, hasta el nivel 5.
- h. Matriz de comparación de las unidades hidrográficas de la cuenca del río Esmeraldas obtenidas con el método de Pfafstetter con las cuencas hidrográficas de la división hidrográfica usada actualmente en el país.
- i. Catálogo de datos de la cobertura geográfica de la delimitación de unidades hidrográficas de la cuenca del río Esmeraldas.
- j. Memoria técnica de la delimitación y codificación de las unidades hidrográficas de la cuenca del río Esmeraldas
- k. Mapa de la delimitación y codificación de unidades hidrográficas de la cuenca del río Esmeraldas por el método de Pfafstetter.



1. Talleres de difusión, capacitación e información al personal técnico de la SENAGUA sobre la delimitación y codificación de unidades hidrográficas por el método de Pfafstetter.

## **1.6 DESCRIPCIÓN DEL ÁMBITO GEOGRÁFICO**

El área de estudio es de 21.669 km<sup>2</sup>, se encuentra ubicada al Norte del Ecuador, en las provincias de Cotopaxi, Esmeraldas, Imbabura, Manabí, Pichincha, y Santo Domingo de los Tsáchilas. (Figura. 1.2.)

Sus límites son:

Norte: Las provincias de Esmeraldas e Imbabura,

Sur: Las provincias de Cotopaxi, Santo Domingo de los Tsáchilas y Manabí

Este: Las provincias de Sucumbíos y Napo

Oeste: Las provincias de Esmeraldas y Manabí

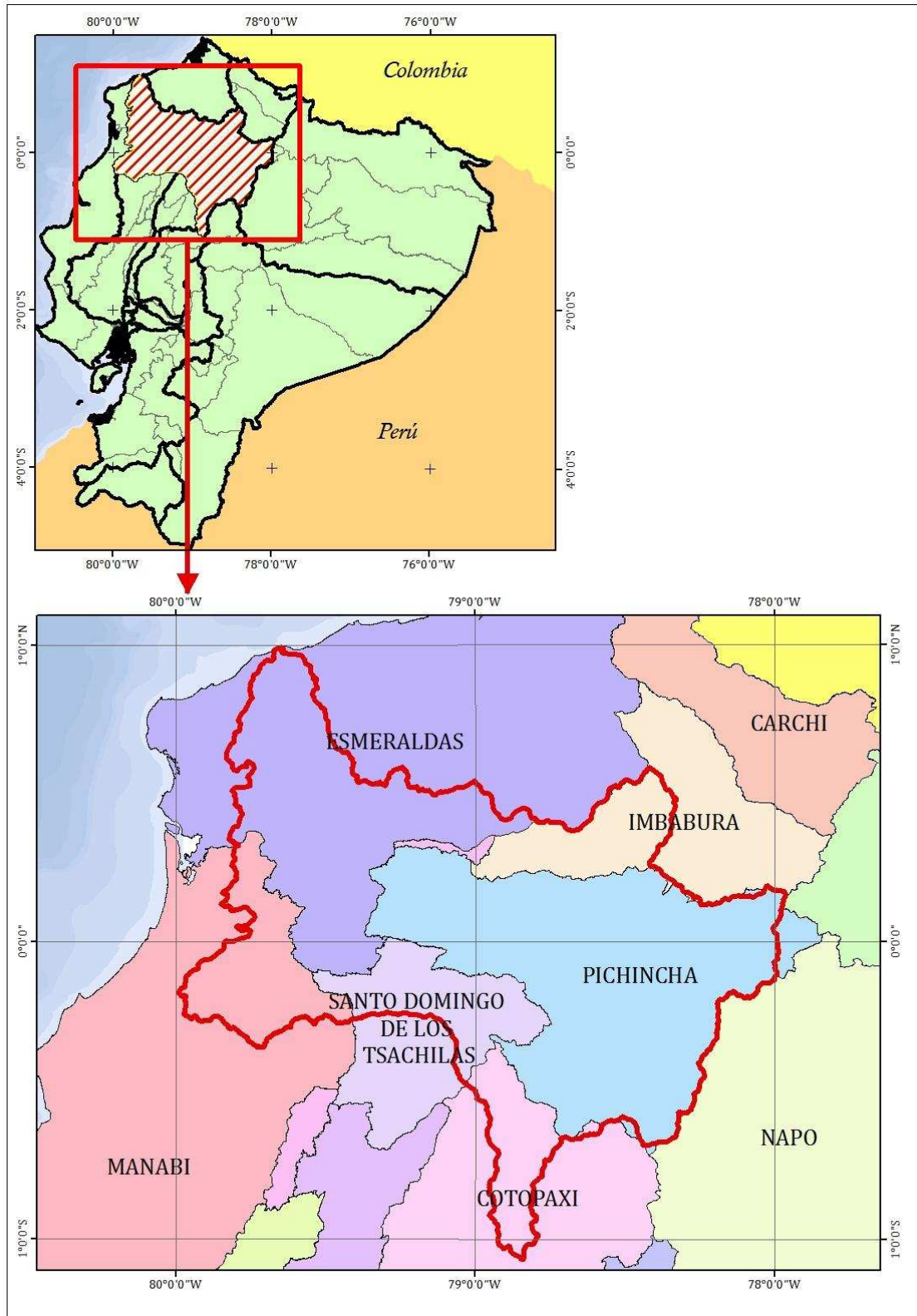


Figura. 1.2. Mapa de ubicación de la cuenca del río Esmeraldas en el Ecuador. Fuente: División político administrativa INEC 2009. Elaborado por la autora.

El río Esmeraldas es muy caudaloso, de acuerdo con información del INAMHI, los caudales máximos registrados estarían en el orden entre 3.500 a 4.000 m<sup>3</sup>/s, es por ello que su cuenca hidrográfica es muy extensa; está comprendida enteramente dentro de una zona de lluvias constantes. Se forma por los ríos Blanco, Guayllabamba, Toachi y Quinindé.

El río Esmeraldas, en su tramo de estuario, tiene una longitud de casi 30 km, donde fluye por un valle plano y estrecho que viene sufriendo un continuo proceso de erosión y sedimentación, que, en unos casos, se debe al proceso natural de cambio morfológico en un estuario; y, en otros, a causa de la intervención de la mano del hombre.

El principal problema que se detecta en la cuenca del río Esmeraldas, es los altos índices de contaminación que tienen sus aguas, afectadas por aguas residuales y servidas que se descargan en esta cuenca sin tratamiento preventivo. La ciudad de Esmeraldas tiene 17 vertederos directos de aguas servidas a los ríos Teaone y Esmeraldas.

## CAPÍTULO II

---

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. CUENCA HIDROGRÁFICA

“Una cuenca hidrográfica es la superficie de drenaje natural, donde convergen las aguas que fluyen a través de valles y quebradas, formando de esta manera una red de drenajes o afluentes que alimentan a un desagüe principal, que forma un río”<sup>1</sup>

La cuenca o unidad hidrográfica es el espacio geográfico más apropiado y utilizado para el manejo y gestión sostenible de los recursos naturales en general y exclusivamente del recurso hídrico.

#### 2.2. SISTEMA DE DELIMITACIÓN Y CODIFICACIÓN PFAFSTETTER

Es una metodología en la cual el criterio fundamental es el valor del área de drenaje, ya que el río principal es determinado por este criterio, de allí parte la aplicación de la metodología; las áreas delimitadas se complementan con un código asignado, para relacionarlas con la unidad hidrográfica que las contiene, las unidades hidrográficas que contiene y con las unidades hidrográficas colindantes.

En el Sistema de delimitación y codificación de Pfafstetter se consideran cuatro términos esenciales: niveles, cuencas, intercuencas y cuencas internas.

##### 2.2.1. Niveles

Este término ayuda a distinguir jerárquicamente la siguiente subdivisión de una unidad hidrográfica. Es por ello que un nivel menor tendrá menos subdivisiones de las unidades hidrográficas; además el código de la unidad hidrográfica está íntimamente ligado con el nivel, ya que el tamaño del código depende del nivel en el que se encuentra, por ejemplo, el código de una unidad hidrográfica del nivel 1 tendrá un solo dígito, mientras que, el código de una unidad hidrográfica del nivel 5 tendrá 5 dígitos.

---

<sup>1</sup> ERA ECOLÓGICA, [www.eraecologica.org](http://www.eraecologica.org)

Es así que de la delimitación y codificación de unidades hidrográficas de Sudamérica, se obtuvo los siguientes resultados hasta el nivel 3. (Figura. 2.1.).

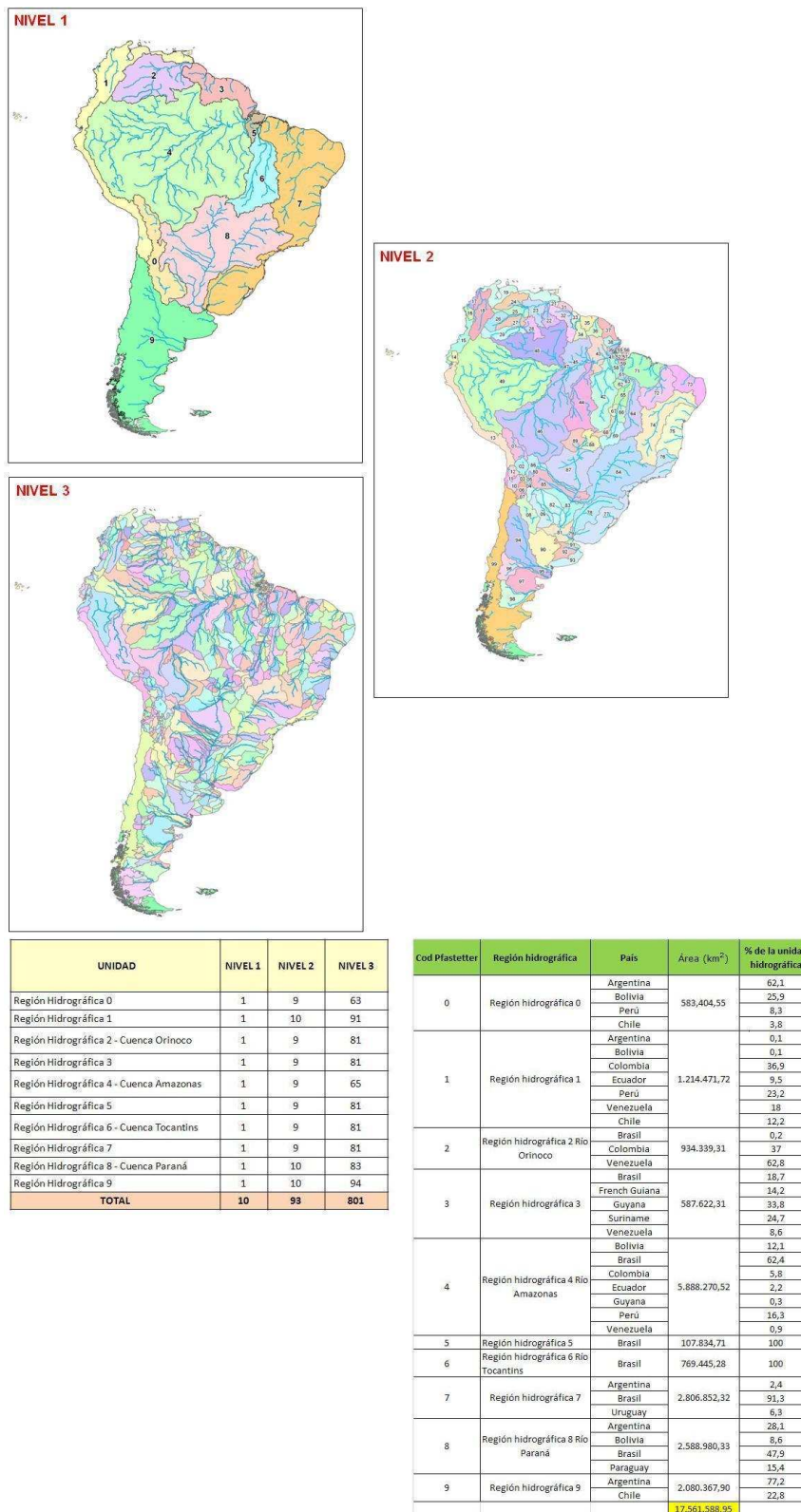


Figura. 2.1. Delimitación de unidades hidrográficas de Sudamérica hasta el nivel 3. Fuente: Secretaría General de la Comunidad Andina; elaborado por la autora.

### **2.2.2. Cuenca**

En esta metodología, éste término no es usado para jerarquizar una división de unidades hidrográficas, es más bien para distinguir un tipo de unidad hidrográfica.

Según Aguirre, Torres, y Ruíz (2003) una unidad hidrográfica tipo cuenca es un área (unidad hidrográfica) que no recibe drenaje de ninguna otra área, pero si contribuye con flujo a otra unidad de drenaje, estas se caracterizan por llevar los números pares en su código identificador.

### **2.2.3. Intercuenca**

“Es un área (unidad de drenaje) que recibe el drenaje de otra unidad que se ubica aguas arriba, mediante el curso del río principal, y permite el drenaje del flujo propio y del que ha ingresado a esta unidad hacia la unidad de drenaje que se ubica aguas abajo. De esta forma, una unidad hidrográfica tipo intercuenca es una unidad de tránsito del río principal”. (Aguirre, Torres, y Ruíz, 2003)

Este tipo de unidad hidrográfica lleva los códigos identificadores impares.

### **2.2.4. 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, por ejemplo los lagos.” (Aguirre, Torres, y Ruíz, 2003)

Cada nivel tendrá siempre cuencas e intercuenas, pero no siempre cuencas internas, solo de ser el caso. (Figura. 2.2.).

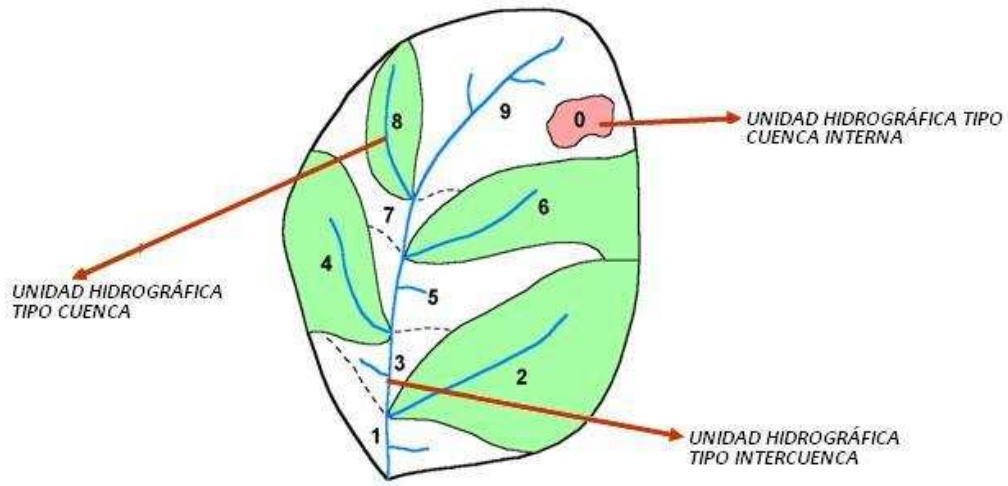


Figura. 2.2. Subdivisión de una unidad hidrográfica con los tipos de unidades hidrográficas que contiene según la metodología de Pfafstetter. Fuente: UICN-SUR

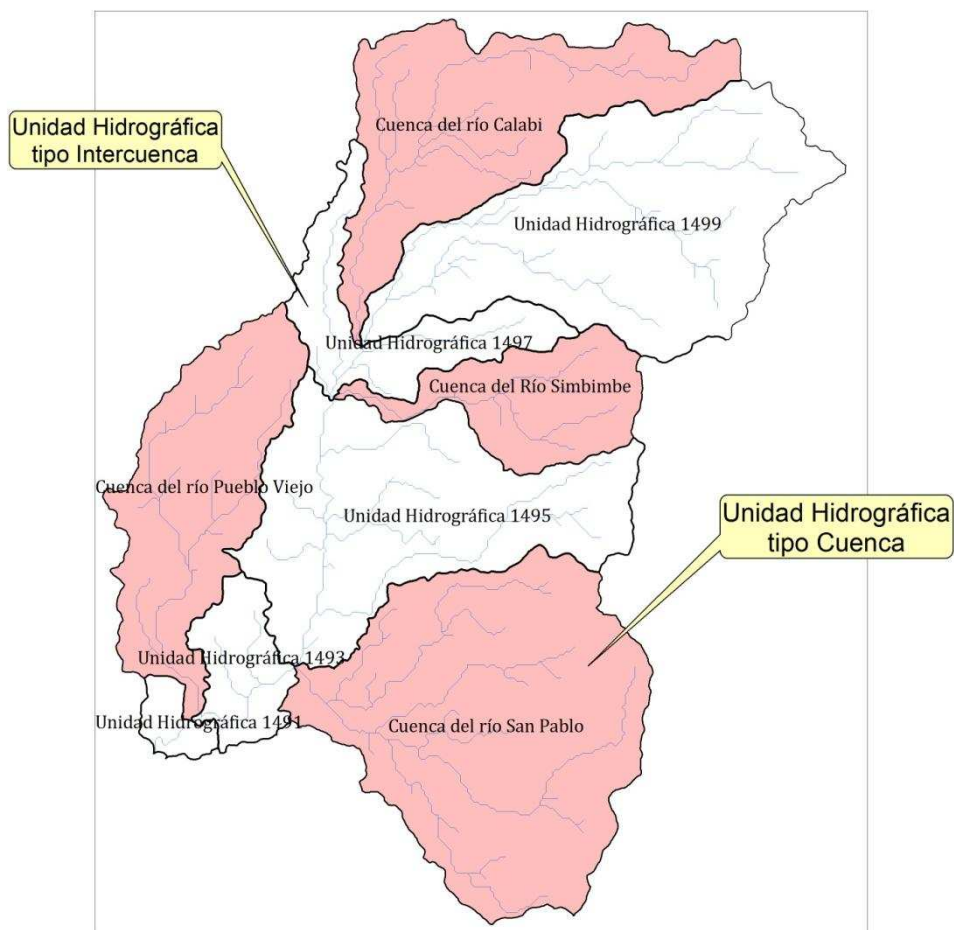


Figura. 2.3. Ejemplo de la subdivisión de la unidad hidrográfica del río Babahoyo, con los tipos de unidades hidrográficas que contiene según la metodología de Pfafstetter. Elaborado por la autora.

### **2.2.5. Características principales del método de Pfafstetter**

Esta metodología maneja un concepto diferente a la organización hidrográfica utilizada por el Ecuador; aquí ya no se usan los términos de cuenca, subcuenca, microcuenca, etc. para referirse a los niveles de detalle, más bien se maneja el término de nivel con el respectivo dígito que corresponda, para referirse a capas superiores o inferiores en la delimitación de unidades hidrográficas.

El sistema es ordenado y jerárquico, la codificación de las unidades hidrográficas empieza desde la desembocadura (afluencias y/o confluencias) del río identificado como principal hacia aguas arriba. A nivel regional Sudamericano la codificación de unidades hidrográficas inicia desde el punto de desembocadura de un sistema de drenaje en el océano.

A cada unidad hidrográfica se le asigna un código numérico, basado en su ubicación dentro del sistema de drenaje, de tal forma que éste código es único en todo el continente Sudamericano, y nos ayuda a ubicar la unidad hidrográfica en el espacio geográfico.

Ahorro de dígitos en los códigos asignados a las unidades hidrográficas, ya que el número de dígitos del código está supeditado del nivel de la unidad hidrográfica codificada.

La distinción entre río principal y tributario, es en función del área de drenaje, esta característica hay que tenerla muy en cuenta, ya que esta metodología no determina el río principal por su importancia o su renombre, caudales, longitud del río u otras, de tal forma que, en cualquier enlace de corrientes, el río principal será siempre aquel que posee el mayor área drenada entre ambos.

El código de la unidad hidrográfica almacena información importante, como el tipo de unidad de drenaje, nivel de codificación, ubicación al interior de la unidad que lo contiene, así como también la ubicación dentro del continente Sudamericano.

El nivel 1 corresponde a la escala continental Sudamericana de unidades de drenaje. Los niveles siguientes (2, 3, 4, etc.) representan unidades de drenaje menores, comprendidas en una unidad mayor; es decir, las unidades de los niveles mayores tendrán menor área que la unidad que las contiene.



### **2.2.6. Proceso de codificación en la metodología de Pfafstetter**

Para iniciar el proceso de codificación se debe en principio determinar el curso del río principal de la unidad que se va codificar, dependiendo este proceso únicamente del área de drenaje del río desde cada enlace de corrientes.

Una vez determinado el curso del río principal, se determinan las cuatro unidades hidrográficas de tipo cuenca, que son las cuatro unidades de mayor área que confluyen al río principal, para ello se determinan los 4 tributarios principales.

Las cuatro unidades tipo cuenca se codifican con los dígitos pares 2, 4, 6 y 8, desde aguas abajo, es decir desde la desembocadura del río principal, hacia aguas arriba, esto es hacia la naciente u origen del río principal. La determinación de la naciente del río principal se ve supeditada únicamente a la superficie del área de drenaje del último enlace de corriente que se encuentre. Las otras áreas de drenaje se agrupan en unidades hidrográficas de tipo intercuenca, y se codifican, también desde aguas abajo (desde la desembocadura del río principal) hacia aguas arriba, con los dígitos impares 1, 3, 5, 7 y 9.

Por la metodología de delimitación y codificación de las unidades hidrográficas, el código 9 siempre se reserva para la unidad de drenaje de mayor tamaño de la parte superior de la cuenca o cabecera de cuenca, la misma que contiene la naciente u origen del río, cuya unidad de drenaje se está codificando.

Cada una de las unidades de drenaje de tipo cuenca o intercuenca, delimitadas y codificadas en un determinado nivel (por ejemplo el primero) se pueden a su vez subdividir y codificar (subir de nivel) siguiendo exactamente el proceso antes descrito, de modo que por ejemplo, la delimitación y codificación de la unidad de drenaje tipo cuenca de código 4 se subdivide y codifica en nueve unidades hidrográficas, cuatro de tipo cuenca de códigos 42, 44, 46 y 48 y cuatro de tipo intercuenca de códigos 41, 43, 45 y 47, así como la unidad hidrográfica de cabecera de código 49. El mismo proceso se aplica a las unidades de tipo intercuenca, de modo que por ejemplo la unidad tipo intercuenca de código 1, se subdivide en las unidades de tipo cuenca de códigos 12, 14, 16 y 18 y en las unidades tipo intercuenca 11, 13, 15, 17 y 19; y estas a su vez ir subiendo de nivel. Los códigos de las unidades superiores deben llevar siempre al inicio el código o los dígitos de la unidad que lo contiene.

Se está buscando estandarizar el valor del área mínima para continuar con el proceso de subdivisión, hasta el momento se considera que un área menor a 100 km<sup>2</sup> no debe ser subdividida a mayor detalle, pero esto aún no se lo ha concretado.

### **2.2.7. Casos especiales**

Cuando un área contiene cuencas internas, para la cuenca interna más grande es asignado el código "0" y las otras cuencas internas son incorporadas a las cuencas o intercuenas aledañas.

Cuando hay menos de cuatro tributarios, siempre existirá una unidad 9 como cabecera de la cuenca, por ejemplo, en una unidad de drenaje tipo cuenca de código 6, el río principal tiene solo 2 tributarios, es decir, la unidad de drenaje se subdivide y codifica 5 unidades hidrográficas, dos de tipo cuenca de códigos 62 y 64 y dos de tipo intercuenca de códigos 61 y 63 y una unidad hidrográfica de cabecera de código 69.

Para las regiones hidrográficas cuyas unidades drenan de forma paralela a los océanos, el sistema de codificación de Pfafstetter determina que se identifique las cuatro unidades hidrográficas de mayor área de drenaje y luego la asignación de códigos se realiza considerando el sentido de las agujas del reloj, es decir las vertientes cuyas aguas desembocan en un mar oriental, serán codificadas de norte a sur; y las vertientes cuyas aguas desemboquen en un mar occidental, (como es el caso de la vertiente del Pacífico), serán codificadas de Sur a Norte.

Para el caso de las islas, estas porciones de territorio si se encuentran cercanas a la costa, serán consideradas para la codificación parte de la unidad hidrográfica continental paralelamente más cercana, asumiendo el código de ésta, en el nivel que se encuentre. Para las Islas Galápagos, un caso especial en el Ecuador, se está buscando una alternativa, que hasta el momento es, asignarle un código que sobre en la codificación de unidades hidrográficas continentales y subdividir las a partir de ese código, pero aún no se encuentra definido el criterio.

## **2.3. HERRAMIENTAS Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SIG**

“En la década de los ochenta y principalmente durante los noventa, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han aplicado en los ámbitos de impacto ambiental,

planeación regional, cambios en la vegetación y uso del suelo, exploración de recursos no renovables y en estudios de riesgo geológico” (Longley y Batty, 1996; ER-Mapper, 1995; Bonham-Carter, 1997; Birkin et al., 1996; Berry, 1997; López Blanco, 1994).

Estas herramientas facilitan y favorecen procesos de análisis espacial, efectivizando las tareas de planeación regional y de soporte en la toma de decisiones.

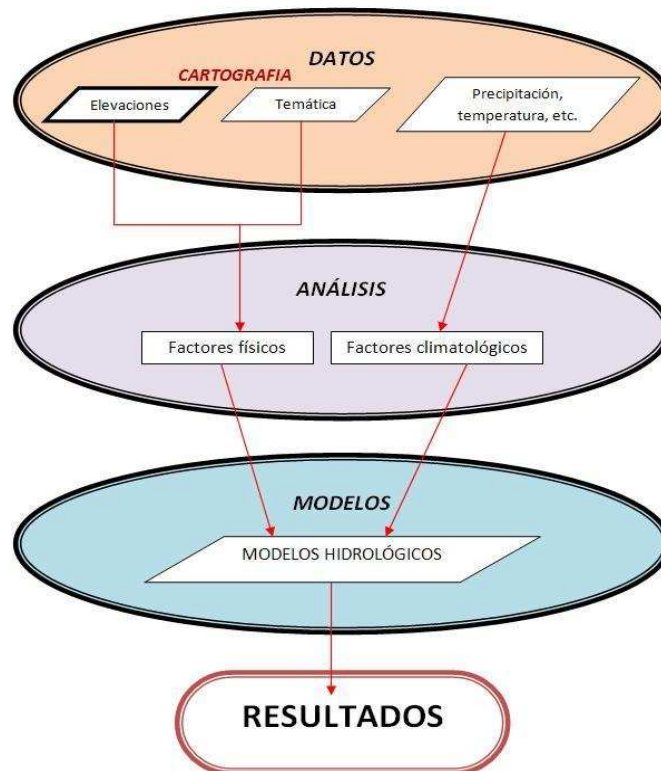


Figura. 2.4. Representación esquemática de la hidrología trabajada bajo un SIG. Fuente: Apuntes SIG I, Ing. Alberto Andrade; elaborado por la autora

### 2.3.1. Información cartográfica

Las cartas topográficas escala 1: 50 000, referidas al datum horizontal WGS 84, disponibles en el Instituto Geográfico Militar (I. G. M.) servirán para la generación del modelo digital de elevación, que es el insumo esencial para la delimitación semiautomática de unidades hidrográficas; y para la elaboración del mapa base, sobre el cual se plasma el mapa temático de la división hidrográfica por el método de Pfafstetter de la cuenca del río Esmeraldas.

Para ello en este proyecto se utilizarán solo las coberturas de:

Curvas de nivel

Puntos acotados

Red hidrográfica

Red vial

### 2.3.2. Sistemas de Coordenadas y Datum

El Ecuador continental ocupa dos zonas de la proyección Universal Transversa de Mercator (UTM), zona 17 y zona 18; siendo respectivamente sus meridianos Centrales 81 y 75 grados de longitud Occidental (W). La zona de traslapo de estas dos zonas se ubica entre los 77,5 y 78,5 grados de longitud Occidental. La región insular se ubica en las zonas 15 y 16 de la proyección UTM con su meridiano Central en los 93 y 87 grados de longitud Occidental, respectivamente.

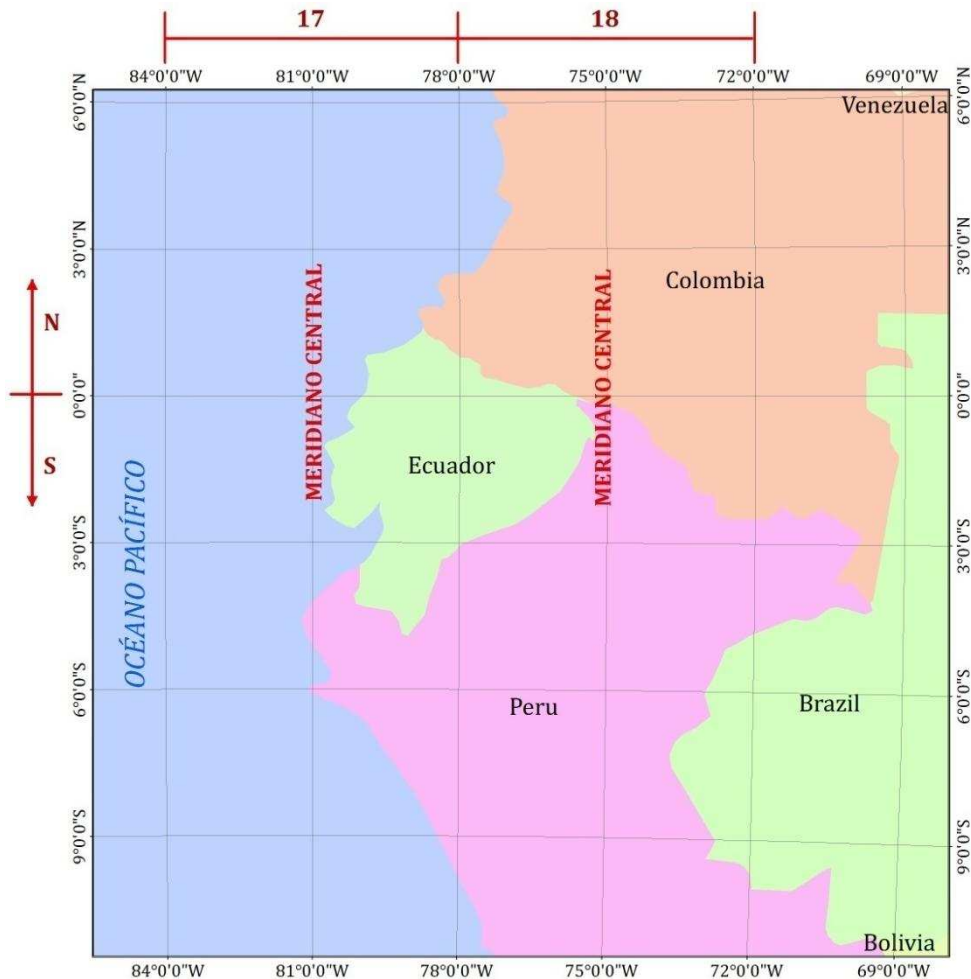


Figura. 2.5. Representación de la distribución de zonas UTM del Ecuador continental. Elaborado por la autora.

A partir de 1994 se dio inicio a la elaboración de cartografía con origen en el Datum internacional WGS 84, la información espacial de la “Propuesta de delimitación y codificación de unidades hidrográficas de la cuenca del río Esmeraldas, escala 1: 50 000, por el método de Pfafstetter, mediante el uso de sistemas de información geográfica”, estará estructurada en este Datum y para la Zona 17 Sur

Al igual que en muchos países de Sudamérica, el Ecuador utilizaba un datum local para buscar el elipsoide de referencia que mejor se acople al territorio. Por lo cual el Ecuador adopto como datum horizontal el PSAD 56, que tiene como elipsoide de referencia el Internacional de Hayford.<sup>2</sup>

La tendencia mundial actual es utilizar un sistema de referencia geocéntrico, como es el WGS 84.

En el Ecuador, “el IGM, ha propuesto utilizar una plataforma geodésica, basada en SIRGAS, enlazada a un sistema de referencia geocéntrico (SIRGAS 95), compatible con el sistema WGS 84” (Leiva C., s/a).

El uso del WGS-84 como sistema de referencia mundial, permite la transferencia y manipulación de información geodésica y cartográfica.

Para este proyecto, de igual forma, permite la manipulación de los datos generados para los países de la Comunidad Andina, ya que todo se encuentra referido al datum WGS 84; siendo así cuencas binacionales como la del Río Amazonas compartida por Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú y Venezuela, puede ser manipulada en el porcentaje correspondiente, por los países que la contienen sin mayor problema, y de existir algún proyecto binacional, el compartir la información al tener un mismo sistema de referencia, no representa obstáculo alguno.

### **2.3.3. Metadato**

Es la información estandarizada, precisa, detallada y clara acerca de los recursos digitales (por ejemplo: imágenes satelitales, cobertura del suelo tipo vector) que se utilizan para un

---

<sup>2</sup> Tierra Alfonso, 2006

proyecto, en otras palabras, es la información de un dato, que nos ayuda a conocerlo totalmente.

Los metadatos son información descriptiva acerca de un recurso ya sea recopilado o generado. Estos deben contener información que:

- Describen e identifican el recurso
- Proporcionan la historia del recurso
- Quién lo creó y/o lo modificó
- Proporcionan información técnica del recurso.
- Provee información de los derechos de uso
- Menciona si el recurso trabaja con otros recursos

### **2.3.4. Modelación de Cuencas hidrográficas**

Para que el método de Pfafstetter, resulte más fácil de comprender, a continuación se presentan algunas definiciones de términos:

Modelo Digital del Terreno:

“Es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua”<sup>3</sup>, como por ejemplo la precipitación, la temperatura, la altitud, etc. En el caso que la variable a representar es la altura del terreno se denomina Modelo Digital de Elevación (MDE).

En un MDE la unidad básica de información es un punto que denota altura del terreno, entonces este punto ubicado geográficamente en el espacio tiene coordenadas x e y, así como también un valor de altura z.

La estructuración de los datos de un MDE puede ser según dos modelos: estructuras vectoriales o estructuras raster

Estructuras Vectoriales:

- Contornos o isohipsas: polilíneas de altitud constante más puntos acotados.
- TIN: red de triángulos irregulares contiguos

---

<sup>3</sup> Ángel Felicísimo, 1997

### Estructuras Raster:

- Matriz regular: cotas distribuidas sobre una malla cuadrada

#### Dirección de Flujo

“Está determinada por la dirección más empinada de descendencia de cada celda o pixel”<sup>4</sup>.

La determinación de la dirección de flujo de cualquier punto de una cuenca (cualquier celda), constituye un elemento primordial del modelado hidrológico.

El proceso de cálculo de la dirección de flujo consiste en determinar la dirección de máxima pendiente hacia abajo de cada celda. “Existen ocho direcciones posibles de flujo de una celda considerando las ocho celdas adyacentes (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW). La dirección que se le asigna a cada celda, se codifica con números enteros (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128)”<sup>5</sup>

Los valores para cada dirección del centro son los siguientes:

---

<sup>4</sup> Aguirre, M., Torres, H. y Ruiz, R, 2003

<sup>5</sup> Aeroterra, <http://www.aeroterra.com>

NW	N	NE	32	64	128
W		E	16		1
SW	S	SE	8	4	2

Figura. 2.6. Codificación de la dirección de flujo de cada celda. Fuente: ArcGis Resource Center, elaborado por la autora.

### Acumulación de Flujo

“Es una medida indirecta de las áreas de drenaje (en unidades de celdas)”<sup>6</sup>

“El resultado de la acumulación de flujo es una matriz en la cual se calcula para cada celda un valor de acumulación de peso proveniente de todas las celdas que fluyen hacia ella.

El flujo acumulado está en función del número y el valor que contengan las celdas que fluyen hacia cada una de las celdas de la matriz de salida. La celda que está siendo procesada no se considera en tal acumulación.

Las celdas de salida con una alta acumulación de flujo identifican o representan la red de drenaje.

En un raster de acumulación de flujo se puede definir la cantidad mínima de celdas que constituyen un arroyo, lo cual es conocido como valor del umbral.

Se asigna un valor umbral de acumulación de flujo para definir un drenaje.”<sup>7</sup>

### Enlace de corrientes

“Asigna únicos valores a las secciones de una red de drenaje lineal matricial, comprendida entre intersecciones”<sup>8</sup>.

<sup>6</sup> Velásquez S, [www.intranet.catie.ac.cr](http://www.intranet.catie.ac.cr)

<sup>7</sup> ArcGis Resource Center, <http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop>

<sup>8</sup> ArcGis Resource Center, <http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop>



Los enlaces de corriente, no son otra cosa que el punto de encuentro de dos drenajes, en otras palabras, son los puntos de fluidez de una unidad hidrográfica.

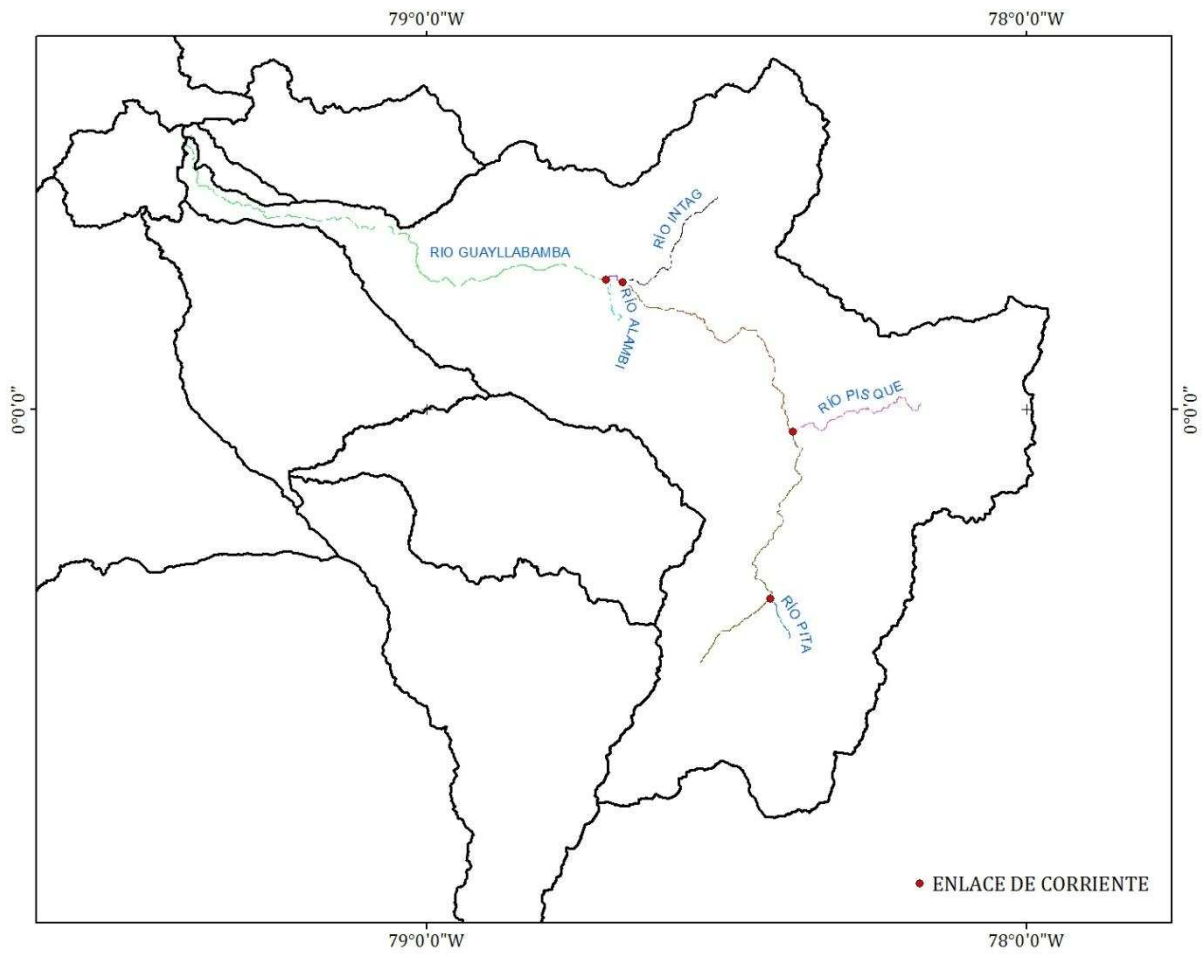


Figura. 2.7. Ejemplo de enlaces de corrientes. Elaborado por la autora

## CAPÍTULO III

---

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. INTRODUCCIÓN

En esta fase se describen las actividades relacionadas a la identificación de la zona de estudio, recopilación y validación de información, generación y estructuración topológica de las coberturas geográficas de insumo, generación, edición y codificación de las unidades hidrográficas, así como también la difusión del proyecto.

#### 3.2. IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Para la identificación de la zona de estudio, se utilizó la división hidrográfica de Sudamérica, generada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), en el 2008, de los niveles 1, 2 y 3, escala 1: 250 000, así como también la división político administrativa del Ecuador, generada por INEC en el 2009.

#### 3.3. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE

Esta fase está basada en el cumplimiento de las siguientes actividades:

1. Recopilación de información existente
2. Definición de criterios para la evaluación de información existente
3. Generación de la Matriz de evaluación de la información existente
4. Conclusiones sobre la evaluación de la información existente

##### 3.3.1 Recopilación de información existente

Para la ejecución de este proyecto se utiliza la información y estudios básicos que dispone la SENAGUA (institución auspiciante) y las publicaciones que han sido generadas por las diversas instituciones del sector público y/o privado que han realizado trabajos o investigaciones en la zona del proyecto.

##### 3.3.2 Definición de criterios para la evaluación de información existente

La información recopilada, debe ser sometida a un proceso de evaluación para seleccionar aquella útil para los objetivos del proyecto.

A través de la aplicación de estos criterios de evaluación, se juzga la suficiencia de la información existente, a fin de establecer su validez para los objetivos del presente proyecto y de esta manera obtener un diagnóstico adecuado a partir de sus características, deficiencias y limitaciones, lo cual permite seleccionar aquella información que reúne las exigencias para ser utilizada.

### 3.3.3 Generación de la Matriz de evaluación de la información existente

La información recopilada, debe ser almacenada en una matriz estructurada, de manera que permita conocer lo más detalladamente posible esta información.

La estructura de esta matriz es la siguiente:

1er. Campo:

1/1

IDENTIFICACIÓN				
Nombre_información	Descripción	Información	Tipo_información	Temática_información

2do. Campo:

1/2

DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACION								
Tipo_dato	Tipo_elemento	Proyección	Datum	Zona	Escala	Formato	Año_generación	Actualización

2/2

DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACION		
Institución/Persona_proporcionó_Información	Cobertura_Geográfica	Generadora_Información

3er. Campo:

1/1

EVALUACIÓN	
Limitaciones	Complementos

4to Campo:

1/1

CONTACTOS		
Nombre	Numero	E-mail

### 3.3.4 Conclusiones sobre la evaluación de la información existente

Las deficiencias y limitaciones en la información existente y que tienen relación con los criterios de actualidad y cobertura, permiten identificar la necesidad de efectuar estudios complementarios para:

- Actualizar la información
- Complementar la información
- Modificar o corregir la información

### 3.4. ESTRUCTURACIÓN PARA FORMATO SIG

Una vez realizado el diagnóstico y validación de información como fase previa, se procede a la estructuración de la cartografía base específica para este proyecto, la cual comprende: curvas de nivel, puntos acotados, red hidrográfica y red vial, así como la información cartográfica temática, que comprende la delimitación de unidades hidrográficas en los niveles 1, 2 y 3.

Esta actividad está constituida por dos procesos específicos: la edición cartográfica propiamente dicha y la estandarización, estructuración y sistematización de la misma.

Las especificaciones técnicas utilizadas para la cartografía base y temática son:

Proyección: UTM

Datum Horizontal: WGS84

Datum Vertical: Nivel Medio del Mar, Estación Mareográfica de La Libertad.

Zona: 17 Sur

### **3.4.1. Edición cartográfica**

La información recopilada en la SENAGUA, fue generada por el Instituto Geográfico Militar (IGM) a través de la digitalización en pantalla de cartas topográficas utilizando las herramientas del software Microstation. La edición cartográfica consiste en la corrección de problemas comunes de los procesos de levantamiento de información: incorporación de elementos omitidos por error, corrección de elementos ingresados varias veces (overlap), corrección de elementos que no llegan a empatarse con los elementos que deberían (undershoots) o que sobre pasan de los elementos con los que deberían intersectarse (overshoots), edición de empalmes (dangles), entre otras correcciones.

También la edición se realizó para las coberturas de unidades hidrográficas, por los procesos de conversión (raster a vector) de la delimitación semiautomática y para el mejoramiento de coberturas por el cambio de escala (por ejemplo del nivel 4 al nivel 3)

Este proceso se efectúa para cada una de las unidades hidrográficas, y posteriormente se trata de manera conjunta y se corrigen los errores.

### **3.4.2. Estandarización, estructuración y sistematización**

Toda la información editada fue procesada para que cumpla con los parámetros de precisión, condiciones geométricas, densidad de elementos, información alfanumérica asociada, necesarios para ingresar a un sistema, de modo que pueda ser utilizada para la generación de los modelamientos SIG posteriores.

La estructuración para formato SIG contempla la vinculación de la información alfanumérica.

La información alfanumérica ingresada es aquella que facilita la descripción de los diversos rasgos geográficos del área de estudio y aporta a la obtención de capas temáticas de la zona y que permite realizar cálculos para los modelamientos SIG. El proceso de validación, es la relación que existe entre las diferentes capas temáticas (parte gráfica) y la información alfanumérica, obteniéndose una relación directa entre cada uno de los rasgos geográficos con los atributos, descripciones, características y otros elementos obtenidos de la información alfanumérica.

### **3.4.3. Creación de los elementos clasificados según su topología**

La creación de topología consiste en la validación de todos los elementos gráficos levantados en un sistema CAD (en este caso MicroStation) y llevados a un SIG donde se reconoce cada elemento como una unidad.

La creación de topología es el elemento que distingue a un SIG de un CAD; los diferentes tipos de elementos poseen características topológicas diferentes, de tal modo que, los puntos son reconocidos con topología de puntos, las líneas con topología de líneas y, los conjuntos de líneas adyacentes y que forman unidades cerradas son creados con topología de polígonos.

### **3.4.4. Creación de las Bases de Datos Espacial**

La creación de las bases de datos contempló la incorporación de toda la información alfanumérica que consta dentro de las cartas topográficas, a saber: nombres de los ríos y altura del terreno; así como para la cobertura de unidades hidrográficas en la cual la base de datos estaría conformada principalmente por el código de cada unidad hidrográfica, ya que este identificador es el complemento más importante dentro de esta metodología.

La base de datos puede posteriormente ser relacionada con cada elemento gráfico. Para el posterior enlace con los elementos gráficos, las bases de datos alfanuméricas poseen el mismo identificador que fue asignado en la creación de topología.

## **3.5. PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA LA DELIMITACIÓN DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS**

Se refiere al procedimiento técnico que se adopta para el proceso de la delimitación y codificación, es decir, la generación de las coberturas vectoriales y raster.

Esta metodología está de acuerdo a la herramienta SIG que se utiliza, en este caso ArcGis 9.3, y en función de las capacidades técnicas y de análisis espacial del usuario.

En el presente trabajo se ha diseñado un procedimiento basado en la metodología Pfafstetter, tanto para el proceso de delimitación como para el proceso de codificación de unidades hidrográficas.

### 3.5.1. Método semiautomático para delimitación de unidades hidrográficas

Insumo:

Curvas de nivel y puntos acotados, escala 1: 50 000.

Procedimiento:

- 1) Generación de áreas de drenaje o cuencas de captación (watersheds):

Este proceso consiste en determinar semiautomáticamente las áreas de drenaje (watersheds) con el criterio de delimitación del sistema Pfafstetter.

Comprende los siguientes subprocesos:

- a. Generación del modelo digital de elevación.- Para el caso, se utiliza el método de triangulación (TIN), utilizando los puntos acotados y las curvas de nivel de entrada para construir una red de triángulos según el criterio de Delaunay (ArcGIS aplica el método de triangulación de Delaunay), en cada triángulo, el círculo que pasa a través de los tres vértices no encierra ningún otro punto de entrada, el criterio Delaunay genera, tanto como le es posible, triángulos pequeños y equiláteros, que es el principio para crear objetos TIN. Luego, el proceso ajusta una superficie plana a cada triángulo, de manera tal que la totalidad de la superficie está modelada como una colección de facetas triangulares planas. El TIN nos genera una superficie más cercana a la realidad ya que no se somete a procesos de suavizado. Esta superficie TIN generada, se la convierte a un objeto raster, para su posterior proceso de optimización.

La existencia de una concavidad (depresión) puede responder a una forma real del terreno pero, más frecuentemente, se debe a los cálculos derivados de la generación del MDE. La presencia de depresiones tiene importancia en el caso de los MDE destinados a la simulación de procesos hidrológicos ya que interrumpen las líneas de flujo.

El tratamiento de este tipo de elementos es, sin embargo, sencillo y no implica la necesidad de algoritmos elaborados, ya que la simplicidad de la propia depresión hace innecesario el planteamiento de éstos.

El objetivo que se persigue es simplemente conducir el flujo que llega a la celda problema hacia la siguiente, asumiendo que la información para la celda es en cierto modo incorrecta y debe establecerse una simple transición a través de la misma. Para ello, se rellena la depresión estableciendo para la celda un valor situado entre los dos mínimos valores de sus celdas circundantes, consiguiendo de este modo que el flujo sea conducido sobre la celda de mínima cota, como parece lógico que debe ocurrir.

- b. Generación de la dirección de flujo: Para generar la dirección de flujo, es necesario tener como cobertura de ingreso el modelo digital de elevación posteriormente realizando el relleno de todas las depresiones.
- c. Generación de la acumulación de flujo: Para generar la acumulación de flujo, es necesario como cobertura de ingreso la dirección de flujo.
- d. Determinación del umbral de acumulación de flujo específico: Consiste en determinar el flujo de acumulación adecuado que permita a su vez obtener las unidades de drenaje (watersheds) según la metodología Pfafstetter: “cuatro unidades de drenaje tipo cuenca (cuencas cuyas áreas de drenaje sean las más grandes) y cinco unidades de drenaje de tipo intercuenca (que incluye a la unidad de drenaje de cabecera). Se debe indicar que las mayores áreas de drenaje corresponden a las unidades con las mayores acumulaciones de flujo. Por tanto las cuatro tributarios con las mayores acumulaciones de flujo de una cuenca, corresponden a las cuatro mayores áreas de drenaje. Este es un procedimiento iterativo de ensayo y error; siendo la manera más sencilla de determinar el umbral de acumulación adecuado para obtener los tributarios necesarios. En este ensayo, se debe procurar que la acumulación de flujo elegida finalmente, sea lo suficientemente adecuada para visualizar el flujo principal y cuatro tributarios, sin importar que tan pequeños puedan ser éstos; basta tan sólo que aparezca un pixel como flujo tributario para ser considerado como tal.



- e. Obtención de un tema de reclasificación: Una vez obtenido el umbral de acumulación, es necesario guardar estos rangos en un nuevo tema temporal, con el propósito de capturar los valores relevantes en una nueva clase, los mismos que representan la red de drenaje con el río principal y sus cuatro tributarios.
  
- f. Generación de la red de drenaje relevante (enlace de corrientes o stream link): Este procedimiento se realiza para obtener un nuevo tema que presente solamente los cursos de agua, con las confluencias de los tributarios con el río principal, producto de la reclasificación. Este enlace de corrientes es importante, pues a partir de la red de drenaje que en ella se determine, se generarán las respectivas unidades de drenaje, cuencas o watersheds.
  
- g. Generación de de unidades de drenaje (watersheds): Para la generación automática de cuencas hidrográficas (watersheds), se requiere principalmente de la dirección de flujo y el enlace de corrientes (stream link). Consiste en el uso de los puntos de desembocadura (pour points), que es la cobertura de enlace de corrientes, esta se emplea para generar de forma controlada por el usuario la unidades de drenaje o watersheds.

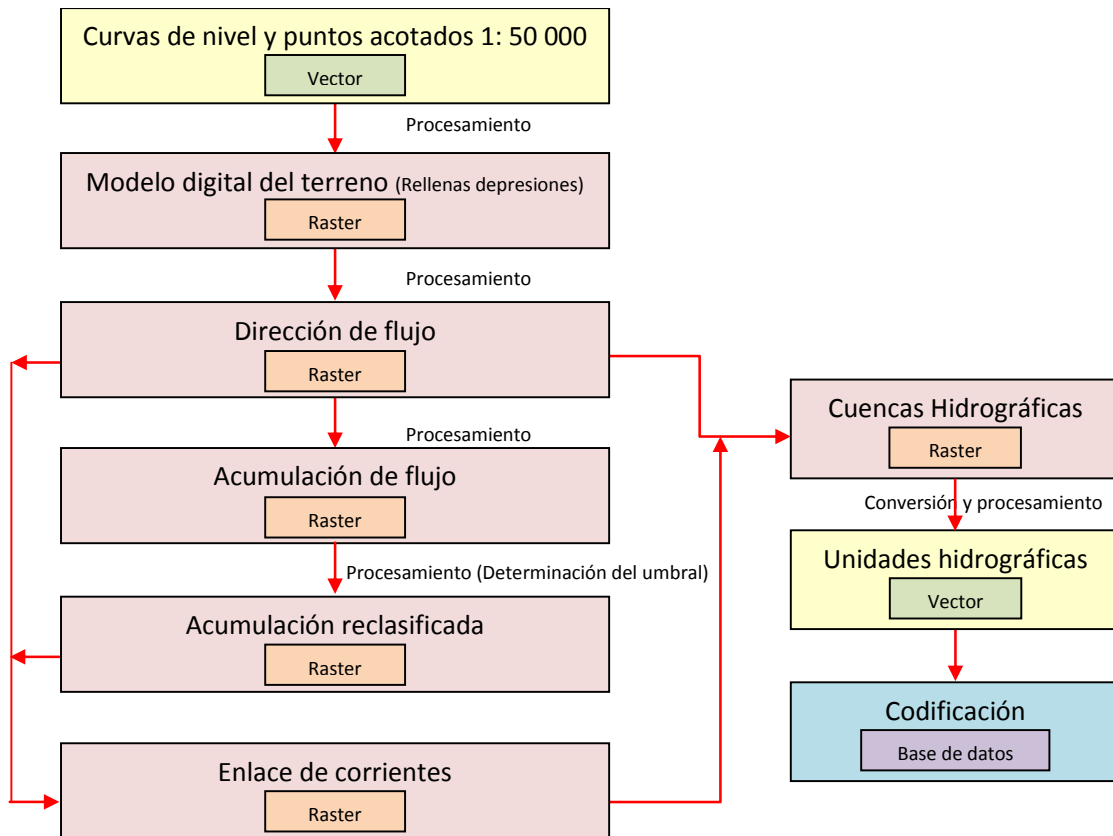


Figura. 3.1. Diagrama de flujo de la generación de áreas de drenaje o cuencas de captación (watersheds). Fuente: UICN – SGCAN, elaborado y modificado por la autora.

## 2) Generación Vectorial de Unidades Hidrográficas:

Este proceso consiste en convertir las cuencas hidrográficas (watersheds) que se encuentran en formato raster, a un formato vectorial de tipo polígono. Está comprendido por los siguientes subprocesos:

- a. Conversión de raster a polígono: Este subproceso se realiza para convertir la capa de cuenca hidrográficas (watersheds) obtenidas en formato raster a una capa tipo vector, para su posterior edición.
- b. Conversión de polígonos a líneas: La supervisión y edición de las unidades hidrográficas generadas primero como tipo raster y convertidas posteriormente en tipo vector, es esencial para el resultado final, esta fase debe ser realizada acompañada tanto con la cobertura de curvas de nivel como la red hidrográfica base. Aquí se encontraran errores comunes como cortes de ríos, discontinuidad y cortes de de líneas de cumbre, los mismos que, en esta fase son corregidos en su totalidad.

Para este caso es recomendable convertir los polígonos en líneas, ya que el trabajo en líneas es mucho más cómodo y rápido por el gran número de herramientas que se maneja en este tipo de dato.

- c. Reconversión de líneas a polígonos: Con el tema de líneas concluido, se procede a generar los polígonos correspondientes de las unidades hidrográficas, ya que esta cobertura debe tener un área para poder ser codificada.

## 3) Inserción de los códigos de las unidades hidrográficas

Este proceso consiste en ingresar los valores correspondientes de cada unidad hidrográfica en la respectiva base de datos, representada en una estructura tabular, en la cual los registros o filas representan a cada una de las unidades hidrográficas y los campos o columnas a cada una de las características de estas unidades.

### **3.6. GENERACIÓN DE LOS METADATOS DEL ARCHIVO DIGITAL**

Este proceso se realiza mediante el ArcCatalog (ArcGIS V9.3), en donde se puede almacenar los metadatos en lenguaje extensible XML (extensible markup language), lo que a su vez, permite que pueda visualizarse utilizando diferentes formatos.

El conjunto mínimo de información a coleccionar al momento de generar los metadatos son:

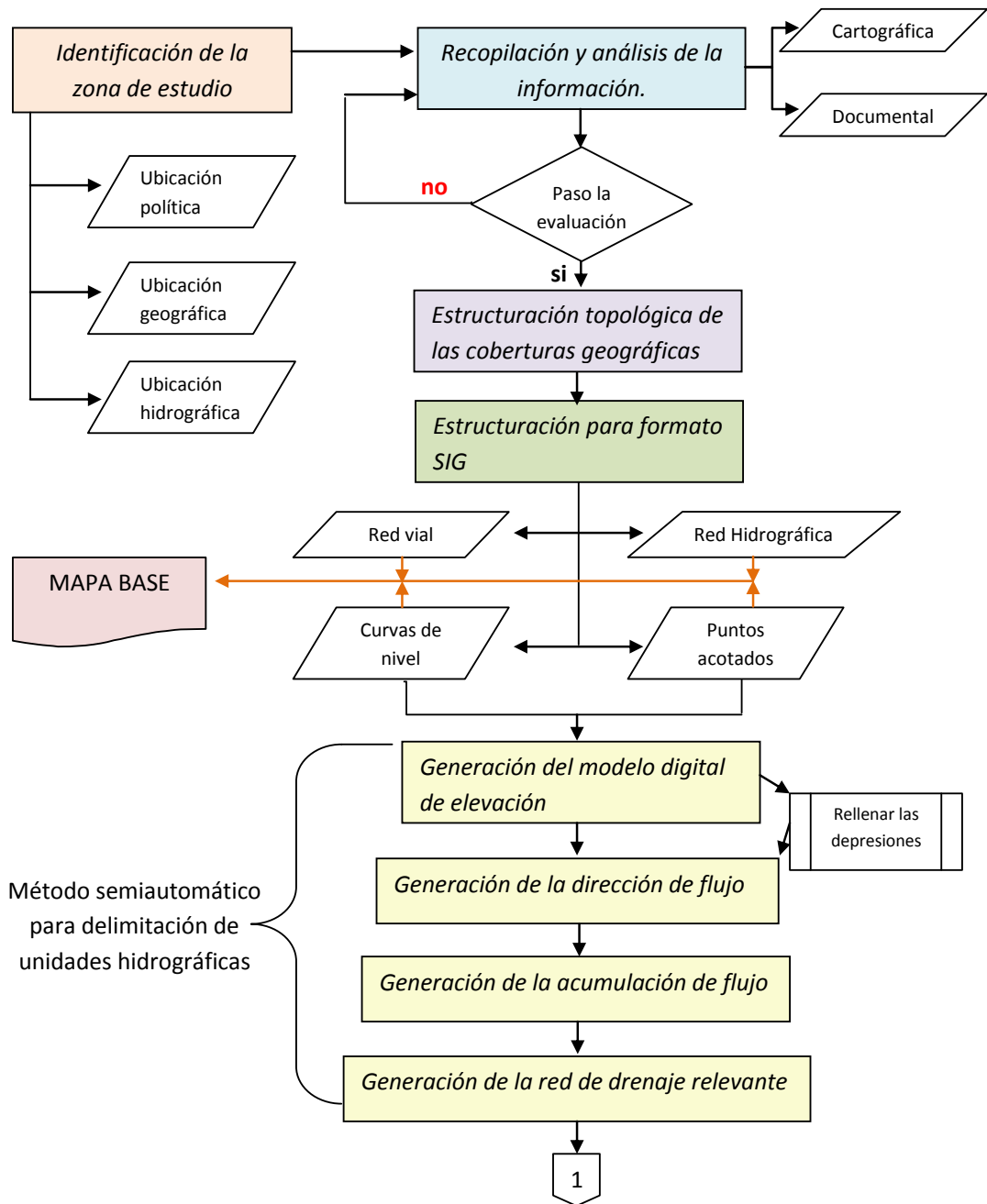
- La identificación del objeto: en donde se describe específicamente de lo que se trata el objeto y sus características principales, descripción, objetivo y fuente.
- Sistema de referencia: este se genera automáticamente en el objeto al definir el sistema de referencia en el que se encuentra.
- Referencia: es toda la información del contacto (persona o entidad) en donde se realizó el objeto.

### **3.7. TALLERES DE DIFUSIÓN Y CAPACITACIÓN**

Esta actividad se la realiza con los técnicos de la SENAGUA y de las Agencias de agua del país, para presentar, analizar, discutir, capacitar y aplicar la metodología de la delimitación y codificación de unidades hidrográficas de Pfafstetter.

### **3.8. MEMORIA TÉCNICA**

En la Memoria Técnica del proyecto "Propuesta de delimitación y codificación de unidades hidrográficas de la cuenca del río Esmeraldas, escala 1: 50 000, por el método de Pfafstetter, mediante el uso de sistemas de información geográfica", se realiza paso a paso el procedimiento técnico en el software a usarse, para este caso ArcGis 9.3; adicionando capturas de pantallas y breves explicaciones de las herramientas a usarse.



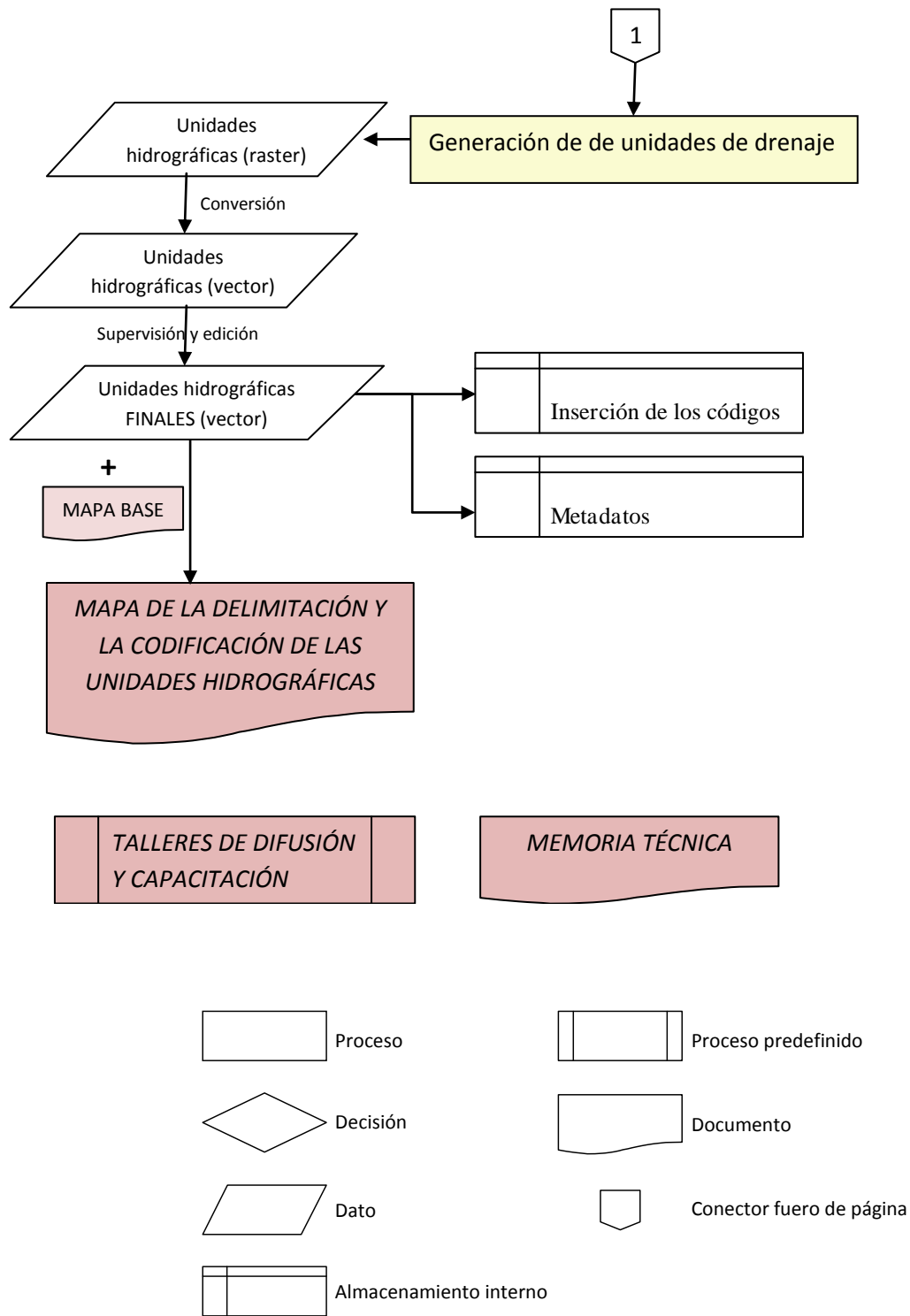


Figura. 3.2. Modelo esquemático de la metodología del proyecto “Propuesta de delimitación y codificación de unidades hidrográficas de la cuenca del río Esmeraldas, escala 1: 50 000, por el método de Pfafstetter, mediante el uso de sistemas de información geográfica”. Elaborado por la autora.

## CAPITULO IV

---

### 4. RESULTADOS

#### 4.1. IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

##### 4.1.1. Ubicación política

La cuenca del río Esmeraldas, se encuentra ubicada al Noroccidente del continente Sudamericano, al Noroccidente de la República del Ecuador, en las provincias de Cotopaxi, Esmeraldas, Imbabura, Manabí, Pichincha, y Santo Domingo de los Tsáchilas. Al Norte se encuentra limitada por las provincias de Esmeraldas e Imbabura, al Sur por las provincias de Cotopaxi, Santo Domingo de los Tsáchilas y Manabí, al Este por las provincias de Sucumbíos y Napo y al Oeste por las provincias de Esmeraldas y Manabí. (Anexo 4.3, Mapa 1).

##### 4.1.2. Ubicación geográfica

La cuenca del río Esmeraldas tiene una superficie de 21.669 km<sup>2</sup>, y su altitud está comprendida desde los 20 a 5920 m.s.n.m; su ubicación se encuentra entre las siguientes coordenadas geográficas: (Anexo 4.3, Mapa 2).

Desde 01° 00' 00" de latitud Sur hasta 01° 00' 00" de latitud Norte

Desde 78° 00' 00" hasta 80° 00' 00" de longitud Occidental

##### 4.1.3. Ubicación hidrográfica

La cuenca del río Esmeraldas, se encuentra ubicada según la división hidrográfica de Sudamérica con el método de Pfafstetter, en las siguientes unidades hidrográficas: (Anexo 4.3, Mapa 3 y Tabla 4.1)

Tabla 4.1. Unidades Hidrográficas de Sudamérica, UICN – SGCAN

NIVEL 1		
CÓDIGO	NOMBRE	Área (Km <sup>2</sup> )
		CONTINENTAL
1	REGIÓN HIDROGRÁFICA 1 Vertiente del Pacífico	1.214.472
NIVEL 2		
CÓDIGO	NOMBRE	Área (Km <sup>2</sup> )
		CONTINENTAL
15	Unidad hidrográfica 15 (intercuenca)	134.231
NIVEL 3		
CÓDIGO	NOMBRE	Área (Km <sup>2</sup> )
		CONTINENTAL
152	Cuenca del río Esmeraldas	21.658

Al Norte se encuentra limitada por las unidades hidrográficas de 153 y 154, al Sur por las unidades hidrográficas cuenca del río Daule (142), cuenca del río Vinces (148), 149 y 499, al Este por la unidad hidrográfica 497 y al Oeste por la unidad hidrográfica 151. (Anexo 4.3, Mapa 4).

## 4.2. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE

### 4.2.1 Información existente

#### Fuentes de información investigadas y documentos recopilados

La información existente para el área de estudio o documentos sujetos a evaluación son los siguientes:

Tabla 4.2. INFORMACION CARTOGRÁFICA

No	NOMBRE DE LA INFORMACION ESTUDIO	AUTOR	INSTITUCIÓN FUENTE
1	Ñ III-A 3 - ALLURIQUIN_plot	Instituto Geográfico Militar	Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA)
2	Ñ III-C 2 - AMAGUAÑA_plot		
3	Ñ IV-A 1 - ANGAMARCA_plot		
4	Ñ II-C 4 - APUELA_plot		
5	N II-A 1 - ATACAMES_plot		



No	NOMBRE DE LA INFORMACION ESTUDIO	AUTOR	INSTITUCIÓN FUENTE
6	N III-A 1 - ATAHUALPA_plot	Instituto Geográfico Militar	Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA)
7	N III-A 2 - BOCANA DE BUA_plot		
8	Ñ II-E 4 - CALACALI_plot		
9	Ñ III-B 2 - CANGAHUA_plot		
10	Ñ II-F 4 - CAYAMBE_plot		
11	O III-A 1 - CERRO SARAURCU_plot		
12	N II-E 3 - CHEBE_plot		
13	N II-A 4 - CHINCA_plot		
14	Ñ III-F 1 - COTOPAXI_plot		
15	N III-B 2 - CRISTOBAL COLON_plot		
16	N III-B 3 - EL CARMEN_plot		
17	N II-C 3 - EL MAMEY_plot		
18	N II-C 4 - EL MIRADOR_plot		
19	Ñ III-B 1 - EL QUINCHE_plot		
20	N II-A 2 - ESMERALDAS_plot		
21	N III-C 1 - FLAVIO ALFARO_plot		
22	N II-D 2 - GUALPI_plot		
23	Ñ II-D 3 - IMANTAG_plot		
24	Ñ III-C 3 - JATUMLOMA_plot		
25	N III-C 2 - LA BRAMADORA_plot		
26	N II-F 3 - LA CONCORDIA_plot		
27	N II-E 4 - LA ESMERALDA_plot		
28	Ñ II-D 1 - LA MERCED_plot		
29	N II-F 2 - LAS GOLONDRINAS_plot		
30	N III-A 3 - LAZARO_plot		
31	Ñ III-C 1 - M. CORNEJO ASTORGA_plot		
32	Ñ III-C 4 - MACHACHI_plot		
33	O II-E 1 - MARIANO ACOSTA_plot		

No	NOMBRE DE LA INFORMACION ESTUDIO	AUTOR	INSTITUCIÓN FUENTE
34	Ñ III-A 1 - MINDO_plot	Instituto Geográfico Militar	Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA)
35	Ñ II-F 3 - MOJANDA_plot		
36	N III-B 1 - MONTERREY_plot		
37	Ñ III-E 2 - MULALO_plot		
38	O II-E 3 - NEVADO CAYAMBE_plot		
39	Ñ III-A 2 - NONO_plot		
40	Ñ II-F 1 - OTAVALO_plot		
41	Ñ III-B 4 - OYACACHI_plot		
42	Ñ III-D 2 - PAPALLACTA_plot		
43	N II-F 4 - PEDRO VICENTE MALDONADO_plot		
44	Ñ III-E 3 - PILALO_plot		
45	Ñ III-D 1 - PINTAG_plot		
46	N II-B 3 - PLAYON_plot		
47	N II-C 1 - PUNTO NUEVO_plot		
48	Ñ III-A 4 - QUITO_plot		
49	Ñ II-E 1 - RIO GUAYLLABAMBA_plot		
50	N II-D 3 - ROSA ZARATE NORTE_plot		
51	N II-F 1 - ROSA ZARATE QUININDE_plot		
52	N II-E 1 - S. JOSE DE CHAMANGA_plot		
53	Ñ II-E 3 - SAN MIGUEL DE LOS BANCOS_plot		
54	Ñ II-F 2 - SAN PABLO DE LAGO_plot		
55	N III-A 4 - SAN PEDRO DE SUMA_plot		
56	N II-E 2 - SAN ROQUE DE ARENANGA_plot		
57	N III-D 2 - SAN VICENTE DE AQUEPI_plot		
58	Ñ III-B 3 - SANGOLQUI_plot		
59	N III-B 4 - SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS_plot		
60	Ñ III-E 1 - SIGCHOS_plot		
61	Ñ III-D 3 - SINCHOLAGUA_plot		

No	NOMBRE DE LA INFORMACION ESTUDIO	AUTOR	INSTITUCIÓN FUENTE
62	N II-A 3 - TONCHIGUE_plot	Instituto Geográfico Militar	Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA)
63	Ñ II-E 2 - VACAS GALINDO_plot		
64	N II-D 1 - VALLE DEL SADE_plot		
65	N II-C 2 - VICHE_plot		
66	N II-D 4 - ZAPALLO_plot		
67	Nivel 1	Secretaria General de la Comunidad Andina - Secretaria Nacional del Agua	
68	Nivel 2		
69	Nivel 3		
70	Cuencas hidrográficas	Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA)	
71	Subcuencas hidrográficas		
72	Cantones_Ecuador	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos	
73	Provincias_Ecuador		

Tabla. 4.3. INFORMACION DOCUMENTAL

No	NOMBRE DE LA INFORMACION ESTUDIO	AUTOR	INSTITUCIÓN FUENTE
1	DELIMITACIÓN Y CODIFICACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE BOLIVIA	MINISTERIO DEL AGUA DE BOLIVIA	Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA)
2	ZONIFICACIÓN Y CODIFICACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS EN COLOMBIA	MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL DE COLOMBIA	
3	DELIMITACIÓN Y CODIFICACIÓN DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS EN EL PERU	INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES DE PERÚ - INTENDENCIA DE RECURSOS HÍDRICOS	
4	DELIMITACIÓN Y CODIFICACIÓN DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS: METODOLOGÍA DE PFAFSTETTER	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza UICN Sur	
5	DELIMITACIÓN Y CODIFICACIÓN DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE SUDAMÉRICA 1:1 000 000	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza UICN Sur	

#### **4.2.2 Criterios para la evaluación de información existente**

La evaluación de información se basa en la aplicación de cinco criterios de análisis:

- Nivel de detalle: criterio definido por la profundidad e intensidad de los estudios existentes.
- Actualidad: criterio relacionado con la fecha de ejecución de la información y la vigencia o caducidad de los datos presentados.
- Cobertura geográfica: este criterio tiene que ver con el cubrimiento espacial que tenga la información existente en relación al área de interés.
- Escala: criterio referido al formato de los documentos cartográficos de los estudios recopilados, y relacionados con la escala requerida para la presentación del presente proyecto.

#### **4.2.3 Matriz de evaluación de la información existente**

El detalle del proceso evaluativo se registra en la MATRIZ DE EVALUACIÓN. (Anexo 4.2, Matriz 1 y Anexo 4.2, Matriz 2)

#### **4.2.4 Conclusiones sobre la evaluación de la información existente**

La información cartográfica existente de la cuenca del río Esmeraldas, está dispersa y no ha sido compilada en una sola base de datos, ni tampoco se encuentra estructurada para ser usada en un sistema de información geográfica.

La información cartográfica más valiosa fue la elaborada por el Instituto Geográfico Militar, pero se encuentra en formato CAD, lo que trajo como resultado un largo proceso de estructuración para SIG.

Existe información temática valiosa, que puede ser utilizada como información referencial, pero se recomienda generar información específica a una escala más detallada, ya que esta información es adecuada en función de su escala para gestión regional 1: 250 000 y gestión provincial 1: 50 000.

Es muy importante señalar que el 95% de la información no disponía de metadatos, lo mismo que se convierte en un gran inconveniente al momento de evaluarla.

Para almacenar la información de una manera ordenada, en donde el usuario pueda encontrar de forma más fácil las coberturas se dividió en dos tipos de información cartográfica: Cartografía Básica y Cartografía Temática, es importante señalar que de esta forma la ubicación de la información según la temática se convierte en un trabajo menos complicado y que requiere de menor tiempo.

En lo referente a la información documental no existieron limitaciones.

### **4.3 MAPA BASE**

Una vez realizado el diagnóstico y validación de información como fase previa, se procedió a la elaboración del mapa base, en el que se representa la información planimétrica (red hídrica y vial) y altimétrica (curvas de nivel y puntos acotados).

Se utilizaron datos vectoriales, los cuales fueron expresados mediante dos tipos de objetos espaciales:

Punto: cotas

Línea: Curvas de nivel, red hídrica y red vial

Las bases de datos espaciales o geodatabases, en donde se almacenaron estos objetos también permitieron el ingreso de datos tipo raster, como fueron los modelos digitales de elevación, dirección de flujo, acumulación de flujo y enlace de corrientes.

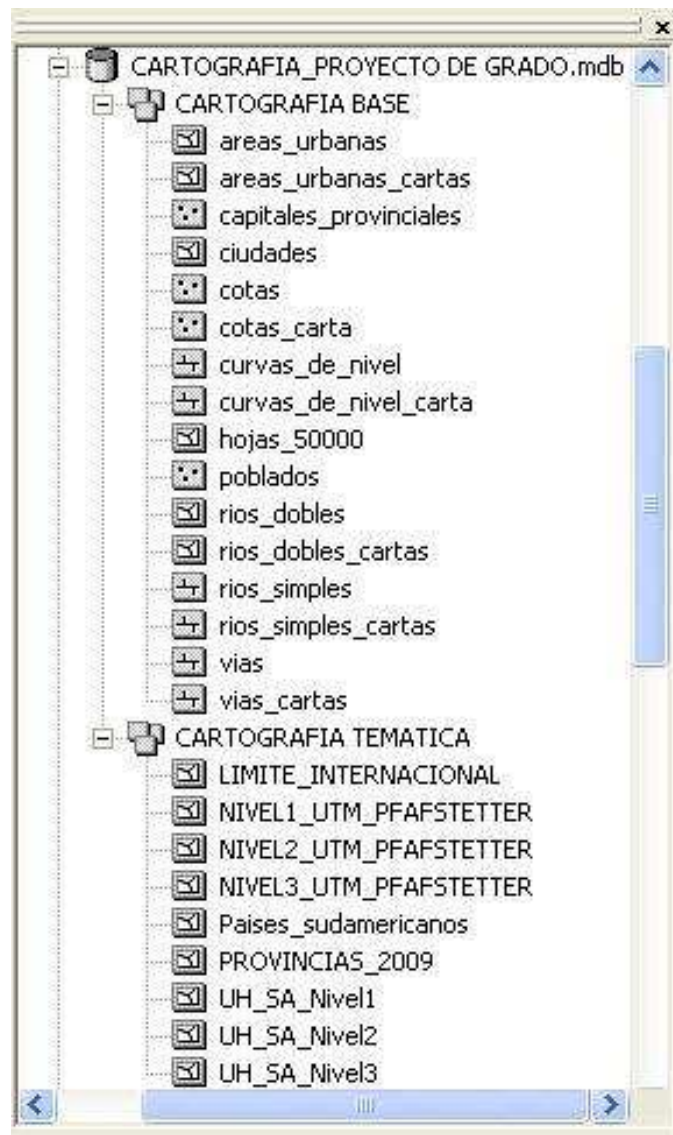


Figura. 4.1. Estructura de la Geodatabase para el proyecto, elaborado por la autora

La leyenda cartográfica de simbología convencional fue elaborada considerando parámetros, similares a los utilizados por el IGM.

Se procedió a la edición cartográfica final, que consistió en incorporar elementos propios de un mapa (título, ubicación, leyenda, Norte, escala, fuentes, etiquetas, entre otros). (Anexo 4.3, Mapa 5)

#### 4.4 DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE LA CUENCA DEL RÍO ESMERALDAS, OBTENIDAS MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE PFAFSTETTER.

La distribución por región hidrográfica y por niveles de la cuenca del río Esmeralda, se muestra a continuación:

##### 4.4.1 Nivel 3

En el Ecuador en el nivel 3 de la división hidrográfica por el método de Pfafstetter, existen 18 unidades hidrográficas, de las cuales dieciséis pertenecen a la Región Hidrográfica 1, y dos a la Región Hidrográfica 4 o Amazónica.

La unidad hidrográfica 152, tipo cuenca del río Esmeraldas, está comprendida en la región hidrográfica o vertiente del Pacífico (Región Hidrográfica 1), con un área de 21.669 km<sup>2</sup> dentro territorio ecuatoriano. (Anexo 4.3, Mapa 6).

##### 4.4.2 Nivel 4

En el nivel 4, dentro de la unidad hidrográfica cuenca del río Esmeraldas, existen 9 unidades hidrográficas, 4 unidades hidrográficas tipo cuenca y 5 unidades hidrográficas tipo intercuenca. (Anexo 4.3, Mapa 7).

Tabla 4.4. Unidades Hidrográficas de la cuenca del río Esmeraldas, nivel 4

Código nivel 4	Nombre de la unidad hidrográfica	Área km <sup>2</sup>	%
1521	unidad hidrográfica 1521 o intercuenca del río Esmeraldas	2.069,38	9,55
1522	unidad hidrográfica 1522 cuenca del río Grande	852,03	3,93
1523	unidad hidrográfica 1523 intercuenca del río Blanco	94,59	0,44
1524	unidad hidrográfica 1524 cuenca del río Guayllabamba	8231,07	37,99
1525	unidad hidrográfica 1525 intercuenca del río Blanco	398,81	1,84
1526	unidad hidrográfica 1526 cuenca del río Quinindé	3.911,72	18,05
1527	unidad hidrográfica 1527 intercuenca del río Blanco	1.724,46	7,96
1528	unidad hidrográfica 1528 cuenca del río Blanco	1.678,97	7,75
1529	unidad hidrográfica 1529 intercuenca del río Meme	2707,82	12,50
<b>TOTAL</b>		<b>21.669</b>	<b>100</b>

La unidad hidrográfica que posee mayor superficie dentro de la cuenca del río Esmeraldas, en el nivel 4, es la unidad hidrográfica 1524, identificada como la unidad hidrográfica tipo cuenca del río Guayllabamba, la misma que tiene una extensión de 8.231 km<sup>2</sup> y representa el 37,99% dentro de la cuenca del río Esmeraldas.

Mientras que la unidad hidrográfica con menor superficie en el nivel 4, es la unidad hidrográfica 1523, identificada como la unidad hidrográfica tipo intercuenca del río Blanco, con una superficie de 94,59 km<sup>2</sup>.

#### **4.4.3 Nivel 5**

En la subdivisión de las unidades hidrográficas de la cuenca del río Esmeraldas, en el nivel 5, se obtuvieron 72 unidades hidrográficas, ya que la unidad hidrográfica 1523, no fue subdividida al siguiente nivel, debido a su extensión, que es menor de 100 km<sup>2</sup>; las demás unidades hidrográficas se subdividieron obteniéndose 9 de cada una. (Anexos 4.1, Imagen 1; Anexo 4.1, Imagen 2; Anexo 4.1, Imagen 3; Anexo 4.1, Imagen 4; Anexo 4.1, Imagen 5; Anexo 4.1, Imagen 6; Anexo 4.1, Imagen 7 y Anexo 4.1, Imagen 8)



Tabla 4.5. Unidades Hidrográficas de la cuenca del río Esmeraldas, nivel 5

UNIDAD HIDROGRÁFICA NIVEL 4	CODIGO NIVEL 5	ÁREA KM <sup>2</sup>
unidad hidrográfica 1521 o intercuenca del río Esmeraldas	15211	80,99
	15212	504,38
	15213	225,33
	15214	77,49
	15215	112,78
	15216	78,72
	15217	14,16
	15218	719,00
	15219	256,52
	unidad hidrográfica 1522 cuenca del río Grande	15221
15222		99,24
15223		96,35
15224		70,86
15225		4,84
15226		174,17
15227		72,25
15228		57,65
15229		124,21
unidad hidrográfica 1523 intercuenca del río Blanco	NO FUE SUBDIVIDIDA	
unidad hidrográfica 1524 cuenca del río Guayllabamba	15241	1904,94
	15242	550,35
	15243	28,79
	15244	1041,04
	15245	894,69
	15246	1128,64
	15247	1338,21
	15248	592,97
	15249	751,42
unidad hidrográfica 1525 intercuenca del río Blanco	15251	9,53
	15252	306,23
	15253	10,06
	15254	13,96
	15255	15,01
	15256	27,64
	15257	3,92
	15258	2,39
	15259	10,08

<b>UNIDAD HIDROGRÁFICA NIVEL 4</b>	<b>CODIGO NIVEL 5</b>	<b>ÁREA KM<sup>2</sup></b>
unidad hidrográfica 1526 cuenca del rio Quinindé	15261	185,47
	15262	289,54
	15263	34,50
	15264	384,05
	15265	127,98
	15266	546,42
	15267	1238,37
	15268	485,25
	15269	620,14
unidad hidrográfica 1527 intercuenca del rio Blanco	15271	209,71
	15272	369,10
	15273	97,14
	15274	493,22
	15275	165,33
	15276	181,29
	15277	8,28
	15278	103,04
	15279	97,36
unidad hidrográfica 1528 cuenca del rio Blanco	15281	29,28
	15282	601,03
	15283	129,80
	15284	228,26
	15285	2,41
	15286	292,28
	15287	32,40
	15288	71,85
	15289	291,66
unidad hidrográfica 1529 intercuenca del rio Meme	15291	0,76
	15292	224,51
	15293	324,47
	15294	631,55
	15295	48,62
	15296	376,18
	15297	433,82
	15298	153,28
	15299	514,63

#### 4.5 COMPARACIÓN ENTRE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE LA CUENCA DEL RÍO ESMERALDAS, OBTENIDAS MEDIANTE EL MÉTODO DE PFAFSTETTER, CON LA DIVISIÓN HIDROGRÁFICA UTILIZADA ACTUALMENTE EN EL PAÍS.

##### 4.5.1 Descripción de las unidades hidrográficas de la cuenca del río Esmeraldas hasta el nivel de microcuencas en la división hidrográfica adoptada por el Ecuador en 1992

<b>VERTIENTE</b>
Pacífico (P)

<b>CUENCA</b>
P 0612 Río Esmeraldas

<b>SUB CUENCAS</b>
--------------------

P 061201 Río Quinindé
P 061202 Río Blanco
P 061203 Río Cupa
P 061204 Río Guayllabamba
P 061205 Río Canandé
P 061206 Río Zapotal
P 061207 Río Viche
P 061208 Dren al Esmeraldas
P 061209 Río Teaone

<b>MICROCUENCAS</b>
---------------------

<b>MARGEN IZQUIERDA</b>	<b>P 061201 Río Quinindé</b>	<b>MARGEN DERECHA</b>
	P 06120101 Río Quinindé parte alta	
		P 06120102 Río Suma
P 06120103 Río Mongoya		
		P 06120104 Río Chila
P 06120105 Estero Cucharas		
		P 06120106 Río Guabal
		P 06120107 Río Bua
P 06120108 Río Yahuila		
P 06120109 Est. Matamba y dren al Río Quinindé		
		P 06120110 Río Conejo o Conga y dren al Río Quinindé
P 06120111 Río Dógola		
		P 06120112 Río Mache y dren

		al Río Quinindé
P 06120113 Río Arenanga		
		P 06120114 Río Pambula

	P 061202 Río Blanco	
MARGEN IZQUIERDA		MARGEN DERECHA
	P 06120201 Río Toachi	
		P 06120202 Dren al Río Toachi
P 06120203 Dren al Río Toachi		
		P 06120204 Río Sarapullu
		P 06120205 Río Pilatón
P 06120206 Río Lelia		
		P 06120207 Dren al Río Toachi
		P 06120208 Río Meme
		P 06120209 Río Saloya y dren al Río Blanco
		P 06120210 Río Cinto
		P 06120211 Río Mindo
		P 06120212 Dren al Río Blanco Alto
		P 06120213 Dren al Río Blanco Alto
		P 06120214 Río Mulaute
P 06120215 Dren al Río Blanco		
		P 06120216 Dren al Río Blanco
		P 06120217 Río Abundancia y dren al Río Blanco
		P 06120218 Río Cabuyales y dren al Río Blanco
		P 06120219 Río Inga y dren al Río Blanco
P 06120220 Río Cocola dren al Río Blanco		
		P 06120221 Río Chipó y dren al Río Blanco
		P 06120222 Dren al Río Blanco

	P 061203 Río Cupa	
MARGEN IZQUIERDA		MARGEN DERECHA
	P 06120301 Río Cupa	

P 061204 Río Guayllabamba

MARGEN IZQUIERDA		MARGEN DERECHA
	P 06120401 Río San Pedro	
		P 06120402 Río Pita
P 06120403 Dren al Río San Pedro		
P 06120404 Río Machángara		
		P 06120405 Río Chiche
		P 06120406 Río Guambi
		P 06120407 Río Uravia
		P 06120408 Río Coyago
		P 06120409 Río Pisque
P 06120410 Dren al Río Guayllabamba D.J Machángara -Pisque		
P 06120411 Dren al Río Guayllabamba D.J Pisque - Monjas		
P 06120412 Río Monjas		
		P 06120413 Qda. Santa Martha
P 06120414 Dren al Río Guayllabamba D.J Qda. Santa Martha - Cubi		
		P 06120415 Río Cubi
		P 06120416 Río Perlaví
P 06120417 Dren al Río Guayllabamba D.J Perlavi - Tanchi		
P 06120418 Río Blanco		
P 06120419 Río Tanchi		
		P 06120420 Río Quisaya
P 06120421 Dren al Río Guayllabamba D.J Quisaya - Río Intag		
		P 06120422 Río Intag
		P 06120423 Qda. San José
P 06120424 Río Alambi		
		P 06120425 Río Chalguayacu
P 06120426 Río Chirapi		
		P 06120427 Ríos Magdalena Blanco

		P 06120428 Ríos Verde y Mandariacu Chico
P 06120429 Dren al Río Guayllabamba D.J Río Chiriapi-Pachijal		
		P 06120430 Río Mandariacu
P 06120431 Río Pachijal		
P 06120432 Río Bermejo		
		P 06120433 Río Naranjal
P 06120434 Río Pitzara y dren al Río Guayllabamba		
		P 06120435 Río Agua Clara y dren al Río Guayllabamba
P 06120436 Estero Guachal y dren al Río Guayllabamba		

	<b>P 061205 Río Canandé</b>	
<b>MARGEN IZQUIERDA</b>		<b>MARGEN DERECHA</b>
	P 06120501 Río Canandé y drenes al Río Esmeraldas	

	<b>P 061206 Río Zapotal</b>	
<b>MARGEN IZQUIERDA</b>		<b>MARGEN DERECHA</b>
	P 06120601 Estero Zapotal	

	<b>P 061207 Río Viche</b>	
<b>MARGEN IZQUIERDA</b>		<b>MARGEN DERECHA</b>
	P 06120701 Río Viche	
		P 06120702 Río Cube
		P 06120703 Río Tachina "2"
		P 06120704 Río Dosle
P 06120705 Dren al Río Viche		

	<b>P 061208 Dren al Esmeraldas</b>	
<b>MARGEN IZQUIERDA</b>		<b>MARGEN DERECHA</b>
		P 06120801 Río Sade y dren al Río Esmeraldas
		P 06120802 Est.Majua y Dren al Río Esmeraldas
P 06120803 Río Tabuche y dren al Río Esmeraldas		
P 06120804 Estero El Timbre y dren al Río Esmeraldas		
		P 06120805 Est.Mutiles y Dren al Río Esmeraldas

		P 06120806 Est.Tachina y dren al Océano Pacífico
--	--	--

<b>P 061209 Río Teaone</b>		
<b>MARGEN IZQUIERDA</b>		<b>MARGEN DERECHA</b>
	P 06120901 Río Teaone parte alta	
		P 06120902 Río Huele
		P 06120903 Dren al Río Teaone
P 06120904 Río Tabiazo y dren al Río Teaone		
P 06120905 Dren al Río Teaone y Río Esmeraldas		

Total de subcuencas y microcuencas

SUBCUENCAS	<b>9</b>
MICROCUENCAS	<b>91</b>
P 061201 Río Quinindé	14
P 061202 Río Blanco	22
P 061203 Río Cupa	1
P 061204 Río Guayllabamba	36
P 061205 Río Canandé	1
P 061206 Río Zapotal	1
P 061207 Río Viche	5
P 061208 Dren al Esmeraldas	6
P 061209 Río Teaone	5

La división hidrográfica publicada en 1992, fue delimitada hasta el nivel de subcuencas, lo que no ocurrió con las microcuencas, las mismas que fueron descritas pero no fueron delimitadas.

Diversas instituciones, según sus necesidades, fueron delimitando microcuencas, sin tomar en cuenta parámetros estandarizados para ello, debido a que la división hidrográfica utilizada, carecía de ellos. (Anexo 4.3, Mapa 8).

#### 4.5.2 Descripción de las unidades hidrográficas de la cuenca del río Esmeraldas hasta el nivel 5 en la división hidrográfica mediante el método de Pfafstetter.

<b>NIVEL 1</b>
Región hidrográfica 1 vertiente del pacífico

<b>NIVEL 2</b>
----------------

Unidad hidrográfica 15
------------------------

<b>NIVEL 3</b>
----------------

Unidad hidrográfica 152 cuenca del río Esmeraldas
---

<b>NIVEL 4</b>
----------------

unidad hidrográfica 1521 o intercuenca del río Esmeraldas
---

unidad hidrográfica 1522 cuenca del río Grande
--

unidad hidrográfica 1523 intercuenca del río Blanco
---

unidad hidrográfica 1524 cuenca del río Guayllabamba
--

unidad hidrográfica 1525 intercuenca del río Blanco
---

unidad hidrográfica 1526 cuenca del río Quinindé
--

unidad hidrográfica 1527 intercuenca del río Blanco
---

unidad hidrográfica 1528 cuenca del río Blanco
--

unidad hidrográfica 1529 intercuenca del río Meme
---

<b>NIVEL 5</b>
----------------

<b>unidad hidrográfica 1521 o intercuenca del río Esmeraldas</b>
--

Unidad hidrográfica 15211 o intercuenca del río Esmeraldas
--

Unidad hidrográfica 15212 o cuenca del río Teaone
---

Unidad hidrográfica 15213 o intercuenca del río Esmeraldas
--

Unidad hidrográfica 15214 o cuenca del Estero Chigüe
--

Unidad hidrográfica 15215 o intercuenca del río Esmeraldas
--

Unidad hidrográfica 15216 o cuenca del Estero Majua
---

Unidad hidrográfica 15217 o intercuenca del río Esmeraldas
--

Unidad hidrográfica 15218 o cuenca del Río Viche
--

Unidad hidrográfica 15219 o intercuenca del río Esmeraldas
--

<b>unidad hidrográfica 1522 cuenca del río Grande</b>
---

Unidad hidrográfica 15221 o intercuenca del río Blanco
--

Unidad hidrográfica 15222 o cuenca del río Desgracia
--

Unidad hidrográfica 15223 o intercuenca del río Canandé
---

Unidad hidrográfica 15224 o cuenca del río Agua Sucia
---

Unidad hidrográfica 15225 o intercuenca del río Canandé
---

Unidad hidrográfica 15226 o cuenca del río Jordán
---

Unidad hidrográfica 15227 o intercuenca del río Canandé
---

Unidad hidrográfica 15228 o cuenca del río Silencio
---

Unidad hidrográfica 15229 o intercuenca del río Canandé
---

<b>unidad hidrográfica 1523 intercuenca del río Blanco</b>
--

NO FUE SUBDIVIDIDA
--------------------

<b>unidad hidrográfica 1524 cuenca del río Guayllabamba</b>
---

Unidad hidrográfica 15241 o intercuenca del río Guayllabamba
--

Unidad hidrográfica 15242 o cuenca del río Alambi
---

Unidad hidrográfica 15243 o intercuenca del río Guayllabamba
--

Unidad hidrográfica 15244 o cuenca del río Intag
--



Unidad hidrográfica 15245 o intercuenca del río Guayllabamba
Unidad hidrográfica 15246 o cuenca del río Pisque
Unidad hidrográfica 15247 o intercuenca del río Guayllabamba
Unidad hidrográfica 15248 o cuenca del río Pita
Unidad hidrográfica 15249 o intercuenca del río San Pedro
<b>unidad hidrográfica 1525 intercuenca del río Blanco</b>
Unidad hidrográfica 15251 o intercuenca del río Blanco
Unidad hidrográfica 15252 o cuenca del Río Cupa
Unidad hidrográfica 15253 o intercuenca del río Blanco
Unidad hidrográfica 15254 o cuenca del Estero Malimpia
Unidad hidrográfica 15255 o intercuenca del río Blanco
Unidad hidrográfica 15256 o cuenca del Estero Quishpe
Unidad hidrográfica 15257 o intercuenca del río Blanco
Unidad hidrográfica 15256 o cuenca del Estero afluente del río Blanco
Unidad hidrográfica 15259 o intercuenca del río Blanco
<b>unidad hidrográfica 1526 cuenca del río Quinidé</b>
Unidad hidrográfica 15261 o intercuenca del río Quinidé
Unidad hidrográfica 15262 o cuenca del río Arenanga
Unidad hidrográfica 15263 o intercuenca del río Quinidé
Unidad hidrográfica 15264 o cuenca del río Mache
Unidad hidrográfica 15265 o intercuenca del río Quinidé
Unidad hidrográfica 15266 o cuenca del río Dogola
Unidad hidrográfica 15267 o intercuenca del río Quinidé
Unidad hidrográfica 15268 o cuenca del río Mongoya
Unidad hidrográfica 15269 o intercuenca del río Quinidé
<b>unidad hidrográfica 1527 intercuenca del río Blanco</b>
Unidad hidrográfica 15271 o intercuenca del río Blanco
Unidad hidrográfica 15272 o cuenca del río Sabalo
Unidad hidrográfica 15273 o intercuenca del río Blanco
Unidad hidrográfica 15274 o cuenca del río Caoni
Unidad hidrográfica 15275 o intercuenca del río Blanco
Unidad hidrográfica 15276 o cuenca del río Salazar
Unidad hidrográfica 15277 o intercuenca del río Blanco
Unidad hidrográfica 15278 o cuenca del río Como Hacemos
Unidad hidrográfica 15279 o intercuenca del río Blanco
<b>unidad hidrográfica 1528 cuenca del río Blanco</b>
Unidad hidrográfica 15281 o intercuenca del río Blanco
Unidad hidrográfica 15282 o cuenca del río Mulaute
Unidad hidrográfica 15283 o intercuenca del río Blanco
Unidad hidrográfica 15284 o cuenca del río Mindo
Unidad hidrográfica 15285 o intercuenca del río Blanco
Unidad hidrográfica 15286 o cuenca del río Cinto
Unidad hidrográfica 15287 o intercuenca del río Virginia

Unidad hidrográfica 15288 o cuenca del río Virginia
Unidad hidrográfica 15289 o intercuenca del río Saloya
<b>unidad hidrográfica 1529 intercuenca del río Meme</b>
Unidad hidrográfica 15291 o intercuenca del río Toachi
Unidad hidrográfica 15292 o cuenca del río Meme
Unidad hidrográfica 15293 o intercuenca del río Toachi
Unidad hidrográfica 15294 o cuenca del río Pilaton
Unidad hidrográfica 15295 o intercuenca del río Toachi
Unidad hidrográfica 15296 o cuenca del río Sarapullu
Unidad hidrográfica 15297 o intercuenca del río Toachi
Unidad hidrográfica 15298 o cuenca del río Aguachi
Unidad hidrográfica 15299 o intercuenca del río Cumbijin

Total de unidades hidrográficas en el nivel 4 y 5

<b>NIVEL 4</b>	<b>9</b>
<b>NIVEL 5</b>	<b>72</b>
unidad hidrográfica 1521 o intercuenca del río Esmeraldas	9
unidad hidrográfica 1522 cuenca del río Grande	9
unidad hidrográfica 1523 intercuenca del río Blanco	0
unidad hidrográfica 1524 cuenca del río Guayllabamba	9
unidad hidrográfica 1525 intercuenca del río Blanco	9
unidad hidrográfica 1526 cuenca del río Quinindé	9
unidad hidrográfica 1527 intercuenca del río Blanco	9
unidad hidrográfica 1528 cuenca del río Blanco	9
unidad hidrográfica 1529 intercuenca del río Meme	9

#### 4.5.3 Diferencias entre las dos divisiones hidrográficas aplicadas en la cuenca del río Esmeraldas.

<b>DIVISIÓN HIDROGRÁFICA MEDIANTE PFAFSTETTER</b>	<b>DIVISIÓN HIDROGRÁFICA ACTUAL</b>
Codificación de unidades hidrográficas en niveles superiores con un código basado en parámetros definidos	Codificación estandarizada hasta el nivel de microcuencas, los niveles superiores no se los tiene definidos
Mediante el código de la unidad hidrográfica	El código asignado a la unidad hidrográfica

se puede realizar la codificación y clasificación de ríos	solo la identifica.
La codificación permite ubicar espacialmente a la unidad hidrográfica en el territorio continental	El código asignado a la unidad hidrográfica solo la identifica.
Existen parámetros definidos para la delimitación y codificación de unidades hidrográficas, como: criterio para la definición del río principal, número de tributarios para la subdivisión de una unidad, número máximo de unidades hidrográficas para subir al siguiente nivel.	No se tiene un estándar para la delimitación y codificación de unidades hidrográficas, solo depende de la necesidad del usuario.
Se puede optimizar el tiempo de generación de unidades hidrográficas mediante los parámetros establecidos, usando una herramienta SIG con un método semiautomático, y ubicación jerárquica de las unidades	Se puede generar unidades hidrográficas mediante una herramienta SIG, pero sin utilizar parámetros definidos para ello, es decir sin un número limitado de unidades y ubicación jerárquica.
Las unidades hidrográficas no son manejadas por el nombre del río principal, sino por el código asignado.	Las unidades hidrográficas son acompañadas por el nombre del río principal.

## 4.6 MAPA DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE LA CUENCA DEL RIO ESMERALDAS

El mapa de unidades hidrográficas de la cuenca del río Esmeraldas contiene los resultados de la delimitación y codificación de unidades hidrográficas de la cuenca del río Esmeraldas al nivel 5 mediante el método de Pfafstetter.

### 4.6.1 Descripción general del Mapa

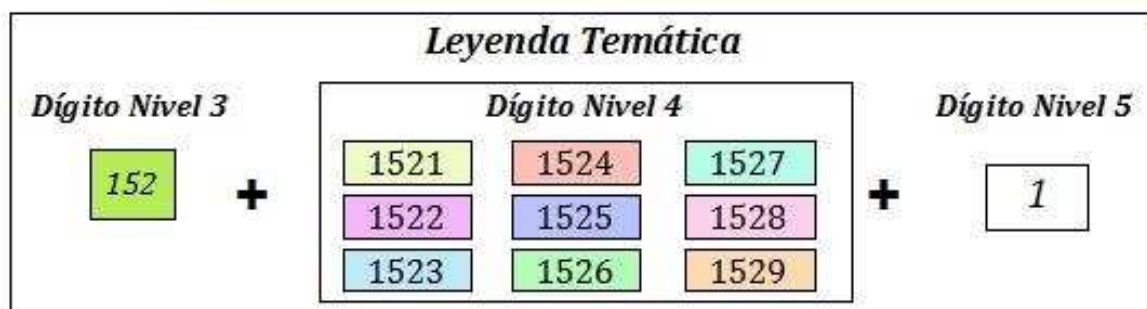
El mapa ha sido elaborado con el Software ArcGIS y bajo la plataforma de ArcInfo.

La leyenda cartográfica de simbología convencional, ha sido elaborada, considerando parámetros, tipo utilizados por el IGM. Para escalas 1:50 000, los elementos cartográficos que se representan en este documento, describe la Red hidrográfica, las cabeceras provinciales y los puntos acotados.



Figura. 4.2. Simbología convencional del mapa de unidades hidrográficas

En la leyenda temática se presenta la unidad hidrográfica del río Esmeraldas, nivel 3 identificada por el código, las unidades hidrográficas a nivel 4 identificadas por color y por código y las unidades hidrográficas a nivel 5 por el último dígito del código.



NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 4	NIVEL 5
unidad hidrográfica 1521 o intercuenca del río Esmeraldas	Unidad hidrográfica 15211 o intercuenca del río Esmeraldas	unidad hidrográfica 1526 cuenca del río Quinindé	Unidad hidrográfica 15261 o intercuenca del río Quinidé
	Unidad hidrográfica 15212 o cuenca del río Teaone		Unidad hidrográfica 15262 o cuenca del río Arenanga
	Unidad hidrográfica 15213 o intercuenca del río Esmeraldas		Unidad hidrográfica 15263 o intercuenca del río Quinidé
	Unidad hidrográfica 15214 o cuenca del Estero Chigüe		Unidad hidrográfica 15264 o cuenca del río Mache
	Unidad hidrográfica 15215 o intercuenca del río Esmeraldas		Unidad hidrográfica 15265 o intercuenca del río Quinidé
	Unidad hidrográfica 15216 o cuenca del Estero Majua		Unidad hidrográfica 15266 o cuenca del río Dogola
	Unidad hidrográfica 15217 o intercuenca del río Esmeraldas		Unidad hidrográfica 15267 o intercuenca del río Quinidé
	Unidad hidrográfica 15218 o cuenca del río Viche		Unidad hidrográfica 15268 o cuenca del río Mongoya
unidad hidrográfica 1522 cuenca del río Grande	Unidad hidrográfica 15219 o intercuenca del río Esmeraldas	unidad hidrográfica 1527 intercuenca del río Blanco	Unidad hidrográfica 15269 o intercuenca del río Quinidé
	Unidad hidrográfica 15221 o intercuenca del río Blanco		Unidad hidrográfica 15271 o intercuenca del río Blanco
	Unidad hidrográfica 15222 o cuenca del río Desgracia		Unidad hidrográfica 15272 o cuenca del río Sabalo
	Unidad hidrográfica 15223 o intercuenca del río Canande		Unidad hidrográfica 15273 o intercuenca del río Blanco
	Unidad hidrográfica 15224 o cuenca del río Agua Sucia		Unidad hidrográfica 15274 o cuenca del río Caoni
	Unidad hidrográfica 15225 o intercuenca del río Canande		Unidad hidrográfica 15275 o intercuenca del río Blanco
	Unidad hidrográfica 15226 o cuenca del río Jordan		Unidad hidrográfica 15276 o cuenca del río Salazar
	Unidad hidrográfica 15227 o intercuenca del río Canande		Unidad hidrográfica 15277 o intercuenca del río Blanco
unidad hidrográfica 1523 intercuenca del río Blanco	Unidad hidrográfica 15228 o cuenca del río Silencio	unidad hidrográfica 1528 cuenca del río Blanco	Unidad hidrográfica 15278 o cuenca del río Como Hacemos
	Unidad hidrográfica 15229 o intercuenca del río Canande		Unidad hidrográfica 15279 o intercuenca del río Blanco
NO FUE SUBDIVIDIDA			
unidad hidrográfica 1524 cuenca del río Guayllabamba	Unidad hidrográfica 15241 o intercuenca del río Guayllabamba	unidad hidrográfica 1529 intercuenca del río Meme	Unidad hidrográfica 15281 o intercuenca del río Blanco
	Unidad hidrográfica 15242 o cuenca del río Alambi		Unidad hidrográfica 15282 o cuenca del río Mulaute
	Unidad hidrográfica 15243 o intercuenca del río Guayllabamba		Unidad hidrográfica 15283 o intercuenca del río Blanco
	Unidad hidrográfica 15244 o cuenca del río Intag		Unidad hidrográfica 15284 o cuenca del río Mindo
	Unidad hidrográfica 15245 o intercuenca del río Guayllabamba		Unidad hidrográfica 15285 o intercuenca del río Blanco
	Unidad hidrográfica 15246 o cuenca del río Pisque		Unidad hidrográfica 15286 o cuenca del río Cinto
	Unidad hidrográfica 15247 o intercuenca del río Guayllabamba		Unidad hidrográfica 15287 o intercuenca del río Virginia
	Unidad hidrográfica 15248 o cuenca del río Pita		Unidad hidrográfica 15288 o cuenca del río Virginia
unidad hidrográfica 1525 intercuenca del río Blanco	Unidad hidrográfica 15249 o intercuenca del río San Pedro	unidad hidrográfica 1529 intercuenca del río Meme	Unidad hidrográfica 15289 o intercuenca del río Saloya
	Unidad hidrográfica 15251 o intercuenca del río Blanco		Unidad hidrográfica 15291 o intercuenca del río Toachi
	Unidad hidrográfica 15252 o cuenca del río Cupa		Unidad hidrográfica 15292 o cuenca del río Meme
	Unidad hidrográfica 15253 o intercuenca del río Blanco		Unidad hidrográfica 15293 o intercuenca del río Toachi
	Unidad hidrográfica 15254 o cuenca del Estero Malimpia		Unidad hidrográfica 15294 o cuenca del río Pilaton
	Unidad hidrográfica 15255 o intercuenca del río Blanco		Unidad hidrográfica 15295 o intercuenca del río Toachi
	Unidad hidrográfica 15256 o cuenca del Estero Quishpe		Unidad hidrográfica 15296 o cuenca del río Sarapullu
	Unidad hidrográfica 15257 o intercuenca del río Blanco		Unidad hidrográfica 15297 o intercuenca del río Toachi
Unidad hidrográfica 15258 o cuenca del Estero afluente del río Blanco	Unidad hidrográfica 15298 o cuenca del río Aguachi		
Unidad hidrográfica 15259 o intercuenca del río Blanco	Unidad hidrográfica 15299 o intercuenca del río Cumbijin		

Figura. 4.3. Leyenda temática del mapa de unidades hidrográficas

Finalmente se procedió a la edición cartográfica, que consistió en incorporar elementos propios de un mapa (título, ubicación, leyenda, norte, escala, fuentes, etiquetas, entre otros). (Anexo 4.3, Mapa 9).

#### **4.7 METADATOS**

La generación y edición de los metadatos de las coberturas utilizadas durante todo el proceso, siguen las definiciones establecidas por el FGDC (Federal Geography Data Committee). (Anexo 4.1, Imagen 9).

#### **4.8 TALLERES DE DIFUSIÓN Y CAPACITACIÓN**

Los talleres de difusión y capacitación se los realizó tanto con técnicos de la SENAGUA, como con técnicos de instituciones externas como SENPLADES, IGM, CLIRSEN, INAMHI, INEC, INOCAR, SIGTIERRAS y Gobiernos Provinciales, en los cuales se efectuó una explicación de la metodología en sí, como también del procesamiento en el software ArcGis 9.3. (Anexo 4.4, Talleres).

#### **4.9 MEMORIA TÉCNICA**

La memoria técnica recoge todas las características técnicas del trabajo, es decir el procedimiento específico realizado en ArcGis 9.3 para la generación de las coberturas de insumo así como para la generación y codificación de unidades hidrográficas. (Anexo 4.5, Memoria Técnica).

## CAPITULO V

---

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- a. Existe demasiada reserva en toda la información generada principalmente por las instituciones públicas, esto hace que la tarea de recopilación de información sea extremadamente complicada.
- b. La información base, que hasta el momento, entregó el IGM a la SENAGUA, tiene muchos errores topológicos, esta debe ser sometida a varias ediciones y ajustes, lo que no corresponde a las actividades que la SENAGUA debe realizar.
- c. El procesamiento semiautomático, obtuvo mejores resultados en la parte Oriental de la cuenca del río Esmeraldas, esto se debe a la información base presente en ese sector, ya que las curvas de nivel muestran una topografía del terreno bien definido, caso contrario a lo que sucede en la parte Occidental, donde existe una topografía plana, dificultando la delimitación de unidades hidrográficas.
- d. La aplicación de la metodología de Pfafstetter en el Ecuador tiene algunos criterios en casos especiales que se dan únicamente en el país, que aún no están definidos.
- e. Todo proceso realizado en un SIG, depende en su totalidad del conocimiento y experticia del técnico.
- f. La unidad hidrográfica es el área más adecuada para realizar planes de ordenamiento territorial y de ésta manera definir los posibles usos para éstas; es claro que prevalecen los intereses políticos ante la sostenibilidad de los recursos naturales.
- g. El código de la unidad hidrográfica dentro de la metodología de Pfafstetter es el elemento fundamental y complementario para las áreas de manejo y gestión de los recursos hídricos.
- h. No existe un nivel jerárquico de la división hidrográfica utilizada actualmente en el Ecuador que se pueda comparar cuantitativa con la división hidrográfica según Pfafstetter, ya que esta última parte desde un nivel regional Sudamericano basándose en parámetros definidos en la metodología.

- i. Mucha de la información recopilada de las instituciones públicas del país no contiene metadatos, lo que complica el reconocimiento de la información cartográfica, llevando en muchas ocasiones a no utilizarla en un proyecto.
- j. Los talleres de difusión, capacitación e información de un proyecto son actividades fundamentales en la elaboración del mismo, ya que el usuario de los resultados debe conocer los procesos para llegar a ellos.

## **5.2. RECOMENDACIONES.**

- a. La SENAGUA, debería firmar convenios de cooperación y apoyo interinstitucional con IGM y CLIRSEN, para coordinar y articular acciones conjuntas que permitan gestionar los recursos informáticos con mayor eficiencia.
- b. La información cartográfica que se utilice como base, debe ser procesada, supervisada y validada varias veces, en especial al tratarse de curvas de nivel, hasta conseguir resultados lo más certeros posibles, ya que de esta información depende el posterior procesamiento para la obtención de unidades hidrográficas.
- c. Para delimitar unidades hidrográficas semiautomáticamente aplicando la metodología de Pfafstetter, en áreas donde la topografía es casi plana, es necesario el uso de información de escalas mayores a 1: 50 000.
- d. Es necesario, estandarizar el criterio sobre las áreas que no deben ser delimitadas a un siguiente nivel, por su superficie, ya que esto representa subutilización de proceso y tiempo; además se debe concretar el criterio para la codificación de unidades hidrográficas en las islas Galápagos.
- e. Los resultados del procesamiento en un SIG no son siempre los correctos, más aún cuando se utiliza modelos digitales, es aconsejable que estas coberturas siempre sean supervisadas, editadas y analizadas.
- f. El ordenamiento territorial al definir una normativa para el territorio, debería tomar en cuenta como criterio fundamental para la división administrativa del mismo, la delimitación de unidades hidrográficas, para un favorable uso, manejo y gestión de los recursos naturales.
- g. Es esencial que todos los usuarios de la división hidrográfica según Pfafstetter se familiaricen y comprendan la importancia que el código de una unidad hidrográfica lleva consigo, ya que éste permitirá realizar de manera eficiente múltiples procesos



relacionados con el ordenamiento y administración del territorio, especialmente de los recursos hídricos, tales como: codificación de ríos, clasificación de ríos, inventarios de fuentes de agua, registro de derechos de uso de agua, estudios hidrológicos, entre otros.

- h. Al comparar diferentes divisiones hidrográficas se debe realizar una comparación cualitativa, más no comparativa para determinar conclusiones decisiones sobre las mismas.
- i. Es recomendable el que toda información generada por la SENAGUA o por cualquier otra institución pública y/o privada, contenga metadatos, cumpliendo los estándares vigentes en el Ecuador.
- j. La SENAGUA, institución encargada del aprovechamiento de los recursos hidrológicos, debe tener en cuenta que para la aplicación de una nueva metodología para la división hidrográfica del país, todas las instituciones del sector público y/o privado, deben contar con una cobertura geográfica validada, que represente el punto de partida, para las siguientes delimitaciones a mayor detalle, lo cual representa un gran esfuerzo que demandara personal técnico capacitado e información cartográfica estructurada y completa.

## **ANEXOS**

---

ANEXOS 4.1: IMÁGENES

ANEXOS 4.2: MATRICES

ANEXOS 4.3: MAPAS

ANEXOS 4.4: TALLERES DE DIFUSIÓN Y CAPACITACIÓN

ANEXOS 4.5: MEMORIA TÉCNICA

## **ANEXOS 4.1**

### **IMÁGENES**

**Distribución de unidades hidrográficas de la unidad hidrográfica 1521 intercuenca del río Esmeraldas. Nivel 5**

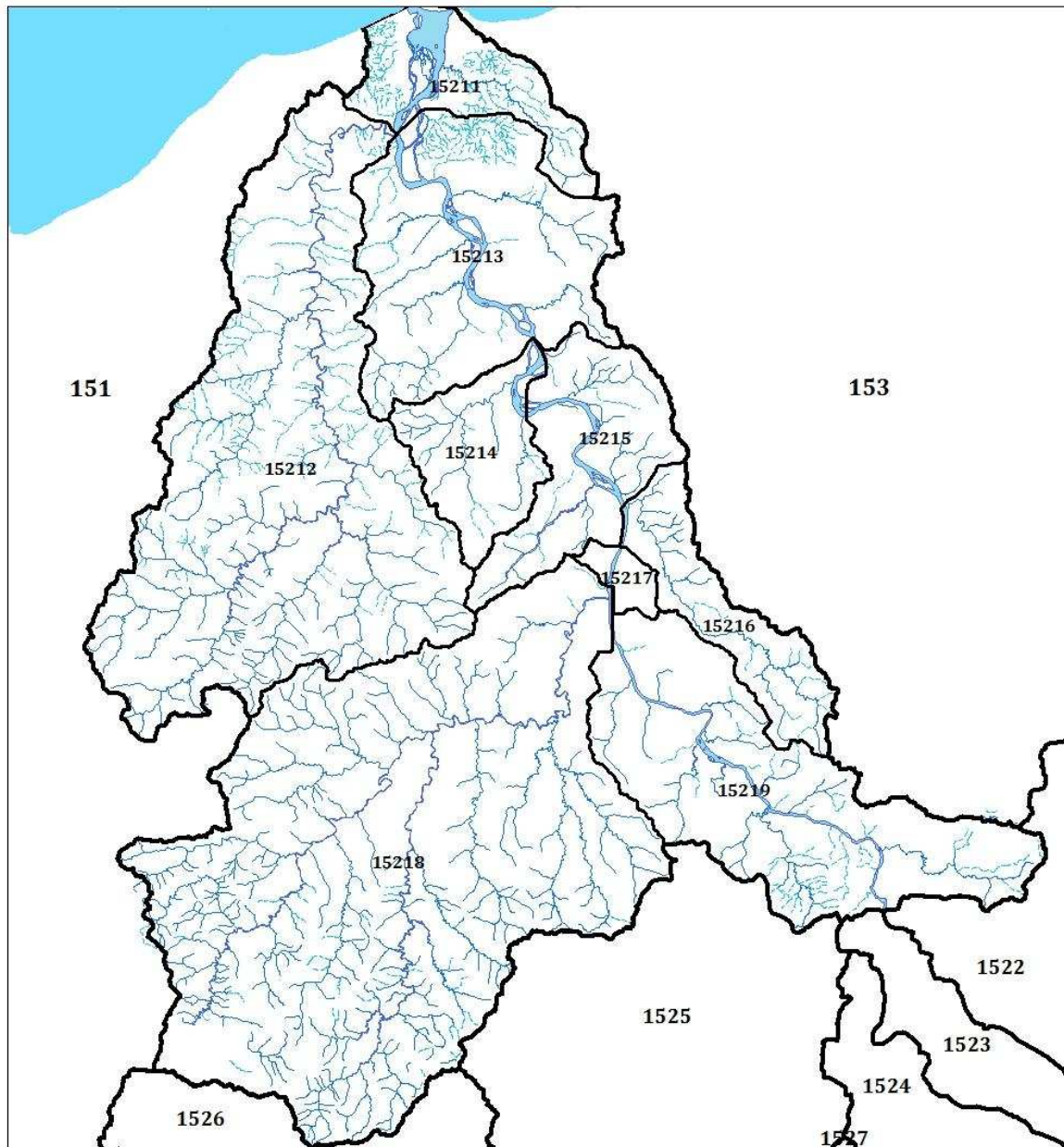


Imagen 1. Distribución de unidades hidrográficas de la unidad hidrográfica 1521 intercuenca del río Esmeraldas en el nivel 5. Elaborado por la autora.

### Distribución de unidades hidrográficas de la unidad hidrográfica 1522 cuenca del río Grande. Nivel 5

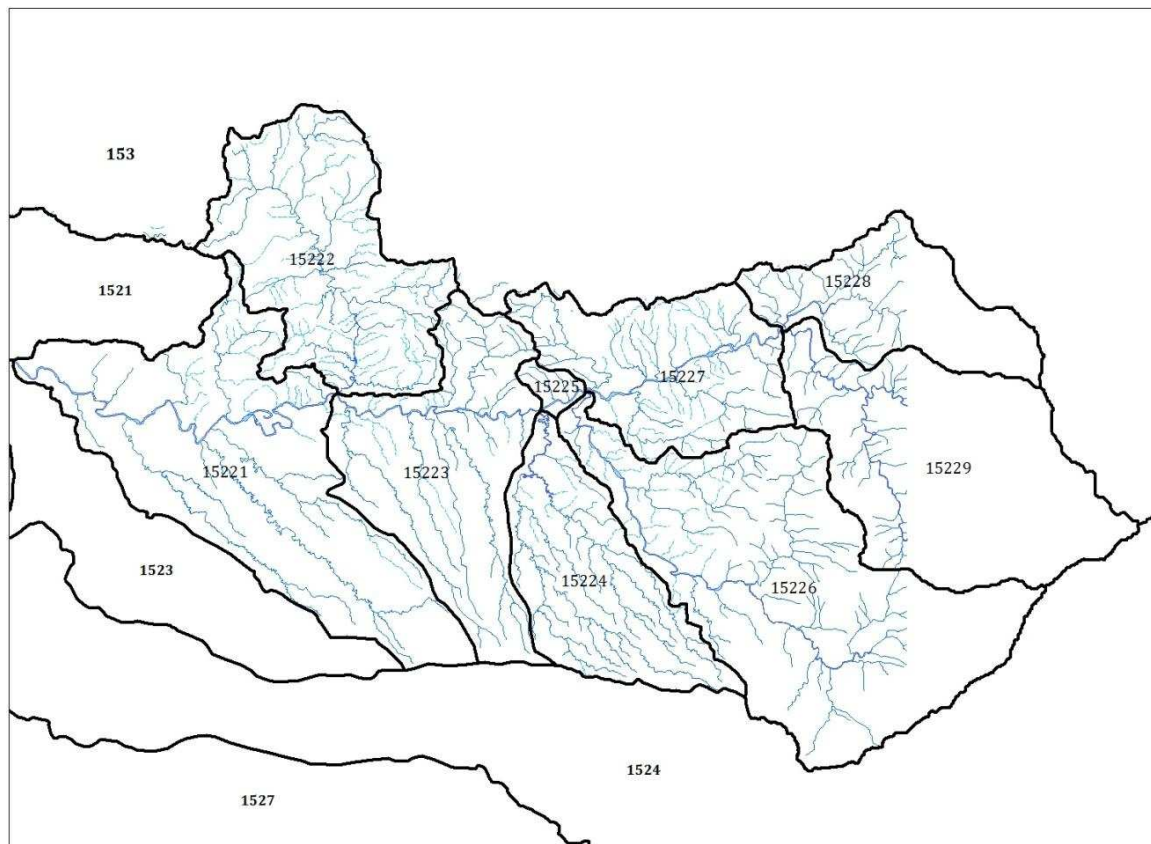


Imagen 2. Distribución de unidades hidrográficas de la unidad hidrográfica 1522 cuenca del río Grande en el nivel 5. Elaborado por la autor.

**Distribución de unidades hidrográficas de la unidad hidrográfica 1524 cuenca del río Guayllabamba. Nivel 5**

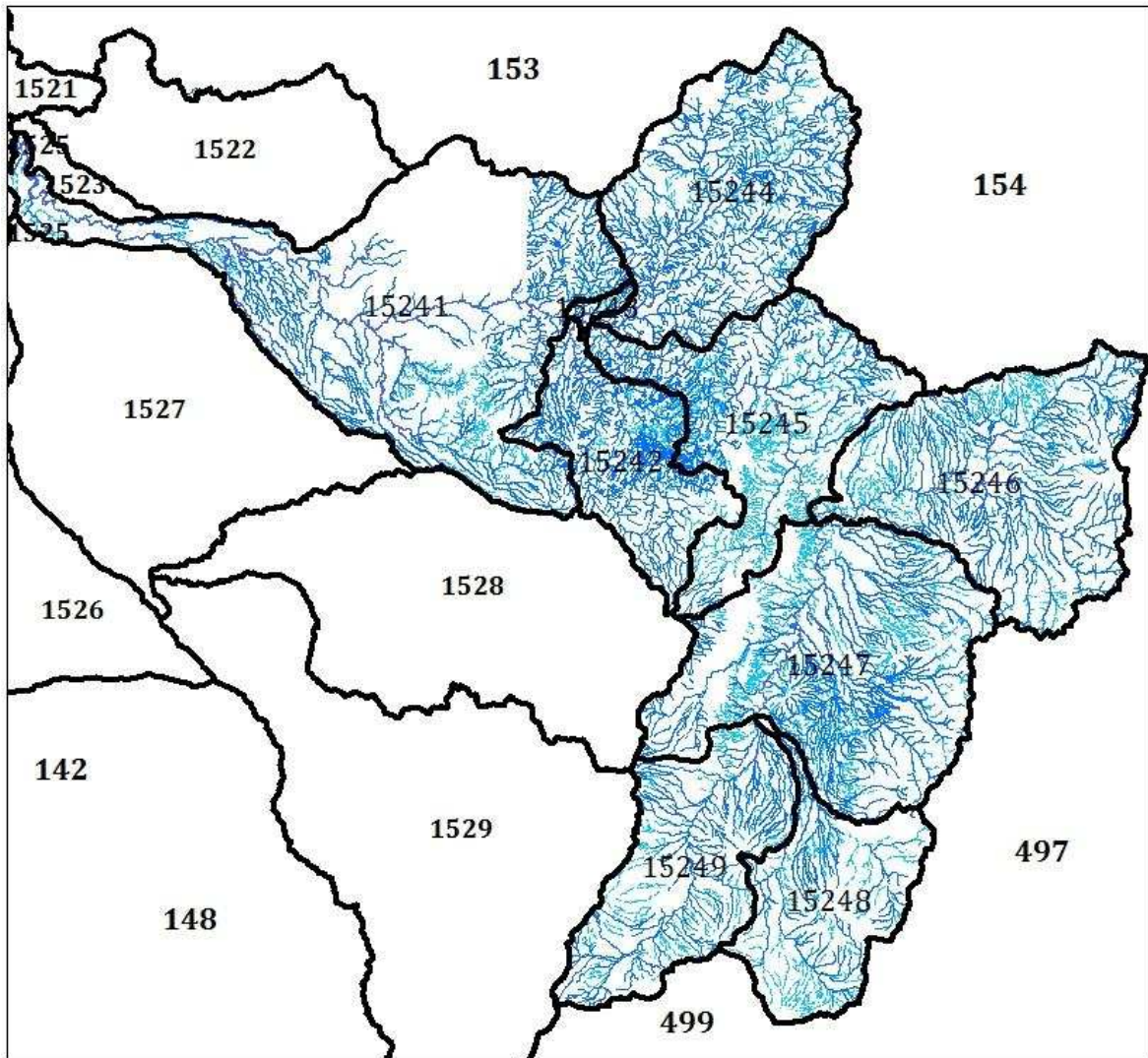


Imagen 3. Distribución de unidades hidrográficas de la unidad hidrográfica 1524 cuenca del río Guayllabamba en el nivel 5. Elaborado por la autora.

**Distribución de unidades hidrográficas de la unidad hidrográfica 1525 intercuenca del río Blanco. Nivel 5**

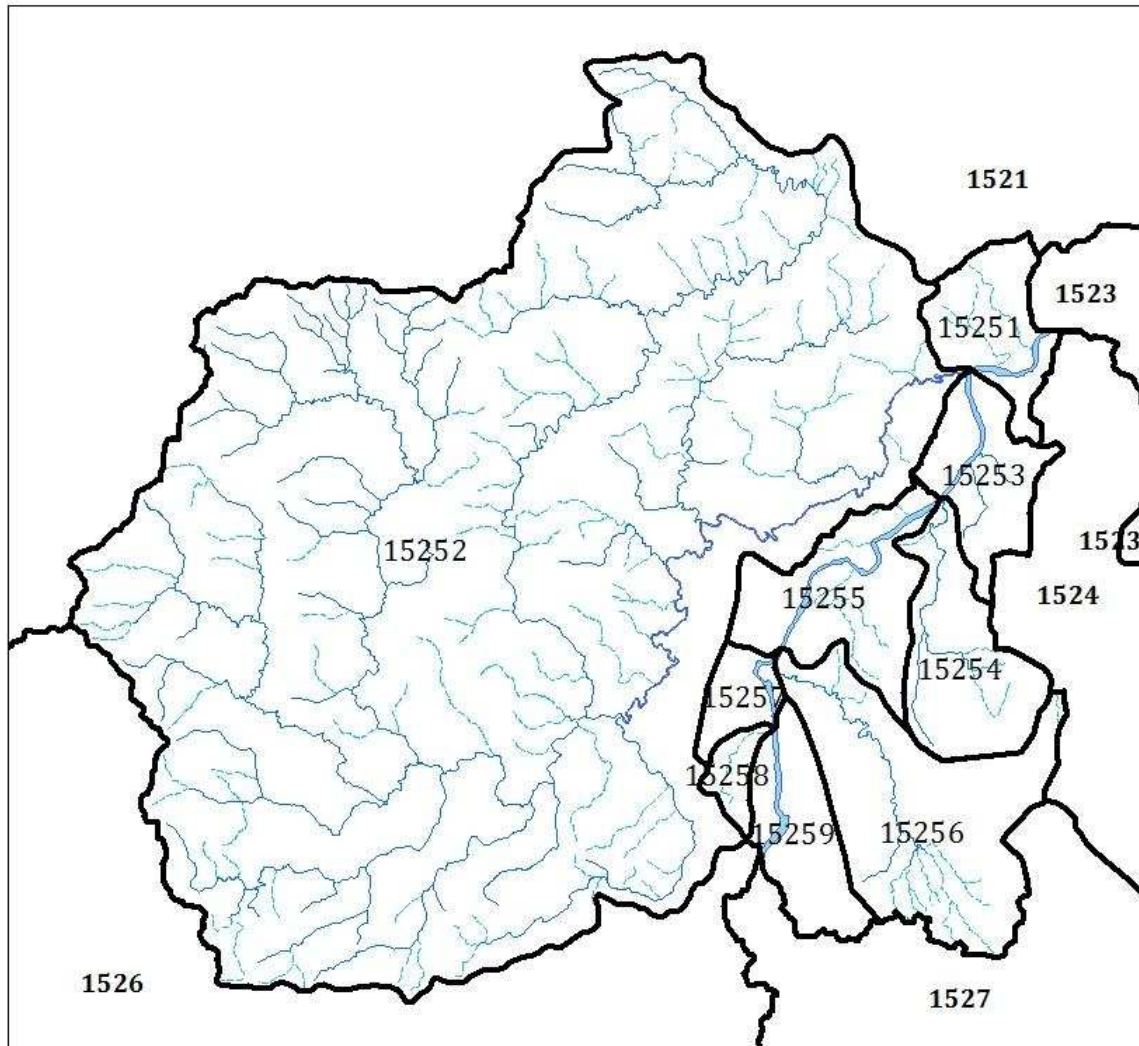


Imagen 4. Distribución de unidades hidrográficas de la unidad hidrográfica 1525 intercuenca del río Blanco en el nivel 5. Elaborado por la autora.

**Distribución de unidades hidrográficas de la unidad hidrográfica 1526 cuenca del río  
Quinindé. Nivel 5**

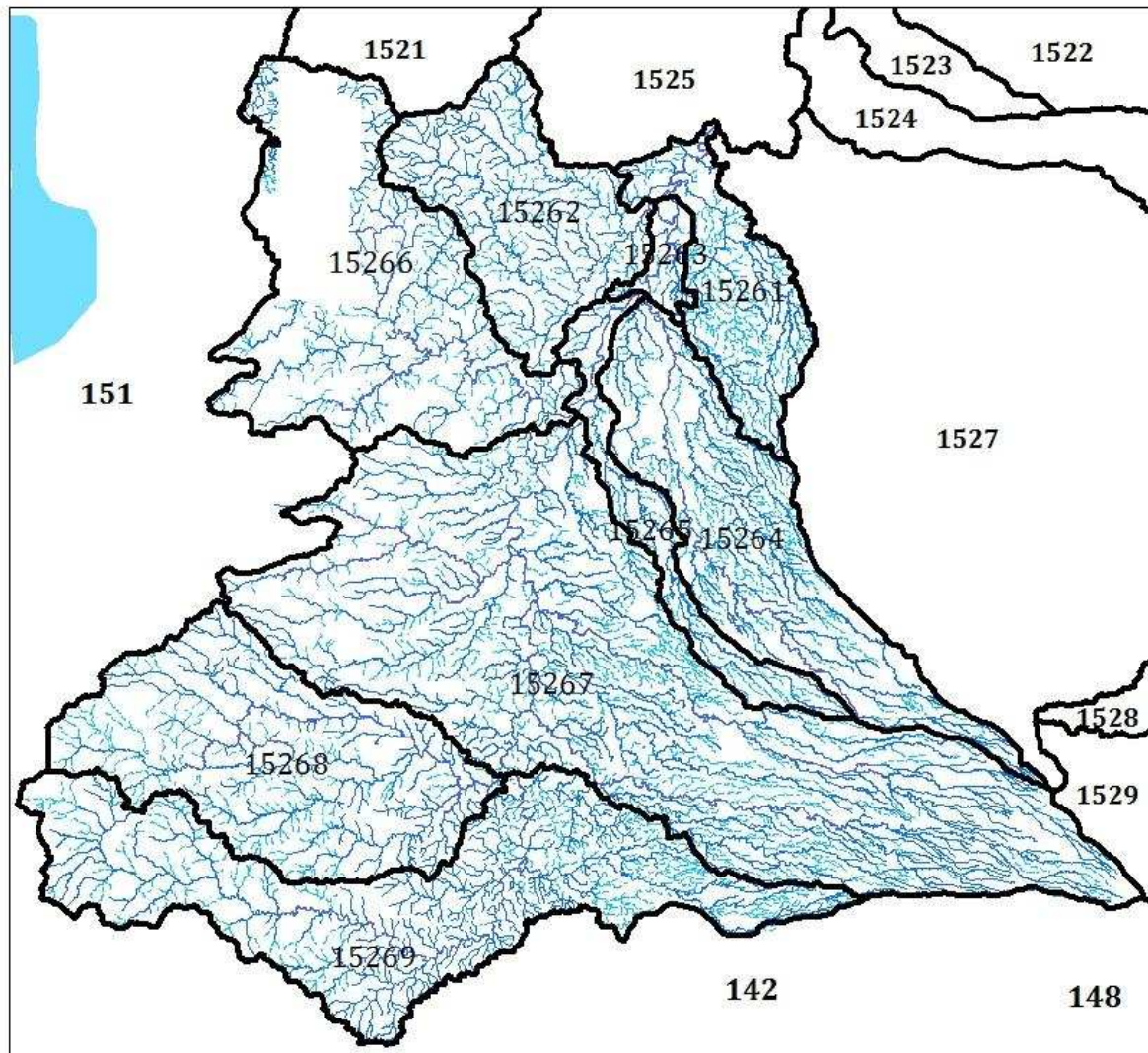


Imagen 5. Distribución de unidades hidrográficas de la unidad hidrográfica 1526 cuenca del río Quinindé en el nivel 5. Elaborado por la autora.



**Distribución de unidades hidrográficas de la unidad hidrográfica 1527 intercuenca del río Blanco. Nivel 5**

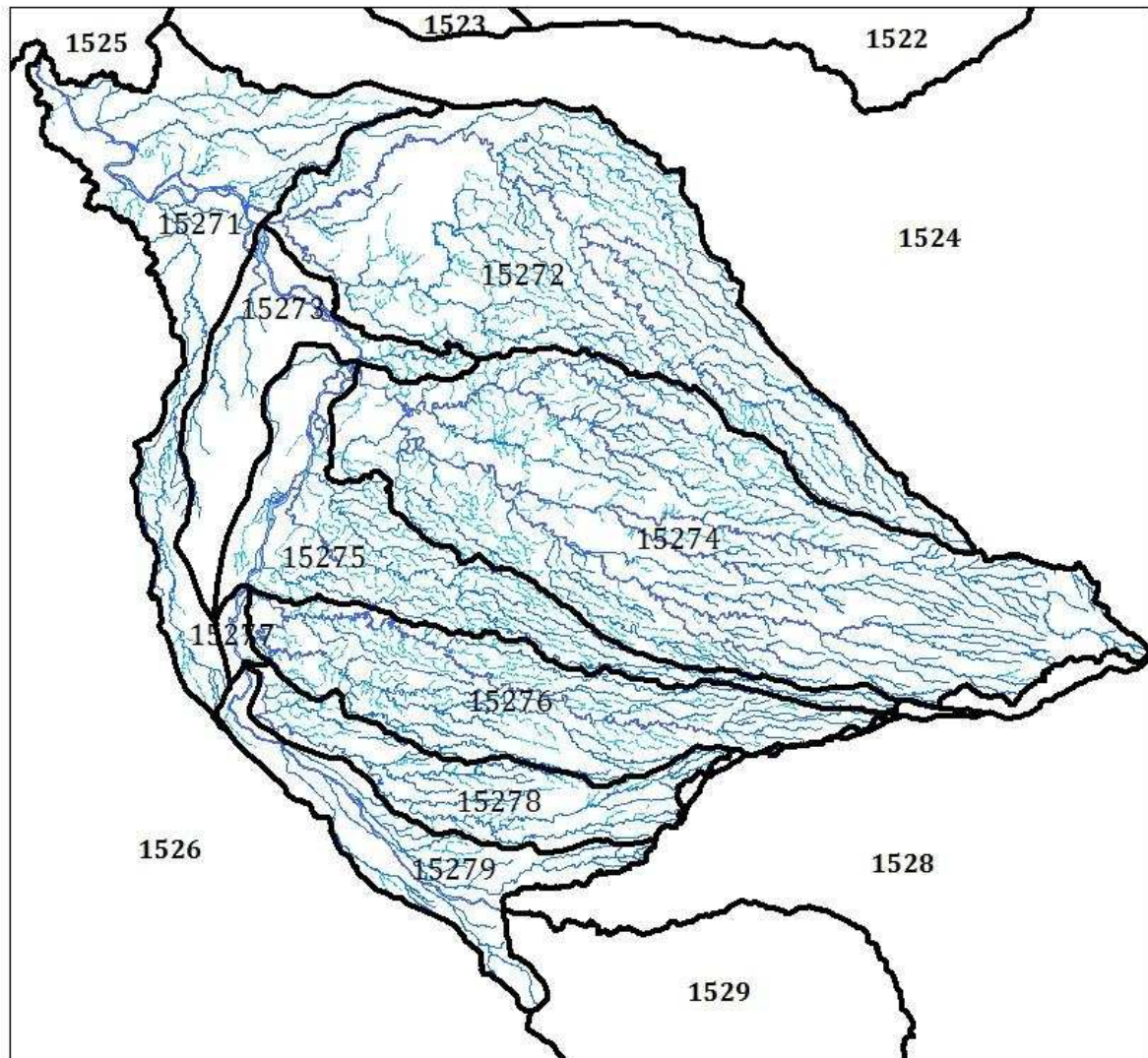


Imagen 6. Distribución de unidades hidrográficas de la unidad hidrográfica 1527 intercuenca del río Blanco en el nivel 5. Elaborado por la autora.

**Distribución de unidades hidrográficas de la unidad hidrográfica 1528 cuenca del río Blanco. Nivel 5**

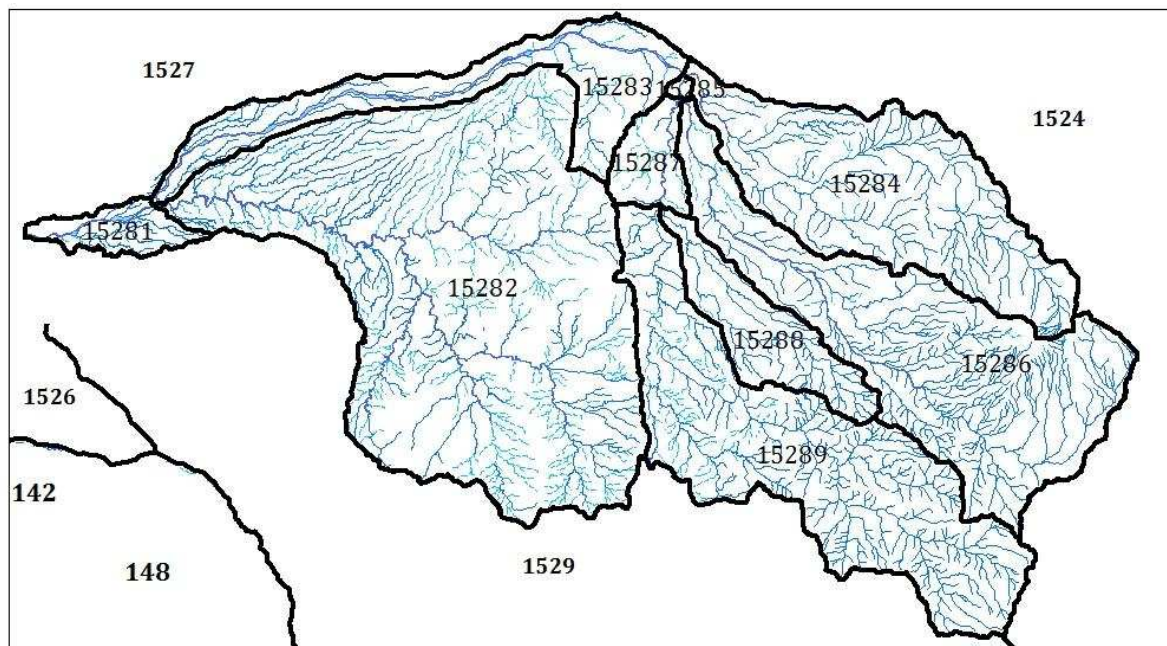


Imagen 7. Distribución de unidades hidrográficas de la unidad hidrográfica 1528 cuenca del río Blanco en el nivel 5. Elaborado por la autora.

**Distribución de unidades hidrográficas de la unidad hidrográfica 1529 intercuenca  
del río Meme. Nivel 5**



Imagen 8. Distribución de unidades hidrográficas de la unidad hidrográfica 1529 intercuenca del río Meme en el nivel 5. Elaborado por la autora.

## METADATO DE LA COBERTURA GEOGRÁFICA DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL NIVEL 4

unidades\_hidrograficas\_NIVEL 4  
 Shapefile

Description	Spatial	Attributes
<p><b>Keywords</b></p> <p><b>Theme:</b> Division hidrografica, Metodo Pfafstetter  <b>Place:</b> cuenca del río Esmeraldas</p> <p><b>Description</b></p> <p><b>Abstract</b>            Contiene informacion tematica sobre la delimitacion y codificacion de la cuenca del rio Esmeraldas, por el metodo de Pfafstetter</p> <p><b>Purpose</b>            Proveer de la delimitacion y codificacion de unidades hidrograficas de la cuenca del rio Esmeraldas, escala 1:50.000</p> <hr style="width: 20%; margin: 10px auto;"/> <p><b>Status of the data</b></p> <p>Complete  <i>Data update frequency:</i> None planned</p> <p><b>Time period for which the data is relevant</b></p> <p><i>Date and time:</i> unknown at time unknown  <i>Description:</i>            2009</p> <p><b>Publication Information</b></p> <p><i>Who created the data:</i> Lorena Rosas (SENAGUA)  <i>Date and time:</i> sin publicacion at time Unknown</p> <hr style="width: 20%; margin: 10px auto;"/> <p><b>Data storage and access information</b></p> <p><i>File name:</i> unidades_hidrograficas_NIVEL 4  <i>Type of data:</i> vector digital data  <i>Location of the data:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• \\LORE1\J\MAPAS_PROYECTO DE GRADO\cartografia\SHP\CARTOGRAFÍA GENERADA\unidades hidrograficas_n4\unidades_hidrograficas_NIVEL 4.shp</li> </ul> <p><i>Data processing environment:</i> Microsoft Windows Vista Version 6.0 (Build 6001) Service Pack 1; ESRI ArcCatalog 9.3.0.1770</p> <p><b>Accessing the data</b></p> <p><i>Size of the data:</i> 2,953 MB  <i>Data transfer size:</i> 2,953 MB</p> <p><b>Constraints on accessing and using the data</b></p> <p><i>Access constraints:</i> Previa autorizacion de la SENAGUA  <i>Use constraints:</i>            Previa autorizacion de la SENAGUA</p> <p><b>Details about this document</b></p> <p>Contents last updated: 20110704 at time 03271900</p> <p><b>Who completed this document</b></p> <p>Lorena Rosas            SENAGUA  <i>physical address:</i>            Av. Amazonas y Av. Eloy Alfaro. Edificio MAGAP, 3er piso            Quito, Pichincha            Ecuador</p> <p>095482719 (voice)            lore.rosas@sigtierras.gob.ec</p> <p><b>Standards used to create this document</b></p> <p><i>Standard name:</i> FGDC Content Standards for Digital Geospatial Metadata  <i>Standard version:</i> FGDC-STD-001-1998  <i>Time convention used in this document:</i> local time            Metadata profiles defining additional information</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ESRI Metadata Profile: <a href="http://www.esri.com/metadata/esriprof80.html">http://www.esri.com/metadata/esriprof80.html</a></li> </ul>		

Imagen 9. Metadato de las unidades hidrográficas del nivel 4 de la cuenca del río Esmeraldas. Elaborado por la autora.

## **ANEXOS 4.2**

### **MATRICES**



## MATRIZ 2. Información Documental

1/2

IDENTIFICACIÓN				DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN			
Nombre_información	Descripción	Información	Tipo_información	Tipo_dato	Formato	Año_generación	Actualización
DELIMITACIÓN Y CODIFICACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE BOLIVIA	Presentación de la metodología usada	Documental	Descriptiva	Presentación	ppt	2008	ninguna
ZONIFICACIÓN Y CODIFICACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS EN COLOMBIA	Presentación de la metodología usada	Documental	Descriptiva	Presentación	ppt	2008	ninguna
DELIMITACIÓN Y CODIFICACIÓN DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS EN EL PERU	Presentación de la metodología usada	Documental	Descriptiva	Presentación	ppt	2008	ninguna
DELIMITACIÓN Y CODIFICACIÓN DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS: METODOLOGÍA DE PFAFSTETTER	Presentación de la metodología usada	Documental	Descriptiva	Presentación	ppt	2009	ninguna
DELIMITACIÓN Y CODIFICACIÓN DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE SUDAMÉRICA 1:1 000 000	Presentación de la metodología usada	Documental	Descriptiva	Presentación	ppt	2009	ninguna

2/2

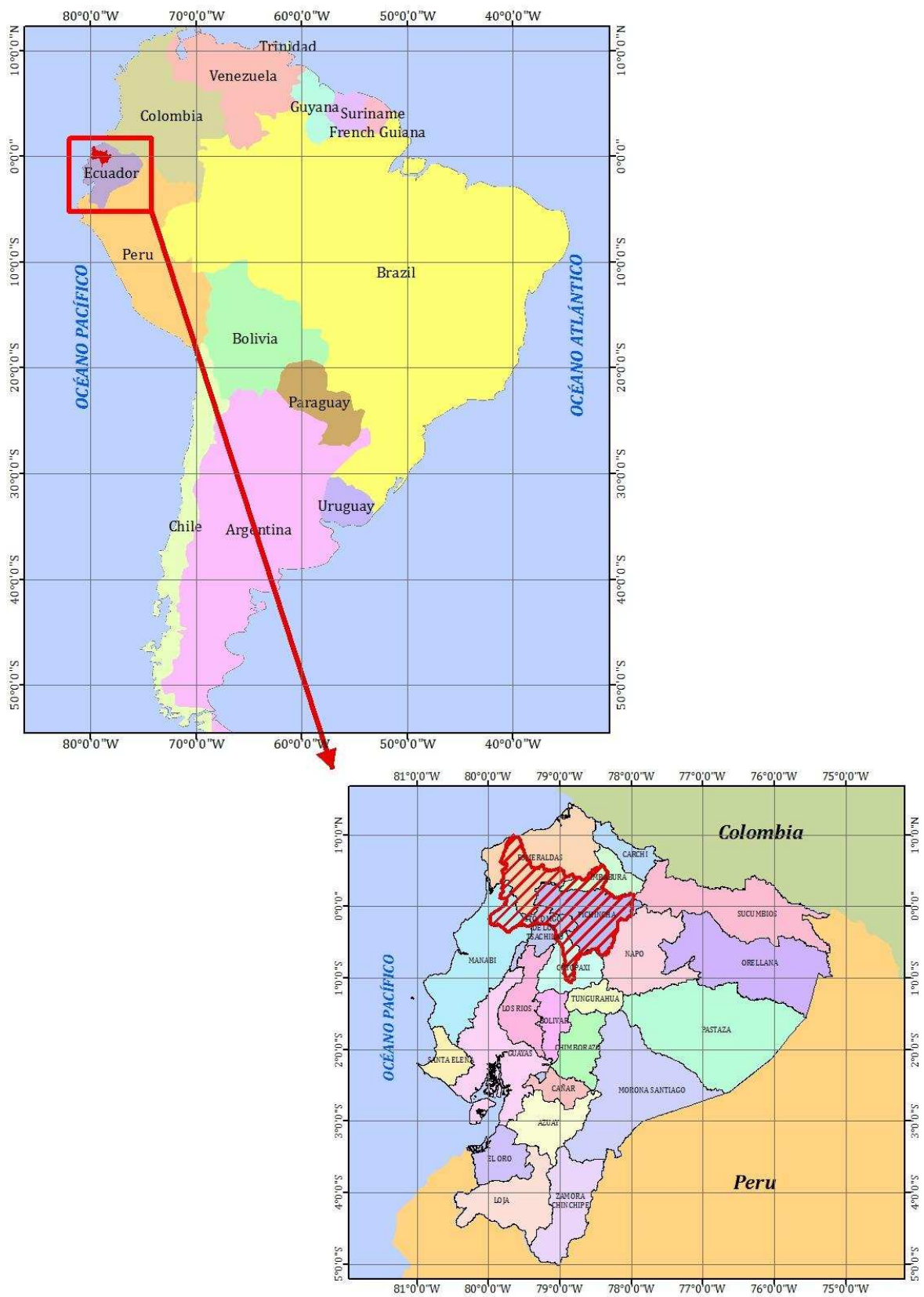
DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN				EVALUACIÓN		CONTACTOS		
Institución/Persona_proporcionó_Información	Cobertura_Geográfica	Generadora_Información	Publicación	Limitaciones	Complementos	Nombre	Numero	Email
Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA)	Bolivia	MINISTERIO DEL AGUA DE BOLIVIA	2008			Ing. Galo Segovia	2554115	galo.segovia@senagua.gob.ec
Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA)	Colombia	MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL DE COLOMBIA	2008			Ing. Galo Segovia	2554115	galo.segovia@senagua.gob.ec
Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA)	Peru	INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES DE PERÚ - INTENDENCIA DE RECURSOS HÍDRICOS	2008			Ing. Galo Segovia	2554115	galo.segovia@senagua.gob.ec
Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA)	Ninguna	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza UICN Sur	2009			Ing. Galo Segovia	2554115	galo.segovia@senagua.gob.ec
Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA)	Sudamérica	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza UICN Sur	2009			Ing. Galo Segovia	2554115	galo.segovia@senagua.gob.ec

## **ANEXOS 4.3**

### **MAPAS**

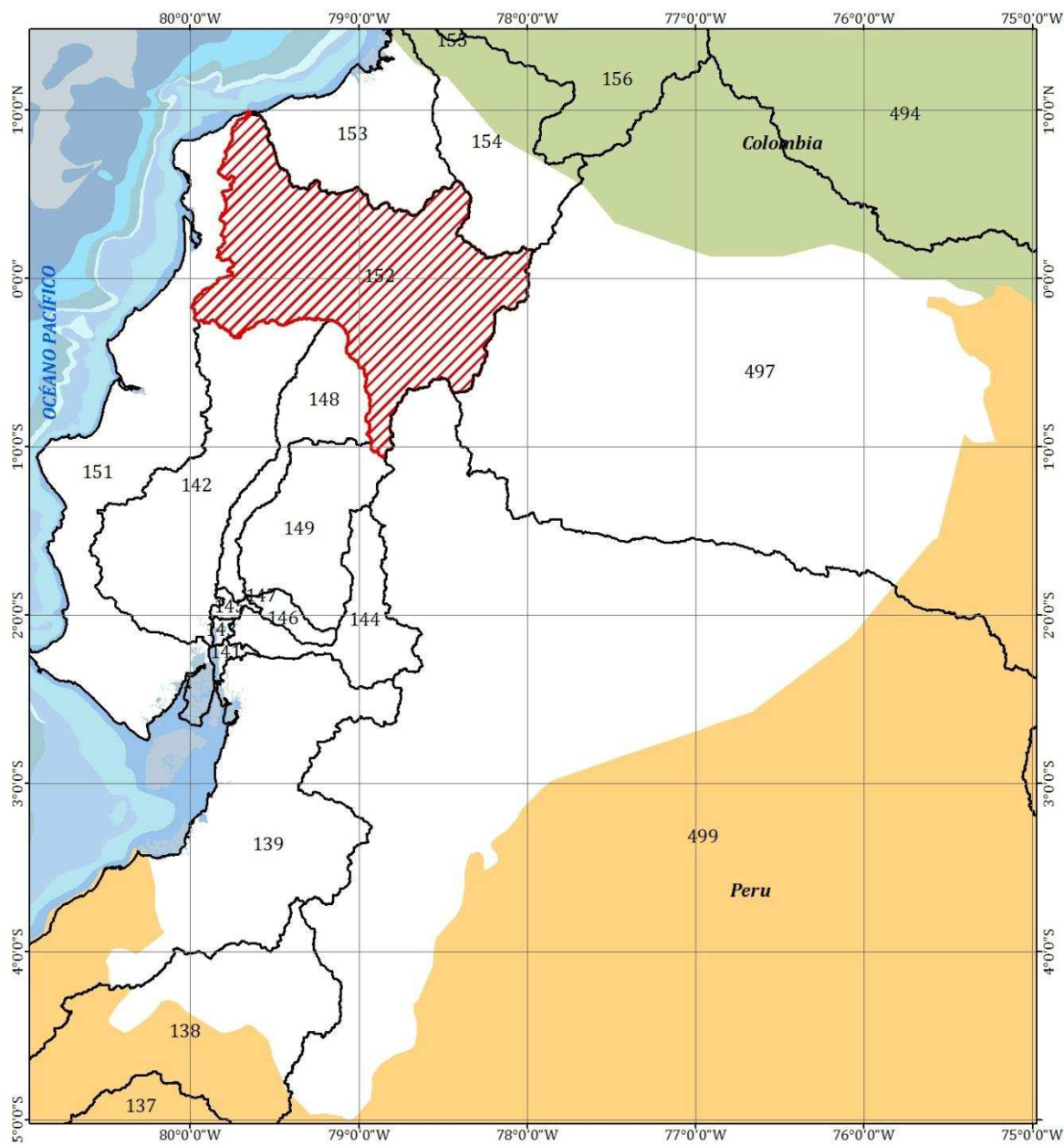


### Mapa de ubicación política de la cuenca del río Esmeraldas



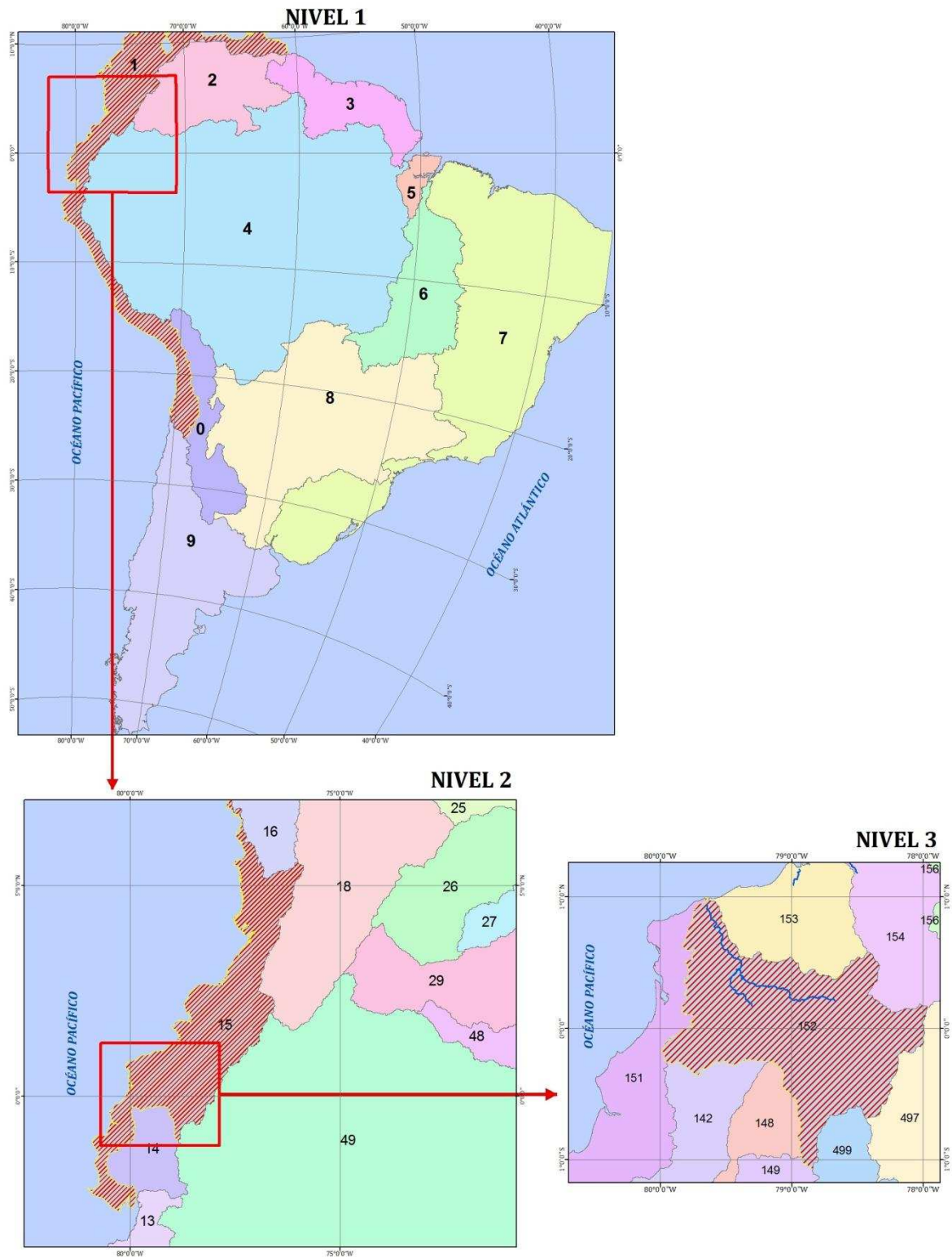
MAPA 1. Ubicación política de la cuenca del río Esmeraldas. Fuente: Países de la ESRI y División Político Administrativa INEC 2009. Elaborado por la autora.

### Mapa de ubicación geográfica de la cuenca del río Esmeraldas



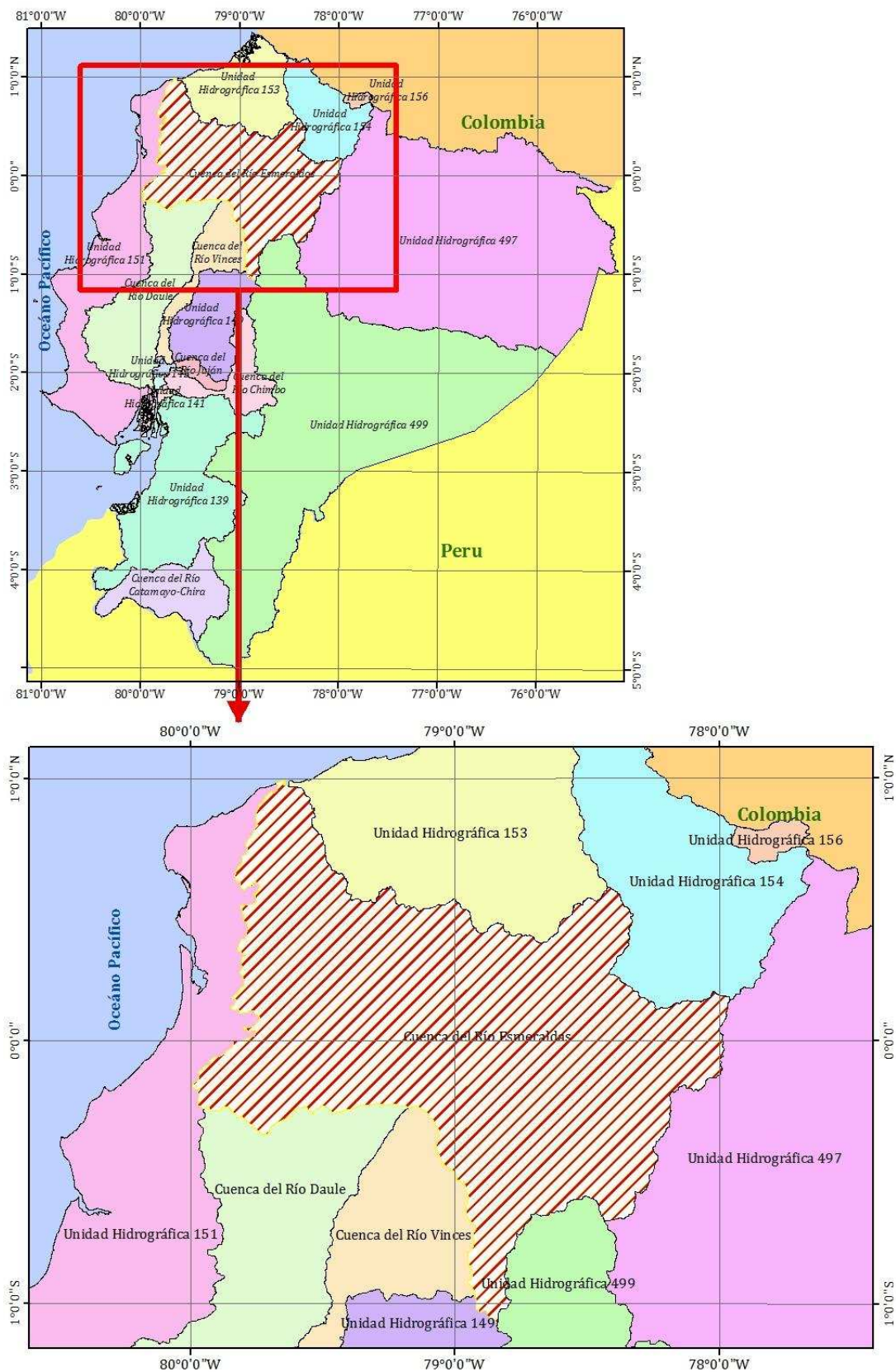
MAPA 2. Ubicación geográfica de la cuenca del río Esmeraldas. Fuente División Político Administrativa INEC 2009, elaborado por la autora.

**Mapa de Unidades Hidrográficas de los nivel 1, 2 y 3 de Sudamérica.**



MAPA 3. Unidades Hidrográficas Nivel 1, 2 y 3: Sudamérica. Fuente: UICN – SGCAN, elaborado por la autora.

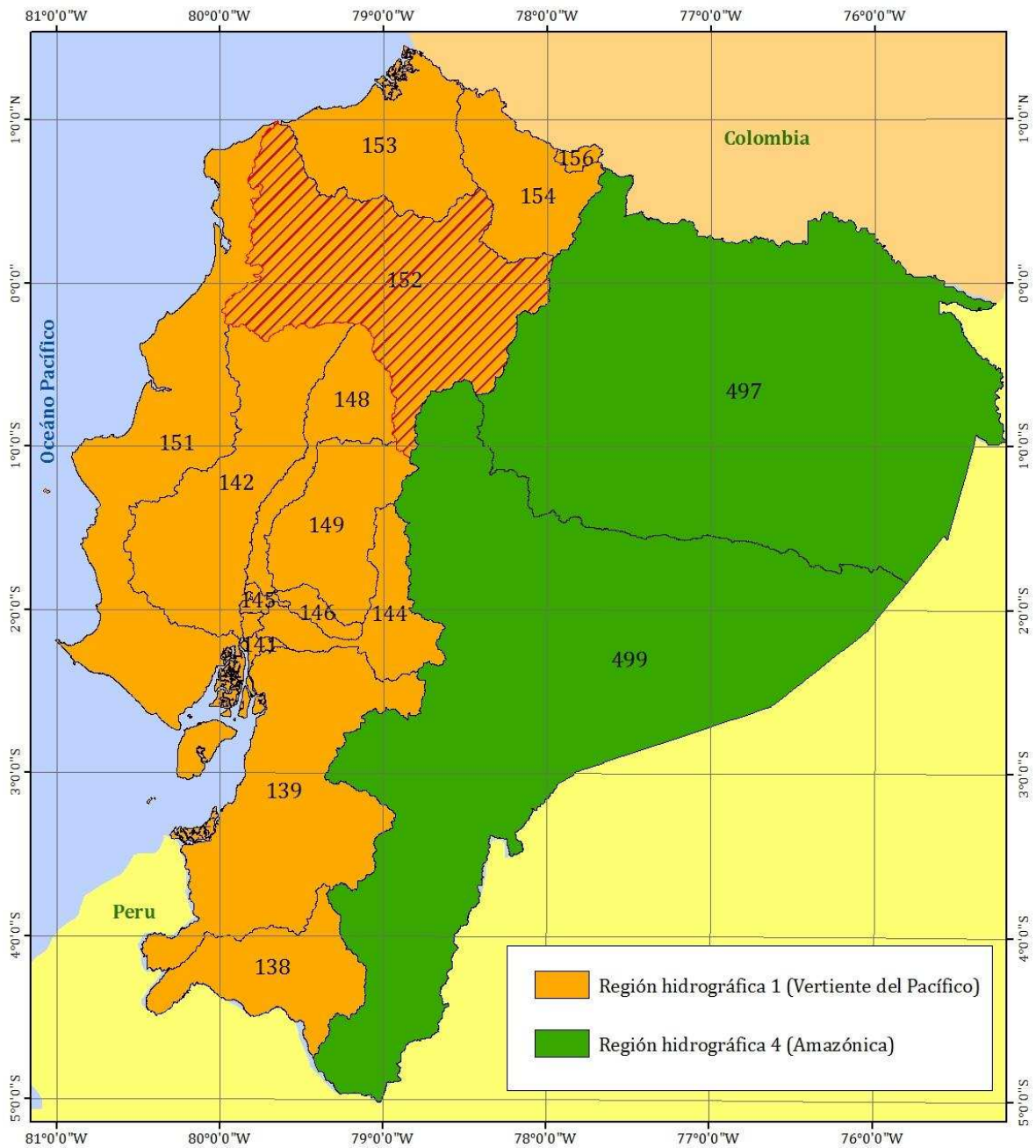
### Mapa de ubicación hidrográfica de la cuenca del río Esmeraldas



MAPA 4. Límites de la cuenca del río Esmeraldas, en el ámbito hidrográfico. Nivel 3 mediante el método de Pfafstetter. Fuente: UICN Y SGCAN, editado por la SENAGUA, elaborado por la autora.

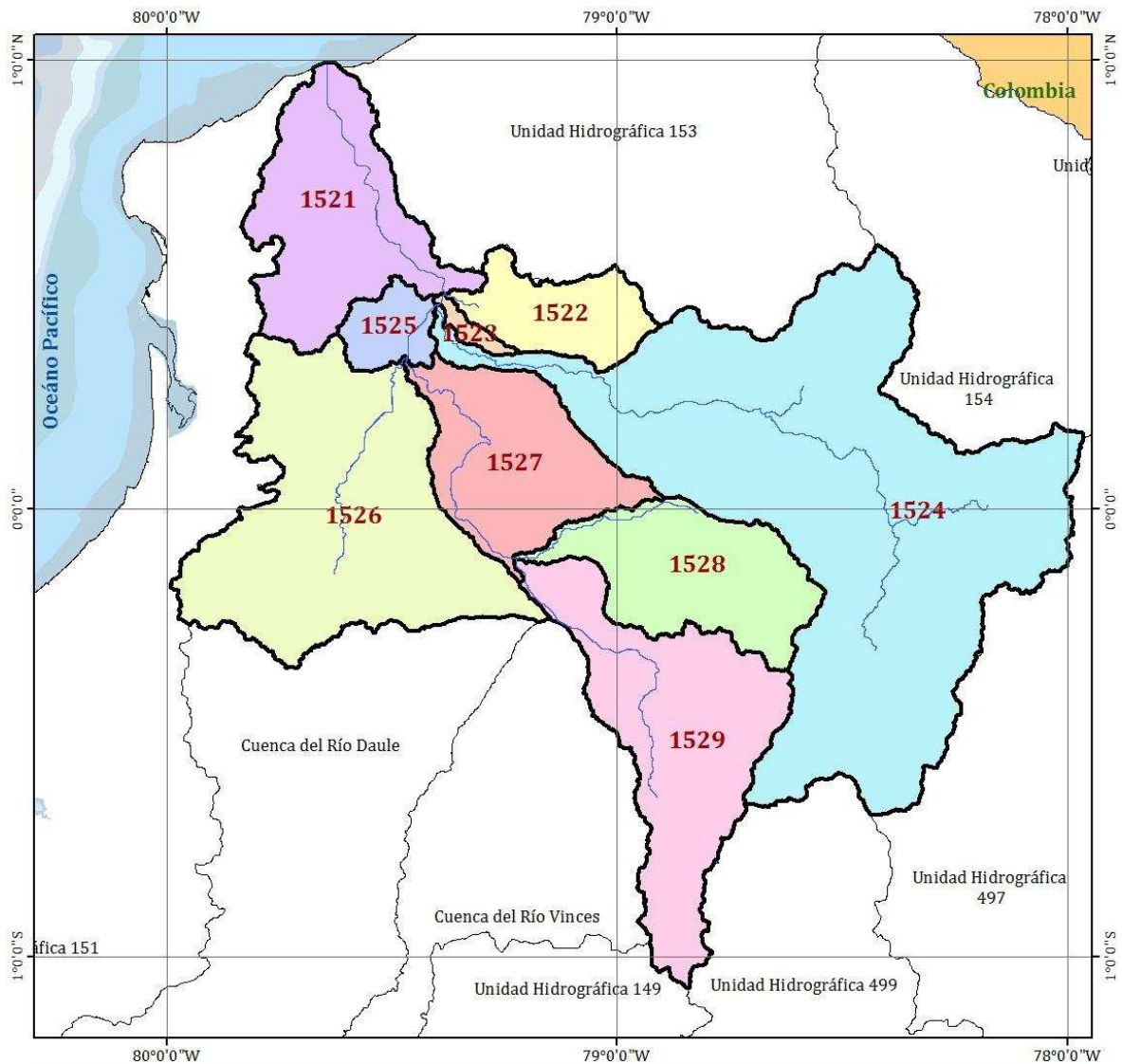


### Mapa de la distribución de unidades hidrográficas del Ecuador. Nivel 3



MAPA 6. Distribución de unidades hidrográficas del Ecuador en el nivel 3. Fuente: UICN – SGCAN, División hidrográfica de Sudamérica, nivel 3. Elaborado por la autora.

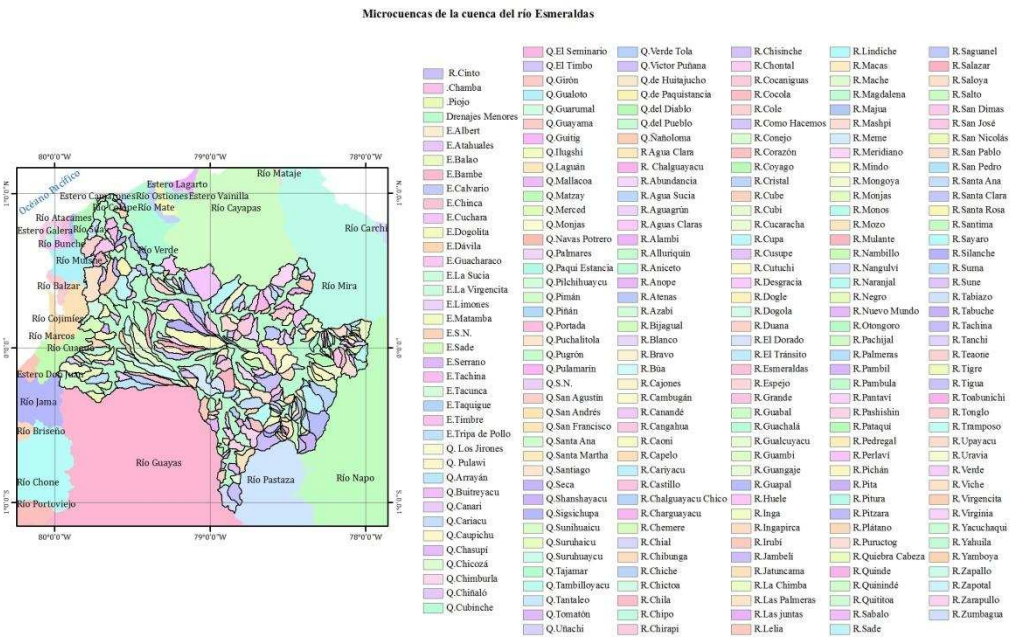
### Mapa de distribución de unidades hidrográficas de la cuenca del río Esmeraldas. Nivel 4



Leyenda	Código nivel 4	Nombre de la unidad hidrográfica en el nivel 4	Área Km2	%
	1521	Unidad hidrográfica 1521 intercuenca del río Esmeraldas	2069,38	9,55
	1522	Unidad hidrográfica 1522 cuenca del río Grande	852,03	3,93
	1523	Unidad hidrográfica 1523 intercuenca del río Blanco	94,59	0,44
	1524	Unidad hidrográfica 1524 cuenca del río Guayllabamba	8231,07	37,99
	1525	Unidad hidrográfica 1525 intercuenca del río Blanco	398,81	1,84
	1526	Unidad hidrográfica 1526 cuenca del río Quinindé	3911,72	18,05
	1527	Unidad hidrográfica 1527 intercuenca del río Blanco	1724,46	7,96
	1528	Unidad hidrográfica 1528 cuenca del río Blanco	1678,97	7,75
	1529	Unidad hidrográfica 1529 intercuenca del río Meme	2707,82	12,50
<b>TOTAL</b>			<b>21669</b>	<b>100</b>

MAPA 7. Distribución de unidades hidrográficas de la cuenca del río Esmeraldas en el nivel 4. Elaborado por la autora

MAPA 8. Mapa de Microcuencas de la cuenca del río Esmeraldas, generadas por el Centro de Datos para la Conservación.



Mapa 8. 261 Microcuencas de la cuenca del río Esmeraldas, generadas para el Almanaque Electrónico del Ecuador por el Centro de Datos para la Conservación s/a. Elaborado por la autora





## **ANEXOS 4.4**

### **TALLERES DE DIFUSIÓN Y CAPACITACIÓN**

---

## TALLERES

<b>RESUMEN</b>	<b>107</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>107</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>108</b>
<b>METODOLOGIA</b>	<b>108</b>
<b>TEMAS TRATADOS</b>	<b>108</b>
<b>RESULTADOS.</b>	<b>109</b>
<b>REGISTRO DE ASISTENCIA A LOS TALLERES</b>	<b>112</b>

### RESUMEN

En el presente documento se encuentran los objetivos, alcance y metodología aplicada para la difusión y capacitación de la delimitación y codificación de unidades hidrográficas mediante el método de Pfafstetter, adoptada por el Ecuador en marzo del 2011, como metodología oficial para el país, a los principales actores institucionales como son técnicos de la SENAGUA, IGM, CLIRSEN, SENPLADES, INAMHI, INEC, Agencias de Aguas, Ministerios y Gobiernos Provinciales.

Mediante la participación de estas instituciones se ha recogido sugerencia, necesidades, problemas y críticas sobre la metodología.

### INTRODUCCION

El trabajo con la participación de los involucrados con el uso de la división hidrográfica, por experiencias pasadas, ha sido impedimento para oficializar una metodología para ello; en esta ocasión la metodología de Pfafstetter ha tenido gran acogida por las instituciones locales del país, lo cual representa un gran avance para la familiarización con dicha metodología.

La participación de técnicos de la SENAGUA y utilización especialmente del software para el procesamiento semiautomático de unidades hidrográficas, ha sido la metodología aplicada para este proceso. Esta metodología se aplicó en cada taller impartido.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Difundir y capacitar sobre la delimitación y codificación de unidades hidrográficas por el método de Pfafstetter, mediante el uso de sistemas de información geográfica.

### **Objetivos Específicos**

1. Solventar dudas y confusiones sobre la nueva metodología adoptada por el Ecuador, para división de unidades hidrográficas.
2. Recopilar sugerencias para el procesamiento semiautomático para la delimitación de unidades hidrográficas

## **METODOLOGIA**

Mediante la utilización de proyectores, presentaciones directas y la utilización del software ArcGis, se realizó la capacitación y principalmente la difusión de la metodología de Pfafstetter para delimitación y codificación de unidades hidrográficas.

Las reuniones se realizaron con los técnicos de la SENAGUA y Agencias de Aguas, y posteriormente con IGM, CLIRSEN, SENPLADES, INAMHI, INEC, INOCAR, Ministerios y Gobiernos Provinciales.

## **TEMAS TRATADOS**

- Generación de la información base para delimitación de unidades hidrográficas
- Presentación de la metodología de Pfafstetter

- Delimitación y codificación de unidades hidrográficas mediante el método de Pfafstetter
- Método semiautomático para la delimitación y codificación de unidades hidrográficas mediante el método de Pfafstetter.

## RESULTADOS.

Se realizaron cuatro talleres, de la siguiente forma:

Nº DEL TALLER	EXPOSITOR	PARTICIPANTES	FECHA	TEMA
1	Lorena Rosas	Técnicos de la SENAGUA	29/09/2010	Generación de la información base
2	SENAGUA, Lorena Rosas	Agencias de Agua	14/12/2010	Presentación de la metodología de Pfafstetter
3	UICN, SENAGUA y Lorena Rosas	Gobiernos Provinciales	05/04/2011	Delimitación y codificación de unidades hidrográficas mediante el método de Pfafstetter
4	SENAGUA, Lorena Rosas	IGM, CLIRSEN, SENPLADES, INAMHI, INEC, INOCAR, SIGTIERRAS	15/06/2011	Delimitación y codificación de unidades hidrográficas mediante el método de Pfafstetter Y método semiautomático para la delimitación y codificación de unidades hidrográficas mediante el método de Pfafstetter.

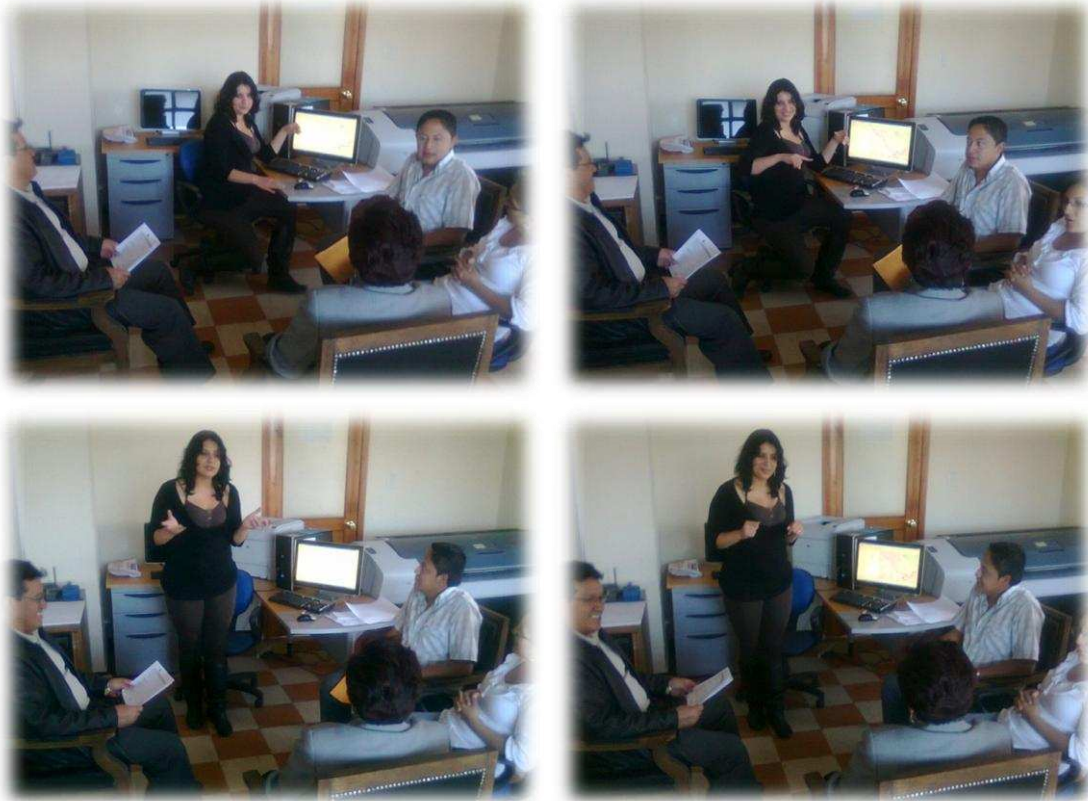


Foto 1. Taller N°1, realizado en las instalaciones de la SENAGUA.



Foto 2. Taller N°2, realizado en las instalaciones del Instituto de Altos Estudios Nacionales.



Foto 3. Taller N°4, realizado en las instalaciones del IGM.

## REGISTRO DE ASISTENCIA A LOS TALLERES

### TALLER N°1: Generación de la información base

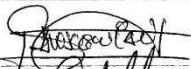
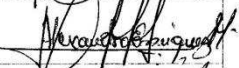
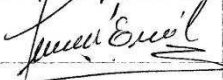
Tema: INFORMACIÓN BASE

Fecha: 29 de septiembre de 2010

Dirigido por: Lorena Rosas

Asistentes: Técnicos con conocimientos básicos de SIG

Duración: 3 horas

N°	Nombre	Cargo	Firma
1	GAO SEGOUA	ING. CIVIL	
2	Alexandra Enriquez	Técnico SIG	
3	Hector LADRATECUI	Técnico SIG	
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			

"PROPUESTA DE DELIMITACIÓN Y CODIFICACIÓN DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE LA CUENCA DEL RÍO ESMERALDAS, ESCALA 1:50 000, POR EL MÉTODO DE PFASTETTER, MEDIANTE EL USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA"



## TALLER N°2: Presentación de la metodología de Pfafstetter



SECRETARIA NACIONAL DEL AGUA

TALLER: "VALIDACION DE LA METODOLOGIA DE LA DIVISION HIDROGRAFICA DEL ECAUDOR"

Quito, 14-diciembre de 2010

Lugar: IAEN

Hora: 8:30 - 16:30

No.	NOMBRES Y APELLIDOS	INSTITUCION	TELEFONO	DIRECCION ELECTRONICA	FIRMA
1	OSWALDO HARO L.	DEM. MIRA	062955-399	oswaldo@senagua.gob.ec	[Firma]
2	PEDRO R. LOYO	D.H. MIRA	091649700	pedroloyo@yaho.es	[Firma]
3	NANCY CHAMBA V.	DHG - Centro Zonal Cónz	087741344	nancy.villacres@yaho.es	[Firma]
4	William Ucho Valladolid	D.H. GUAYAS	086034155	William.Ucho@Senagua.gob.ec	[Firma]
5	Joselyn Geneseg	D.H. Santiago	084364962	joselyn.geneseg@Senagua.gob.ec	[Firma]
6	Luis Tevez A	D.H. Jubones	099133406	Luis.Tevez@Senagua.gob.ec	[Firma]
7	CARLOS BRIONES ORTIZ	D.H. GUAYAS	095432307	Cbriones@Senagua.gob.ec	[Firma]
8	PATRICIA TORRES REYES	D.H. SANTIAGO	095165503	patricia.torres@Senagua.gob.ec	[Firma]
9	Javier Chica Cezi	D.H. Jubones	099881152	javier.chica@Senagua.gob.ec	[Firma]
10	Jorge Villa	UICN	099446857	jorge.villa@uicn.org	[Firma]
11	Mario Aguirre N.	UICN	2221075-34	mario.aguirre@uicn.org	[Firma]
12	Bolivar Carride	Puyango-Catamayo	097267947	bacarpide@hotmail.com	[Firma]



## SECRETARIA NACIONAL DEL AGUA

## TALLER: "VALIDACION DE LA METODOLOGIA DE LA DIVISION HIDROGRAFICA DEL ECUADOR"

Quito, 14-diciembre de 2010

Lugar: IAEN

Hora: 8:30 - 16:30

No.	NOMBRES Y APELLIDOS	INSTITUCION	TELEFONO	DIRECCION ELECTRONICA	FIRMA
13	HELENA BORJA HUERTAS	DEM. No. 606465	091959845	hborja@senagua.gob.ec	
14	CRISTOBAL BASANTES D.	DAVID H. PAGARIN	099343480	vbasanteb@senagua.gov.ec	
15	Abdon Viteri S.	Dir. Estudios Sector.	095 221 039	aviteri@senagua.gob.ec	
16	Manuel Melo G.	Dir. Técnica de RRH	099662307	mmelo@senagua.gob.ec	
17	José Almuída	SENAGUA	081099760	joanatal@yehos.com	
18	LAURO MONTESDEOCA ACOSTA	DEPARTAMENTO HIDROGRAFICA MANABI	087154334	lauro.montesdeoca@senagua.gob.ec	
19	Renzo Patricio Jerovi Najera	SENAGUA	099204935	renzojerovi@hotmail.com	
20	ASAFI SANCHEZ LOPEZ	D.H. PASTAZA -	06106106	isaf/2051@fhdoo.es	
21	MIGUEL MONTALUISA CARRERAS	D.H. PASTAZA	098749246	miguel.montaluisa@senagua.gob.ec	
22	Rosario Torres Ovilla	SENAGUA. A.J	094150193	rosar.torres@senagua.gob.ec	
23	Greys Vizcaino Coral	SENAGUA	094534278	greys.vizcaino@senagua.gob.ec	



## SECRETARÍA NACIONAL DEL AGUA

## TALLER: "VALIDACION DE LA METODOLOGIA DE LA DIVISION HIDROGRAFICA DEL ECAUDOR"

Quito, 14-diciembre de 2010

Lugar: IAEN

Hora: 8:30 - 16:30

No.	NOMBRES Y APELLIDOS	INSTITUCION	TELEFONO	DIRECCION ELECTRONICA	FIRMA
24	RUBEN SOLIZANO	DEMAMC. MANABI	084933384	ruben.solizano@sema.gov.ec	
25	PATRICIO VIVERO	SSATIA	098212038	patricio.vivero@sema.gov.ec	
26	Alexandra Enriquez	SENAGUA - SNIPIH	38156404260	alexandra.enriquez@sema.gov.ec	
27	Hector Larreategui	SEPACUA. SIG	098771385	hlarreategui@sema.gov.ec	
28	XAVIER GARCIA	SENAGUA - SIRA	38156404260	xavier.garcia@sema.gov.ec	
29	Gloria Segovia	SENAGUA - BAVIZO	38156404260	gloria.segovia@sema.gov.ec	
30	Lorena Fosas	Consultor SIG	095482719	lorena.fosas@sigtierras.gov.ec	
31	FERNANDO SERRANO	SENAGUA	098365186	fernando.serrano@sema.gov.ec	
32					
33					
34					
35					

TALLER N°3: Delimitación y codificación de unidades hidrográficas mediante el método de Pfafstetter

**SECRETARIA NACIONAL DEL AGUA - UNION INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACION DE LA NATURALEZA**  
**TALLER DE PRESENTACION DE LA DIVISION HIDROGRAFICA DEL ECUADOR CON LA METODOLOGIA DE PFAFSTETTER**


LUGAR: HOTEL SEBASTIAN  
 FECHA: 5 DE ABRIL DE 2011  
 HORA: 09:00

No.	NOMBRE Y APELLIDOS	INSTITUCION	TELEFONO	CORREO ELECTRONICO	FIRMA ASISTENCIA
1	Gloria Ramirez Ordóñez	Gobierno Provincial del Guayas	088268570 092053152	garamire@espol.edu.ec	
2	MARCO CHERRES	GOBIERNO PROVINCIAL DEL AZUAY	089555169	mcherres@azuay.gob.ec	
3	Hónica Quiroga Cadena	Gobierno Provincial de Pichincha	099094388	patquiri@yahoo.es	
4	María Godoy Rofino	Gobierno Provincial A. El Oro	08473103	omangec@hotmail.com	
5	Melquisidec Wildez Encino	Gob. Prov. Aut. El Oro	090213746	melquisidecwt@gmail.com	
6	Carlos Bonilla Vega	Gob. Prov. Aut. de Chimborazo	092475582	cbonilla24@yahoo.com	
7	LUIS CACERES	G.O.B. PROV. PICHINCHA. DEEA	098131542	LCACERES@PICHINCHA.GOB.EC	
8	FELIX VALDEZ	SENPLADES	3998900 al 2004	fvaldez@senplades.gob.ec	
9	ANGEL VILLA CAIGUA	Consejo de Gobierno de Galapagos	099441043	avilla@cgg.gob.ec	
10	EDGARDO PRADO ERAZO	GOBIERNO PROVINCIAL DE ESMERALDAS	095001978	edgardo_prado@yahoo.es	
11	GIULIO SEGOVIA VILLALVA	SENAGUA	099244999	gulo.segovia@senagua.gob.ec	


	NOMBRE	INSTITUCION	TELEFONO	CORREO ELECTRONICO	FIRMA
12	Cristhian Rodas	CONCOPE	092939998	crodasg@concope.gob.ec	
13	Luisa Ramos L.	H.O.P. Tungurahua	082614899	luis_1485@hotmail.com	
14	Sabina Males Montero	GAD CHIMBORAZO	098131110	lasaby@hotmail.com	
15	JAVIER ESPIN	CONCOPE	095818922	jespin@concope.gob.ec	
16	Katty Mendoza	G.P. Manabí	088915061	Kmendoza@manabi.gob.ec	
17	Lorena Rosas	HAGAP	095487719	lorena.rosas@sistemas.gob.ec	
18	Milton BARRAGAN	Gobierno Provincial Bolívar	094503855	barragan285@hotmail.com	
19	CARLOS SANCHEZ	M.G.P.T	095005275	duccion.recurso.humano@tunamokos.gob.ec	
20	JAIME CERVANTES G	SENAGUA	081787895	jaim.e.cervantes@senagua.gob.ec	
21	JOSÉ A. EGAS	SENAGUA	091696261	jose.egas@senagua.gob.ec	
22	Ana Wala Murillo	SENPLADES	087289366	amurillo@senplades.gob.ec	
23	Ma. Belén Rivero	EcoCiencia	094307880	sig@ecociencia.org	
24	ANA TAPIA	CPC	084151198	analizing@hotmail	
25	Jonny Diaz	G.P.C.	084287171	jonny.diaz@yahoo.com	

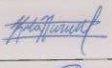
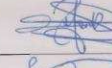





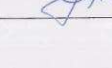
	NOMBRE	INSTITUCION	TELEFONO	CORREO ELECTRONICO	FIRMA
26	Franklin Acapine	G.P.T.S	07200430 ext 227 087214519	francapin@gpts.gov.ec osofear@yahoo.com	
27	SARA DANILO	FNATUMA	2272 - 863 ext. 301	sdanilo@fnatuma.org.ec	
28	Patricio Roa	GPN - NARIÑO	093304272	patricioroa@nariño.gov.ec	
29	JUAN JIBOJA VEGA	GPP - TACA	092798584	jibojajo@pukuncho.gov.ec	
30	Tanya Escobar	GPC - Carchi	098828055	tanya55555_9@hotmail.com	
31	XAVIER SEGOVIA	SENAGUA	3815640 ext. 222	xavier.segovia@senagua.gob.ec	
32	NUBIA ZANAFRIA	SENAGUA	3815640 ext 236	nubia.zanafria@senagua.gob.ec	
33	Ruben Avendaño S	GAD - Los Rios	05209926 052737055	rubenuavendano@losrios.gov.ec ruben_avendano@hotmail.es	
34	HECTOR ARREATECO	SENAGUA	09877325	hector.arreateco@senagua.gob.ec	
35					
36					
37					
38					
39					

TALLER N°4: Delimitación y codificación de unidades hidrográficas mediante el método de Pfafstetter y método semiautomático para la delimitación y codificación de unidades hidrográficas mediante el método de Pfafstetter.




SECRETARIA NACIONAL DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO  
TALLER  
"Presentación de la Metodología Pfafstetter para la División Hidrográfica del Ecuador"  
Quito, 16 de junio del 2011




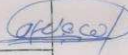
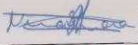






N°	INSTITUCIÓN	NOMBRE	CARGO	CEDULA	TELEFONO	CORREO	FIRMA
1	VE MAGAP - PRAT SIGTIERRAS	Karla Murillo	Jefa de Información Temática	1716150030	2546498	karla.murillo@sigtierras.gob.ec	
2	VE MAGAP PRAT	Silvana Lara	Directora de Cartografía	1711626786	2546498	silvana.lara@sigtierras.gob.ec	
3	VE MAGAP PRAT SIGTIERRAS	Lorena Rosas	Técnica de Geomática	174576509	2935913	lorena.rosas@sigtierras.gob.ec	
4	CLIRSEN	Mónica Delgado	Hidrologa	1713582551	091486500 084042278 2406588	Susi1713@yahoo.com moni_delgado@clirsen.gob.ec	
5	Clirsen	José Luis Rindencima	Responsable clima, Hidrología y Antares H.	1712574278	2599759	jose.luis.rindencima@clirsen.gob.ec	
6	INEC	JAVIER ANDINO	TECNICO DE GEOESTADISTICA	1705118806	2544326	javier.andino@inec.gob.ec	
7	EPHAPS	Mauricio Valladares Borja	Fundador	170523855	0994500 ext. 1405	mvalladares@ephaps.gob.ec	
8	SNGR.	NELSON VASQUEZ	TECNICO	1800969772	2732102	nvasquez@sngres.gob.ec	

Av. Juan León Mera No. 130 y Patria. PBX: 3978900. Fax: 3978900 Ext. 2320.




SECRETARIA NACIONAL DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO  
TALLER  
"Presentación de la Metodología Pfafstetter para la División Hidrográfica del Ecuador"  
Quito, 16 de junio del 2011




N°	INSTITUCIÓN	NOMBRE	CARGO	CEDULA	TELEFONO	CORREO	FIRMA
9	INAMHI	Anibal Vaca	SP6	0500462072	08466000	avaca@inamhi.gob.ec	
10	SNGR	NORMA PAREDES M.	Geografa	1717394678	096029119	nparedes@snries.gob.ec	
11	INIGEMM	Paulina Campodónico	Analista Geografa	171732127	2977000 EXT 3303	paulina_campodnico@inigemm.gob.ec	
12	INIGEMM	Andrea Santacruz J.	Analista Geografa	070179456	2977000 ext 3303	andrea_santacruz@inigemm.gob.ec	
13	SENACUA	Hector Larrea Ecu.	Tecnico	1101427167	098771385	hector.larrea@senacua.gob.ec	
14	INOCAR	Patricia Villa	Life Director Hidrografico	0602041003	2481300	pvilla@inocar.mil.ec	
15	SENPLADES	Felipe Valdez	Tecnico	1710725487	3978900	felipev@senplades.gob.ec	
16	SENPLADES	Aljama Tapetto	Coord. Comp Territorial	1711181162	3978900 ext 2433	aljama@senplades.gob.ec	

Av. Juan León Mera No. 130 y Patria. PBX: 3978900. Fax: 3978900 Ext. 2320.



SECRETARIA NACIONAL DE PLANIFICACION Y DESARROLLO  
TALLER  
"Presentación de la Metodología Pfafstetter para la División Hidrográfica del Ecuador"  
Quito, 16 de junio del 2011



N°	INSTITUCIÓN	NOMBRE	CARGO	CEDULA	TELEFONO	CORREO	FIRMA
	INAMHI	ANDRÉS GUERRERO	TÉCNICO SIG	1715815245	2408-576 3971100	aguerrero@ inamhi.gob.ec	<i>[Firma]</i>
	INIGEMM	MARLON PONCE	COORDINADOR PROYECTO	1305104455	2977000 ext 3304	marlon.ponce@ inigemm.gob.ec	<i>[Firma]</i>
	INIGEMM	Catalina Delgado	Ing. Geólogo	171478962	2977000 ext 3308 016211005	Vitrofire@ inamhi.gob.ec catalina.delgado@ inigemm.gob.ec	<i>[Firma]</i>
	I.G.M.	FERNANDA LEÓN	INGENIERA GEODÉSICA	1715990105	3975100 EXT. 2125	fernanda.leon@ mail.igm.gob.ec	<i>[Firma]</i>
	IGM	Rosa Cuesta	Geógrafa	1709246050	3975100 EXT 2112	rosa.cuesta@ mail.igm.gob.ec	<i>[Firma]</i>
	COOPRE	Miguel Luciano	Geógrafo	1703528070	3938980 EX: 2131	mluciano@ Senplades.gob.ec	<i>[Firma]</i>
	SENAGUA	Sebastián Vascón	Com. Visual	1715859623	057401210	sebastian.vascon@ senagua.gob.ec	<i>[Firma]</i>
	Senagua	Micaela Espinosa	Asistente	1723509954	08332871	Sarmicela@ senagua.gob.ec	<i>[Firma]</i>

Av. Juan León Mera No. 130 y Patria. PBX: 3978900. Fax: 3978900 Ext. 2320.



**ANEXOS 4.5**  
**MEMORIA TÉCNICA**

2011

# Memoria técnica

DELIMITACIÓN Y CODIFICACIÓN DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE LA CUENCA DEL RÍO ESMERALDAS, ESCALA 1:50.000, POR EL MÉTODO DE PFAFSTETTER, MEDIANTE EL USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Descripción del procedimiento técnico realizado en ArcGis versión 9.3, para delimitar semiautomáticamente unidades hidrográficas, aplicando la metodología de Pfafstetter

Lorena Alexandra Rosas Mena

SENAGUA

01/06/2011



---

## ÍNDICE DE MEMORIA TÉCNICA

**INTRODUCCIÓN 124**

**RESUMEN 124**

**METODOLOGÍA 125**

IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO 125

ESTRUCTURACIÓN PARA FORMATO SIG 126

Edición cartográfica 126

Estandarización, estructuración y sistematización 127

Creación de los elementos clasificados según su topología 127

Creación de las Bases de Datos Espacial 127

**PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA LA DELIMITACIÓN DE UNIDADES  
HIDROGRÁFICAS 129**

Generación del modelo digital de elevación 132

Generación del modelo de dirección de flujo 137

Generación del modelo de acumulación de flujo 138

*Generación del enlace de corrientes “stream link”* 146

*Generación de cuencas hidrográficas “watershed”* 148

Generación Vectorial de Unidades Hidrográficas 158

Codificación de Unidades Hidrográficas 160

**UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE LA CUENCA DEL RÍO ESEMERALDAS 164**

## **PROCEDIMIENTO SEMIAUTOMÁTICO PARA LA DELIMITACIÓN Y CODIFICACIÓN DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS**

### **CASO: CUENCA DEL RIO ESMERALDAS**

#### **INTRODUCCIÓN**

Esta memoria técnica detalla el procedimiento técnico realizado en el Software ArcGis versión 9.3, para delimitar y codificar las unidades hidrográficas de la cuenca del río Esmeraldas aplicando la metodología Pfafstetter.

#### **RESUMEN**

El insumo primordial para la delimitación y codificación de unidades hidrográficas mediante el método de Pfafstetter en la cuenca del río Esmeraldas, es el modelo digital de elevación, el mismo que parte de la generación de cartografía base altimétrica, para lo cual se usó las coberturas de curvas de nivel y puntos acotados, entregadas en formato dgn., por el Instituto Geográfico Militar (IGM) a la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA); estos dos objetos tuvieron que ser estructurados para su uso en un Sistema de Información Geográfica, para lo cual se los convirtió a formato shapefile, para su posterior edición en ArcGis versión 9.3.

La edición, consistió en la corrección de errores tales como: líneas que no cierran, líneas que sobrepasan el punto de unión, líneas sobrepuestas, líneas cortadas, eliminación de pseudo-nodos, formación de polígonos en la continuidad de una línea, inserción de datos que faltan y la creación de la topología.

## METODOLOGÍA

### Identificación del área de estudio

Para la identificación del área de estudio se utilizó la cobertura de división hidrográfica por el método de Pfasfetter, nivel 3, para Sudamérica escala 1:1'000.000 elaborado por la UICN Sur y la SGCAN, en el 2008, la misma que fue generada a partir del modelo de dirección de flujo de resolución espacial 15'' de arco equivalente a ½ km. Descargado del proyecto Hydrosheds de la USGS, usando como referencia para la identificación de la cuenca del río Esmeraldas, la división hidrográfica utilizada en el Ecuador, al nivel de cuencas. Figura 1

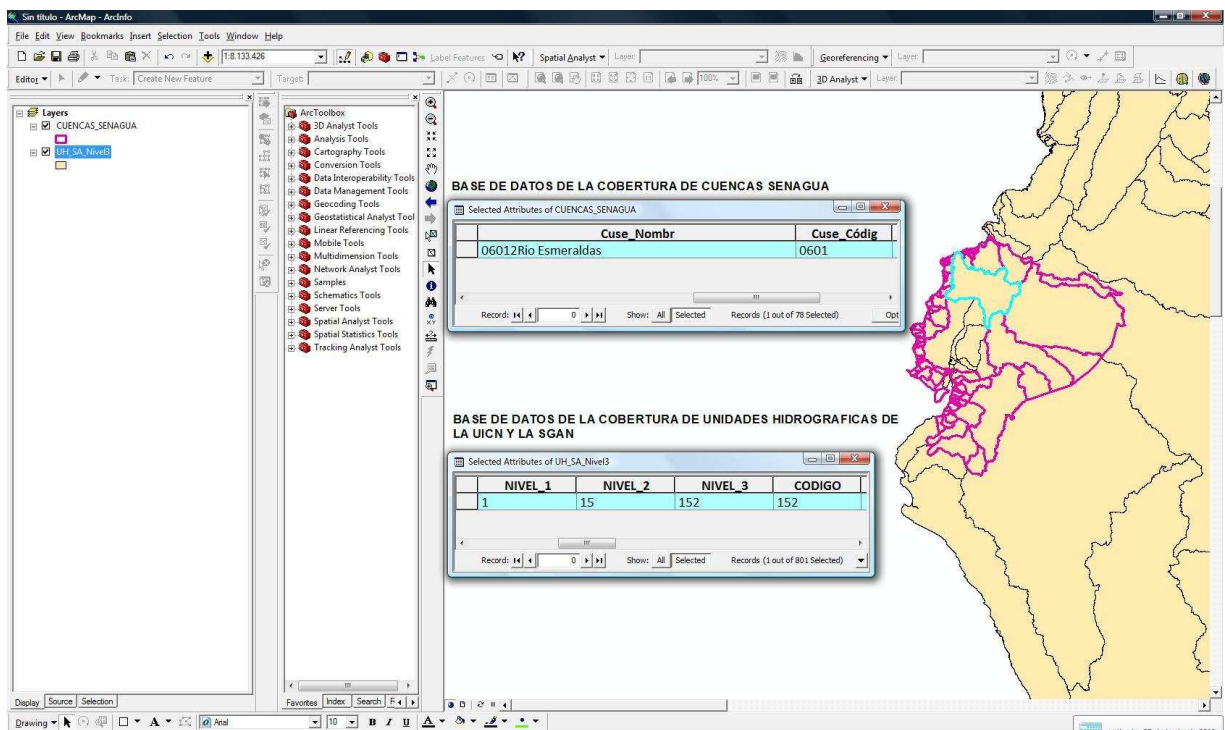
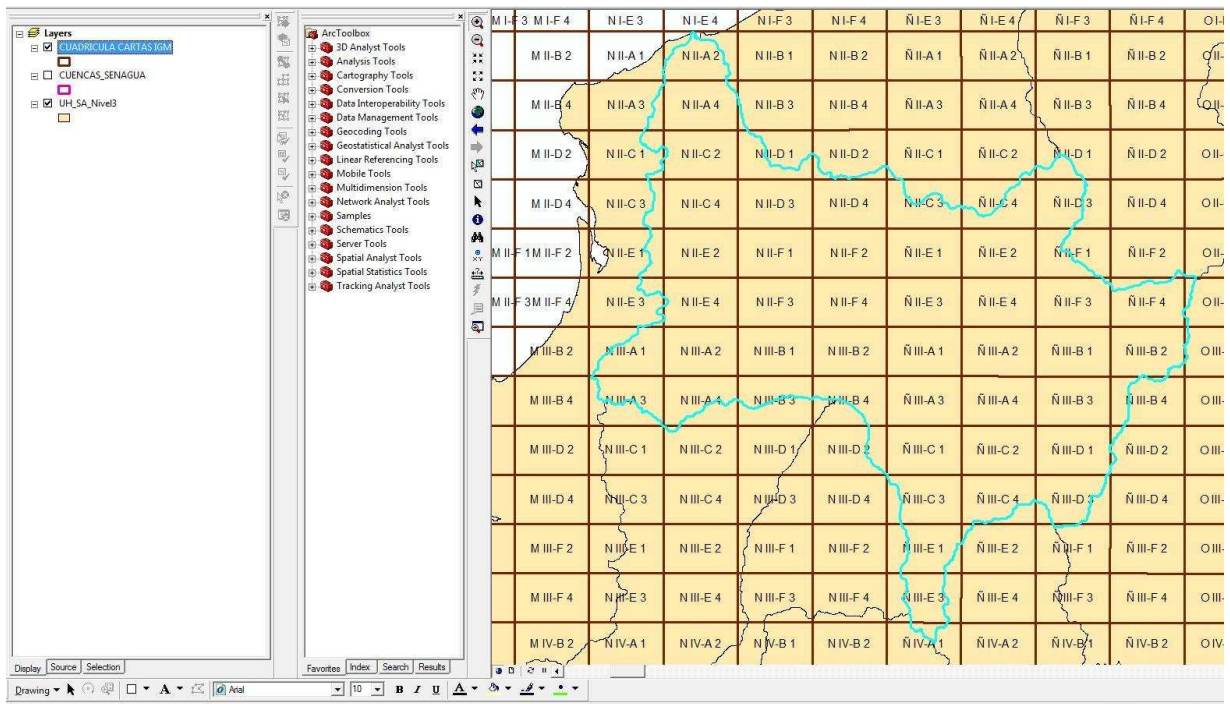


Figura 1: Ubicación de la cuenca del río Esmeraldas: Elaborado por la autora

Ubicada el área de la cuenca del río Esmeraldas, se prosigue a identificar las cartas topográficas generadas por el IGM, que intervienen en el área de estudio. Figura 2



*Figura 2: Identificación de las cartas topográficas que intervienen en la cuenca del río Esmeraldas. Elaborado por la autora*

## **Estructuración para formato SIG**

Esta actividad está constituida por dos procesos específicos: la edición cartográfica propiamente dicha y la estandarización y sistematización de la misma.

### **Edición cartográfica**

Las cartas topográficas que dispone la SENAGUA, se encuentran en formato dgn., los objetos que se desean utilizar (curvas de nivel, puntos acotados, vías y red hidrográfica) deben ser exportados a formato shapefile, para su posterior edición en ArcGis.

Una vez que los objetos estén en el formato shapefile, se prosigue a la edición cartográfica que consiste en la corrección de problemas comunes de los procesos de levantamiento de información: incorporación de elementos omitidos por error, corrección de elementos ingresados varias veces (overlap), corrección de elementos que no llegan a empatarse con los elementos que deberían (undershoots) o que sobre pasan de los elementos con los que deberían intersectarse (overshoots), edición de empalmes (dangles), entre otras correcciones.

### **Estandarización, estructuración y sistematización**

La estructuración para formato SIG contempla la vinculación de la información alfanumérica.

La información alfanumérica ingresada es aquella que facilita la descripción de los diversos rasgos geográficos del área de estudio y aporta a la obtención de capas temáticas de la zona y que permite realizar cálculos para los modelamientos SIG. El proceso de validación, es la relación que existe entre las diferentes capas temáticas (parte gráfica) y la información alfanumérica, obteniéndose una relación directa entre cada uno de los rasgos geográficos con los atributos, descripciones, características y otros elementos obtenidos de la información alfanumérica.

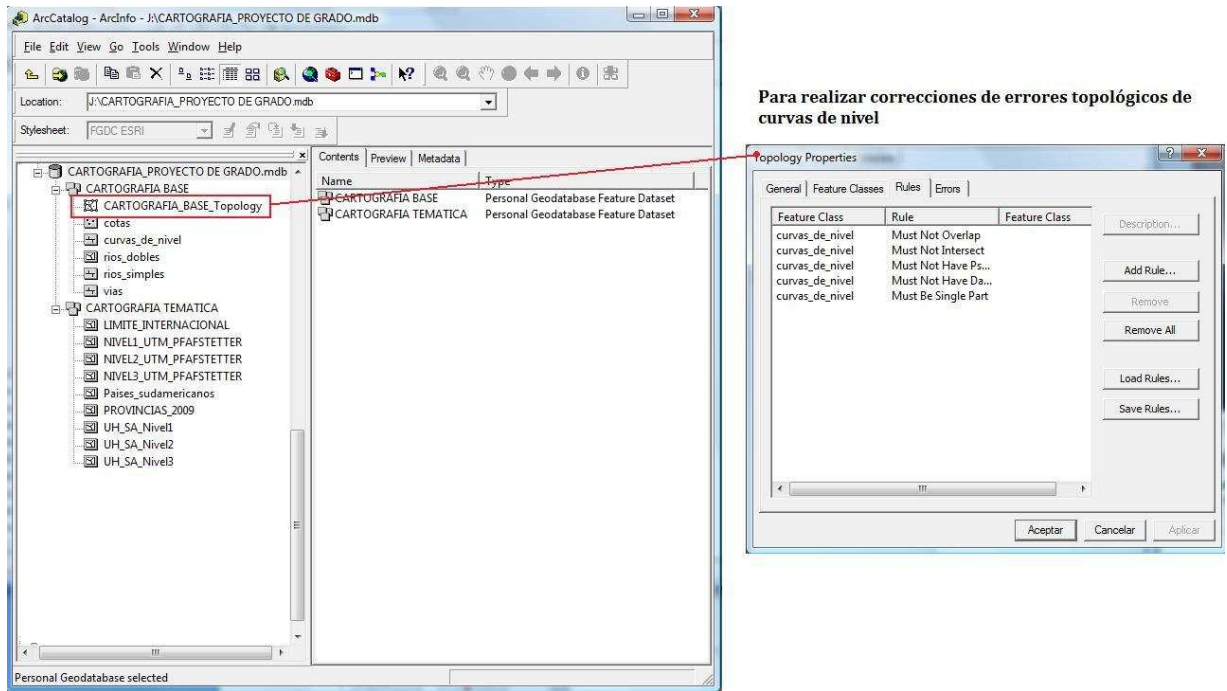
### **Creación de los elementos clasificados según su topología**

La creación de topología consiste en la validación de todos los elementos gráficos levantados en un sistema CAD (en este caso MicroStation) y llevados a un SIG donde se reconoce cada elemento como una unidad.

La creación de topología es el elemento que distingue a un SIG de un CAD; los diferentes tipos de elementos poseen características topológicas diferentes, de tal modo que, los puntos son reconocidos con topología de puntos, las líneas con topología de líneas y, los conjuntos de líneas adyacentes y que forman unidades cerradas son creados con topología de polígonos.

### **Creación de las Bases de Datos Espacial**

La creación de las bases de datos contempló la incorporación de toda la información alfanumérica que consta dentro de las cartas topográficas, a saber: nombres de los ríos, tipo de vía y altura del terreno.



Para realizar correcciones de errores topológicos de curvas de nivel

Figura 3: Estructura de la Geodatabase para el proyecto. Elaborado por la autora

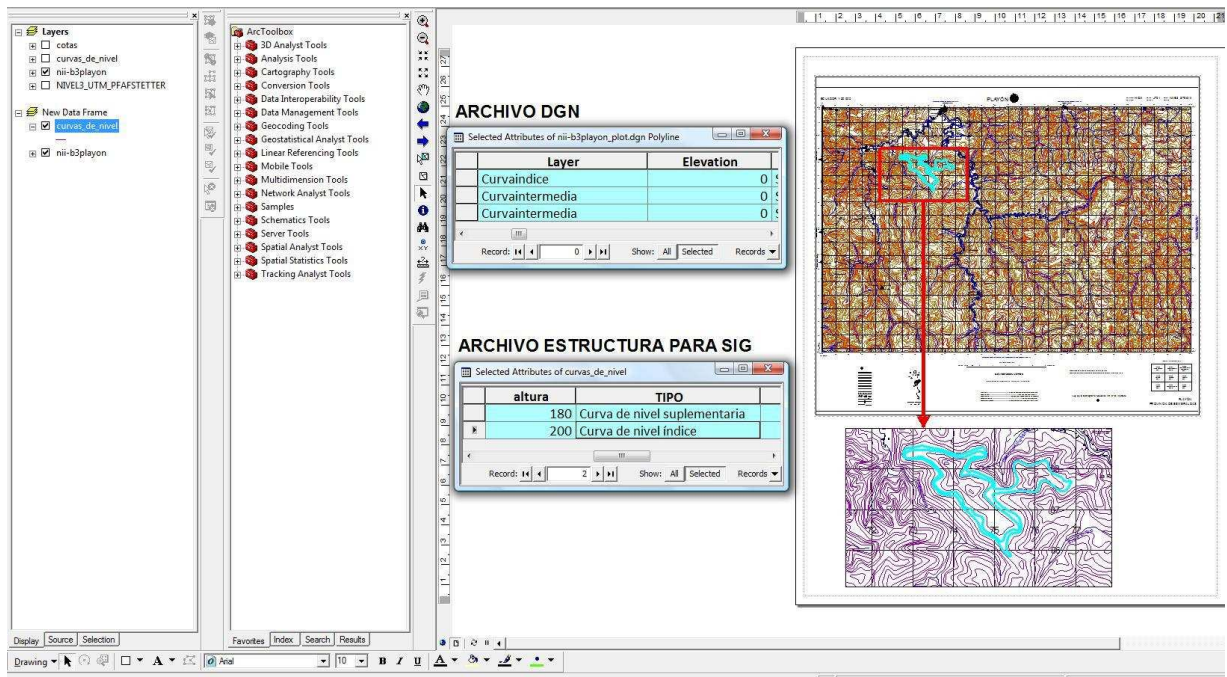


Figura 4: Ejemplo de la información cartográfica estructurada, elaborado por la autora



### **Procedimiento específico para la delimitación de unidades hidrográficas**

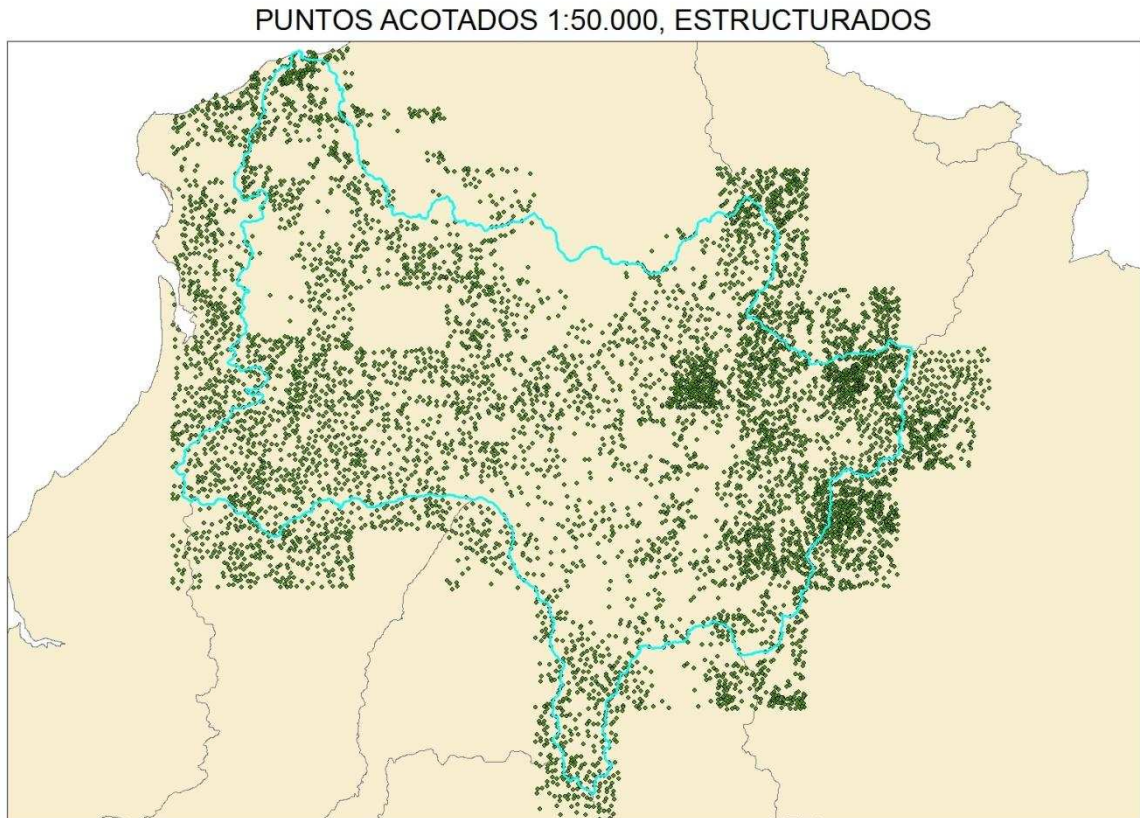
Cualquier método para delimitar unidades hidrográficas, ya sean manual o digitalmente mediante procesos semiautomáticos, conducen al mismo objetivo, pero, la diferencia es la precisión y el tiempo que conlleva cada uno; Entonces, es allí donde el método que se utilice y principalmente la información base, determinarán la calidad del producto de salida.

El insumo a utilizarse en este trabajo son las coberturas geográficas altimétricas (curvas de nivel y puntos acotados, 1:50.000 generados por el IGM), en función de los objetivos finales del trabajo: Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas de la cuenca del Esmeraldas, a escala 1:50.000.

La edición y estructuración que se realizó para el uso de las coberturas antes mencionadas, es precisamente para poderlas utilizar en el procesamiento y modelamiento SIG. Figuras 5 y 6.



*Figura 5: Curvas de nivel editadas y estructuradas para su uso en un SIG. Elaborado por la autora*



*Figura 6: Puntos acotados editados y estructurados para su uso en un SIG. Elaborado por la autora*

Haciendo uso de la herramienta Analysis Tools de la caja de herramientas de ArcGis, se debe generar un área de influencia mayor al área que se tiene definida como cuenca del río Esmeraldas, es decir crear un buffer de 500 mtrs., alrededor de la cuenca del río Esmeraldas, el cual servirá como máscara para las coberturas de curvas de nivel y puntos acotados. Este paso se lo suele realizar debido a la extensión que cubre la información y para mayor comodidad en el manejo de ésta, es necesario extraer solo lo que interesa y está dentro la unidad a trabajar. Figura 7

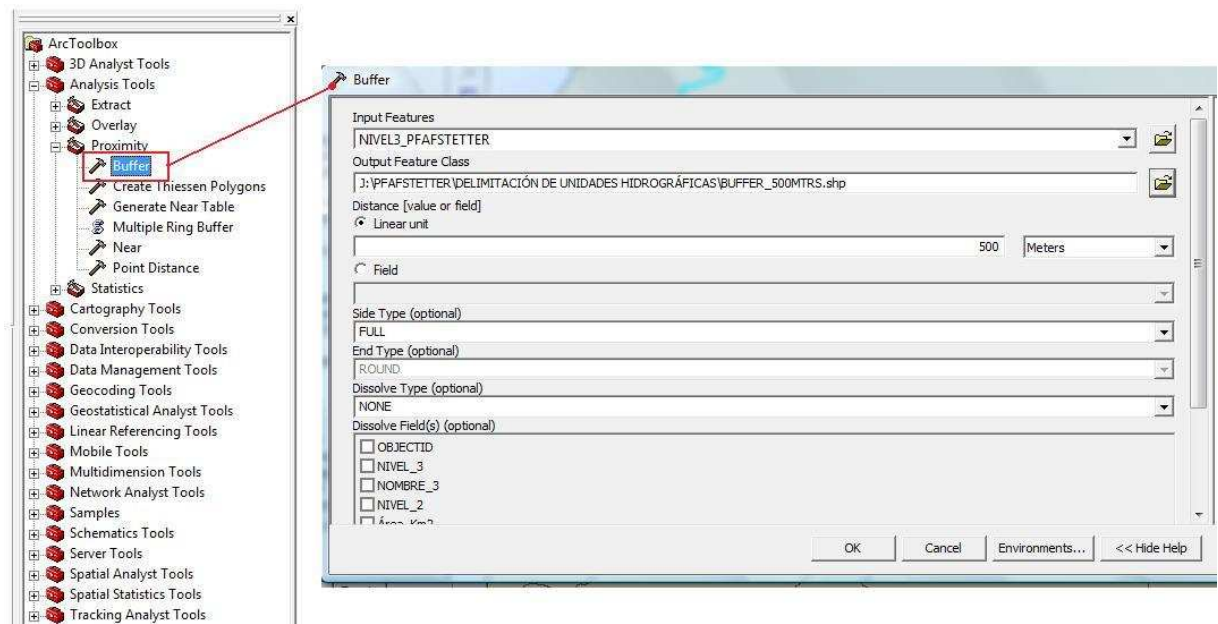


Figura 7: Creación del buffer a 500 mtrs., del la cuenca del Esmeraldas. Elaborado por la autora

Una vez generado el buffer, se prosigue a realizar un corte de las coberturas de curvas de nivel y puntos acotados. Figura 8

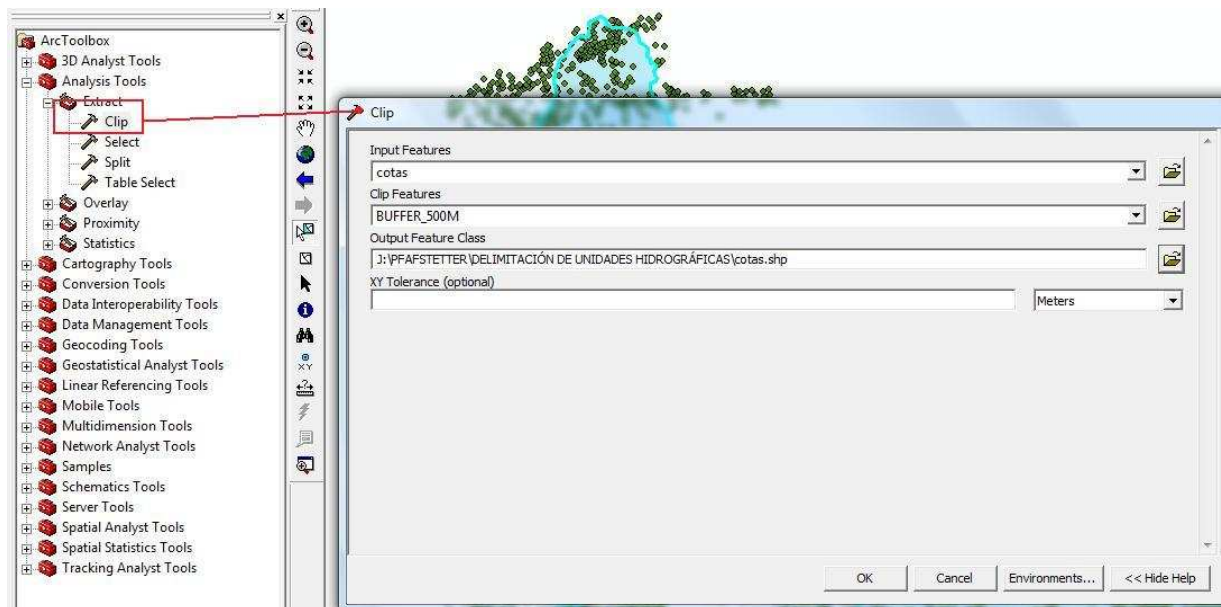


Figura 8: Procedimiento para realizar el corte de las coberturas: curvas de nivel y puntos. Elaborado por la autora

## Generación del modelo digital de elevación

Una vez obtenidos los cortes de puntos acotados y curvas de nivel, se debe crear el modelo digital de elevaciones como una red triangular, esto se logra con el uso de la extensión 3D Analyst, en donde se encuentra la opción Crear/Modificar TIN (Create/Modify TIN). Figuras 9 y 10

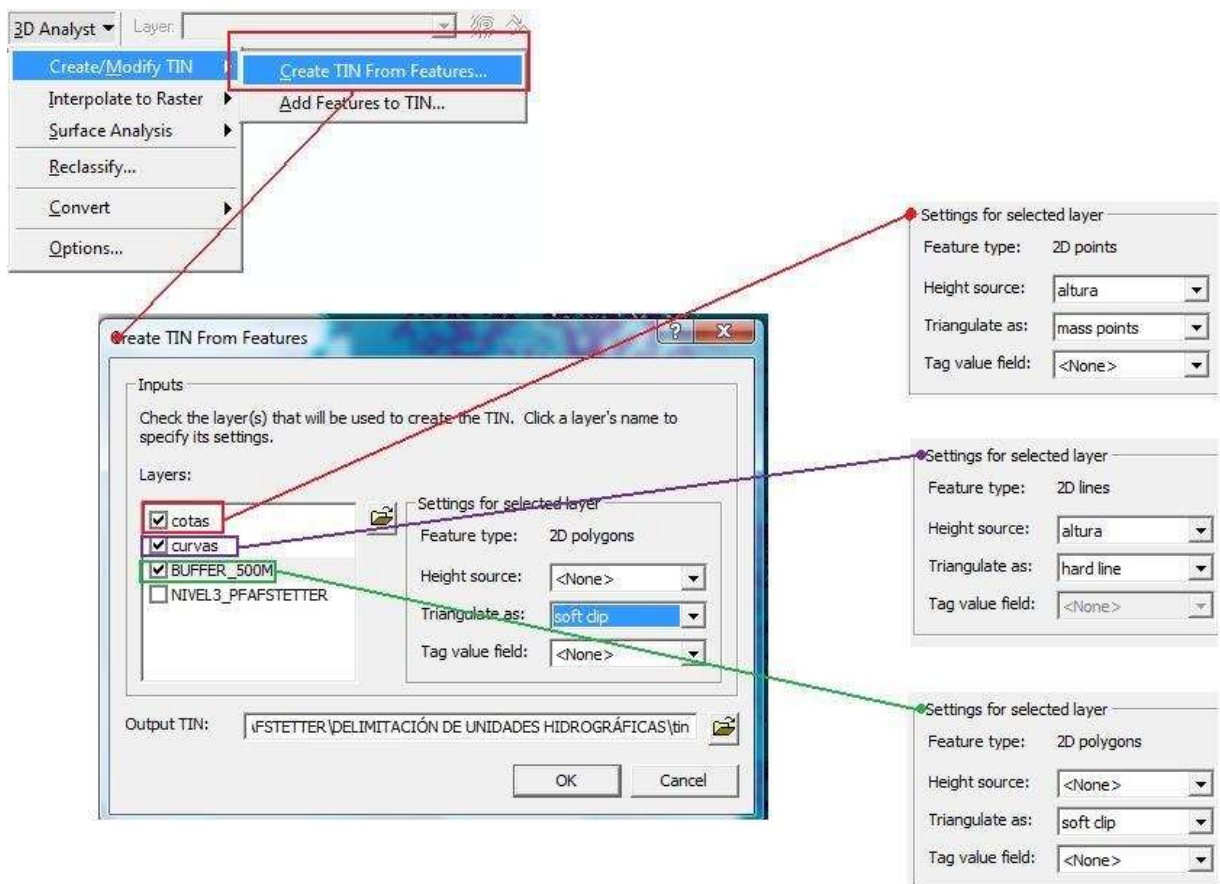


Figura 9: Procedimiento para realizar el modelo digital de elevación de la cuenca del río Esmeraldas. Elaborado por la autora

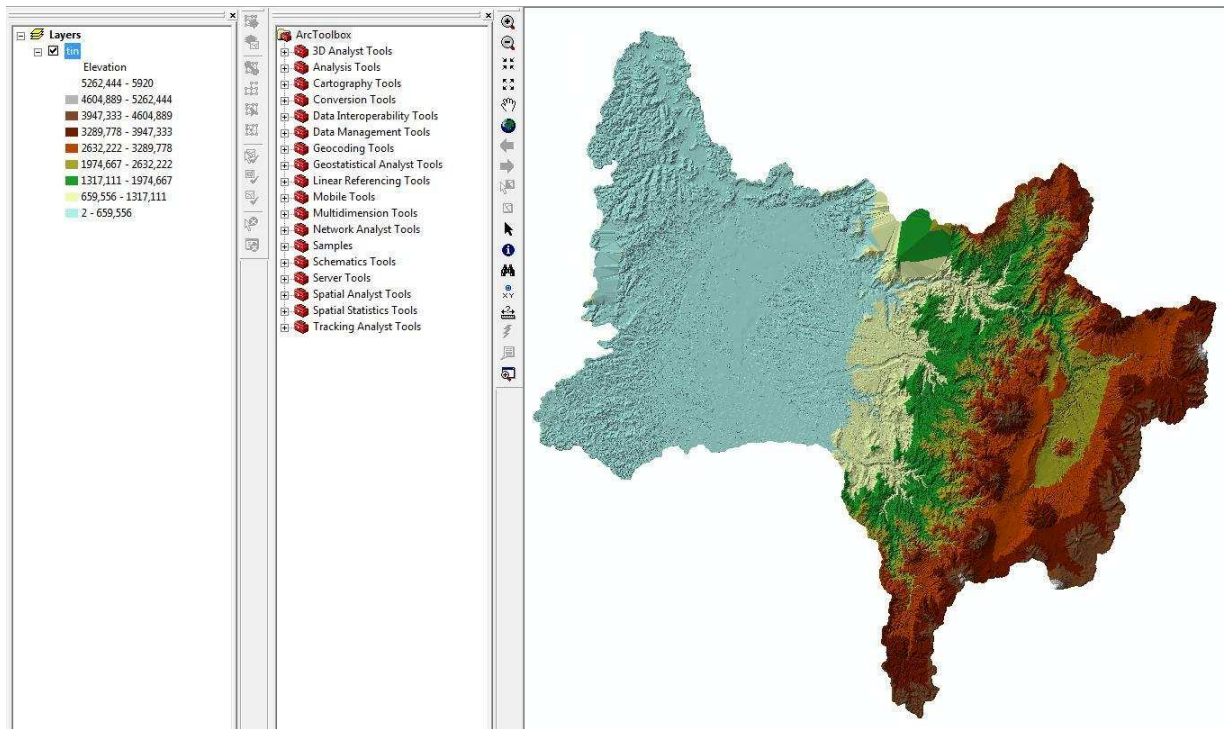
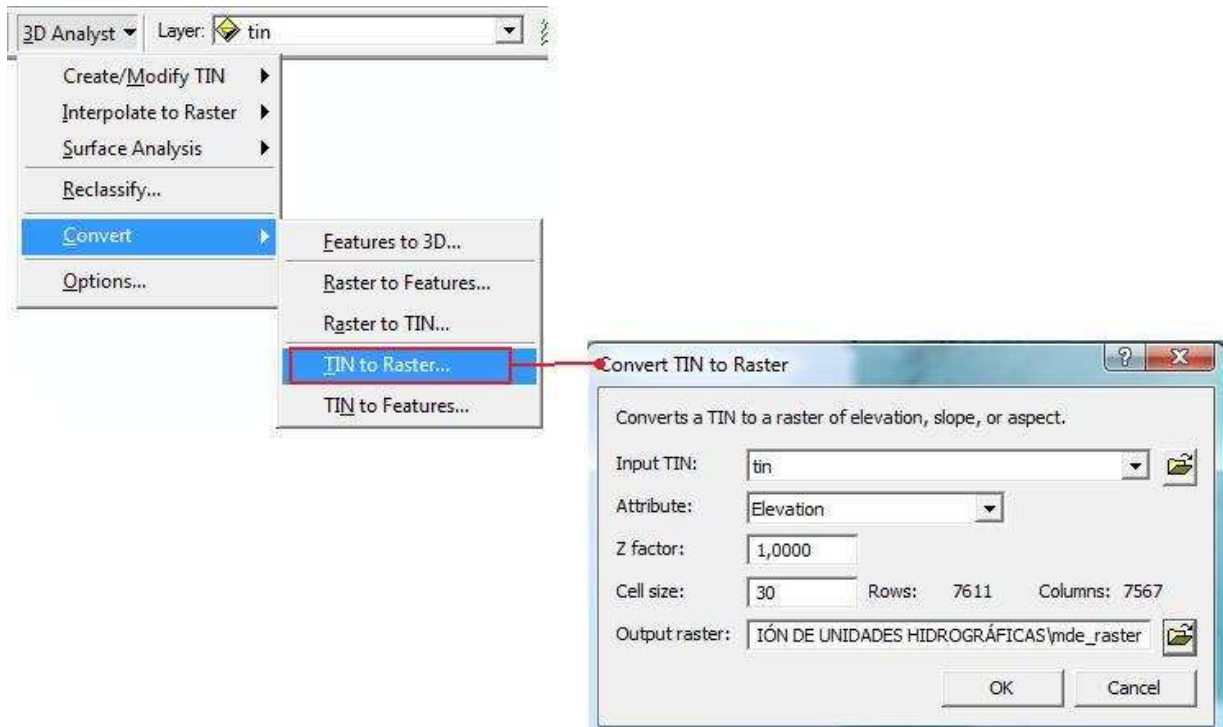


Figura 10: TIN del modelo digital de elevación. Elaborado por la autora

Para el procesamiento posterior del modelo digital de elevación se lo debe transformar a formato raster, para ello usamos de igual forma la extensión 3D Analyst, opción Convert TIN to Raster. Figuras 11 y 12



Parámetro	Explicación
Input TIN	El TIN que se convertirá
Attribute	El atributo que se desea obtener, en este caso la elevación
Z factor	El factor por el cual se multiplicarán las alturas del ráster resultante a partir de aquellas del TIN de entrada; se utiliza para convertir las unidades z en unidades x e y.
Cell size	El tamaño de la celda del ráster de salida
Nombre	Explicación
Output raster	El ráster de salida

Figura 11: Procedimiento para convertir el TIN del modelo digital de elevación a formato raster. Elaborado por la autora

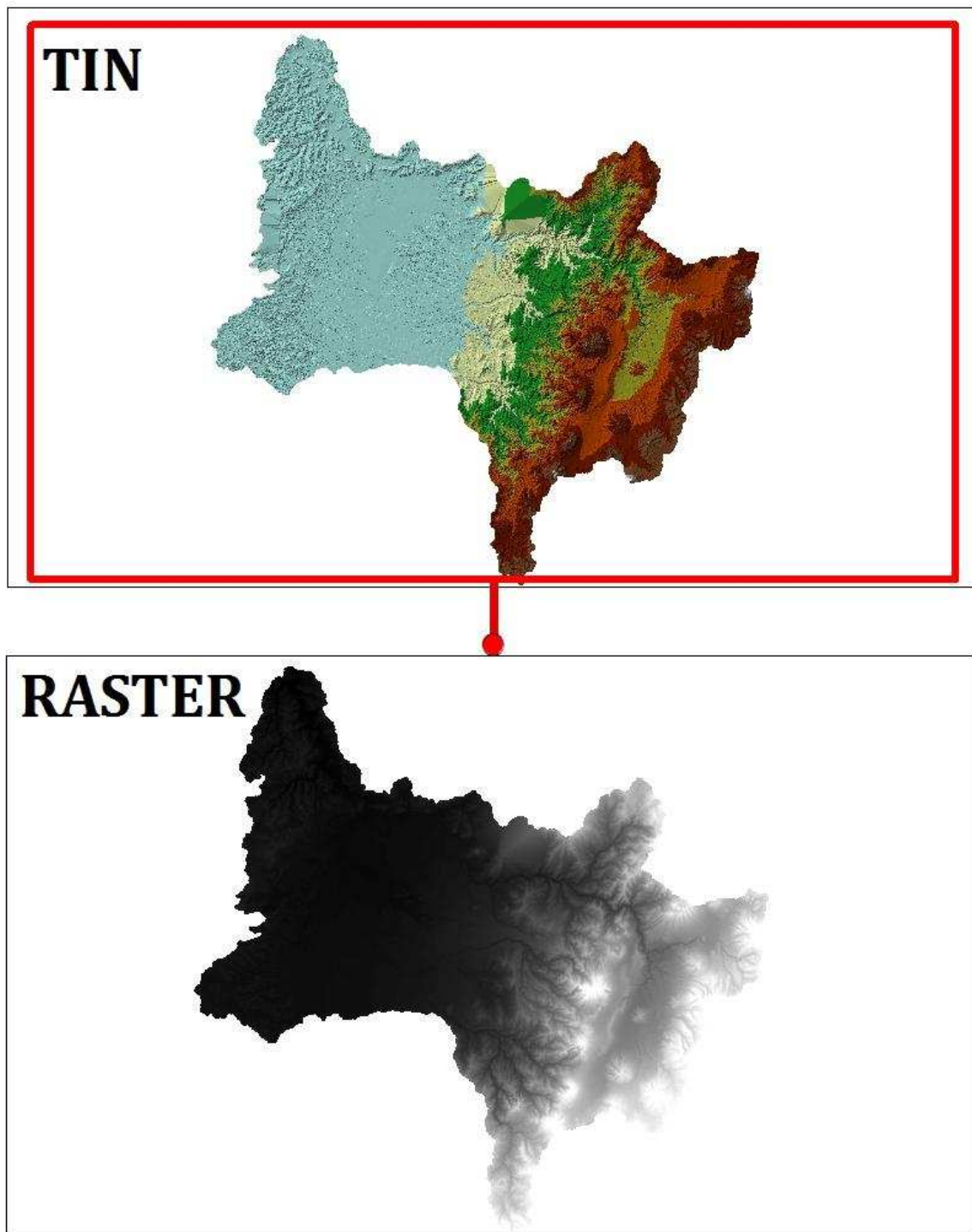
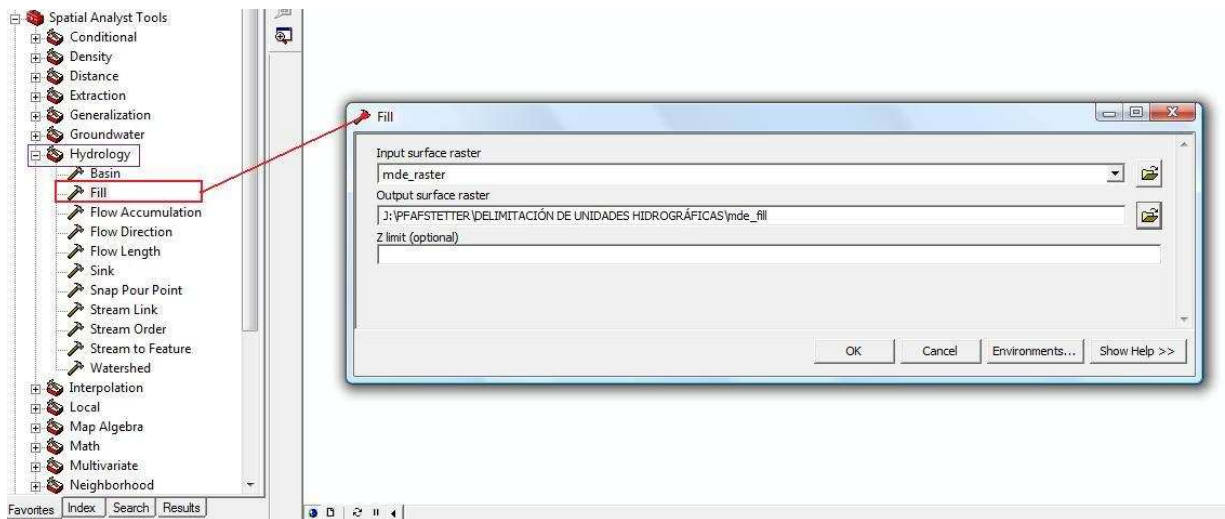


Figura 12: Representación de la conversión de TIN a RASTER. Elaborado por la autora

La existencia de depresiones puede responder a una forma real del terreno pero, más frecuentemente, se debe a cálculos derivados de la generación del MDE. La presencia de depresiones tiene importancia en el caso de los MDE destinados a la simulación de procesos hidrológicos ya que interrumpen las líneas de flujo, por ello se debe rellenar depresiones del modelo digital de elevación tipo raster, lo cual implica un proceso sencillo, con el uso de la herramienta Hydrology de la extensión Spatial Analyst. Figura 13.



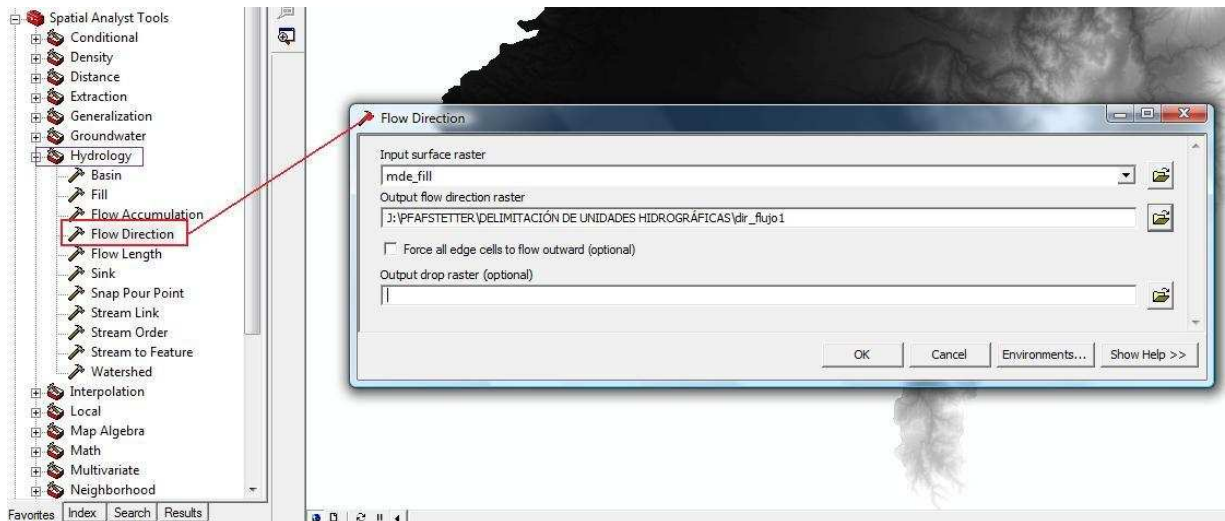
Parámetro	Explicación
Input surface raster	Ráster de entrada que representa una superficie continua
Z limit (optional)	Si la diferencia en los valores de z entre un sumidero y su punto de fluidez es mayor que z limit, ese sumidero no se rellenará. Por defecto, se rellenarán todos los sumideros, independientemente de la profundidad.
Nombre	Explicación
Output surface raster	El ráster de superficie de salida después de haber rellenado los sumideros.

Figura 13: Procedimiento para rellenar depresiones del modelo digital de elevación. Elaborado por la autora



## Generación del modelo de dirección de flujo

Con el modelo digital de elevación optimizado (relleno de las depresiones) en formato raster, se genera la dirección de flujo con el uso de la herramienta Hydrology de la extensión Spatial Analyst. Figuras 14 y 15



Parámetro	Explicación
Input surface raster	Ráster de entrada que representa una superficie continua
Force all edge cells to flow outwards (optional)	Especifica si las celdas del borde se desplazarán siempre hacia fuera o seguirán las reglas de flujo normales.
Output drop raster (optional)	Un ráster de salida de caída opcional. El ráster de caída muestra la proporción del cambio máximo en la elevación desde cada celda a lo largo de la dirección del flujo hasta la longitud de la ruta entre centros de celda, expresada en porcentajes.
Nombre	Explicación
Output flow direction raster	El ráster de salida que muestra la dirección del flujo desde cada celda hasta su vecina con la pendiente descendente más empinada.

Figura 14: Procedimiento para generar el modelo de dirección de flujo. Elaborado por la autora

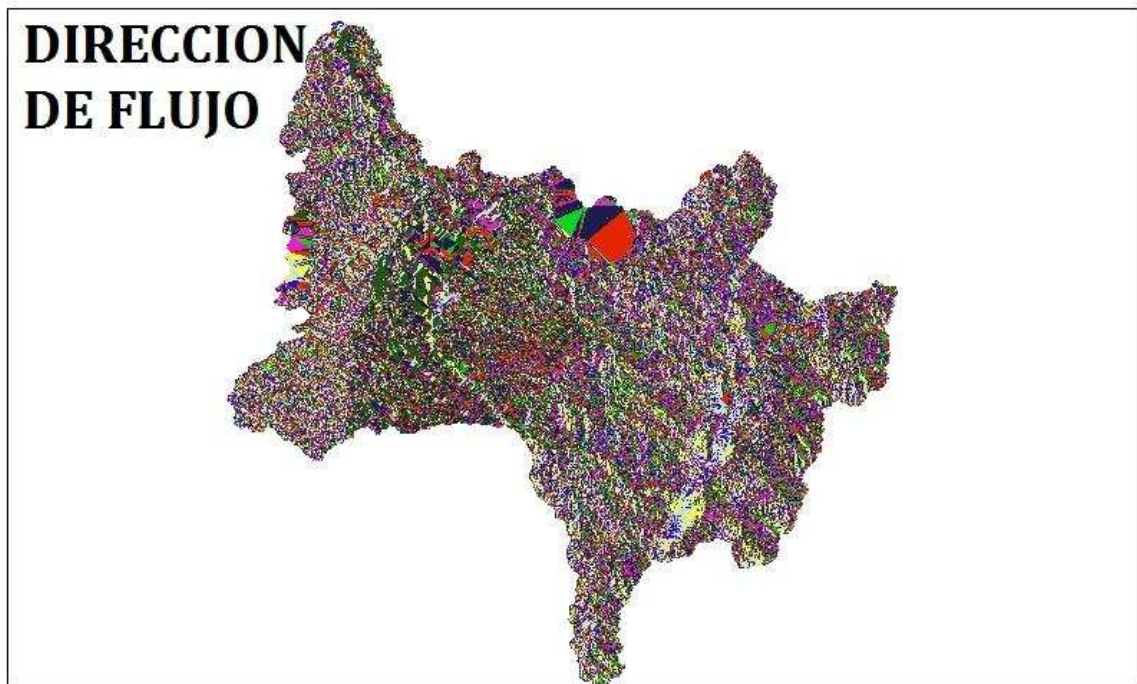
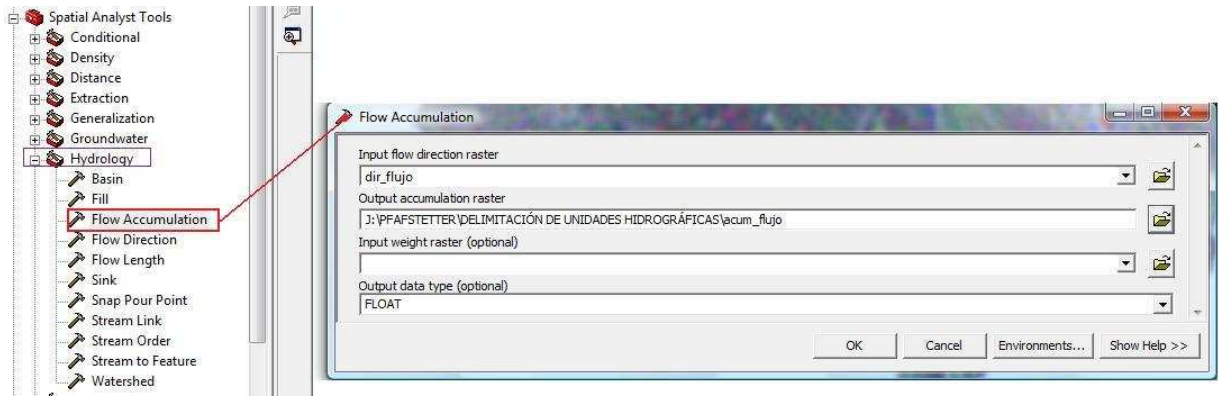


Figura 15: Dirección de flujo. Elaborado por la autora

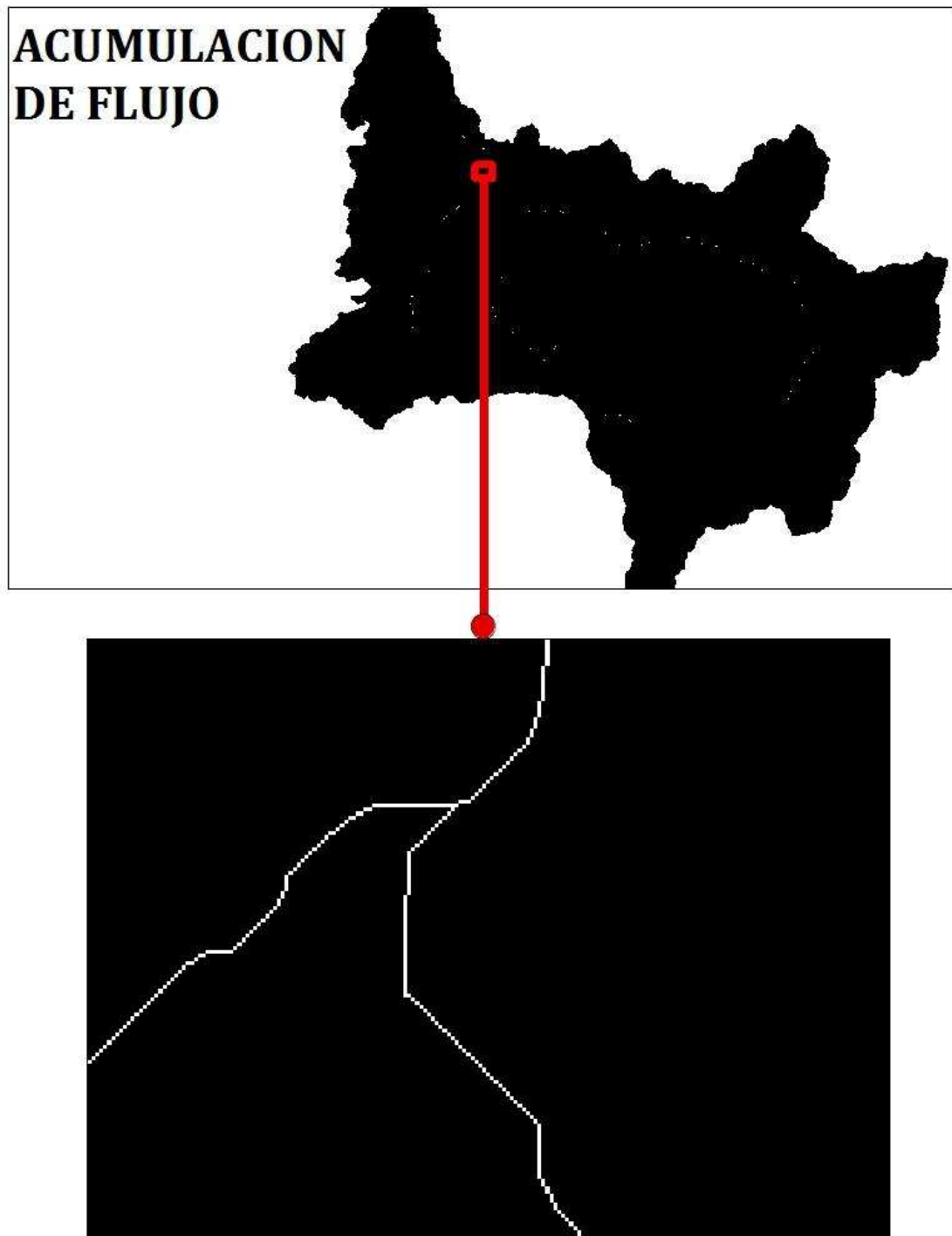
### **Generación del modelo de acumulación de flujo**

Con la dirección de flujo, se genera la acumulación de flujo, usando la herramienta Hydrology de la extensión Spatial Analyst. Figuras 16 y 17



Parámetro	Explicación
Input flow direction raster	Ráster de entrada que muestra la dirección del flujo de cada celda.
Input weight raster (optional)	Si no se especifica ningún ráster de peso, se aplicará un peso predeterminado de 1 a cada celda. Para cada celda del ráster de salida, el resultado será la cantidad de celdas que fluyan en el mismo.
Output data type (optional)	El ráster de acumulación de salida puede ser de tipo entero o punto flotante (esta es la configuración predeterminada).
Nombre	Explicación
Output accumulation raster	El ráster de salida que muestra el flujo acumulado para cada celda.

Figura 16: Procedimiento para generar la acumulación de flujo. Elaborado por la autora



*Figura 17: Acumulación de flujo. Elaborado por la autora*

Es importante mencionar que la acumulación de flujo debe ser visualizada en forma clasificada por dos clases, lo que denota acumulación de flujo (representación de un río) y lo que va a ser descartado. Figura 18

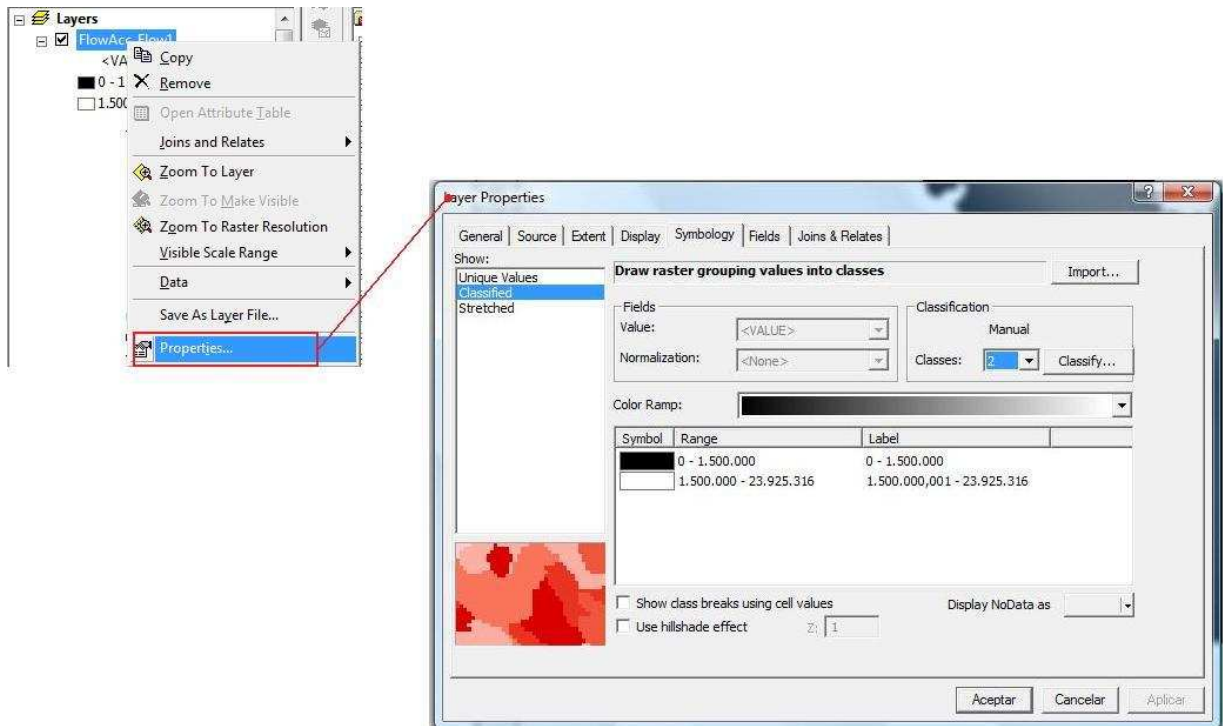


Figura 18: Propiedades de la acumulación de flujo, en donde se debe seleccionar la forma clasificada. Elaborado por la autora

Entonces visualmente, la acumulación de flujo no podrá ser representada estirada ni con valores únicos.

En el caso de que elegida la forma de visualización clasificada, aparezca un mensaje de error como el siguiente:



Esto se debe a que el número máximo de valores únicos para representar, limita el número de valores únicos que puede contener un dataset ráster para que se pueda representar con el renderizador de visualización de valores únicos. De forma predeterminada, el número máximo de valores únicos es 65.536. Para que nos permita visualizar por clases la acumulación de flujo, este valor debe ser incrementado si se tiene más valores únicos, en el caso de esta aplicación el número máximo de valores únicos se lo definió de 10'065.536.

Figura 19

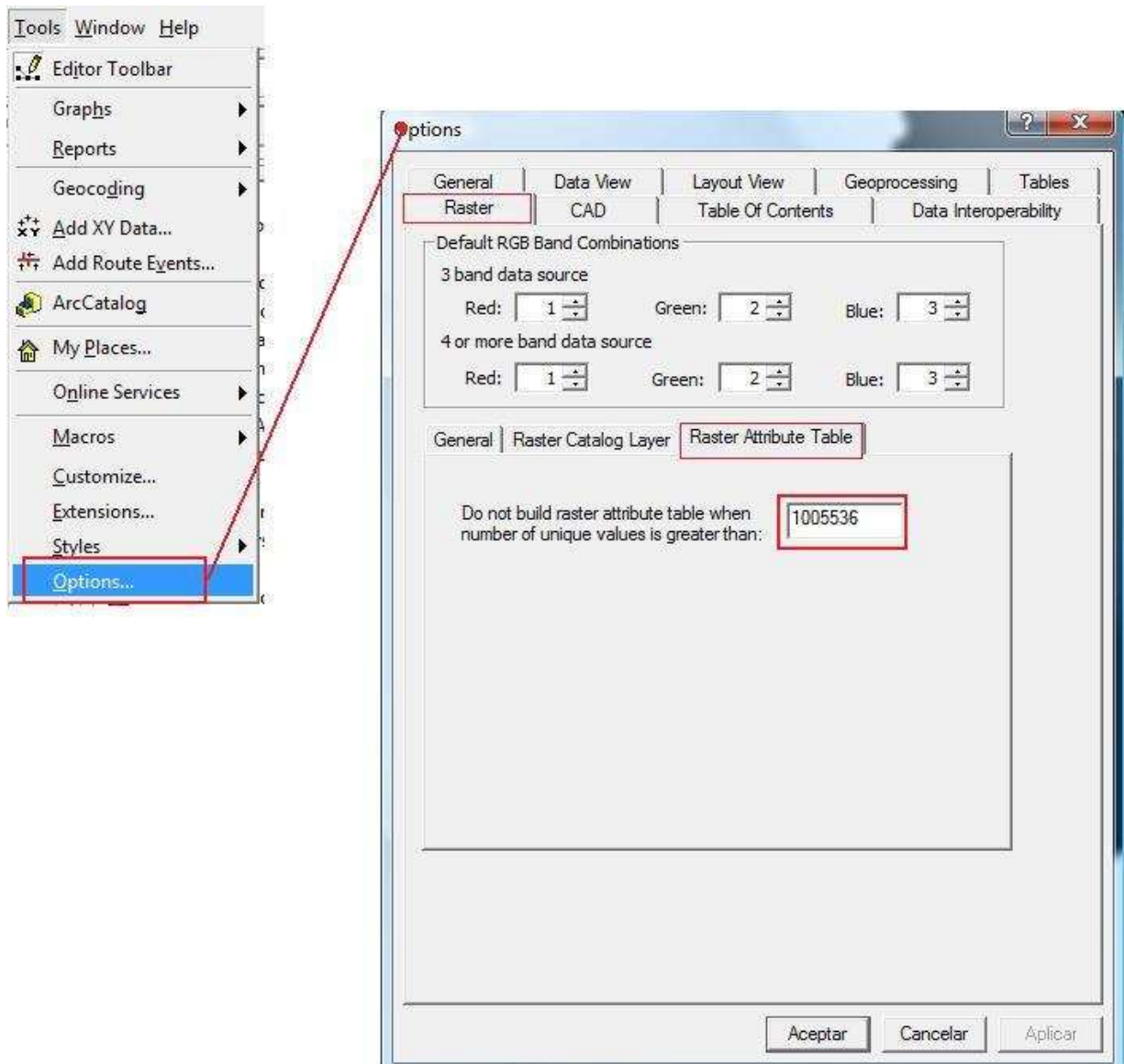


Figura 19: Establecimiento del valor único de visualización de un ráster, en cualquiera de las aplicaciones de ArcGIS Desktop. Elaborado por la autora

El ráster de ríos se crea "estableciendo el umbral" de los resultados de la herramienta Acumulación de flujo, esto es un mecanismo de prueba hasta visualizar el número de ríos que se desea, para generar las unidades hidrográficas de los mismos. Figura 20

- Mayor umbral disminuye la densidad de la red de drenaje
- Menor umbral aumenta la densidad de la red de drenaje

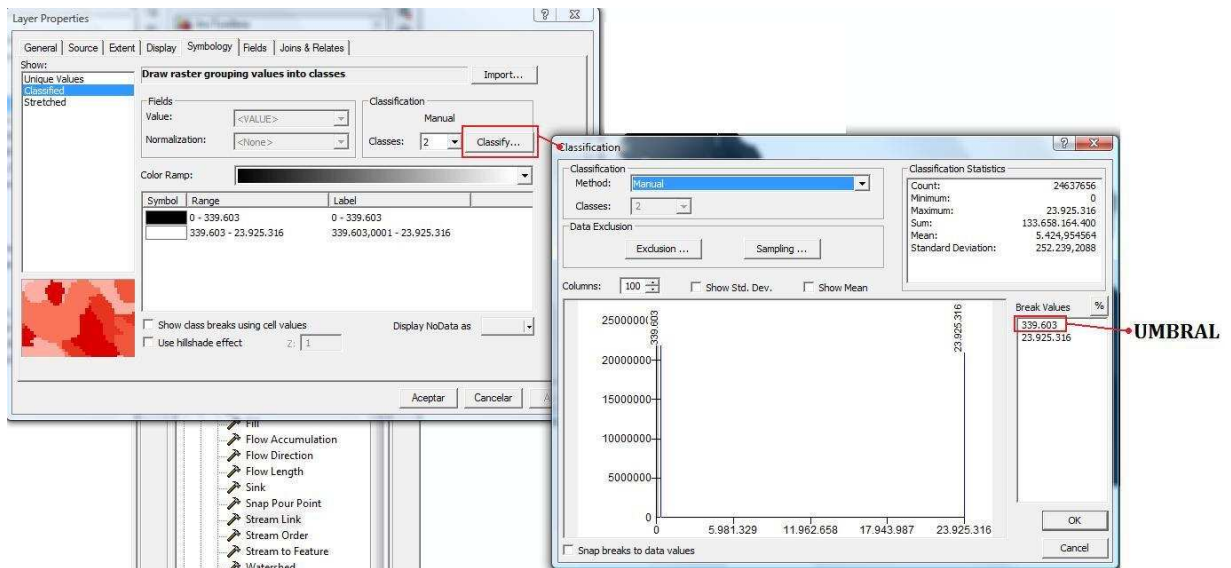
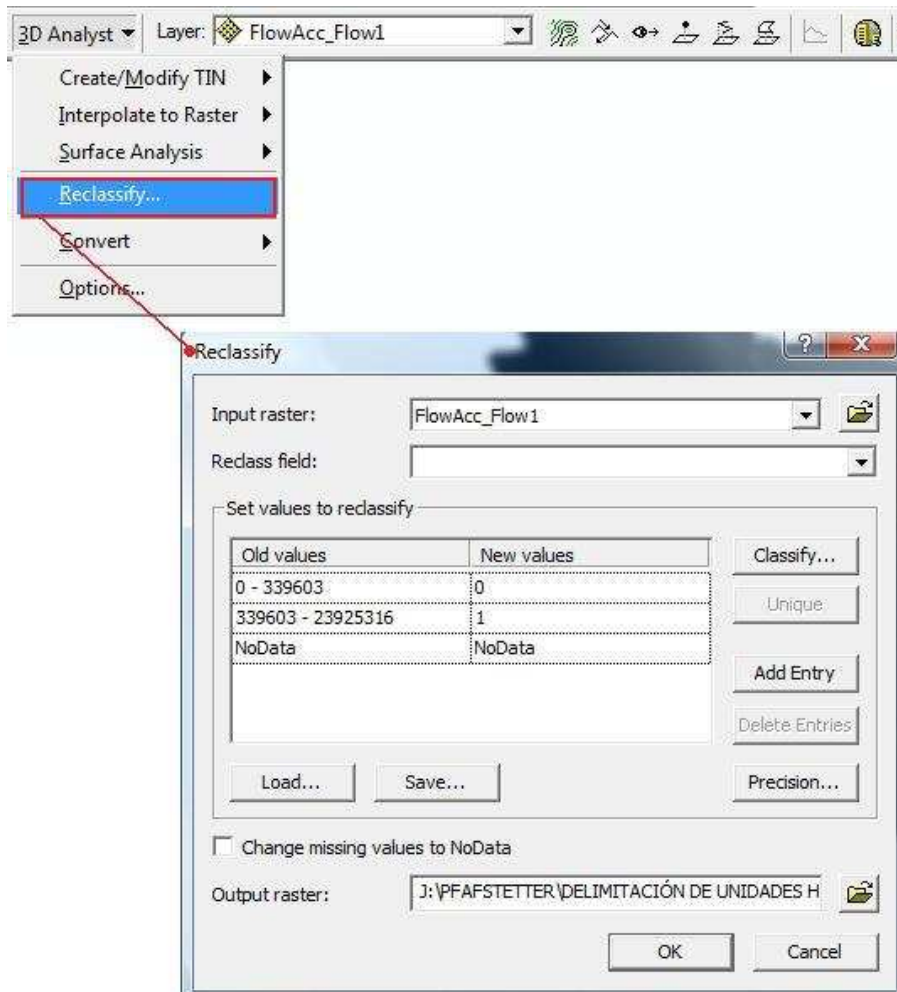


Figura 20: Umbral de la acumulación de flujo, al elegir la visualización por medio de clases de la acumulación de flujo, se puede definir el valor del umbral; desde 0 hasta umbral y desde umbral hasta el valor máximo. Elaborado por la autora

Con la cobertura de acumulación de flujo visualmente clasificada en dos clases, sin aún aplicar la metodología de Pfafstetter, se crea una capa que almacene lo que se tiene visualmente de la acumulación de flujo. Figuras 21 y 22



Parámetro	Explicación
Input raster	El ráster de entrada que se reclasificará
Reclass field	Campo que denota los valores que se reclasificarán
Set values to reclassify	Una lista de nueva representación cartográfica define cómo se reclasificarán los valores.  La lista de nueva representación cartográfica consta de tres componentes: Desde, Hasta y Valores nuevos. En el este caso los valores desde 0 hasta x serán descartados denotándolos con 0; y los valos desde x hasta y serán denotados con 1, ya que representan un río
Change missing values to No Data	Denota si los valores faltantes en la tabla de reclasificación retienen su valor o se asignan a NoData
Nombre	Explicación
Output raster	El ráster de la reclasificación.



Figura 21: Procedimiento para almacenar las dos clases que se generan visualmente de la acumulación de flujo. Elaborado por la autora

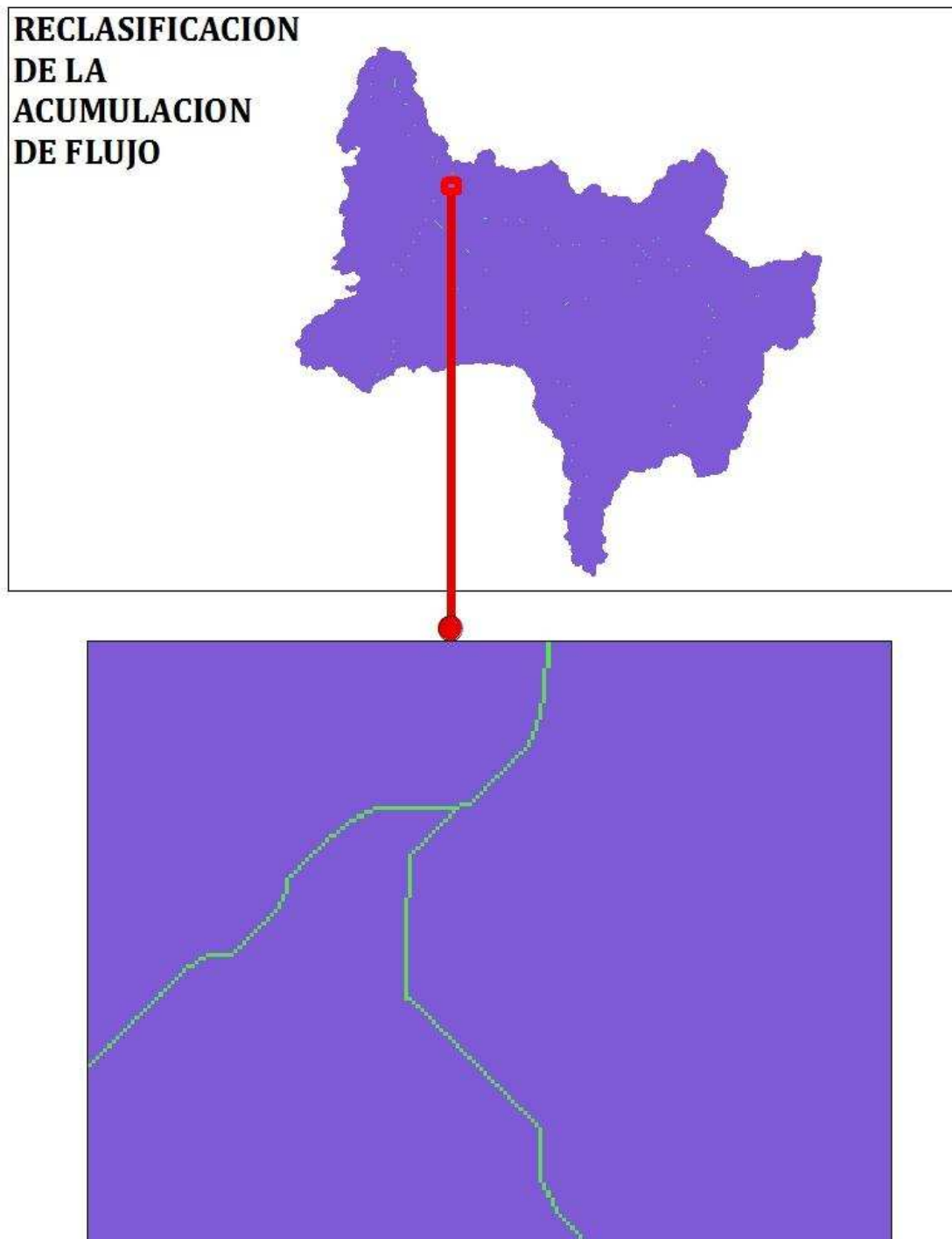
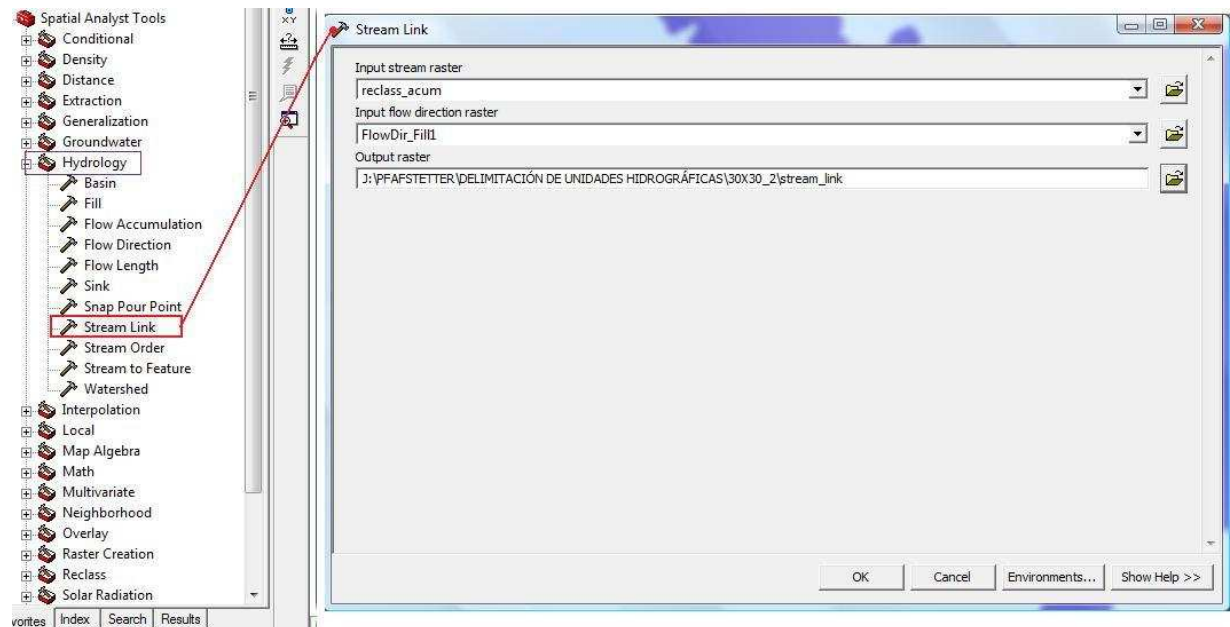


Figura 22: Reclasificación de la acumulación de flujo, el color verde indica los pixeles con valor de 1 (representación de un río) y el color morado indica los pixeles con valor de 0 (los que son descartados). Elaborado por la autora

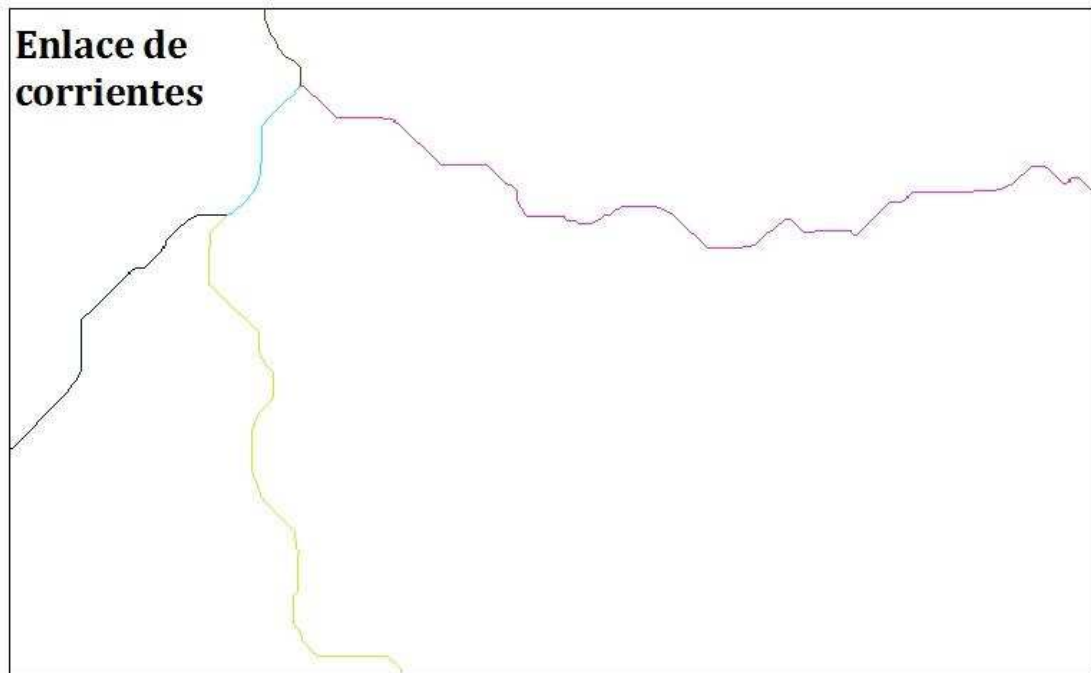
## Generación del enlace de corrientes “*stream link*”

Una vez obtenida la reclasificación y con la cobertura de la dirección de flujo, se genera la cobertura de enlace de corrientes “*stream link*”, usando la herramienta Hydrology de la extensión Spatial Analyst. Figuras 23 y 24



Parámetro	Explicación
Input stream raster	Ráster de entrada que representa una red de ríos lineal.
Input flow direction raster	El ráster de dirección de flujo
Nombre	Explicación
Output raster	El ráster de enlace de corrientes.

Figura 23: Procedimiento para generar el enlace o vínculo de corrientes “*stream link*”. Elaborado por la autora



*Figura 24: Enlace o vínculo de corrientes "stream link", identificando desde cada enlace de corrientes con un color diferente la continuación del río. Elaborado por la autora*