



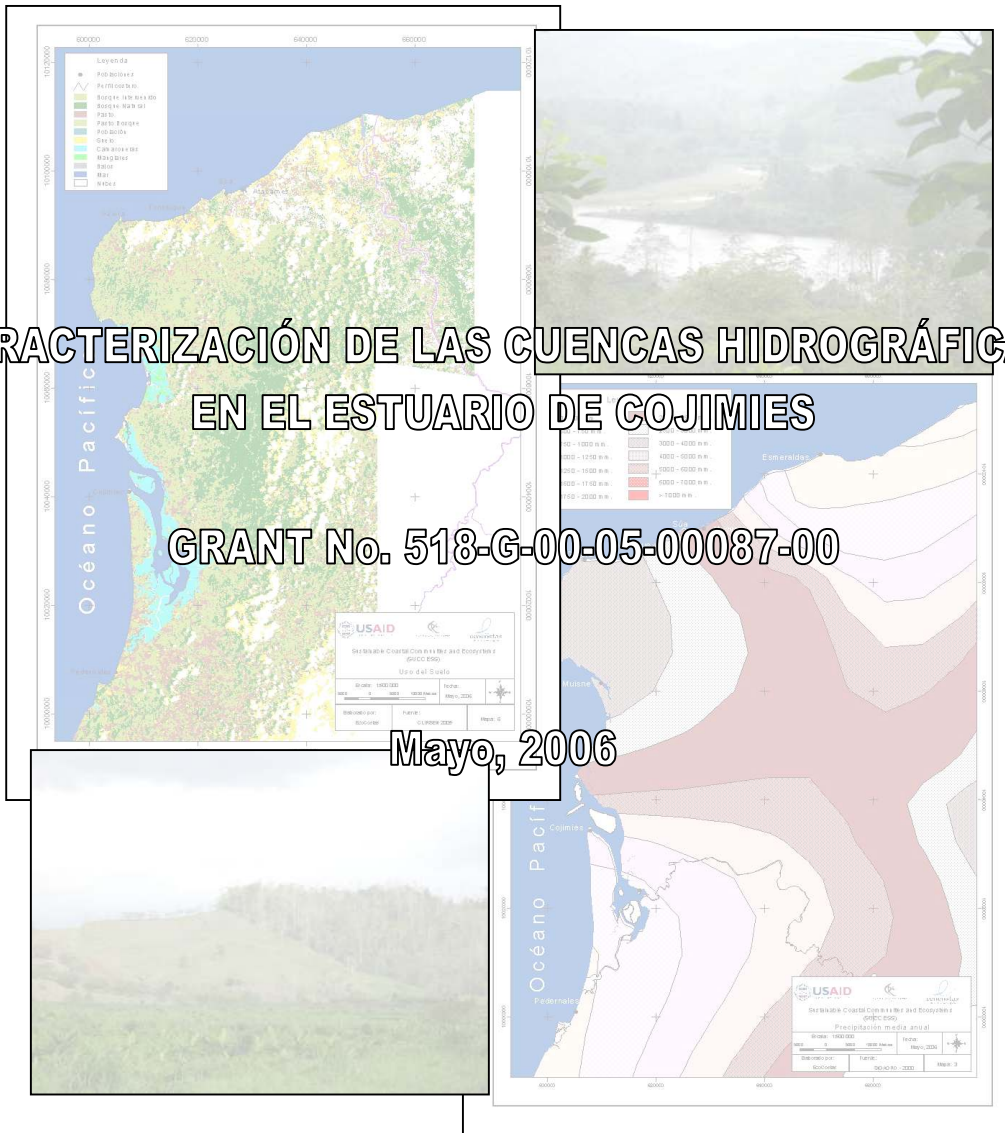
**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE



# CARACTERIZACIÓN DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS EN EL ESTUARIO DE COJIMIES

GRANT No. 518-G-00-05-00087-00

Mayo, 2006



## Abstract

With the database of the cards of the Instituto Geografico Militar (IGM), scale 1:50,000 and with the help of a digital elevation map (DEM) obtained with the 3d Analyst, the diverse morphometric parameters of the drainage web of the watersheds in the eastern sector of the Province of Esmeraldas and in the northern sector of the Province of Manabi. The study permitted the identification of 58 watersheds, (annex II.1) where initially only 29 had been identified previously. This difference is due to the change in scale of the mapping ( initial scale was 1:1000000, vs 1:50000 in this study).

The following cartographic base was used for this study:

- Instituto Geografico Militar (IGM) topographic maps with a scale of 1:50 000, with level curves every 40m and, in some cases, every 20m to calculate basic measurements such as:
  - Area, perimeter and slope.
  - Principal river length and gradient,
  - Quantity, length and gradient of river beds by their order number, and;
  - Drainage density estimation.
- IGM topographic maps with a scale of 1:25 000 to identify the names of the gorges or minor order basins.
- SIGAGRO 2000 maps, containing information such as geology, flood zones, areas of water shortage and yearly mean precipitation, (anexx II.2).
- LANDSAT images (two): P11 R59 2000-08-19 and P11 R60 2005-02-22 to determine the land cover and land use. It is necessary to mention that the images acquired from CLIRSEN were taken in different years and stations, this caused some problems in the interpretation which were solved through field truthing.

The geological information available determined that in the area of the study litological units of the formations Viche, Angostura, Borbón, Cayo, Piñón, Ostiones, Onzole, Tablazo, Playa Rica, also of the member Villingota. Also the marine clays around the border of the estuary are very well known.

The litological types that come to the surface and intervene in the plant cover determine strong erosive processes that contribute materials to the alluvial fans in the lowlands and cause accumulations of materials with the consequent blocking and flooding.

Two kinds of flood zones were identified:

- Permanently flooded zones, that include: mangroves and swamps.- They typically occur at river outlets: Atacames, Tonchigue, Bunche, Bilsa and Muisne, La Unión, Daule, Sálima, Cojimíes, Beche, Chebe, and the esteros that terminate in the estuary of Cojimies.
- Inclined to flooding Zones, by river inundation or intense rains. They include areas that are near the rivers: Tonsupa, Atacames, Súa, Tonchigue, San Francisco, Bunche, Bilsa , Muisne, Daule, Sálima, Cojimíes, Beche, Chebe, and the esteros of Mompiche, Portete, Vilsa y Palanconal.

This report includes two annexes:

**Annex I.-** Seven tables with information on details of the morphological characteristics of the analyzed watersheds.

**Annex II.-** Sixty six maps, described as follows:

- II.1.- Sixty-eight maps in format a4 of the identified hydrographic units.
- II.2.- Four maps in format a2 with information on: water scarcity, annual average participation, flood zones, and geology.
- II.3.- Four maps in format a1: base information, slopes, watersheds, land cover and land use.

## Resumen

Con base en los datos topográficos de las Cartas del IGM, escala 1:50 000, y con ayuda de un modelo digital del terreno (MDT) obtenido con el 3D Analyst, se estiman diversos parámetros morfométricos para la red de drenaje de las cuencas hidrográficas comprendidas al Oeste de la Provincia de Esmeraldas y en el sector Norte de la Provincia de Manabí. El estudio permitió identificar 58 cuencas hidrográficas, (anexo II.1) donde inicialmente fueron identificadas 29. La diferencia se explica por el cambio de escala en la cartografía (escala inicial 1:1 000 000, vs 1:50 000 escala del estudio).

*La cartografía base utilizada fue:*

- Cartas topográficas del IGM, a escala 1:50 000, con curvas de nivel cada 40 m. y en algunos casos cada 20 m. para el cálculo de las mediciones básicas, tales como:
  - Área, perímetro y pendiente media de las cuencas,
  - Longitud y pendiente media del río principal,
  - Número, longitud y pendiente de los cauces por número de orden,
  - Índice de compacidad, y;
  - Estimación de la densidad de drenaje.
- Cartas topográficas del IGM, a escala 1:25 000, para identificar nombres de quebradas o cauces de orden menor.
- Mapas de SIGAGRO–2000, conteniendo información para geología, zonas de inundación, déficit hídrico, y precipitación media anual, (anexo II.2).
- Imágenes tipo LANDSAT (dos): P11 R59 2000-08-19 y P11 R60 2005-02-22 para determinar la cobertura vegetal y el uso actual del suelo. Es necesario mencionar que las imágenes adquiridas al CLIRSEN fueron tomadas en años y estaciones diferentes, lo cual ocasionó problemas en la interpretación, los mismos que fueron solucionados al realizar la comprobación en el campo.

La información geológica disponible determina que en el área de estudio se encuentran unidades litológicas de las Formaciones Viche, Angostura, Borbón, Cayo, Piñón, Ostiones, Onzole, Tablazo, Playa Rica, así como del Miembro Villingota. Además son muy notorias las arcillas marinas en el borde del estuario.

Los tipos litológicos que afloran en la superficie y la intervención en la cobertura vegetal determinan fuertes procesos erosivos aportantes de materiales que originan los abanicos aluviales en la parte baja y causan acumulaciones de material con el consecuente taponamiento e inundación.

Se identificaron 2 tipos de zonas de inundación en el área:

- Zonas de inundación permanente, que incluyen manglares y pantanos, muy notorias en la desembocadura de los ríos Atacames, Tonchigüe, Bunche, Bilsa, Muisne, La Unión, Daule, Sálima, Cojimíes, Beche, Chebe, y los esteros que desembocan en el estuario de Cojimíes.
- Zonas con propensión a inundarse, por desbordamiento de ríos o precipitación fuerte, en áreas aledañas al borde de los ríos Tonsupa, Atacames, Súa, Tonchigüe, San Francisco, Bunche, Bilsa, Muisne, Daule, La Unión, Chebe Tachina, y los esteros Mompiche, Portete, Vilsa y Palanconal.

El estudio incluye dos anexos:

**Anexo I:** Siete tablas con información de detalle sobre las características morfológicas de las cuencas analizadas.

**Anexo II:** Sesenta y seis mapas, descritos a continuación:

**II.1.-** Cincuenta y ocho mapas en formato a4, de las unidades hidrográficas identificadas.

**II.2.-** Cuatro mapas en formato a2, con información de: Déficit hídrico, Precipitación media anual, Zonas de inundación y Geología.

**II.3.-** Mapas en formato a1: Información Base, Pendientes, Cuencas hidrográficas, y; Cobertura y Uso del Suelo.

## Antecedentes

Según el borrador del *Plan de Manejo y Gestión Participativa de la Reserva Ecológica Mache Chindul 2005-2010* los bosques del Ecuador occidental son en el país, las zonas bajo mayor amenaza en términos de extinción biológica por deforestación y otras actividades. La Reserva Ecológica Mache Chindul (REMACH) posee aún uno de los pocos remanentes de bosques del Ecuador occidental.

La REMACH cubre 121376 ha. en los cantones Quinindé, Atacames, Esmeraldas Muisne, y Pedernales; protege uno de los pocos remanentes de bosques húmedos y secos tropicales del Ecuador, así como una gran variedad de especies endémicas de flora y fauna, muchas de ellas en peligro de extinción; y es el espacio de vida de la nacionalidad Chachi y de colonos de Manabí, Loja y Los Ríos, principalmente.

La situación de la REMACH es crítica. La escasa información y nula participación que caracterizó al proceso de declaración de la Reserva (Sep. 19/96), determinaron un escenario de tensión social que no favorece los objetivos de conservación. El borrador del Plan de Manejo de la REMACH menciona incluso que en la Reserva la norma más violentada es la prohibición de ocupar el territorio.

La necesidad de prepararse localmente para el manejo ambiental es cada vez más urgente. Conforme crece la presión por modificar las prácticas centralistas de gobierno en el país, es previsible que tengamos nuevos escenarios administrativos con mayor participación de los gobiernos seccionales y locales. Estos cambios administrativos demandarán que los municipios se familiaricen en el corto plazo con información técnica clave para el manejo de las cuencas hidrográficas en sus jurisdicciones y en los ecosistemas que comparten, ya que la descentralización privilegia la transferencia de

funciones de manejo ambiental y establece las circunstancias en que tal transferencia puede ser solicitada por los gobiernos seccionales.

Para los municipios costeros, por ejemplo, la caracterización de las cuencas es una herramienta clave de manejo. Cualquier gestión municipal responsable requiere de información básica para manejo del agua, prevención y mitigación de desastres naturales (ligados al Fenómeno de El Niño, a la elevación del nivel del mar y a otros eventos), y ordenamiento del espacio, entre otros asuntos básicos.

*EcoCostas*, se encuentra implementando desde el año 2000 un Sistema de Información Geográfico, en el que consta la información cartográfica que se requiere para identificar las cuencas hidrográficas costeras, en un porcentaje equivalente al 83%, entre Guayaquil y Puerto Balao (al occidente de Esmeraldas). En el 2002, se inició con la caracterización de las cuencas costeras de la Provincia del Guayas, en el tramo comprendido entre Guayaquil y San José de Olón, en formato SIG. Con el apoyo de USAID, al llevar a cabo la caracterización de las cuencas hidrográficas del Occidente de la Provincia de Esmeraldas y las que están vinculadas al estuario de Cojimíes y a la REMACH, este porcentaje alcanzó aproximadamente un 54% del total de las cuencas costeras comprendidas entre Esmeraldas y Guayaquil.

*EcoCostas*, pondrá esta información a disposición de los municipios y de su población, así como de organizaciones privadas, y aspira a apoyarlos para que la usen en decisiones mejor informadas para bien de la biodiversidad y del desarrollo democrático.

### **Área de estudio**

La zona de estudio abarca una extensión territorial de 5 137,21 Km<sup>2</sup>. y está localizada al Occidente de la Provincia de Esmeraldas y al Norte de la Provincia de Manabí (ver mapa 1).

Los límites son:

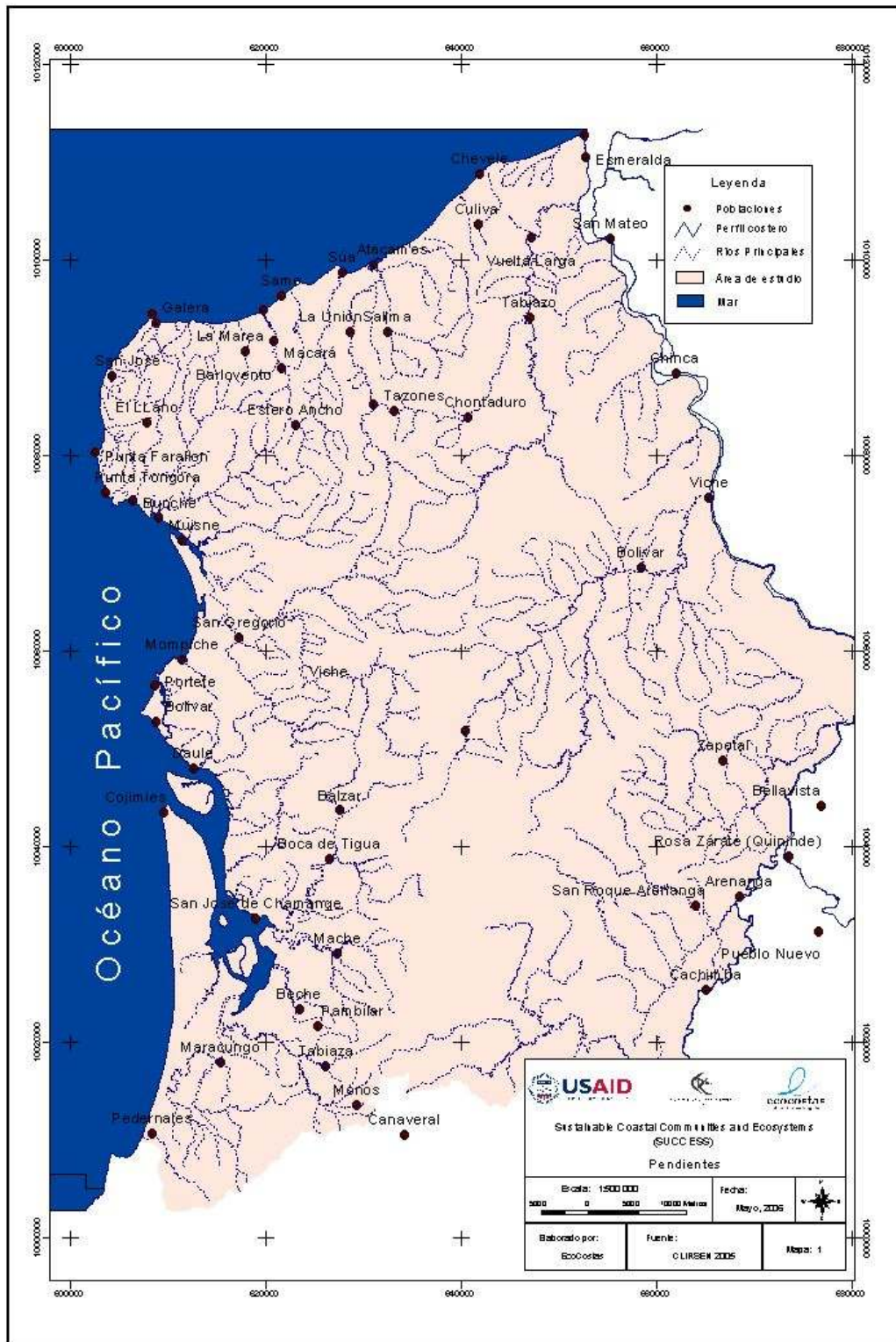
- al Norte, el Océano Pacífico;
- al Sur, los Ríos Tachina y Quinindé;
- al Este, los ríos Esmeraldas y Blanco; y,
- al Oeste, el Océano Pacífico.

### **Objetivo del Estudio**

El objeto del estudio es la delimitación y caracterización en formato Arcview de las cuencas occidentales del sistema hidrográfico que parte de la línea de cumbre de las cordilleras Macho y Chindul, y que está formado por los siguientes cursos de agua: Río Bunche, Río Bilsa, Río Muisne, Río Daule, Río Sálma, Río Balzar, Río Chebe, Río Viti, Estero Dacha, Río Mataje, Río Chevele, Río Tiaone, Río Viche, Río Cupa, Río Sántima, Río Guacucal, Río Atacames, Río Sua, Río Tonchigue, Estero Galera, Río San Francisco.

Este objetivo es el primer paso dentro del esfuerzo de EcoCostas y de USAID de cooperar con los municipios y la población local en el buen uso de sus ecosistemas con métodos participativos y democráticos.

La delimitación y caracterización de las cuencas hidrográficas incluye:



- Identificación de órdenes, longitud y pendiente de los cauces, (anexo I).
- Delimitación de las cuencas hidrográficas y determinación del área, perímetro y pendiente media de la cuenca, (anexo I).
- Determinación de la longitud del río principal y cálculo de la pendiente, (anexo I).
- Determinación del índice de compacidad, (anexo I).
- Estimación de la densidad de drenaje, (anexo I).
- Elaboración del mapa de pendientes del área de estudio, (anexo II.3.3).
- Elaboración de mapas temáticos con información: geológica, zonas de inundación, déficit hídrico y precipitación media anual, según SIGAGRO – 2000, (anexo II.2).
- Determinación de la cobertura vegetal y uso actual del suelo, (anexo II.3.4).

## Metodología

1. Preparación de la línea base a partir de la siguiente cartografía:
  - Veintiún hojas topográficas del IGM, escala 1:50 000: San José de Chamanga, El Mamey, Cojimíes, Puerto Nuevo, Tonchigue, Esmeraldas, Pedernales, Chebe, Cañaverál, Muisne, Galera, Atacames, Chinca, Viche, El Mirador, San Roque de Arenanga, La Esmeralda, Valle del Sade, Rosa Zárate (Norte), Rosa Zárate (Quinindé), La Concordia;
  - Mapa geológico de las provincias de Manabí y Esmeraldas, SIGAGRO-2000;
  - Mapa de zonas de inundación de las provincias de Manabí y Esmeraldas, SIGAGRO-2000;
  - Mapa de precipitación media anual de las provincias de Manabí y Esmeraldas, SIGAGRO-2000, y ;
  - Mapa de déficit hídrico de las provincias de Manabí y Esmeraldas, SIGAGRO-2000.
2. Preparación de cuatro mosaicos del área con la siguiente información: topografía, hidrografía, vías y población, con la cartografía del IGM, (anexo II.3.1).
3. Revisión de la topología y conformación de cuatro mosaicos con la cartografía de SIGAGRO – 2000, (anexo II.2). Los archivos digitalizados en pantalla fueron convertidos a formato shp de Arcview.
4. Edición de los mosaicos obtenidos en el numeral 2 e integración al SIG de Ecocostas.
5. Creación e identificación de los cauces de orden 1, 2, 3... En la red hidrográfica que aparece en cada hoja topográfica se adicionaron los cauces creados en oficina con Arcview, según criterios geomorfológicos.
6. Delimitación y determinación de áreas, perímetros y pendientes media de las 58 cuencas hidrográficas.
7. Identificación de longitud y pendiente de los cauces utilizando Arcview 3.2.
8. Cálculo de la densidad de drenaje por cuenca.
9. Elaboración e impresión del mapa de cuencas hidrográficas identificadas en el estudio, (anexo II.3.2).
10. Elaboración e impresión del mapa de pendientes con la opción “Create TIN from features” del menú “Surface”, tomando como rasgo la elevación, con 3D Analyst, (anexo II.3.3).
11. Elaboración e impresión del mapa de Cobertura y Uso del suelo, (anexo II.3.4).

## **Parámetros utilizados en la delimitación e identificación de las características morfológicas.**

A continuación se definen los parámetros utilizados en la delimitación e identificación de las características morfológicas de las cincuenta y ocho cuencas hidrográficas del estudio, en términos de: área, perímetro y pendiente media de las cuencas, y órdenes, longitud y pendiente de los cauces. Todos estos parámetros fueron identificados con herramientas de Arcview. La acepción corresponde a las siguientes convenciones:

**Cuenca Hidrográfica:** unidad de drenaje natural en la cual las aguas pluviales confluyen hacia un colector común de descarga. Los límites de una cuenca están determinados por la *divisoria geográfica principal* de las aguas de las precipitaciones, que es una línea que une los puntos de máximo valor de altura relativa entre dos laderas adyacentes pero de exposición opuesta.

**Delimitación de la cuenca:** acción por la cual se determina la línea divisoria de aguas. La longitud de la línea divisoria es el perímetro de la cuenca.

**Área de la cuenca:** superficie comprendida dentro de la curva cerrada de divisoria de aguas. La magnitud del área se obtuvo directamente con herramientas de Arcview.

**Coefficiente de Gravelius o Índice de Compacidad ( $K_c$ ):** parámetro adimensional que relaciona el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de igual área que el de la cuenca. Se la obtuvo con la siguiente expresión:  $K_c = 0.28PA^{-1/2}$ .

**Pendiente media de la cuenca:** promedio de las pendientes de las laderas de la cuenca. Este valor determina el tiempo de concentración y su influencia en las máximas crecidas y en el potencial de degradación de la cuenca, sobre todo en terrenos con escasa cobertura vegetal.

**Cauce:** canal natural que drena las laderas de un valle. El cauce de primer orden es el primer canal natural que aparece en un valle. Dos cauces de primer orden forman un cauce de segundo orden; dos cauces de segundo orden forman uno de tercer orden, y así sucesivamente, con la salvedad de que un cauce aportante de orden menor no incrementa el orden del cauce receptor. Tomando como base los datos topográficos de las Cartas del IGM, escala 1:50 000, y con ayuda de un modelo digital del terreno (MDT) obtenido con el 3D Analyst, se extrapolan los cauces, con lo cual se completa la red de drenaje de las cuencas hidrográficas.

**Longitud del río principal:** medida de la trayectoria mayor del flujo comprendida entre el punto más bajo del colector común, conocido como punto emisor, y el punto más alto o inicio del recorrido sobre la línea de divisoria de aguas. Este parámetro tiene relación directa con el tiempo de concentración de la cuenca, el mismo que depende de la geometría de la cuenca, de la pendiente del recorrido y de la cobertura vegetal.

**Pendiente del río principal:** promedio de las pendientes del cauce principal. Este parámetro se relaciona directamente con la magnitud del socavamiento o erosión en profundidad y con la capacidad de transporte de sedimentos en suspensión y de arrastre. Dependiendo de la pendiente, existirán tramos críticos de erosión y sedimentación, los

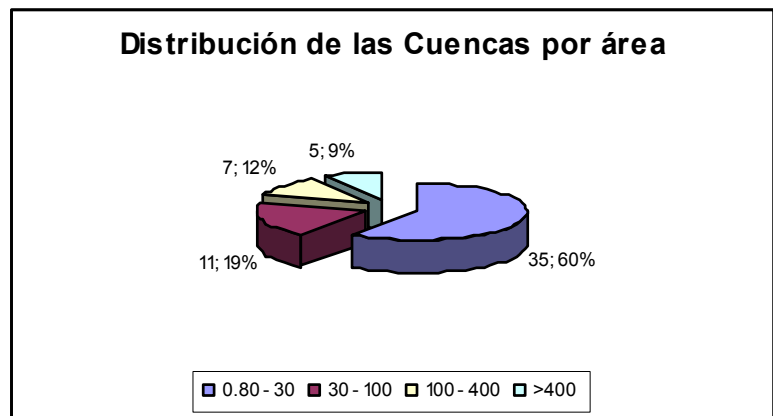
primeros relacionados con las mayores pendientes y los segundos con las pendientes mínimas.

**Estimación de la densidad de drenaje:** se obtiene dividiendo la longitud total de los cauces para el área de la cuenca, se expresa en  $\text{km}^{-1}$ .

### Análisis de la información

Del análisis de los datos resumidos en las tablas, así como de la información del SIG, se destaca lo siguiente:

1. El área de estudio, se encuentra distribuida de la siguiente manera:
  - Provincia de Esmeraldas con 4 167,60  $\text{Km}^2$ , que pertenecen a cuatro de los siete cantones: Esmeraldas (60%), Atacames (100%), Muisne (100%) y Quinindé (46%);
  - Provincia de Manabí con 969,61  $\text{Km}^2$ , que corresponden al 55% del cantón Pedernales.
2. No existe información topográfica en el área correspondiente a la *Reserva Mache Chindul*, lo cual imposibilita la creación de los cauces en dicha área, afectando el análisis de las Cuencas de los ríos Cojimíes, Viche y Dógola, (ver mapa 2).
3. En el territorio de las 21 Unidades Hidrográficas identificadas por el CNRH, a escala 1:1 000 000, se determinaron 58 Cuencas Hidrográficas usando cartografía de mayor detalle (escalas 1:50 000 y 1:25 000), (ver mapa 2).
4. La superficie de las cuencas muestra un rango muy variable, que oscila entre 0,80  $\text{Km}^2$  y 738,64  $\text{Km}^2$ . Los nombres de las quebradas y de algunos ríos se obtuvieron de las cartas 1:25 000, sin embargo en 9 de las 58 cuencas está por validarse localmente los nombres de los ríos principales, (ver tabla 1.1)

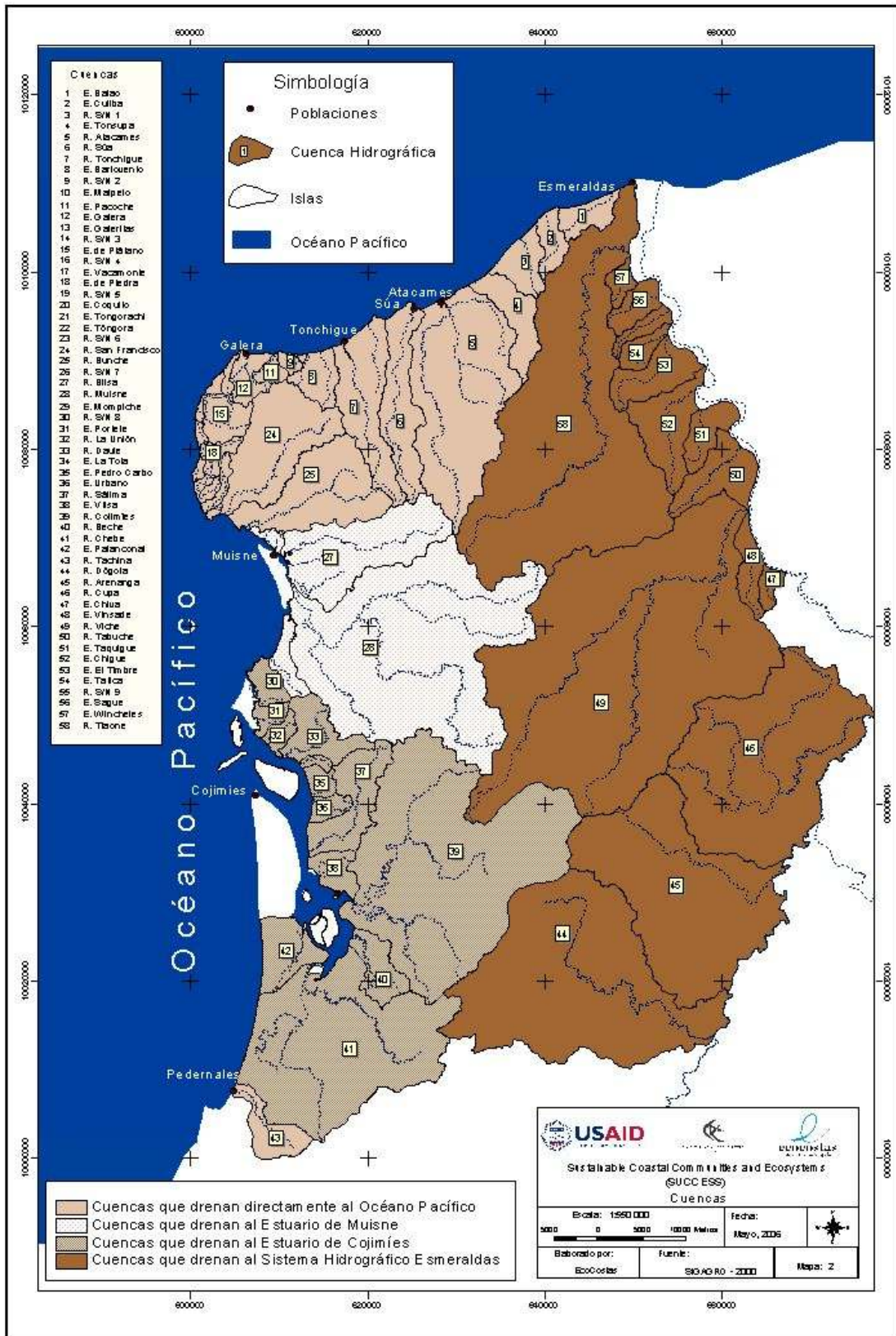


Cuenclas agrupadas por área		
Rango (Km <sup>2</sup> )	Cuenclas	#
0.80 - 30	Cuencla del Estero Balao, Cuencla del Estero Culiba, Cuencla s/n 1, Cuencla del Estero Barlovento y Zapallito, Cuencla s/n 2, Cuencla del Estero Maipelo, Cuencla del Estero Pacoche, Cuencla del Estero Galera, Cuencla del Estero Galeritas, Cuencla s/n 3, Cuencla del Estero de Plátano, Cuencla s/n 4, Cuencla del Estero Vacamonte, Cuencla del Estero de Piedra, Cuencla s/n 5, Cuencla del Estero Coquito, Cuencla del Estero Tongorachi, Cuencla del Estero Tóngora, Cuencla s/n 6, Cuencla s/n 7, Cuencla del Estero Mompiche, Cuencla s / n 8, Cuencla del Estero Portete, Cuencla del Río La Unión, Cuencla del Estero La Tola, Cuencla del Estero Pedro Carbo, Cuencla del Estero Urbano, Cuencla del Estero Vilsa, Cuencla del Estero Chiva, Cuencla del Estero Vinsade, Cuencla del Estero Taquigue, Cuencla del Estero Tatica, Cuencla s / n 9, Cuencla del Estero Sague, Cuencla del Estero Wincheles	35
30 - 100	Cuencla del Estero Tonsupa, Cuencla del Río Súa, Cuencla del Río Tonchigue, Cuencla del Río Daule, Cuencla del Río Sálima, Cuencla del Río Beche, Cuencla del Estero Palanconal, Cuencla del Río Tachina, Cuencla del Río Tabuche, Cuencla del Estero Chigue, Cuencla del Estero El Timbre.	11
100 - 400	Cuencla del Río Atacames, Cuencla del Río San Francisco, Cuencla del Río Bunche, Cuencla del Río Bilsa, Cuencla del Río Chebe, Cuencla del Río Arenanga, Cuencla del Río Cupa.	7
> 400	Cuencla del Río Muisne, Cuencla del Río Cojimíes, Cuencla del Río Dógola, Cuencla del Río Viche, Cuencla del Río Tiaone.	5

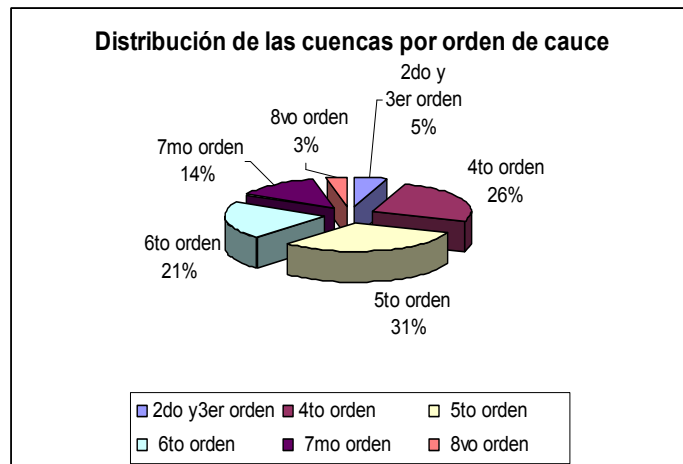
**Tabla 1.1.** Cuenclas Hidrográficas agrupadas por área.

5. De las 58 unidades hidrográficas identificadas en el estudio 43 desembocan en los estuarios de Muisne y Cojimíes y en el Océano Pacífico, mientras que 15 descargan en el Sistema Hidrográfico Esmeraldas, adquiriendo estas últimas el carácter de subcuenclas. Para nuestro estudio hemos considerado a cada unidad identificada como una “Cuencla Hidrográfica”.
6. Considerando la distribución Político-Administrativa, se observa que hay cuenclas hidrográficas que caen dentro de un solo cantón como el caso de las cuenclas de los ríos: Atacames, Tiaone, Tonchigue, Súa, Sálima, Chebe, Beche, Tachina; otras abarcan unidades territoriales de 2 cantones tales como: la Cuencla de los ríos San Francisco, Bunche, Bilsa, Dógola; solo las cuenclas de los ríos Muisne y Cojimíes corresponden a tres municipios.
7. De acuerdo al Sitio de la desembocadura, se agrupó a las cuenclas en cuatro grandes grupos, (ver mapa 2):
  - *Cuenclas que drenan directamente al Océano Pacífico:* En este grupo se encuentran 26 de las 58 unidades identificadas, con un área de 855,16 Km<sup>2</sup> que corresponde al 16,65% del área en estudio.

- *Cuencas que drenan al Estuario de Muisne:* Pertenecen 4 unidades caracterizadas y son: Cuenca s/n 7, Cuenca del Río Bilsa, Cuenca del Río Muisne, y la Cuenca del Estero Mompiche, cubriendo una extensión del territorio de 599,15 Km<sup>2</sup>, lo que equivale al 11,66% de toda el área.
  - *Cuencas que desembocan en el Estuario de Cojimies:* Con una superficie de 1 076,24 Km<sup>2</sup>, equivalente a un 20,95 % del área total. Este grupo lo integran 13 unidades y son: Las cuencas de los ríos Portete, La Unión, Daule, La Tola, Pedro Carbo, Estero Urbano, Sálima, Estero Vilsa, Cojimies, Beche, Chebe, Estero Palanconal y la Cuenca s/n 8. Del grupo las más importantes por la permanencia en el flujo de agua, recorrido de pendientes, así como la escorrentía son: La Cuenca del Río Cojimies, La Cuenca del Río Chebe, La Cuenca del Río Sálima y La Cuenca del Río Beche.
  - *Cuencas que drenan al Sistema Hidrográfico Esmeraldas:* con un territorio de 2 606,66 Km<sup>2</sup>, que equivale al 50,74 % del área de estudio y al 12,78% del área total de la Cuenca del Sistema Hidrográfico Esmeraldas. Este grupo lo integran 15 de las 58 unidades caracterizadas, siendo la Cuenca del Río Viche la de mayor superficie (738,64 Km<sup>2</sup>).
8. Las cuencas que drenan al Océano Pacífico y a los estuarios, están separadas de aquellas que confluyen al Sistema Hidrográfico Esmeraldas, por la divisoria de aguas de las cuencas cuyos ríos principales son: Chebe, Cojimies, Muisne y Tiaone, de las cuales las 3 últimas tienen las cabeceras de los ríos principales en la Reserva Mache Chindul, con alturas de 400, 480 y 360, respectivamente, (ver mapa 2).
  9. Las cuencas hidrográficas cuyos ríos principales nacen en la Reserva Mache Chindul, son: Atacames, Muisne, Bilsa, Cojimies, Tiaone y Viche, (ver mapa 2).
  10. La Cuenca del Río Viche, es la más grande y por su ubicación, su tamaño influye en mayor grado en el aporte de escorrentías, tanto directa como de flujo de base o sostenido, al Sistema Hidrográfico Esmeraldas, (ver mapa 2).
  11. El 80,24 % del área, corresponden a las 12 cuencas con áreas > 100 Km<sup>2</sup>, quedando el 19,76% distribuidos en las 46 cuencas restantes, cuyas áreas oscilan entre 0,80 Km<sup>2</sup> y 94,76 Km<sup>2</sup>, (ver tabla I.1).
  12. De las 12 cuencas con mayor superficie, el 56,71 %, lo constituyen las cuencas que drenan al Sistema Hidrográfico Esmeraldas y el 43,29 % corresponden a aquellas cuencas que desembocan al Pacífico y a los estuarios.



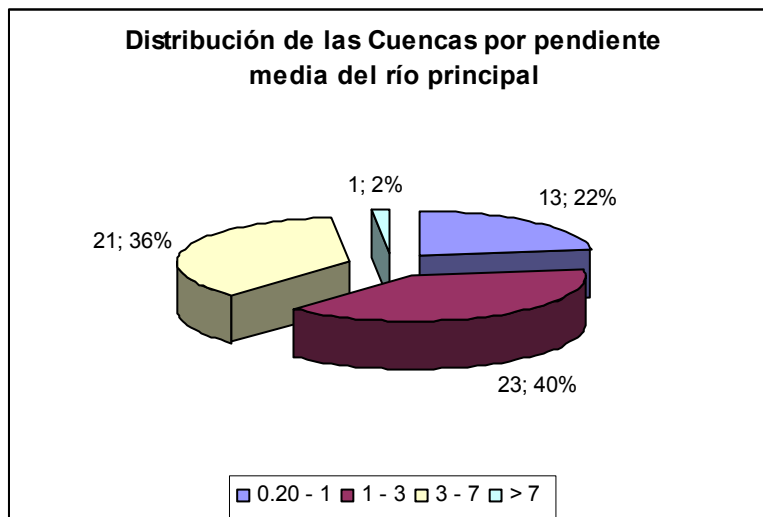
13. De las 58 unidades identificadas, 10 cuencas hidrográficas presentan en su desembocadura un orden de cauce igual a 7 y 8, lo cual es indicativo por un lado que son “*Cuencas de séptimo y octavo orden, respectivamente*”, y por otro lado son las de mayor potencial erosivo, así como las que mayor transporte de sedimentos acarrea y por tanto mayor también es, la escorrentía directa, (ver tabla 2.1).



Cuencas agrupadas por orden de cauce		
Rango	Cuencas	#
2 <sup>do</sup> y 3 <sup>er</sup> orden	Cuenca s/n 2, Cuenca s/n 4, Cuenca s/n 6	3
4 <sup>to</sup> orden	Cuenca del Estero Malpelo, Cuenca s/n 3, Cuenca del Estero Vacamonte, Cuenca s/n 5, Cuenca del Estero Coquito, Cuenca s/n 7, Cuenca del Estero Portete, Cuenca del Río La Unión, Cuenca del Estero La Tola, Cuenca del Estero Vilsa, Cuenca del Estero Chiva, Cuenca del Estero Vinsade, Cuenca del Río Tabuche, Cuenca del Estero Tatica, Cuenca s / n 9.	15
5 <sup>to</sup> orden	Cuenca del Estero Culiba, Cuenca s/n 1, Cuenca del Estero Barlovento y Zapallito, Cuenca del Estero Pacoche, Cuenca del Estero Galeritas, Cuenca del Estero de Piedra, Cuenca del Estero Tongorachi, Cuenca del Estero Tóngora, Cuenca del Estero Mompiche, Cuenca s / n 8, Cuenca del Estero Pedro Carbo, Cuenca del Estero Urbano, Cuenca del Río Sálima, Cuenca del Río Beche, Cuenca del Estero Taquigue, Cuenca del Estero El Timbre, Cuenca del Estero Sague, Cuenca del Estero Wincheles.	18
6 <sup>to</sup> orden	Cuenca del Estero Balao, Cuenca del Estero Tonsupa, Cuenca del Río Súa, Cuenca del Río Tonchigue, Cuenca del Estero Galera, Cuenca del Estero de Plátano, Cuenca del Río San Francisco, Cuenca del Río Bilsa, Cuenca del Río Daule, Cuenca del Estero Palanconal, Cuenca del Río Tachina, Cuenca del Estero Chigue.	12
7 <sup>mo</sup> orden	Cuenca del Río Bunche, Cuenca del Río Muisne, Cuenca del Río Chebe, Cuenca del Río Dógola, Cuenca del Río Arenanga, Cuenca del Río Cupa, Cuenca del Río Viche, Cuenca del Río Tiaone.	8
8 <sup>vo</sup> orden	Cuenca del Río Atacames, Cuenca del Río Cojimés.	2

**Tabla 2.1.** Cuencas Hidrográficas agrupadas por orden de cauce.

14. Los valores de **pendiente media** del río principal de la cuenca, varían en un rango entre 0,20 y 6,19 %, lo cual es indicativo que los ríos principales de las cuencas identificadas, en general tienen pendiente media suave. Sin embargo, si comparamos los ríos Viche, Tiaone, Dógola, con los ríos de las cuencas costeras, cuyas áreas son menores a 10 Km<sup>2</sup>, se observa que los primeros presentan valores de pendiente media menores, y esto se explica porque aunque tienen su cabecera en relieve montañoso, la distancia que recorren, así como el desnivel es mayor, (ver tabla 3.1).



Cuencas agrupadas por pendiente media del río principal		
Pendiente (%)	Río Principal de la Cuenca	#
0.20 - 1	Río Atacames, Río Súa, Río Bilsa, Río Muisne, Cuenca del Río Daule, Estero Urbano, Río Sálima, Estero Vilsa, Estero Palanconal, Río Dógola, Río Cupa, Río Viche, Río Tiaone.	13
1 - 3	Estero Balao, Estero Culiba, Estero s/n 1, Estero Tonsupa, Río Tonchigue, Estero Pacoche, Estero Galera, Estero Galeritas, Estero de Plátano, Estero Tóngora, Río San Francisco, Río Bunche, Estero s/n 7, Estero Mompiche, Estero s/n 8, Estero Portete, Río La Unión, Estero La Tola, Estero Pedro Carbo, Río Cojimíes, Beche, Río Chebe, Río Arenanga.	23
3 - 7	Estero Barlovento y Zapallito, Estero s/n 2, Estero Malpelo, Estero s/n 3, Estero Vacamonte, Estero de Piedra, Estero s/n 5, Estero Coquito, Estero Tongorachi, Estero s/n 6, Río Tachina, Estero Chiva, Estero Vinsade, Río Tabuche, Estero Taquigue, Estero Chigue, Estero El Timbre, Estero Tatica, Estero s/n 9, Estero Sague, Estero Wincheles.	21
> 7	Estero s/n 4	1

**Tabla 3.1.** Cuencas Hidrográficas agrupadas por pendiente media del río principal.

15. Del análisis de la tabla 4, (ver anexo I), se determina que:
- De los ríos que desembocan en el Sistema Hidrográfico Esmeraldas, los de mayor longitud, con mayor número de tributarios y con más afluentes conocidos son: Viche (74,88 Km., 643 tributarios y 21 afluentes conocidos) y, Tiaone (74,02 Km., 702 tributarios y 16 afluentes conocidos).

- De los ríos que desembocan en el Estuario de Muisne y en Océano Pacífico, los de mayor longitud, con mayor número de tributarios y con mayor número de afluentes conocidos son: Muisne (60,60 Km., 638 tributarios y 7 afluentes conocidos) y, Atacames (47,92 Km., 442 tributarios y 10 afluentes conocidos), respectivamente.
- En el estuario de Cojimíes, los ríos de mayor importancia por su extensión y número de tributarios son: Chebe (38,65 Km., 356 tributarios y 112 afluentes conocidos) y, Cojimíes (36,91 Km., 479 tributarios y 6 afluentes conocidos).
- Del número de tributarios mayor o igual que 3, identificados en el área de estudio, el 43% lo constituyen cauces aportantes al Sistema Hidrográfico Esmeraldas, el 18% son cauces que alimentan los ríos principales que desembocan en el Estuario de Cojimíes, el 25% corresponden a tributarios que drenan sus aguas directamente al Océano Pacífico y el 14%, pertenece al aporte en los ríos que desembocan en el Estuario de Muisne.

<b>Cuencas agrupadas por la Forma</b>			
<b>Índice de Compacidad</b>	<b>Forma de la Cuenca</b>	<b>Cuencas</b>	<b>#</b>
1,0 a 1,25	Casi redonda a oval - redonda	Cuenca del Estero Malpelo, Cuenca del Estero Pedro Carbo, Cuenca del Estero Urbano	3
1,26 a 1,50	Oval - redonda a oval - oblonga	Cuenca del Estero Balao, Cuenca s/n 1, Cuenca del Estero Barlovento y Zapallito, Cuenca s/n 2, Cuenca del Estero Pacoche, Cuenca s/n 3, Cuenca del Estero de Plátano, Cuenca s/n 5, Cuenca del Estero Coquito, Cuenca del Estero Tongorachi, Cuenca s/n 6, Cuenca s/n 8, Cuenca del Estero Portete, Cuenca del Río La Unión, Cuenca del Estero La Tola, Cuenca del Estero Vilsa, Cuenca del Río Beche, Cuenca del Río Cupa, Cuenca del Estero Chiva, Cuenca del Río Tabuche, Cuenca del Estero Taquigue, Cuenca del Estero El Timbre, Cuenca del Estero Tatica, Cuenca del Estero Sague, Cuenca del Estero Wincheles.	25
1,51 a 2,09	Oval - oblonga a rectangular - oblonga	Cuenca del Estero Culiba, Cuenca del Estero Tonsupa, Cuenca del Río Atacames, Cuenca del Río Súa, Cuenca del Río Tonchigue, Cuenca del Estero Galera, Cuenca del Estero Galeritas, Cuenca s/n 4, Cuenca del Estero Vacamonte, Cuenca del Estero de Piedra, Cuenca del Estero Tóngora, Cuenca del Río San Francisco, Cuenca del Río Bunche, Cuenca s / n 7, Cuenca del Río Bilsa, Cuenca del Río Muisne, Cuenca del Estero Mompiche, Cuenca del Río Daule, Cuenca del Río Sálima, Cuenca del Río Cojimíes, Cuenca del Río Chebe, Cuenca del Estero Poalanconal, Cuenca del Río Tachina, Cuenca del Río Dógola, Cuenca del Río Arenanga, Cuenca del Estero Vinsade, Cuenca del Río Viche, Cuenca del Estero Chigue, Cuenca s / n 9, Cuenca del Río Tiaone	30

**Tabla 6.1.** Cuencas Hidrográficas agrupadas por el índice de compacidad y la forma

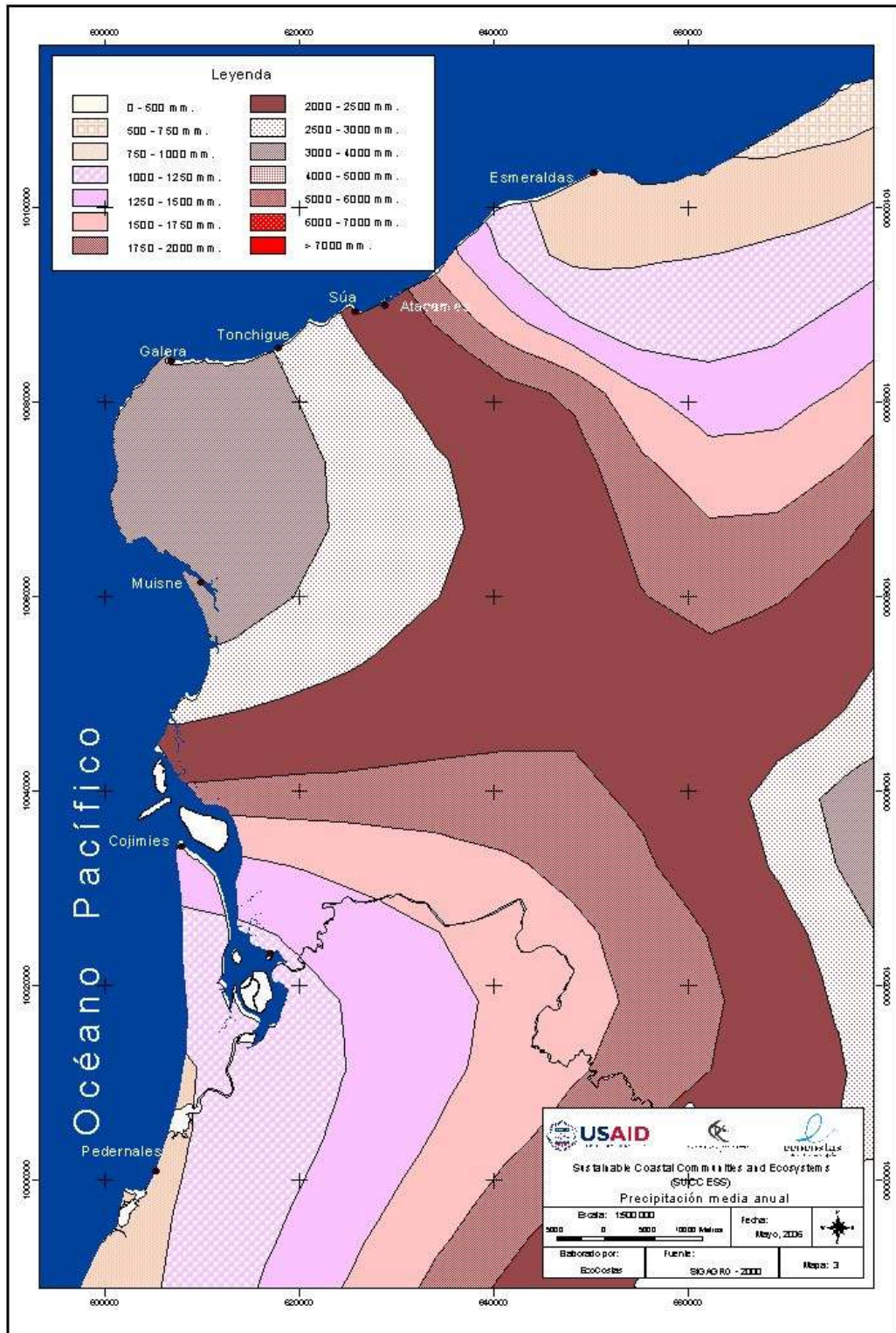
16. Las cuencas importantes, por su superficie, orden de cauce, extensión del río principal, aporte de tributarios, presentan un índice de compacidad que varía de 1,51 a 2,09, (ver tabla 6.1), perteneciendo a cuencas de forma oval/oblonga a rectangular/oblonga. Estos valores indican que estas cuencas tienen tiempos de concentración largos con gastos pico mas atenuados y recesiones mas prolongadas, mientras que las Cuencas de los Esteros: Malpelo, Pedro Carbo y Urbano, con los menores índices de compacidad, con formas de las cuencas de casi redonda a oval/redonda, tienen tiempos de concentración cortos con gastos pico muy fuertes y recesiones rápidas.
17. Al comparar los datos de densidad de drenaje (anexo I, tabla 7 ) y sobreponer en el SIG la topografía con la geología del terreno, se observa que los terrenos deleznable de las cuencas bajas de los ríos Sálima, Daule, Cojimíes, Chebe, Beche, y los terrenos con rocas arcillosas de las cuencas altas del Tiaone, Viche, Cupa, Wincheles, Arenanga, entre otros, son los que presentan valores mas altos de densidad de drenaje; contrariamente, los terrenos con rocas de litología gruesa y firme, que en este caso pertenecen a las areniscas tobáceas de la Formación Borbón, muestran los valores mas bajos de densidad de drenaje, lo cual guarda relación con lo dicho por *Strahler, 1975*: a grandes resistencias y capacidades de infiltración con relieves bajos, corresponden bajas densidades de drenaje.
18. Sobreponiendo el mapa de pendientes de DINAREN, SIGAGRO 2000, al área de estudio, se observa que en el sector norte, siguiendo la línea de costa, predomina el terreno escarpado, excepto en Súa, Tonchigue y El Llano, donde el terreno alcanza una pendiente  $> 70\%$ , indicativo de un terreno montañoso. Ya, entre Bunche y Cojimíes, la pendiente predominante disminuye, encontrando terrenos colinados. Hacia el continente, encontramos la Reserva Mache Chindul, con pendientes  $> 70\%$ , definiendo terrenos montañosos. En las desembocaduras de los afluentes que confluyen al Esmeraldas, la pendiente disminuye, encontrando predominantemente terrenos planos.
19. Desplegando el mapa de precipitación media anual de DINAREN, SIGAGRO 2000, en el área de estudio, (ver mapa 3), se determina que: hay un comportamiento diferente entre las zonas cercanas a la línea de costa y aquellas que están ubicadas mas hacia el interior del continente. Así, en la ciudad de Esmeraldas la precipitación media anual es de aproximadamente 800 mm, la misma que va aumentando hacia el suroeste siguiendo la línea de costa, ya en Atacames la precipitación aumentó, alcanzando valores de 2000 mm. al año, llegando a alcanzar un máximo en la zona de Muisne, con una precipitación media anual de 4000 mm., y disminuye nuevamente hasta el Sur, hasta llegar a 800 mm. en Pedernales. Hacia el interior del continente, se observa un incremento en la precipitación media anual, llegando a los 2000 mm en las comunidades de Viche, Bolívar, Chontaduro y Arenanga.
20. De la sobreposición de la información topográfica, geológica, y de uso del suelo, al mapa de pendientes generado por arcview, (ver mapa 4 y 5), se observa que :
  - en la desembocadura del río Esmeraldas, así como en los estuarios de Muisne y Cojimíes hay presencia de arcillas marinas de estuario, por lo que se presume frecuentemente marcados procesos de soliflucción. Los ríos Tonsupa, Atacames, Tonchigue, Súa, San Francisco, Bunche y Bilsa, se originan en curvas entre 160

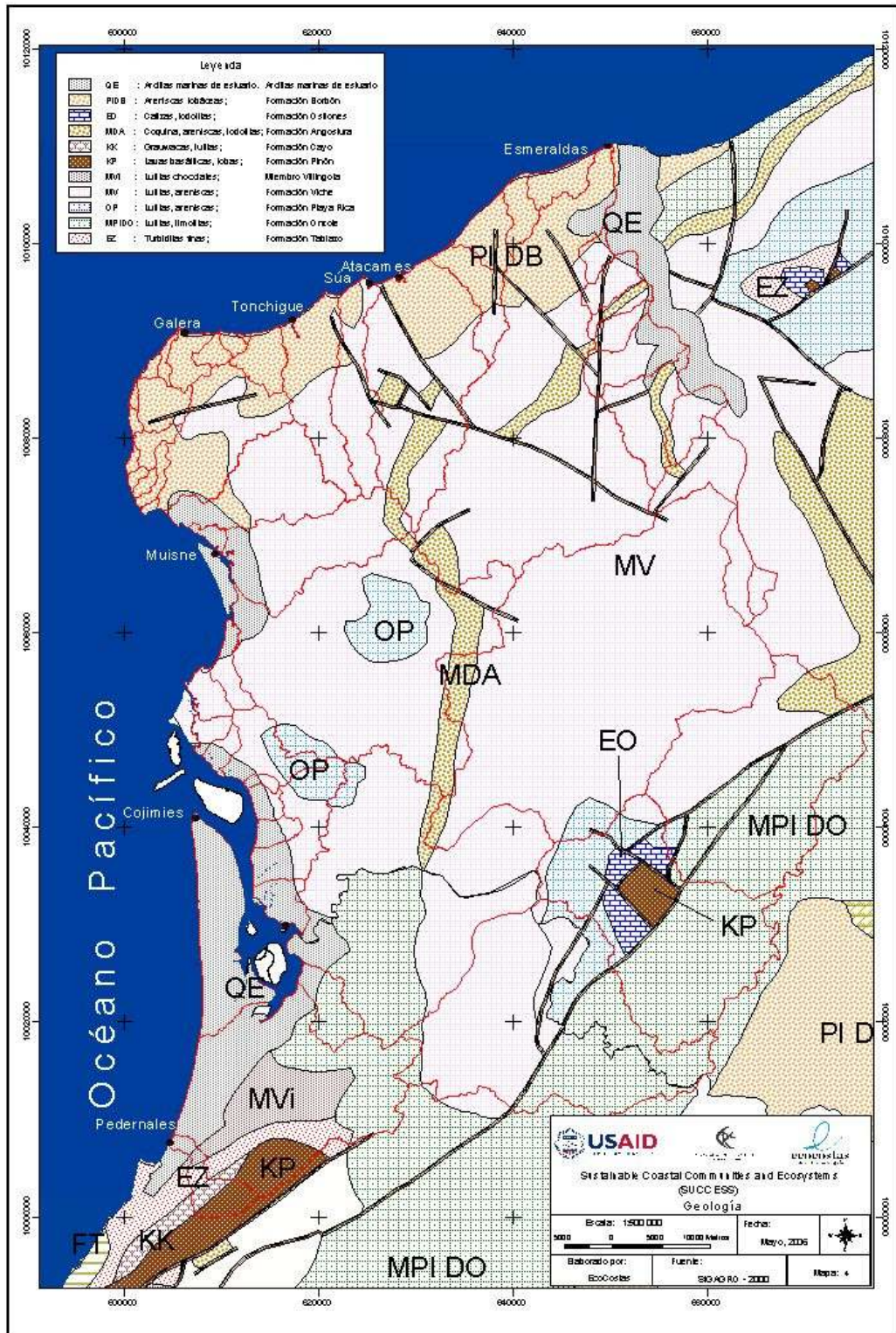
y 400 msnm, con pendientes  $> 5\%$ , y se escurren sobre terreno de textura media a fina, de la Formación Viche, atravesando bosque húmedo tropical. A medida que los ríos se acercan a su desembocadura la textura del terreno se mantiene encontrando areniscas tobáceas de la Formación Borbón.

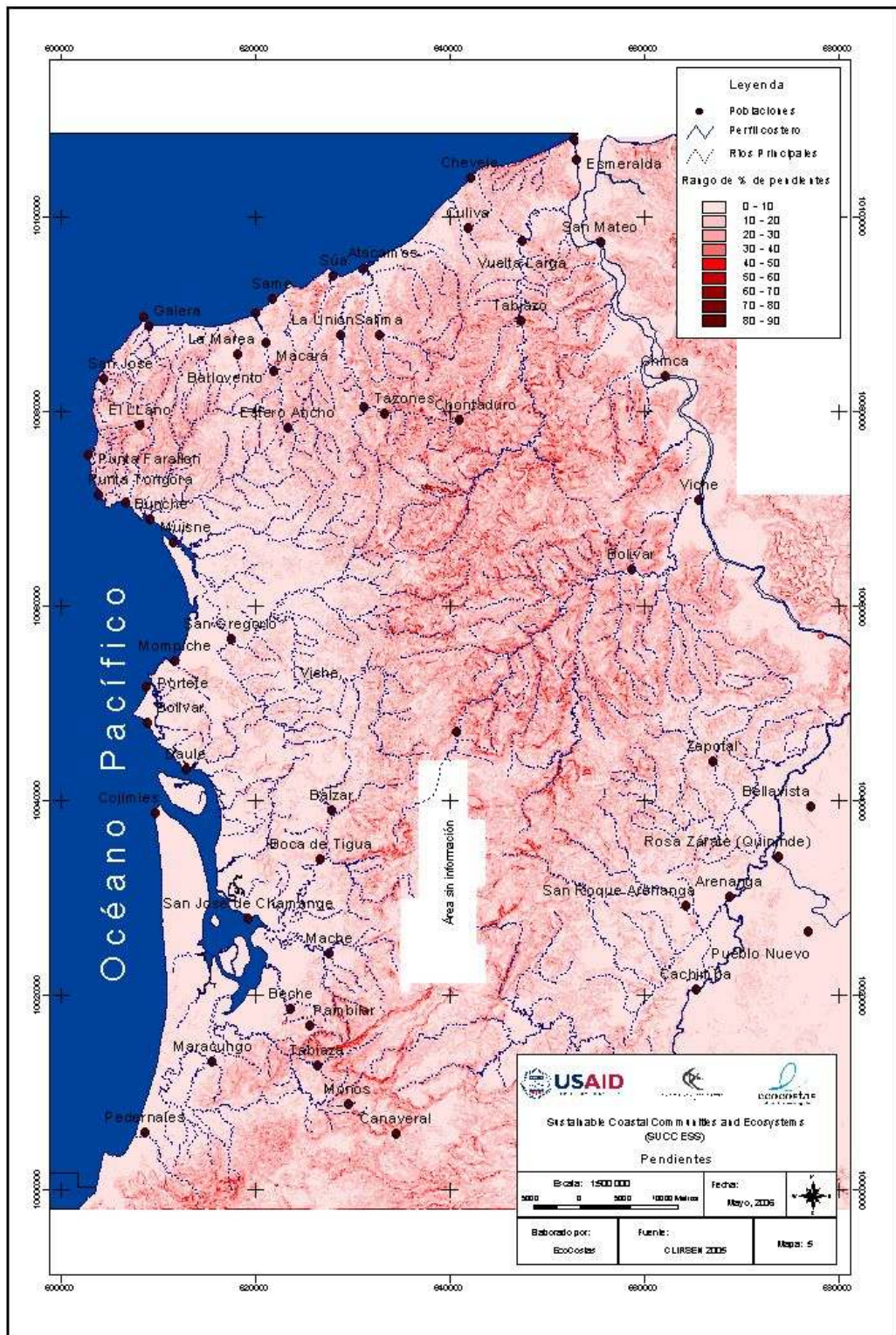
- Los ríos de las cuencas pequeñas ( $< 100 \text{ km}^2$ ) y que desembocan en el Océano Pacífico, tienen sus cabeceras entre 80 y 260, en el ramal noroccidental de la Cordillera de la Costa, atraviesan bosques húmedos tropicales, y escurren sobre terreno de textura media a fina, definido por las areniscas tobáceas de la Formación Borbón. En la desembocadura de estos ríos atraviesan acantilados o playas rocosas. Entre los ríos que pertenecen a este sistema están: Quingue, Estero de Plátano, Galera, Tóngora, entre otros.

Avanzando hacia el Sur, encontramos los Ríos Muisne, Sálima y Cojimíes, cuyas cabeceras están entre 120 y 480 msnm, en el ramal noroccidental de la Cordillera de la Costa, atraviesan bosques húmedos tropicales, y escurren sobre terreno de textura media a fina, definido por las areniscas de la Formación Viche y de la Formación Playa Rica. A medida que nos acercamos a su desembocadura la textura del suelo se vuelve mas arcillosa con pendientes mayores a  $0,1 \%$ , propio del ambiente estuarino. En la Cuenca del Río Cojimíes, a partir de la cota 240 en el sector SW, aparecen sedimentos de la Formación Onzole la cual aflora en las cabeceras de los ríos Beche y Chebe.

- El río Tachina, cuya cabecera está en la cota 620, escurre sedimentos de la Formación Piñon, Cayo, Tablazo y Miembro Villingota .
- El Río Quinindé, alimentado por los ríos Dógola, Arenanga y Cupa, escurre sobre terrenos de textura fina, de los sedimentos de la Formación Onzole.
- Los ríos Viche y Tiaone, tienen sus cabeceras en las cotas 360 y 340 respectivamente, en la reserva Mache Chindul, con pendientes fuertes y escurren sobre terreno de textura media a fina, de la Formación Viche, atravesando bosque húmedo tropical, hasta llegar a la confluencia con el Sistema Hidrográfico Esmeraldas, en donde hay la presencia de arcillas.
- Las cuencas costeras que drenan sus aguas sobre sedimentos resistentes, permeables como son las areniscas de la Formación Borbón, así como las grauwas de la Formación Cayo, aflorantes en las cuencas de los Rios Chebe y Tachina se constituyen en verdaderos acuíferos.







21. Del análisis del mapa de cobertura vegetal y uso del suelo generado en este estudio, (ver mapa 6), con base en las imágenes LANDSAT 2000 y 2005, se obtienen entre otras categorías, áreas de camaroneras y manglar, las cuales podemos comparar con la información del CLISEN 1999, tal como se muestra a continuación:

Usos	Estuario de Muisne		Estuario de Cojimíes	
	CLISEN 1999	EcoCostas 2005	CLISEN 1999	EcoCostas 2005
Camaroneras	3313,32	3449,08	14315,09	14793,48
Manglar	1179,59	965,56	1916,18	1447,60

**Tabla 8.** Camaroneras y Manglar en los estuarios de Muisne y Cojimíes.

### Recomendaciones.

1. El SIG preparado para la zona, siendo uno de los primeros de su tipo en la costa, debe ser instalado y utilizado tan pronto como sea posible en las Unidades de Gestión Ambiental de los gobiernos municipales y en las correspondientes entidades de los Consejos provinciales, y puesto a disposición de los empresarios, universidades y entidades de desarrollo.
2. Para mantener e incrementar su valor como base para la toma de decisiones, el SIG debe ser complementado con información adicional clave para ordenar el territorio, para identificar y proteger fuentes de agua, sitios de pequeños embalses de agua superficial, para catastros y registros, y para gestión y control de usos.
3. Se recomienda involucrar activamente a la comunidad en sistemas de monitoreo y control de calidad de agua, a lo largo del curso de los ríos principales de las cuencas, y en los estuarios.
4. Organizar un sistema de operación local de algunas estaciones meteorológicas abandonadas del INAMHI, con el objeto de reiniciar los registros de precipitación, temperatura, humedad, especialmente en los ríos considerados fuentes de agua.
5. Implementación de proyectos, a cargo de entidades públicas o privadas, que permitan a la comunidad diversificar los medios de subsistencia, para mermar la presión sobre el bosque natural húmedo remanente.
6. Incorporar a la población local en programas de manejo de cuencas para contrarrestar los impactos por la deforestación en las partes alta y media de las cuencas, y las inadecuadas prácticas de uso del terreno. La erosión ha incrementado la carga de sedimentos en los ríos y disminuido drásticamente su capacidad de almacenamiento.