



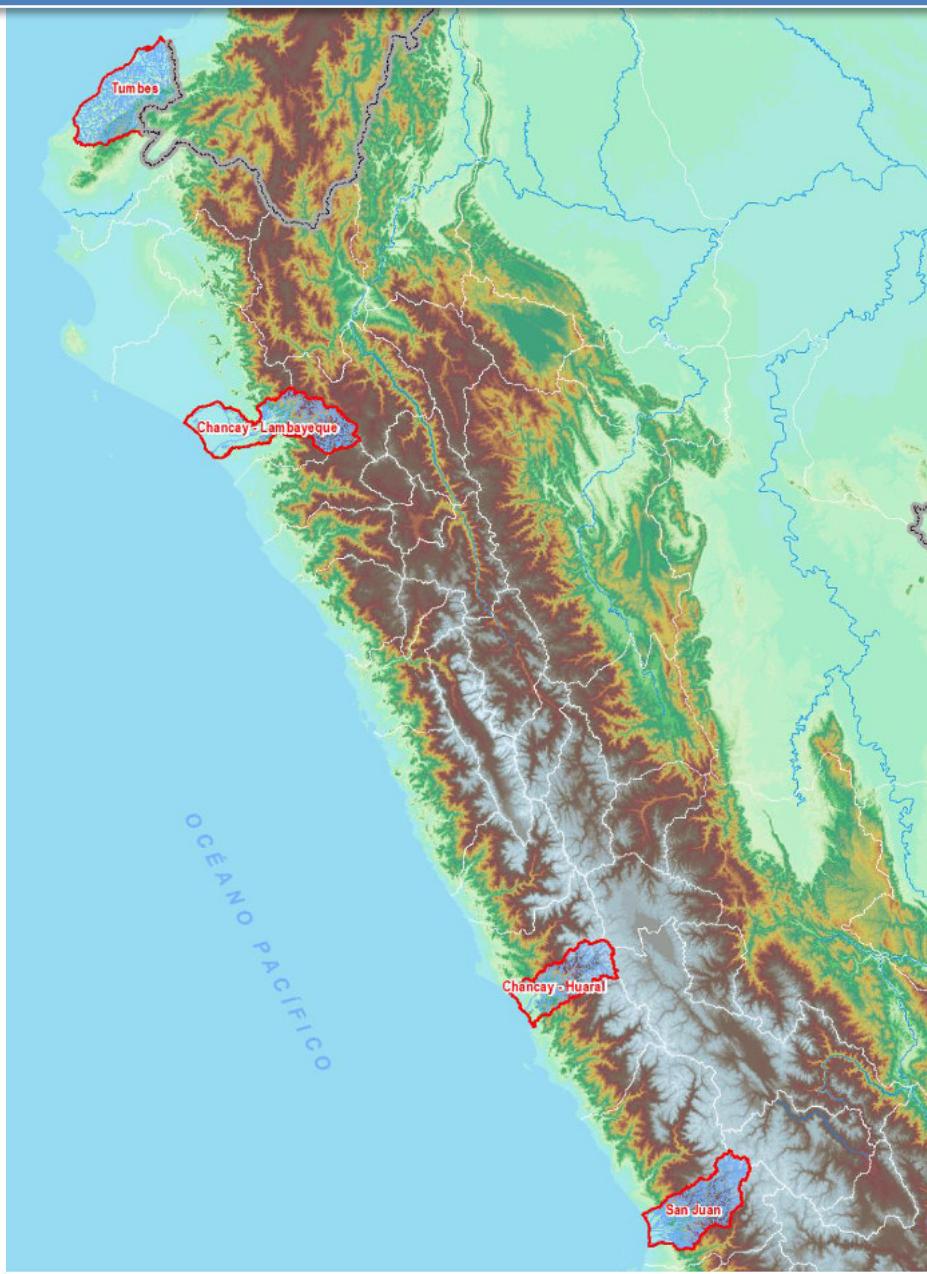
PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego

Autoridad
Nacional del Agua

Dirección de Conservación
y Planeamiento de Recursos
Hídricos

Actualización de Unidades Hidrográficas y Codificación Integral de Cursos de Agua Superficial en Ámbitos de Administraciones Locales de Agua



**MEMORIA
DESCRIPTIVA**

2014

Administraciones Locales de Agua
Tumbes, Chancay-Lambayeque, Chancay-Huaral y San Juan

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

**Actualización de Unidades Hidrográficas y Codificación
Integral de Cursos de Agua Superficial en Ámbitos de
Administraciones Locales de Agua**

**Administraciones Locales de Agua
Tumbes, Chancay-Lambayeque, Chancay-Huaral y San Juan**

Juan Manuel Benites Ramos
Ministro de Agricultura

Juan Carlos Sevilla Gildemeister
Jefe de la Autoridad Nacional del Agua

Wilfredo Jazer Echevarría Suárez
Director de Planeamiento y Conservación de Recursos Hídricos

Especialista:

Humberto Richard Torres Giraldo



HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

RESUMEN

El presente documento pretende aportar en la generación de conocimiento respecto a dos de los aspectos metodológicos de la gestión territorial, exclusivamente referidos a la de los recursos hídricos: la delimitación y codificación de unidades hidrográficas, en el proceso de su actualización, y la codificación de fuentes de agua, específicamente, los cursos de agua superficial.

Los ámbitos considerados por este estudio, fueron los correspondientes de las Administraciones Locales de Agua Tumbes, Chancay-Lambayeque, Chancay-Huaral y San Juan; debido a que son ámbitos reconocidos oficialmente por la Autoridad Nacional del Agua, los cuales forman parte de las 29 Administraciones Locales de Agua que poseen esta misma condición.

Uno de los objetivos principales del presente estudio es la actualización de la delimitación y codificación de las unidades hidrográficas hasta el nivel 7, en los ámbitos administrativos citados; respecto a la versión generada en el periodo 2005-2007, que se encuentra actualmente vigente mediante Resolución Ministerial N° 033-2008-AG. Este proceso se llevó a cabo mediante el empleo de modelos digitales de elevación (MDE) provenientes de las imágenes de radar interferométrico de la Misión Espacial de Topografía de Radar (SRTM) de la NASA y de las imágenes estereoscópicas satelitales del proyecto ASTER GDEM del Ministerio de Economía, Comercio e Industria de Japón (METI) y la NASA; que posibilitaron la generación automática y preliminar de la delimitación de las unidades hidrográficas, la cual fue posteriormente precisada espacialmente con la ayuda de la Carta Nacional Topográficas, 1:100.000.

Otro de los objetivos principales del presente estudio es lograr la codificación total de los cursos de agua superficial, en los ámbitos referidos, registrados en la Carta Nacional Topográfica 1:100.000; así como la generación de la red geométrica topológica, que permitió modelar el sentido real del flujo superficial del agua y generar conjunciones hídricas en las confluencias.

Ambos procesos se llevaron a cabo siguiendo los preceptos de la metodología Pfafstetter, oficial en el Perú desde el 2008 (R.M. N° 033-2008-AG, del 05 de enero de ese año).

Los resultados de este estudio se encuentran evidenciados en los archivos digitales SIG generados, que fueron almacenados y organizados en una base de datos geoespacial topológica (Geodatabase); y en los documentos cartográficos impresos, en formato A1, correspondientes a cada Administración Local de Agua, los cuales han sido anexados al presente documento.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	11
II. ANTECEDENTES	12
III. OBJETIVOS	14
3.1. Objetivo General	14
3.2. Objetivos Específicos	14
IV. ÁMBITO DE ESTUDIO	15
4.1. Administración Local de Agua Tumbes	15
4.2. Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque	18
4.3. Administración Local de Agua Chancay-Huaral	22
4.4. Administración Local de Agua San Juan	26
V. METODOLOGÍA PFAFSTETTER	30
5.1. Características	30
5.2. Unidad Hidrográfica	31
5.3. Proceso de Codificación	32
5.4. Particularidades del Método	36
VI. ACTUALIZACIÓN DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS	42
6.1. Metodología para Sistemas de Información Geográfica	42
6.2. Resultado de la actualización de unidades hidrográficas	61
VII. CODIFICACIÓN DE CURSOS DE AGUA SUPERFICIAL	78
7.1. Metodología para Sistemas de Información Geográfica	78
7.2. Resultado de la codificación de cursos de agua superficial	101
VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	134
8.1. Conclusiones	134
8.2. Recomendaciones	135
BIBLIOGRAFÍA	136
ANEXO A: Mapas de actualización de unidades hidrográficas	
ANEXO B: Mapas de codificación de cursos de agua superficial	



HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS

FIGURAS

- 4.1 Mapa Base - Administración Local de Agua Tumbes.
- 4.2 Mapa de Unidades Hidrográficas - Administración Local de Agua Tumbes.
- 4.3 Mapa de Distribución Política-Administrativa - Administración Local de Agua Tumbes.
- 4.4 Mapa Base - Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque.
- 4.5 Mapa de Unidades Hidrográficas - Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque.
- 4.6 Mapa de Distribución Política - Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque.
- 4.7 Mapa Base - Administración Local de Agua Chancay-Huaral.
- 4.8 Mapa de Unidades Hidrográficas - Administración Local de Agua Chancay-Huaral.
- 4.9 Mapa de Distribución Política - Administración Local de Agua Chancay-Huaral.
- 4.10 Mapa Base - Administración Local de Agua San Juan.
- 4.11 Mapa de Unidades Hidrográficas - Administración Local de Agua San Juan.
- 4.12 Mapa de Distribución Política - Administración Local de Agua San Juan.
- 5.1 El Sistema Pfafstetter asigna identificadores que se basan en la topología y superficie del territorio que ocupa la unidad hidrográfica.
- 5.2 Características de las unidades hidrográficas.
- 5.3 Tipos de unidades hidrográficas.
- 5.4 Proceso de definición del curso principal.
- 5.5 Proceso de división y codificación.
- 5.6 Unidades hidrográficas “8” y “9”.
- 5.7 Existencia de más de una cuenca interna en una unidad hidrográfica.
- 5.8 Para las regiones hidrográficas cuyos cursos de agua fluyen paralelamente hacia al mar.
- 5.9 Cuenca interna cuya red de drenaje confluye en una laguna.
- 5.10 Sistema hidrográfico Titicaca – Poopó (Unidad Hidrográfica 01).
- 5.11 Delimitación y codificación de la unidad hidrográfica 0262, unidad de tipo interna cuya red de drenaje confluye en un punto sin formar ninguna laguna.
- 5.12 Unidades hidrográficas 02, 03, 04, 05, 06 y 07.
- 5.13 Unidades hidrográficas 950 y 970 (gris), de tipo arreica. Obsérvese que dichas unidades no llegan tener acceso al mar.
- 5.14 Unidad hidrográfica 90 de tipo arreica. Obsérvese la subdivisión de ésta y el sentido horario de la codificación.
- 5.15 Unidades hidrográficas 997 y 999. Obsérvese como las islas reciben el código de la unidad continental más cercana.
- 5.16 Unidades hidrográficas 139 y 151. Obsérvese como las islas reciben el código de la unidad continental más cercana.
- 6.1 Modelo digital del terreno del Proyecto SRTM – NASA.
- 6.2 Modelo digital de elevación.
- 6.3 Dirección de flujo (flow direction).
- 6.4 Acumulación de flujo (flow accumulation).
- 6.5 Stream Link.
- 6.6 Watershed
- 6.7 Información de dirección de flujo de una parte del territorio peruano. La Resolución espacial de la imagen es de 3” de arco.



- 6.8 Información de acumulación de flujo de la misma parte del territorio sudamericano, mostrada tal como ArcGis lo presenta originalmente, bajo el tipo "Stretched" en escala de grises.
- 6.9 Diagrama de flujo: Proceso de delimitación semiautomática de unidades hidrográficas.
- 6.10 Información de acumulación de flujo, mostrada tal como ArcGis lo presenta originalmente, bajo el tipo "Stretched" en escala de grises.
- 6.11 En la opción de presentación "Classified", determinar dos rangos de clasificación, tal como muestra la figura. Luego elegir la opción "Classify..." para efectuar las pruebas necesarias en busca del umbral de acumulación adecuado en escala de grises.
- 6.12 En "Break Values", el primer valor es con el que realizará las pruebas. En cada ensayo realizado, aceptar con "OK".
- 6.13 Al primer rango se le aplicará un color "invisible", y al segundo se le asignará un color cualquiera
- 6.14 Determinación de los cuatro (04) tributarios de mayor acumulación de flujo.
- 6.15 Eligiendo el tema, en el cual se realizaron las pruebas de busca del valor del umbral de acumulación, se ingresan nuevos valores para cada rango: "0" y "1", según muestra la figura. Aceptar con "OK" para crear el nuevo tema.
- 6.16 Tema temporal generado, de nombre "Reclass of ...". Obsérvese el color que posee cada rango y sus correspondientes en la vista. El color fucsia representa al valor "1", conformado por los cursos de agua determinados por el umbral de acumulación.
- 6.17 Generación del tema "Stream Link". Obsérvese la ubicación de esta herramienta dentro de "ArcToolbox" y su ventana de creación, la cual requiere los temas de la reclasificación y de la dirección de flujo.
- 6.18 Tema "Stream Link" generado.
- 6.19 Obsérvese la ubicación de la herramienta "Watershed" y su correspondiente interface de ingreso.
- 6.20 Interface de ingreso de la herramienta "Watershed".
- 6.21 Watersheds generados y diferenciados por colores.
- 6.22 Obsérvese el módulo "Spatial Analyst" y la interface de ingreso de la herramienta "Raster to Features" para cada uno.
- 6.23 Información vectorial de polígonos (líneas rojas) sobre los watersheds raster. Nótese que se han eliminado y fusionado convenientemente algunos polígonos para obtener las nueve unidades requeridas.
- 6.24 Localización de las herramientas "Features to Polygon" y "Polygon to Line".
- 6.25 Localización de la herramienta "Smooth Line".
- 6.26 Proceso de codificación tabular. Obsérvese el tema de unidades hidrográficas concluido con la información de su tabla de atributos completa.
- 6.27 Administración Local de Agua Tumbes: Unidades hidrográficas vigentes.
- 6.28 Administración Local de Agua Tumbes: Unidades hidrográficas actualizadas de nivel 4.
- 6.29 Administración Local de Agua Tumbes: Unidades hidrográficas actualizadas de nivel 5.
- 6.30 Administración Local de Agua Tumbes: Unidades hidrográficas actualizadas de nivel 6.
- 6.31 Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque: Unidades hidrográficas vigentes.
- 6.32 Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque: Unidades hidrográficas actualizadas de nivel 5.
- 6.33 Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque: Unidades hidrográficas actualizadas de nivel 6.
- 6.34 Administración Local de Agua Chancay-Huaral: Unidades hidrográficas vigentes.
- 6.35 Administración Local de Agua Chancay-Huaral: Unidades hidrográficas actualizadas de nivel 6.



- 6.36 Administración Local de Agua Chancay-Huaral: Unidades hidrográficas actualizadas de nivel 7.
- 6.37 Administración Local de Agua San Juan: Unidades hidrográficas vigentes.
- 6.38 Administración Local de Agua San Juan: Unidades hidrográficas actualizadas de nivel 6.
- 6.39 Administración Local de Agua San Juan: Unidades hidrográficas actualizadas de nivel 7.
- 7.1 Naciente, confluencia y desembocadura relacionados con el código del curso principal y los cursos tributarios.
- 7.2 Definición del curso principal (línea roja) de una cuenca hidrográfica.
- 7.3 El código del curso principal posee el código de la cuenca a la que pertenece.
- 7.4 Codificación de los cursos tributarios.
- 7.5 Codificación de los cursos tributarios en unidades hidrográficas de tipo intercuenca.
- 7.6 Codificación de cursos en unidades tipo intercuenca.
- 7.7 Codificación de cursos de agua de menor jerarquía.
- 7.8 Red hídrica con sus cursos de agua codificados.
- 7.9 Codificación de cursos de agua basada en unidades hidrográficas pre-definidas.
- 7.10 Modelo digital de elevación HydroSHED del ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes.
- 7.11 Ráster de dirección de flujo del ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes.
- 7.12 Ráster de acumulación de flujo del ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes.
- 7.13 Cuenca Bocapán - Comparación de dos (02) valores de umbral de acumulación: 5000 (izquierda) y 1000 (derecha). A mayor valor del umbral, menores cursos serán visibles.
- 7.14 Cuenca Bocapán – Definición de la codificación de los tramos de cursos de agua obtenidos luego de la aplicación del umbral de acumulación adecuado.
- 7.15 Cuenca Bocapán – Identificación y codificación de los cursos análogos vectoriales.
- 7.16 Cuenca Chancay-Huaral – Codificación de 03 lagunas relacionadas con un curso de agua con código 1375588789, asignándoseles los códigos: 1375588789a, 1375588789b y 1375588789c.
- 7.17 Cuenca Chancay-Huaral – Direcciones de flujo en los tramos de curso de agua de la red hídrica, evidenciadas por flechas de color rojo.
- 7.18 Administración Local de Agua Tumbes: 824 cursos de agua obtenidos del proceso de codificación.
- 7.19 Administración Local de Agua Tumbes: Distribución de cursos de agua por niveles de jerarquía.
- 7.20 Administración Local de Agua Tumbes: Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Strahler.
- 7.21 Administración Local de Agua Tumbes: Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Shreve en cinco rangos Jenks.
- 7.22 Administración Local de Agua Tumbes: Distribución de cursos de agua según su tipo.
- 7.23 Administración Local de Agua Tumbes: Hidronimia asignada a las redes hídricas digitales.
- 7.24 Administración Local de Agua Tumbes: Distribución espacial de pendientes porcentuales.
- 7.25 Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque: 546 cursos de agua.
- 7.26 Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque: Distribución de cursos de agua por niveles de jerarquía.
- 7.27 Figura 7.27. Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque: Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Strahler.
- 7.28 Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque: Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Shreve en cinco rangos Jenks.
- 7.29 Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque: Distribución de cursos de agua según su tipo.

- 7.30 Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque: Hidronimia asignada a las redes hídricas digitales.
- 7.31 Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque: Distribución espacial de pendientes porcentuales.
- 7.32 Administración Local de Agua Chancay-Huaral: 480 cursos de agua.
- 7.33 Administración Local de Agua Chancay-Huaral: Distribución de cursos de agua por niveles de jerarquía.
- 7.34 Administración Local de Agua Chancay-Huaral: Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Strahler.
- 7.35 Administración Local de Agua Chancay-Huaral: Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Shreve en cinco rangos Jenks.
- 7.36 Administración Local de Agua Chancay-Huaral: Distribución de cursos de agua según su tipo.
- 7.37 Administración Local de Agua Chancay-Huaral: Hidronimia asignada a las redes hídricas digitales.
- 7.38 Administración Local de Agua Chancay-Huaral: Distribución espacial de pendientes porcentuales.
- 7.39 Administración Local de Agua San Juan: 997 cursos de agua.
- 7.40 Administración Local de Agua San Juan: Distribución de cursos de agua por niveles de jerarquía.
- 7.41 Administración Local de Agua San Juan: Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Strahler.
- 7.42 Administración Local de Agua San Juan: Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Shreve en cinco rangos Jenks.
- 7.43 Administración Local de Agua San Juan: Distribución de cursos de agua según su tipo.
- 7.44 Administración Local de Agua San Juan: Hidronimia asignada a las redes hídricas digitales.
- 7.45 Administración Local de Agua San Juan: Distribución espacial de pendientes porcentuales.

CUADROS

- 4.1 Ubicación matemática de la Administración Local de Agua Tumbes, mediante coordenadas geográficas de sus límites máximos y mínimos.
- 4.2 Ubicación matemática de la Administración Local de Agua Tumbes, mediante coordenadas UTM de sus límites máximos y mínimos.
- 4.3 Distribución espacial de unidades hidrográficas por ámbitos departamentales.
- 4.4 Ámbito de la ALA respecto a la delimitación político – administrativa.
- 4.5 Ubicación matemática de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque, mediante coordenadas geográficas de sus límites máximos y mínimos.
- 4.6 Ubicación matemática de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque, mediante coordenadas UTM de sus límites máximos y mínimos.
- 4.7 Distribución espacial de unidades hidrográficas por ámbitos departamentales.
- 4.8 Ámbito de la ALA respecto a la Delimitación Político – Administrativa.
- 4.9 Ubicación matemática de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral, mediante coordenadas geográficas de sus límites máximos y mínimos.
- 4.10 Ubicación matemática de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral, mediante coordenadas UTM de sus límites máximos y mínimos.
- 4.11 Distribución de unidades hidrográficas por ámbitos departamentales.
- 4.12 Ámbito de la ALA respecto a la Delimitación Político – Administrativa.

- 4.13 Ubicación matemática de la Administración Local de Agua San Juan, mediante coordenadas geográficas de sus límites máximos y mínimos.
- 4.14 Ubicación matemática de la Administración Local de Agua San Juan, mediante coordenadas UTM de sus límites máximos y mínimos.
- 4.15 Distribución espacial de unidades hidrográficas por ámbitos departamentales.
- 4.16 Ámbito de la ALA respecto a la Delimitación Político – Administrativa.
- 6.1 Distribución espacial de unidades hidrográficas vigentes en el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes.
- 6.2 Distribución espacial de unidades hidrográficas actualizadas en el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes.
- 6.3 Resumen de la distribución espacial de unidades hidrográficas actualizadas en el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes por región hidrográfica y niveles de jerarquía.
- 6.4 Distribución espacial de unidades hidrográficas vigentes en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque.
- 6.5 Distribución espacial de unidades hidrográficas actualizadas en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque.
- 6.6 Resumen de la distribución espacial de unidades hidrográficas actualizadas en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque por región hidrográfica y niveles de jerarquía.
- 6.7 Distribución espacial de unidades hidrográficas vigentes en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral.
- 6.8 Distribución espacial de unidades hidrográficas actualizadas en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral.
- 6.9 Resumen de la distribución espacial de unidades hidrográficas actualizadas en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral por región hidrográfica y niveles de jerarquía.
- 6.10 Distribución espacial de unidades hidrográficas vigentes en el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan.
- 6.11 Distribución espacial de unidades hidrográficas actualizadas en el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan.
- 6.12 Resumen de la distribución espacial de unidades hidrográficas actualizadas en el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan por región hidrográfica y niveles de jerarquía.
- 7.1 Características de la información recopilada.
- 7.2 Estructura organizativa de la Geodatabase de Archivo.
- 7.3 Estructura de la Tabla de Atributos de la Clase de entidad “Red_hidrica”.
- 7.4 Distribución de cursos de agua codificados por niveles de jerarquía en el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes.
- 7.5 Resumen del contenido de la Base de Datos de lagunas codificadas en el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes.
- 7.6 Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Strahler en el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes.
- 7.7 Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Shreve, en cinco rangos, en el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes.
- 7.8 Distribución de cursos de agua de acuerdo a sus tipos en el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes.
- 7.9 Distribución de cursos de agua de acuerdo a intervalos porcentuales de pendiente en el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes.
- 7.10 Distribución de cursos de agua codificados por niveles de jerarquía en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque.



- 7.11 Resumen del contenido de la Base de Datos de lagunas codificadas en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque.
- 7.12 Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Strahler en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque.
- 7.13 Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Shreve, en cinco rangos, en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque.
- 7.14 Distribución de cursos de agua de acuerdo a sus tipos en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque.
- 7.15 Distribución de cursos de agua de acuerdo a intervalos porcentuales de pendiente en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque.
- 7.16 Distribución de cursos de agua codificados por niveles de jerarquía en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral.
- 7.17 Resumen del contenido de la Base de Datos de lagunas codificadas en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral.
- 7.18 Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Strahler en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral.
- 7.19 Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Shreve, en cinco rangos, en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral.
- 7.20 Distribución de cursos de agua de acuerdo a sus tipos en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral.
- 7.21 Distribución de cursos de agua de acuerdo a intervalos porcentuales de pendiente en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral.
- 7.22 Distribución de cursos de agua codificados por niveles de jerarquía en el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan.
- 7.23 Resumen del contenido de la Base de Datos de lagunas codificadas en el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan.
- 7.24 Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Strahler en el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan.
- 7.25 Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Shreve, en cinco rangos, en el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan.
- 7.26 Distribución de cursos de agua de acuerdo a sus tipos en el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan.
- 7.27 Distribución de cursos de agua de acuerdo a intervalos porcentuales de pendiente en el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan.



HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

I. INTRODUCCIÓN

El presente documento constituye la memoria descriptiva del estudio de “Actualización de las Unidades Hidrográficas y Codificación Integral de Cursos de Agua Superficial en los Ámbitos de las Administraciones Locales de Agua Tumbes, Chancay-Lambayeque, Chancay-Huaral y San Juan”, llevado a cabo por el Área de Geomática, de la Unidad de Planeamiento de Recursos Hídricos de la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua.

La presente memoria descriptiva ha sido desarrollada en ocho capítulos:

En el primer capítulo, comprende la introducción, donde se realiza la presentación del estudio y reseña de los capítulos comprendidos en el presente documento.

El segundo capítulo, comprendido por los antecedentes, realiza una descripción cronológica de los trabajos antecesores y precursores del presente estudio.

El tercer capítulo trata sobre los objetivos establecidos para el presente estudio, el objetivo general y los objetivos específicos.

En el cuarto capítulo se realiza una descripción general de los ámbitos administrativos que son objeto del presente estudio, tocando aspectos como ubicación, extensión, límites, entre otros.

Debido a que la base metodológica del proceso de delimitación y codificación de unidades hidrográficas, así como de la codificación superficial de cursos de agua superficial, es el sistema Pfafstetter, se creyó necesario incorporar un capítulo abocado a este tema. El capítulo cinco, describe las características, procesos de codificación y particularidades de la metodología Pfafstetter.

El capítulo seis describe los procesos relacionados a la actualización de las unidades hidrográficas, en cuanto a temas como la aplicación de la metodología diseñada para Sistemas de Información Geográfica (SIG), así como, la presentación de los resultados obtenidos.

De manera similar, el capítulo siete, se ocupa de la codificación integral de cursos de agua superficial, en el cual se detalla la aplicación de la metodología SIG diseñada, así como la descripción de los resultados obtenidos en este proceso.

En el capítulo ocho, se exponen las conclusiones y recomendaciones, como resultado de la ejecución del presente estudio, los mismos que podrían ser tomados en consideración para su implementación en procesos similares.

El estudio concluye con la relación de las referencias bibliográficas consultadas durante la elaboración del presente documento. En esta relación, se ha considerado tanto bibliografía analógica, clásica, como digital, hallada en la Web.

Finalmente, en los anexos, se presentan ocho documentos cartográficos, que muestran los resultados obtenidos en los dos principales procesos desarrollados por el presente estudio.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

II. ANTECEDENTES

En el Perú, el ordenamiento o planificación territorial se basa actualmente en cuencas hidrográficas, llevando a cabo crecientemente planes y programas de gestión de los recursos naturales, donde el agua ocupa el lugar preponderante, teniendo como punto de partida estas unidades básicas naturales del territorio.

Haber llegado a las instancias actuales es el resultado de años de trabajo, en el que cada paso logrado era una fuente importante de conocimientos y experiencias que constituyeron un punto de partida para el siguiente paso.

El interés de representar el territorio de la forma más cercana a la realidad y con las modernas tecnologías y herramientas de apoyo, plantea el reto de ir mejorando la precisión en la delimitación de las cuencas hidrográficas.

Ya es sabido que el trabajo realizado por la ONERN (Oficina Nacional de Recursos Naturales) en 1984, es el que marca el inicio de este camino, convirtiéndose en el pionero de los procesos de delimitación de cuencas hidrográficas en el Perú. Esta versión tuvo como resultado la identificación de 106 cuencas hidrográficas; no obstante, de poseer una cartografía de poca precisión, adquirió mucha importancia al constituirse en marco de referencia y localización geográfica para las diferentes instituciones públicas.

Basado en el trabajo de la ONERN, en el 2001, la Dirección General de Aguas y Suelos del ex-INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales), realizó algunos esfuerzos para ir ajustando la delimitación de cuencas de acuerdo a los nuevos avances tecnológicos que iban permitiendo actualizar la base cartográfica inicial. Al respecto, con las actualizaciones realizadas con las cartas nacionales de 1:250.000 del IGN (Instituto Geográfico Nacional) y del Proyecto "Perú Digital" (1999-2000), dio como resultado el mapa de "Cuencas Hidrográficas del Perú", el cual presentaba 107 cuencas, definidas en tres (03) vertientes hidrográficas (Pacífico, Atlántico y Titicaca), 53 en la vertiente del Pacífico, 45 en la vertiente del Atlántico y 09 en la vertiente del Titicaca; así como se identificaron 28 cuencas hidrográficas de segundo orden (quebradas menores e intercuenca).

En el 2003, la Intendencia de Recursos Hídricos del ex-INRENA, en busca de implementar un sistema de codificación internacional de cuencas hidrográficas en el Perú, inicia el Proyecto "Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Perú" basado en la Metodología Pfafstetter, desarrollada por el ingeniero brasileño Otto Pfafstetter, en 1989; que, en su primera etapa, se llevó a cabo a la escala de 1:250.000, en base a la cartografía del Proyecto "Perú Digital". En la segunda etapa, iniciada en el 2006, a la escala 1:100.000, se empleó la Carta Nacional Topográfica del IGN, culminando un año después. Al año siguiente, el 05 enero del 2008, la flamante Autoridad Nacional del Agua, mediante R.J. N°033-2008-AG, oficializa el uso de esta nueva versión, reconociendo el mapa y la metodología respectiva, vigentes actualmente.

En el 2010, mediante la aplicación de una nueva información topográfica, constituido por los modelos digitales de elevación de los proyectos SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) de la NASA y HydroSHEDs de la WWF, así como la aplicación de una nueva técnica de delimitación semiautomática de unidades hidrográficas; se llevó a cabo la delimitación y codificación de las unidades hidrográficas del Perú hasta el nivel 5, con el propósito de actualización de las unidades hidrográficas de la versión oficial. La actualización estuvo dirigida al aspecto de precisión de la delimitación y codificación de unidades

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

hidrográficas, empleando una nueva fuente de información geo-espacial con menores niveles de error. Se estimó la escala de este trabajo en 1:250000.

Entre el 2011 y 2012, continuando con el proceso anterior, se llevó a cabo la delimitación y codificación de las unidades hidrográficas del Perú en el nivel 6, bajo las mismas consideraciones técnicas del trabajo del 2010.

En cuanto a la codificación de cursos de agua superficial, en el 2009 se tuvo la primera experiencia, logrando codificar y clasificar 651 cursos de agua a nivel nacional, comprendidos entre los niveles 1 y 5 de la codificación Pfafstetter. Precisamente, el sistema Pfafstetter fue la base de esta codificación, con algunas variaciones relacionadas a la no consideración de códigos impares, asignando íntegramente al curso principal el código de la cuenca a la que pertenece.

En el presente año, debido a las necesidades de información relacionados a la codificación de unidades hidrográficas y fuentes de agua superficial, se planteó la necesidad de emprender procesos de actualización de unidades hidrográficas y de codificación integral de los cursos de agua superficial a nivel nacional, recogiendo las experiencias y resultados de los trabajos anteriores. En ese sentido, se consideró realizar estos procesos por ámbitos de administraciones locales de agua, iniciando con aquellos que se encuentran reconocidos oficialmente, razón por la cual el proyecto emprendido fue denominado “Actualización de Unidades Hidrográficas y Codificación Integral de Cursos de Agua Superficial en Ámbitos de Administraciones Locales de Agua”; siendo Tumbes, Chancay-Lambayeque, Chancay-Huaral y San Juan, las primeras en este largo proceso.



HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Actualizar las unidades hidrográficas y codificar los cursos de agua superficiales en los ámbitos territoriales de la Administraciones Locales de Agua Tumbes, Chancay-Lambayeque, Chancay-Huaral y San Juan, teniendo como información geoespacial base, la Carta Nacional Topográfica del Perú (1:100.000).

3.2 Objetivos Específicos

Este trabajo tiene como objetivos específicos:

- Elaborar los archivos SIG de las unidades hidrográficas actualizadas de los ámbitos territoriales de las Administraciones Locales de Agua Tumbes, Chancay-Lambayeque, Chancay-Huaral y San Juan.
- Elaborar los archivos SIG de los cursos de agua superficiales codificados, correspondientes a los ámbitos territoriales de las Administraciones Locales de Agua Tumbes, Chancay-Lambayeque, Chancay-Huaral y San Juan.
- Almacenar y organizar la información generada en Geodatabases, construidas especialmente para este propósito.
- Elaborar el Mapa: “Actualización de Unidades Hidrográficas de la Administración Local de Agua Tumbes”.
- Elaborar el Mapa: “Actualización de Unidades Hidrográficas de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque”.
- Elaborar el Mapa: “Actualización de Unidades Hidrográficas de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral”.
- Elaborar el Mapa: “Actualización de Unidades Hidrográficas de la Administración Local de Agua San Juan”.
- Elaborar el Mapa: “Codificación de Cursos de Agua Superficiales de la Administración Local de Agua Tumbes”.
- Elaborar el Mapa: “Codificación de Cursos de Agua Superficiales de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque”.
- Elaborar el Mapa: “Codificación de Cursos de Agua Superficiales de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral”.
- Elaborar el Mapa: “Codificación de Cursos de Agua Superficiales de la Administración Local de Agua San Juan”.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

IV. ÁMBITO DE ESTUDIO

Los ámbitos territoriales de las administraciones locales de agua Tumbes, Chancay-Lambayeque, Chancay-Huaral y San Juan constituyen los espacios geográficos en los cuales se ha desarrollado el presente estudio. La descripción de los citados ámbitos se expone a continuación:

4.1 Administración Local de Agua Tumbes

4.1.1 Oficialización:

El ámbito territorial de la Administración Local de Agua Tumbes fue aprobada oficialmente mediante Resolución Jefatural N° 416-2013-ANA, del 25 de setiembre de 2013.

4.1.2 Ubicación

a. Geográfica:

La Administración Local de Agua Tumbes está ubicada en la Región Hidrográfica Pacífico, en el extremo norte occidental del territorio nacional.

b. Matemática:

Teniendo en consideración los sistemas de coordenadas angulares (Coordenadas Geográficas) y planas (Proyección Universal Transversa de Mercator – UTM), la Administración Local de Agua de Tumbes, se ubica matemáticamente de la siguiente manera:

Cuadro 4.1

Ubicación matemática de la Administración Local de Agua Tumbes, mediante coordenadas geográficas de sus límites máximos y mínimos

Coordenadas Geográficas			
Longitud Oeste		Latitud Sur	
Mínimo	81° 02' 47"	Mínimo	04° 19' 09"
Máximo	80° 07' 37"	Máximo	03° 23' 52"

Cuadro 4.2

Ubicación matemática de la Administración Local de Agua Tumbes, mediante coordenadas UTM de sus límites máximos y mínimos

Coordenadas UTM – Zona 17			
metros Este		metros Norte	
Mínimo	494.834	Mínimo	9.522.586
Máximo	596.939	Máximo	9.62.,420

c. Altitudinal:

El ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes presenta un desarrollo altitudinal desde 0 hasta los 1.613 m.s.n.m., constituido por la cumbre del Cerro Carrizal.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

d. Administrativa:

En cuanto a la administración de los recursos hídricos, la Administración Local de Agua Tumbes es uno de los órganos descentrados de la Autoridad Administrativa del Agua Jequetepeque-Zarumilla (V).

e. Política:

El ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes, respecto a la administración política del país, abarca territorios de dos (02) departamentos (Tumbes y Piura), con extensiones bastante disímiles; la mayor extensión se encuentra en el departamento de Tumbes (87%) y el resto de su superficie (13%) en Piura.

4.1.3 Límites

- Por el Norte : Océano Pacífico y República de Ecuador.
- Por el Este : República de Ecuador.
- Por el Sur : Administración Local de Agua Chira.
- Por el Oeste : Océano Pacífico.

4.1.4 Extensión

Presenta una extensión de cinco mil doscientos ochenta y cinco con 48/100 de kilómetros cuadrados (5.285,48 Km²), que representa el 8,50 % del territorio de la Autoridad Administrativa del Agua (AAA) Zarumilla-Jequetepeque. (Figura 4.1).

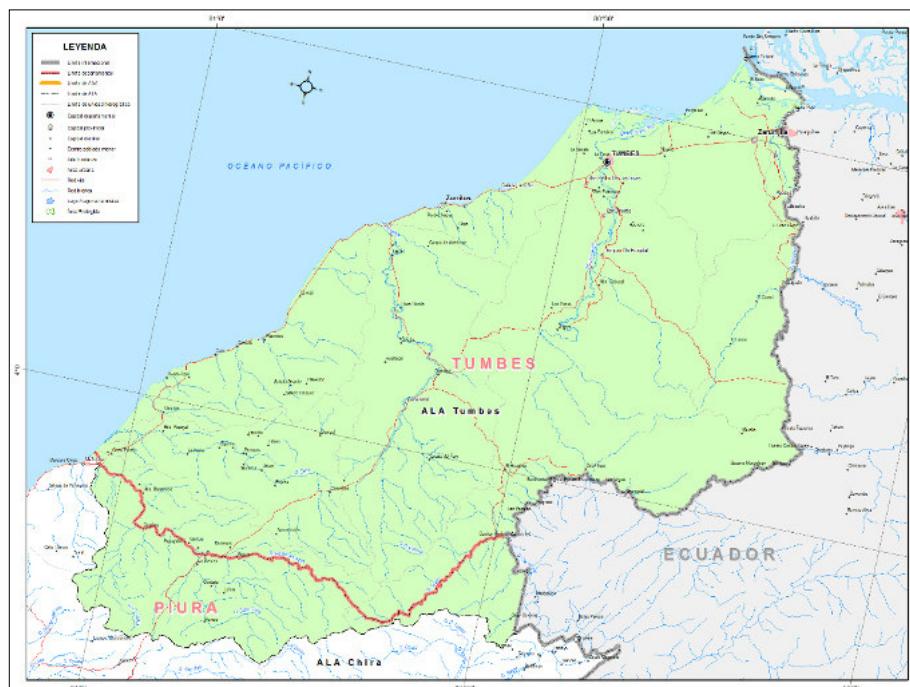


Figura 4.1. Mapa Base - Administración Local de Agua Tumbes

4.1.5 Sede administrativa

La sede administrativa está ubicada en la ciudad de Tumbes, distrito y provincia Tumbes y capital del departamento del mismo nombre.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

4.1.6 Descripción del Ámbito de la Administración Local de Agua

a. Respecto a la delimitación natural de cuencas

El ámbito territorial de la Administración Local de Agua Tumbes está conformado e integrado por la conjunción de nueve (09) demarcaciones naturales o unidades hidrográficas indivisibles y contiguas, siendo la unidad hidrográfica principal la cuenca del río Tumbes (Figura 4.2). En el Cuadro 4.3, se muestra la distribución espacial de unidades hidrográficas por departamentos.



Figura 4.2. Mapa de Unidades Hidrográficas - Administración Local de Agua Tumbes

Cuadro 4.3
Distribución espacial de unidades hidrográficas por ámbitos departamentales

Administración Local de Agua (ALA)				Departamento				Unidades Hidrográficas				
Cód	Nombre	Área		Nombre	Área			Cód.	Nombre	Área		
		(km²)	% Nac		(km²)	% ALA	% Dep			(km²)	% ALA	% Dep
34	Tumbes	5,285.48	0.4	Piura	686.45	13	2	1394	Cuenca Tumbes	151.52	3	0
				Tumbes	4,599.03	87	100	13932	Cuenca Fernández	534.93	10	2
								1394	Cuenca Tumbes	1,654.63	31	36
								13932	Cuenca Fernández	205.34	4	5
								13933	Intercuena Hidrográfica 13933	6.07	0	0
								13934	Cuenca Quebrada Seca	483.88	9	11
								13935	Intercuena 13935	447.87	9	10
								13936	Cuenca Bocapán	900.61	17	20
								13939	Intercuena 13939	187.94	4	4
								13951	Intercuena 13951	339.69	6	7
								13952	Cuenca Zarumilla	373.00	7	8
Sub-Total										5,285.48	100	

FUENTE: ANA-DCPRH-2011.

b. Respecto a la Delimitación Política-Administrativa

Respecto a la delimitación política-administrativa del país, el ámbito de la ALA abarca territorios de dos (02) departamentos (Tumbes y Piura) (Figura 4.3), cuya mayor


HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEOGRAFO
Reg. CIP N° 70977

superficie se encuentra en el departamento de Tumbes (87%). También se muestran datos (superficie y porcentaje) de las provincias comprendidas en cada departamento, como puede observarse en el Cuadro 4.4.



Figura 4.3. Mapa de Distribución Política-Administrativa - Administración Local de Agua Tumbes

Cuadro 4.4
Ámbito de la ALA respecto a la delimitación político - administrativa

Administraciones Locales del Agua (ALA)			Departamento				Provincias				
Cód	Nombre	Área		Código	Nombre	Área		Código	Nombre	Área	
		Km ²	% AAA			Km ²	% ALA			Km ²	% ALA
34	Tumbes	5,285.48	8.50	20	Piura	686.45	13.0	2006	Sullana	502.92	9.5
				24	Tumbes	4,599.04	87.0	2007	Talara	183.53	3.5
				2401				2401	Tumbes	1,758.92	33.3
				2402				2402	Contralmirante Villar	2,113.02	40.0
				2403				2403	Zarumilla	727.11	13.8

FUENTE: ANA-DCPRH-2011

4.2 Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque

4.2.1 Oficialización:

El ámbito territorial de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque fue aprobada oficialmente mediante Resolución Jefatural N° 415-2013-ANA, del 25 de setiembre de 2013.

4.2.2 Ubicación

a. Geográfica:

La Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque está ubicada en la Región Hidrográfica Pacífico, en la parte noroccidental del territorio nacional.



b. Matemática:

Teniendo en consideración los sistemas de coordenadas angulares (Coordenadas Geográficas) y planas (Proyección Universal Transversa de Mercator – UTM), la Administración Local de Agua de Chancay-Lambayeque, se ubica matemáticamente de la siguiente manera:

Cuadro 4.5

Ubicación matemática de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque, mediante coordenadas geográficas de sus límites máximos y mínimos

Coordenadas Geográficas			
Longitud Oeste		Latitud Sur	
Mínimo	80° 06' 38"	Mínimo	06° 57' 08"
Máximo	78° 37' 34"	Máximo	06° 21' 15"

Cuadro 4.6

Ubicación matemática de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque, mediante coordenadas UTM de sus límites máximos y mínimos

Coordenadas UTM – Zona 17			
metros Este		metros Norte	
Mínimo	598.297	Mínimo	9.231.360
Máximo	762.379	Máximo	9.297.294

c. Altitudinal:

El ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque presenta un desarrollo altitudinal desde 0 hasta los 3.950 m.s.n.m.

d. Administrativa:

En cuanto a la administración de los recursos hídricos, la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque es uno de los órganos descentrados de la Autoridad Administrativa del Agua Jequetepeque-Zarumilla (V).

e. Política:

El ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque, comprende territorios de dos (02) departamentos, siendo el departamento Lambayeque, provincias de Chiclayo, Lambayeque y Ferreñafe, que ocupa mayor espacio con 50,9%, y en menor proporción el departamento Cajamarca, las provincias de Chota, Santa Cruz, Hualgayoc y San Miguel, con un 49,1%.

4.2.3 Límites

- Por el Norte : Administración Local de Agua Motupe-Olmos-La Leche.
- Por el Este : Administración Local de Agua Chotano-Llaucano.
- Por el Sur : Administraciones Locales de Agua Zaña y Jequetepeque.
- Por el Oeste : Océano Pacífico.

4.2.4 Extensión

La Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque presenta una extensión de cinco mil quinientos cincuenta y cinco con 49/100 de kilómetros cuadrados (5.555,49 Km²), que representa el 8,94 % del territorio del ámbito de la Autoridad Administrativa del Agua (AAA) Jequetepeque-Zarumilla. (Figura 4.4).

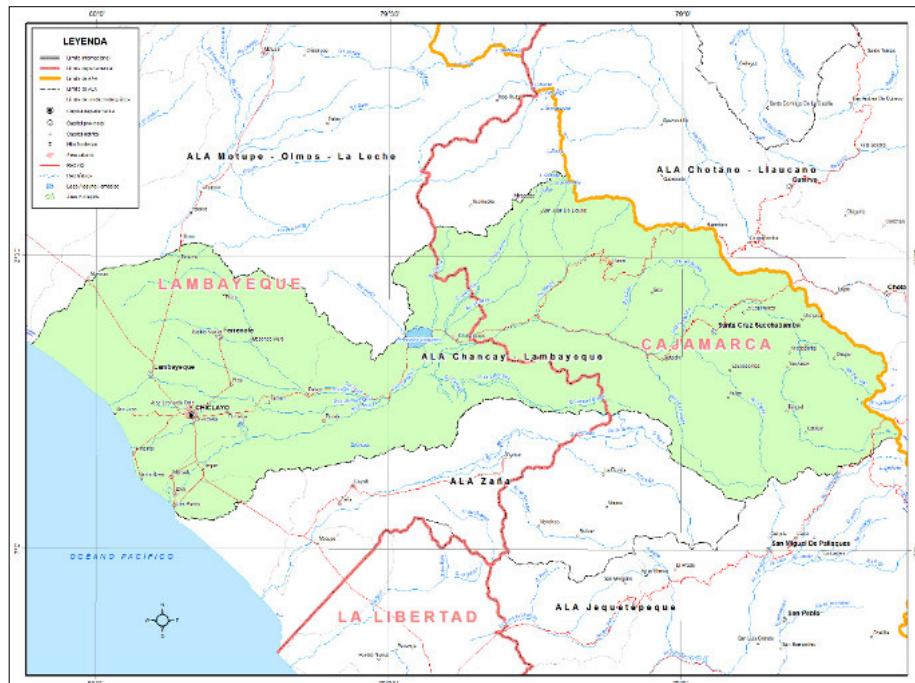


Figura 4.4. Mapa Base - Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque

4.2.5 Sede administrativa

La sede administrativa está ubicada en la ciudad de Chiclayo capital del departamento de Lambayeque, distrito de Chiclayo, perteneciente a la provincia del mismo nombre.

4.2.6 Descripción del Ámbito de la Administración Local

a. Respecto a la delimitación natural de cuencas

El ámbito territorial de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque está conformado e integrado por la conjunción de cuatro (04) demarcaciones naturales o unidades hidrográficas indivisibles y contiguas, siendo la unidad hidrográfica principal la cuenca del río Chancay Lambayeque (Figura 4.5). Su distribución en función de la delimitación por departamentos, se muestra en el Cuadro 4.7.

Cuadro 4.7

Administración Local de Agua (ALA)			Departamento				Unidades Hidrográficas					
Cód.	Nombre	Área	Nombre	Área			Cód.	Nombre	Área			
		km ²		% Nac	km ²	% ALA			km ²	% ALA	% Dep	
28	Chancay - Lambayeque	5,555.49	0.4	Cajamarca	2,731.45	49	8	13776	Cuenca Chancay-Lambayeque	2,731.44	49	8
				Lambayeque	2,824.04	51	20	1377598	Cuenca Chupayal	61.78	1	0
								1377599	Intercuenca 1377599	27.41	0	0
								13776	Cuenca Chancay-Lambayeque	1,290.82	23	9
								137771	Intercuenca 137771	1,444.03	26	10
				Sub-Total						5,555.49	100.0	

FUENTE: ANA-DCPRH-2009



Figura 4.5. Mapa de Unidades Hidrográficas - Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque

b. Respecto a la Delimitación Político-Administrativa

Respecto a la delimitación política-administrativa del país, abarca territorios de dos (02) departamentos (Figura 4.6), cuya superficie abarca extensiones bastante similares en ambos departamentos, 51% en Lambayeque y 49% en Cajamarca. También se muestran datos (superficie y porcentaje) de las provincias comprendidas de cada departamento, como puede observarse en el Cuadro 4.8.

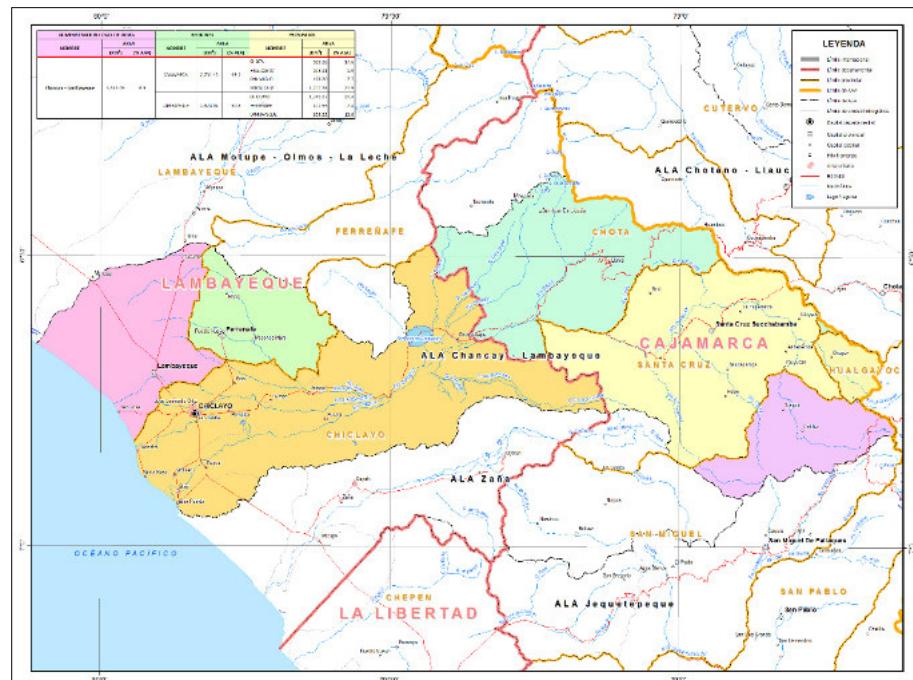


Figura 4.6. Mapa de Distribución Política - Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

Cuadro 4.8
Ámbito de la ALA respecto a la Delimitación Político - Administrativa

Administraciones Locales del Agua (ALA)				Departamento				Provincias				
Cód.	Nombre	Área		Código	Nombre	Área		Código	Nombre	Área		
		Km ²	% AAA			Km ²	% ALA			Km ²	% ALA	
28	Chancay - Lambayeque	5,555.49	8.9	06	Cajamarca	2,731.45	49.2	0604	Chota	980.26	17.6	
					Lambayeque				0607	Hualgayoc	105.21	1.9
FUENTE: ANA-DCPRH-2009												
14	Lambayeque	2,824.04	50.8	1401	Chiclayo	1,217.78	21.91		Ferreñafe	412.55	7.4	
					Lambayeque				1403	Lambayeque	669.22	12.09

FUENTE: ANA-DCPRH-2009

4.3 Administración Local de Agua Chancay-Huaral

4.3.1 Oficialización:

El ámbito territorial de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral fue aprobada oficialmente mediante Resolución Jefatural N° 418-2013-ANA, del 25 de setiembre de 2013.

4.3.2 Ubicación

a. Geográfica:

La Administración Local de Agua Chancay-Huaral está ubicada en la Región Hidrográfica Pacífico, en la parte central y occidental del territorio nacional.

b. Matemática:

Teniendo en consideración los sistemas de coordenadas angulares (Coordenadas Geográficas) y planas (Proyección Universal Transversa de Mercator – UTM), la Administración Local de Agua de Chancay-Huaral, se ubica matemáticamente de la siguiente manera:

Cuadro 4.9

Ubicación matemática de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral, mediante coordenadas geográficas de sus límites máximos y mínimos

Coordenadas Geográficas			
Longitud Oeste		Latitud Sur	
Mínimo	77° 22' 58"	Mínimo	11° 45' 06"
Máximo	76° 27' 25"	Máximo	11° 00' 49"

Cuadro 4.10

Ubicación matemática de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral, mediante coordenadas UTM de sus límites máximos y mínimos

Coordenadas UTM – Zona 18			
metros Este		metros Norte	
Mínimo	240.016	Mínimo	8.700.007
Máximo	340.993	Máximo	8.782.074


HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
 INGENIERO GEOGRAFO
 Reg. CIP N° 70977

c. Altitudinal:

El ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral presenta un desarrollo altitudinal desde los 0 metros hasta las cumbres de la Cordillera Occidental de los Andes, la cual constituye la divisoria continental, donde su punto más elevado alcanza los 5.378 m.s.n.m., constituido por la cumbre del Nevado Alcay.

d. Administrativa:

En cuanto a la administración de los recursos hídricos, la Administración Local de Agua Chancay-Huaral es uno de los órganos desconcentrados de la Autoridad Administrativa del Agua Cañete-Fortaleza (III).

e. Política:

Respecto a la delimitación política del país, el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral, está comprendido en su integridad (100 %) en territorio del departamento de Lima-Provincias, comprendiendo mayormente la provincia Huaral (93,5%) y menores espacios de las provincias Lima (3,3%), Canta (2,6%) y Huaura (0,6%).

4.3.3 Límites

- Por el Norte : Administración Local de Agua Huaura.
- Por el Este : Administraciones Locales de Agua Pasco y Mantaro.
- Por el Sur : Administración Local de Agua Chillón-Rímac-Lurín.
- Por el Oeste : Océano Pacífico.

4.3.4 Extensión

La Administración Local de Agua Chancay-Huaral presenta una extensión de tres mil cuatrocientos ochenta con 87/100 de kilómetros cuadrados (3,480.87 Km²) que representa el 8,72 % del territorio del ámbito jurisdiccional de la Autoridad Administrativa del Agua (AAA) Cañete-Fortaleza. (Figura 4.7).

4.3.5 Sede administrativa

La sede administrativa está ubicada en la ciudad de Huaral, capital de la provincia del mismo nombre perteneciente al ámbito del departamento de Lima-Provincias.

4.3.6 Descripción del Ámbito de la Administración Local

a. Respecto a la delimitación natural de cuencas

El ámbito territorial de la Administración Local de Agua Chancay - Huaral está conformado e integrado por la conjunción de cinco (05) demarcaciones naturales o unidades hidrográficas indivisas y contiguas, siendo la unidad hidrográfica principal y base de la presente delimitación (Figura 4.8). La relación de estas unidades hidrográficas en función de la delimitación por departamentos, se muestra en el Cuadro 4.11.

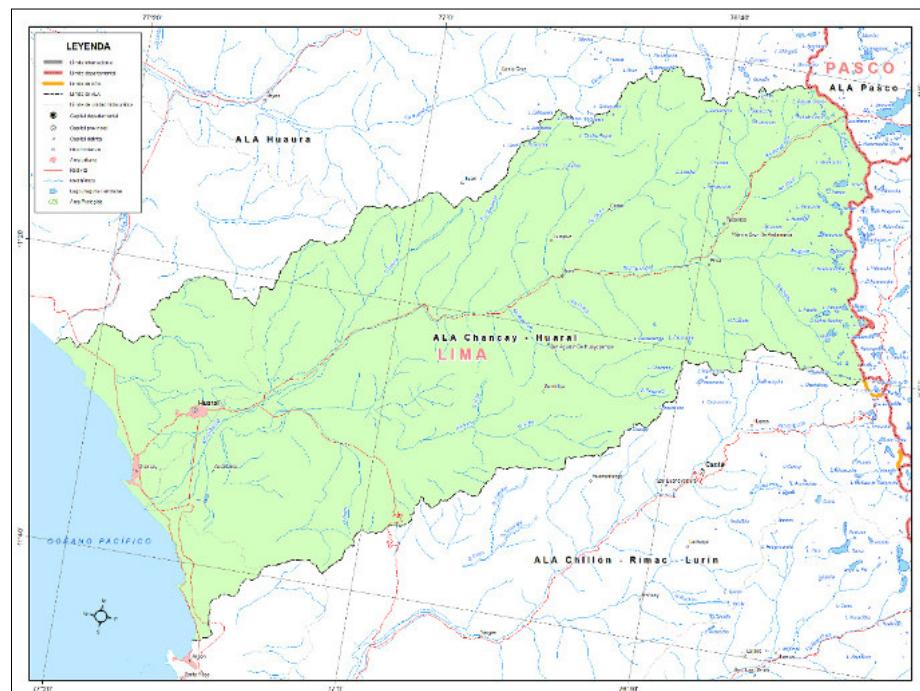


Figura 4.7. Mapa Base - Administración Local de Agua Chancay-Huaral

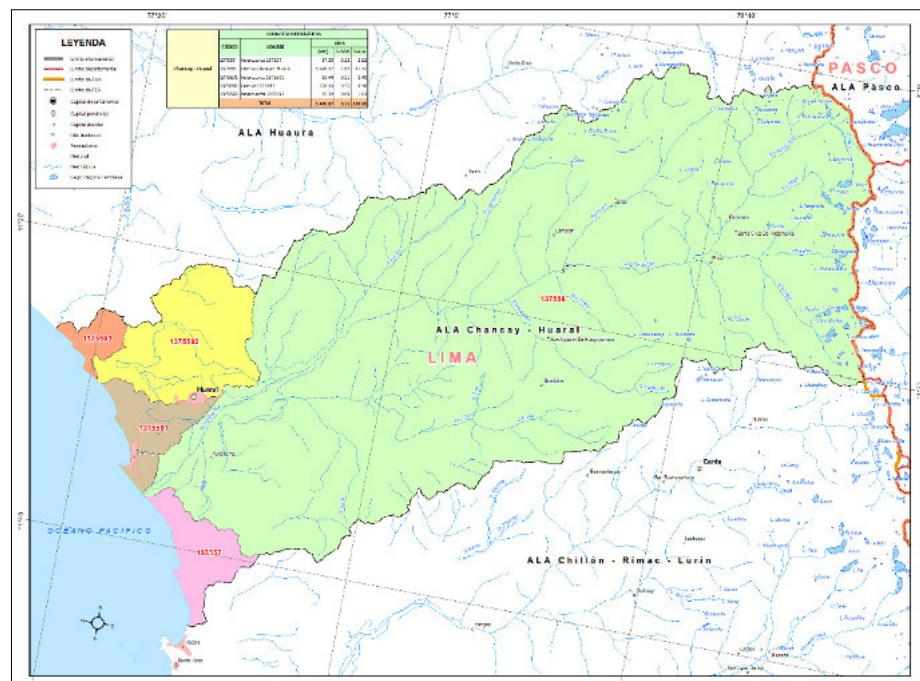


Figura 4.8. Mapa de Unidades Hidrográficas - Administración Local de Agua Chancay-Huaral

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

Cuadro 4.11
Distribución de unidades hidrográficas por ámbitos departamentales

Administración Local de Agua-ALA			Departamento			Unidades Hidrográficas						
Cód.	Nombre	Área		Nombre	Área		Cód.	Nombre	Área			
		(km ²)	% AAA		(km ²)	% ALA			(km ²)	% ALA		
17	Chancay - Huaral	3,480.87	8.72	Lima	3,480.87	100	10	137557	Intercuenca 137557	87.30	3	0
								137558	Cuenca Chancay - Huaral	3,046.37	88	9
								1375591	Intercuenca 1375591	83.44	2	0
								1375592	Cuenca 1375592	228.44	7	1
								1375593	Intercuenca 1375593	35.32	1	0
								Sub-Total		3,480.87	100.0	10.0

FUENTE: ANA-DCPRH-2011

b. Respecto a la Delimitación Político-Administrativa

Respecto a la delimitación político-administrativa del país, el ámbito de la ALA se encuentra comprendida íntegramente (100%) dentro del ámbito del departamento de Lima-Provincias (Figura 4.9). En el Cuadro 4.12 se muestran datos en superficie y porcentaje de las provincias comprendidas en el presente ámbito.

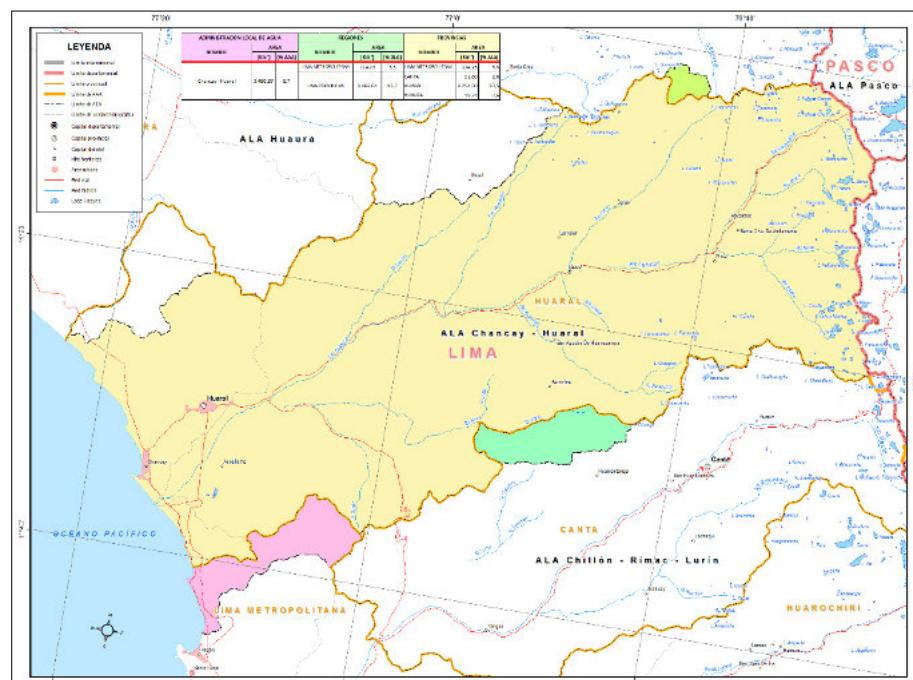


Figura 4.9. Mapa de Distribución Política - Administración Local de Agua Chancay-Huaral

Cuadro 4.12
Ámbito de la ALA respecto a la Delimitación Político - Administrativa

Administración Local de Agua-ALA			Departamento			Provincias		
Cód.	Nombre	Área (Km ²)	Nombre	Área		Nombre	Área	
				(Km ²)	(% ALA)		(Km ²)	(% ALA)
17	Chancay-Huaral	3,480.87	Lima	3,480.87	100.0	Lima	114.23	3.3
						Canta	92.60	2.6
						Huaral	3,254.30	93.5
						Huaura	19.74	0.6

FUENTE: ANA-DCPRH-2011

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

4.4 Administración Local de Agua San Juan

4.4.1 Oficialización:

El ámbito territorial de la Administración Local de Agua San Juan fue aprobada oficialmente mediante Resolución Jefatural N° 507-2011-ANA, del 01 de agosto de 2011.

4.4.2 Ubicación

a. Geográfica:

La Administración Local de Agua San Juan está ubicada en la Región Hidrográfica Pacífico, en la parte central de la costa peruana.

b. Matemática:

Teniendo en consideración los sistemas de coordenadas angulares (Coordenadas Geográficas) y planas (Proyección Universal Transversa de Mercator – UTM), la Administración Local de Agua de Chancay-Huaral, se ubica matemáticamente de la siguiente manera:

Cuadro 4.13

Ubicación matemática de la Administración Local de Agua San Juan, mediante coordenadas geográficas de sus límites máximos y mínimos

Coordenadas Geográficas			
Longitud Oeste		Latitud Sur	
Mínimo	76° 14' 38"	Mínimo	13° 37' 54"
Máximo	75° 20' 05"	Máximo	12° 47' 13"

Cuadro 4.14

Ubicación matemática de la Administración Local de Agua San Juan, mediante coordenadas UTM de sus límites máximos y mínimos

Coordenadas UTM – Zona 18			
metros Este		metros Norte	
Mínimo	365.294	Mínimo	8.492.838
Máximo	463.709	Máximo	8.586.375

c. Altitudinal:

El ámbito de la Administración Local de Agua San Juan presenta un desarrollo altitudinal desde los 0 metros hasta las cumbres de la Cordillera Occidental de los Andes, la cual constituye la divisoria continental, donde su punto más elevado alcanza los 5.250 m.s.n.m., constituido por la cumbre del Nevado Altar.

d. Administrativa:

En cuanto a la administración de los recursos hídricos, la Administración Local de Agua San Juan es uno de los órganos descentralizados de la Autoridad Administrativa del Agua Cháparra-Chincha (II).

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

e. Política:

Respecto a la delimitación política, comprende territorios de dos (02) departamentos, donde tanto el departamento de Ica (53%) como de Huancavelica (47%) comparten espacios relativamente similares en el ámbito de la Administración Local de Agua.

4.4.3 Límites

- Por el Norte : Administración Local de Agua Mala-Omas-Cañete.
- Por el Este : Administraciones Locales de Agua Huancavelica y Pisco.
- Por el Sur : Administración Local de Agua Pisco.
- Por el Oeste : Océano Pacífico.

4.4.4 Extensión

La Administración Local de Agua San Juan presenta una extensión de cuatro mil trescientos setenta y dos con 99/100 kilómetros cuadrados (4.372,99 Km²), que representa el 9,02% del territorio de la Autoridad Administrativa del Agua Cháparra-Chincha. (Figura 4.10).

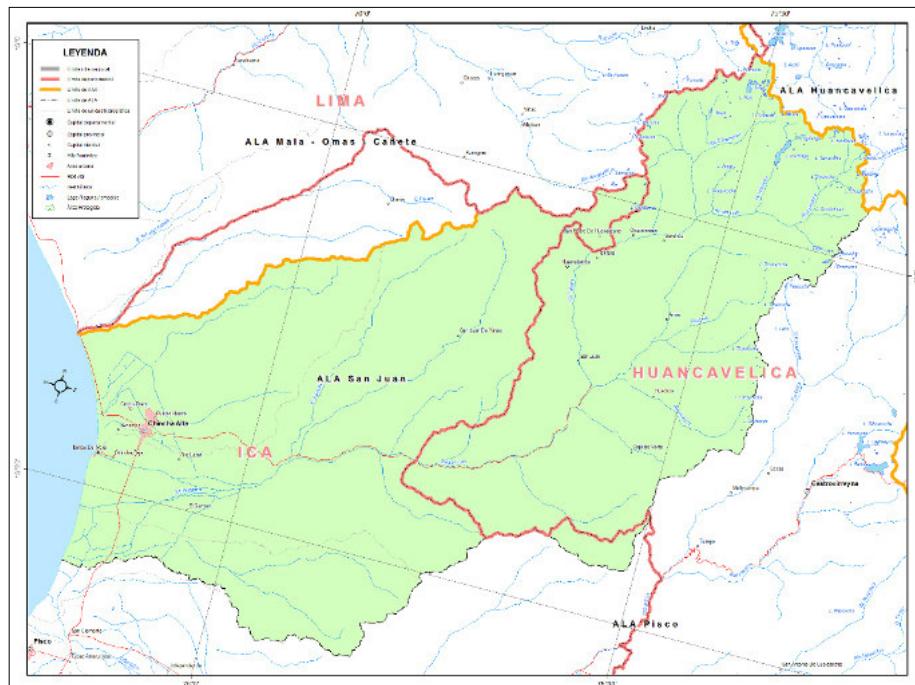


Figura 4.10. Mapa Base - Administración Local de Agua San Juan

4.4.5 Sede administrativa

La sede administrativa se encuentra ubicada en la ciudad Chincha Alta, distrito y provincia Chincha perteneciente al ámbito del departamento de Ica.

4.4.6 Descripción del Ámbito de la Administración Local

a. Respecto a la delimitación natural de cuencas

El ámbito territorial de la Administración Local de Agua San Juan está conformado e integrado por la conjunción de siete (07) demarcaciones naturales o unidades hidrográficas indivisibles y contiguas, siendo la unidad hidrográfica principal y base de la

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

presente delimitación (Figura 4.11). La relación de estas unidades hidrográficas en función de la delimitación por departamentos, se muestra en el Cuadro 4.15.

Cuadro 4.15
Distribución espacial de unidades hidrográficas por ámbitos departamentales

Administración Local de Agua-ALA				Departamento				Unidades Hidrográficas					
Cód	Nombre	Área		Nombre	Área			Cód	Nombre	Área			
		(km ²)	% AAA.		(km ²)	% ALA	% Dep			(km ²)	% ALA	% Dep	
14	San Juan	4,372.99	9.02	Huancavelica	1,872.29	43	9	137532	Cuenca San Juan	1,872.29	43	9	
					1375315	Intercuenca 137515		2.25	0	0			
					1375316	Cuenca 1375316		62.14	1	0			
					1375317	Intercuenca 1375317		9.70	0	0			
					1375318	Cuenca 1375318		334.00	8	2			
				Ica	1375319	Intercuenca 1375319		4.45	0	0			
					137532	Cuenca San Juan		1,422.33	33	6			
					137533	Intercuenca 137533		665.83	15	3			
					Sub-Total			4,372.99	100	20			

FUENTE: ANA-DCPRH-2011

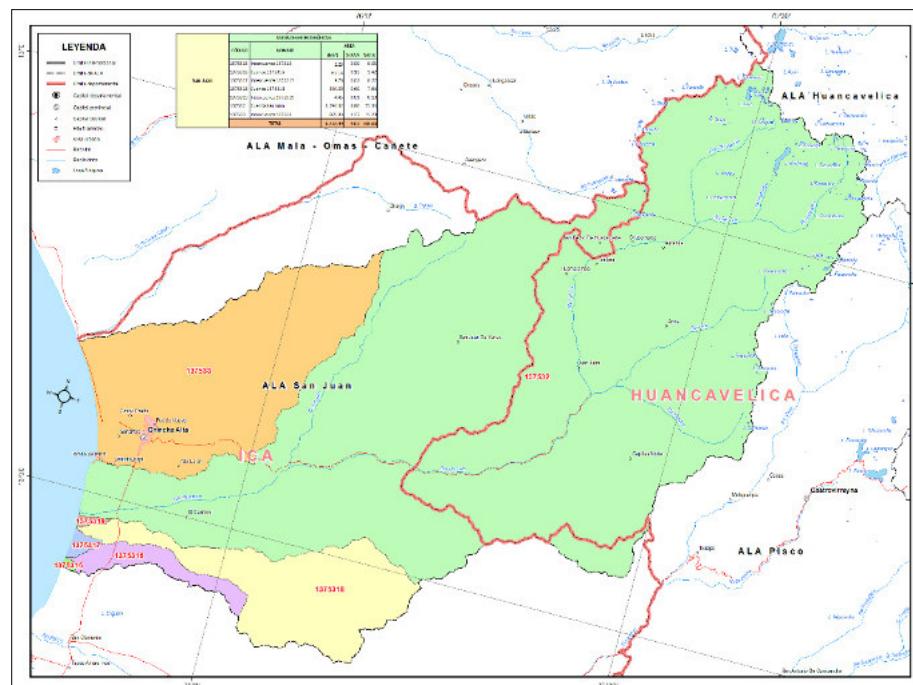


Figura 4.11. Mapa de Unidades Hidrográficas - Administración Local de Agua San Juan

b. Respecto a la Delimitación Político-Administrativa

Respecto a la delimitación político-administrativa del país, el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan, cubre parcialmente los territorios de los departamentos de Ica y Huancavelica (Figura 4.12), representando el 57% y 43%, respectivamente, del mencionado ámbito administrativo, tal como se muestra en el Cuadro 4.16.


HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

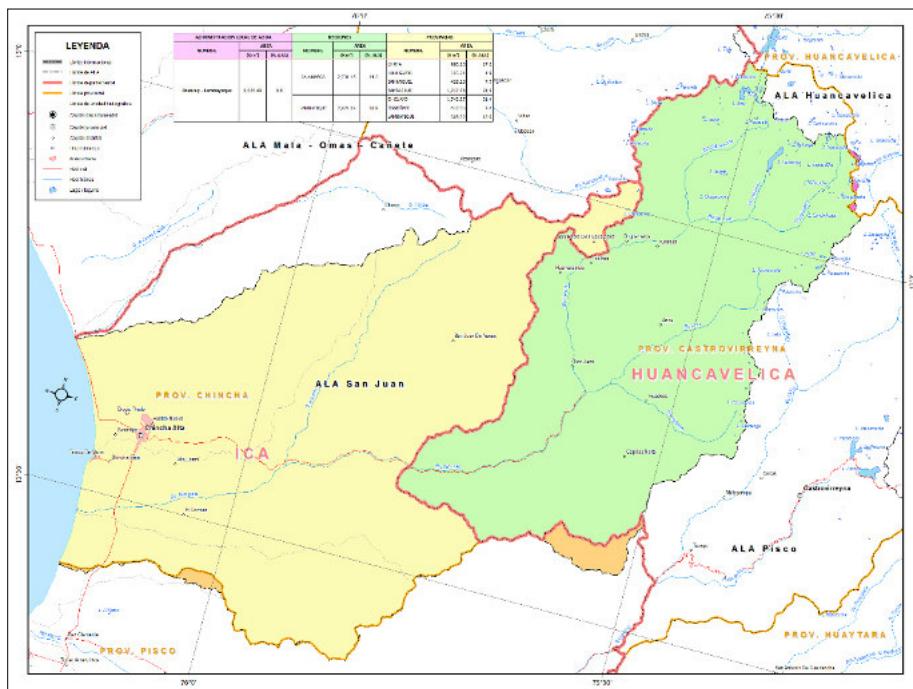


Figura 4.12. Mapa de Distribución Política - Administración Local de Agua San Juan

Cuadro 4.16 Ámbito de la ALA respecto a la Delimitación Político - Administrativa

Administración Local de Agua-ALA			Departamento			Provincia			
Cód	Nombre	Área		Nombre	Área		Nombre	Área	
		(Km²)	(% AAA)		(Km²)	(% ALA)		(Km²)	(% ALA)
14	San Juan	4,372.99	9.0	Huancavelica	1,872.08	42.8	Huancavelica	3.06	0.1
				Ica	2,500.91	57.2	Castrovíreyna	1,869.02	42.7
							Chincha	2,441.00	55.8
							Pisco	59.91	1.4

FUENTE: ANA-DCPRH-2011

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEOGRAFO
Reg. CIP N° 70977

V. METODOLOGÍA PFAFSTETTER

La Metodología de Codificación Pfafstetter fue desarrollado por el ingeniero brasileño Otto Pfafstetter en 1989, el mismo que difundido a partir de 1997 por la científica Kristine Verdin y adoptado a partir de entonces por la United State Geological Survey (USGS – Servicio Geológico de los Estados Unidos) como estándar internacional.

Esta metodología permite asignar Identificadores (Id) a unidades de drenaje, identificadores que se basan en la topología y superficie del territorio que ocupa la unidad hidrográfica, asignando un código identificador a una unidad hidrográfica, que por un lado es único y por otro, permite que se relacione con las unidades hidrográficas que contiene y con las unidades hidrográficas con las que limita. (Figura 5.1)

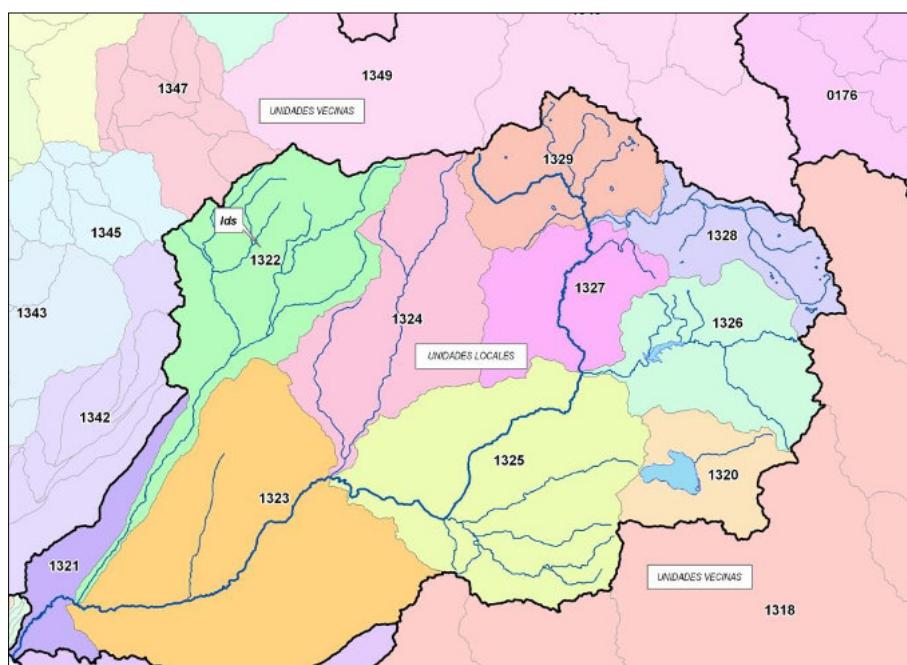


Figura 5.1. El Sistema Pfafstetter asigna identificadores que se basan en la topología y superficie del territorio que ocupa la unidad hidrográfica

5.1 Características

- El sistema es jerárquico y las unidades son delimitadas desde las uniones de los ríos (punto de confluencia de ríos) o desde el punto de desembocadura un río en el mar u 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.
- Este método hace un uso mínimo de dígitos en los códigos, tal es así que el número de dígitos del código representa a su vez el nivel de la unidad hidrográfica codificada.
- La distinción entre río principal y tributario, es en función del área de drenaje. Así, en cualquier confluencia, el río principal será siempre aquel que posee la mayor área drenada entre ambos. (Figura 5.2)

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

5.2 Unidad Hidrográfica

Es un concepto creado por el ingeniero Otto Pfafstetter en 1989, cuando desarrolló su metodología de codificación, motivo por la cual a estas unidades se les suele denominar “Ottocuencas”.

Las Unidades Hidrográficas son espacios geográficos limitados por líneas divisorias de aguas, relacionadas espacialmente por sus códigos, donde el tamaño de sus áreas de drenaje es el único criterio de organización jerárquica.

El Sistema de delimitación y codificación de Pfafstetter considera tres tipos de unidades de drenaje: cuencas, intercuenca y cuencas internas.

5.2.1 Cuenca, es la unidad hidrográfica que no recibe drenaje de ninguna otra área, pero si contribuye con flujo a otra unidad de drenaje.

5.2.2 Intercuenca, es la unidad hidrográfica 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 hacia aguas abajo. En tal sentido una unidad de drenaje tipo intercuenca es una unidad hidrográfica de tránsito del río principal.

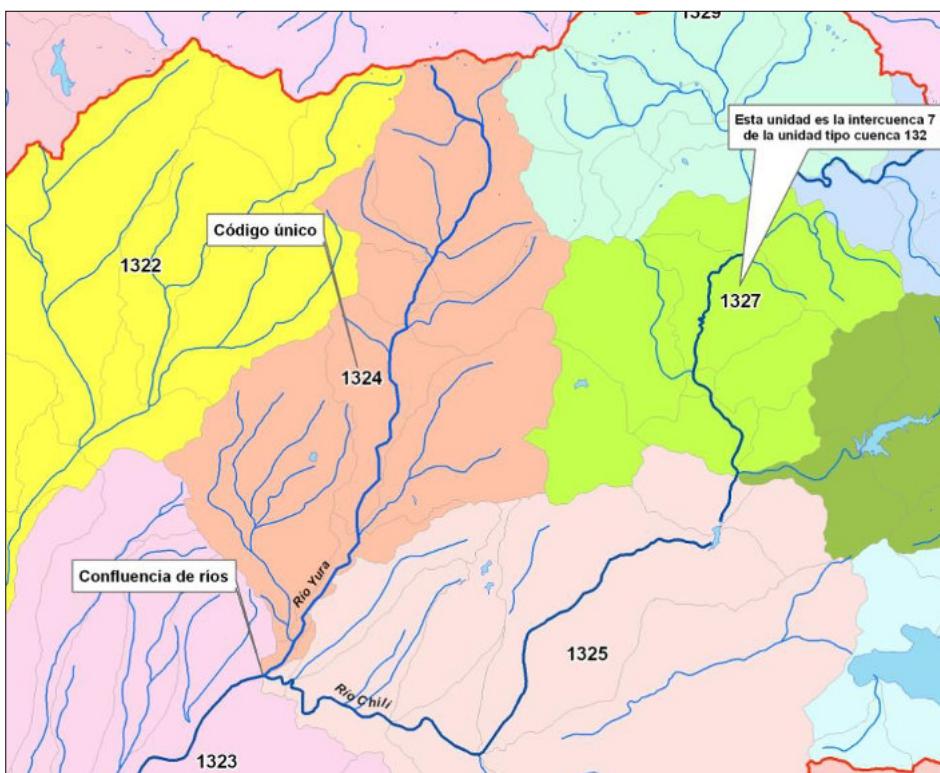


Figura 5.2. Características de las Unidades Hidrográficas

5.2.3 Cuenca Interna, es la unidad hidrográfica que no recibe flujo de agua de otra unidad ni contribuye con flujo de agua a otra unidad de drenaje o cuerpo de agua. (Figura 5.3)

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

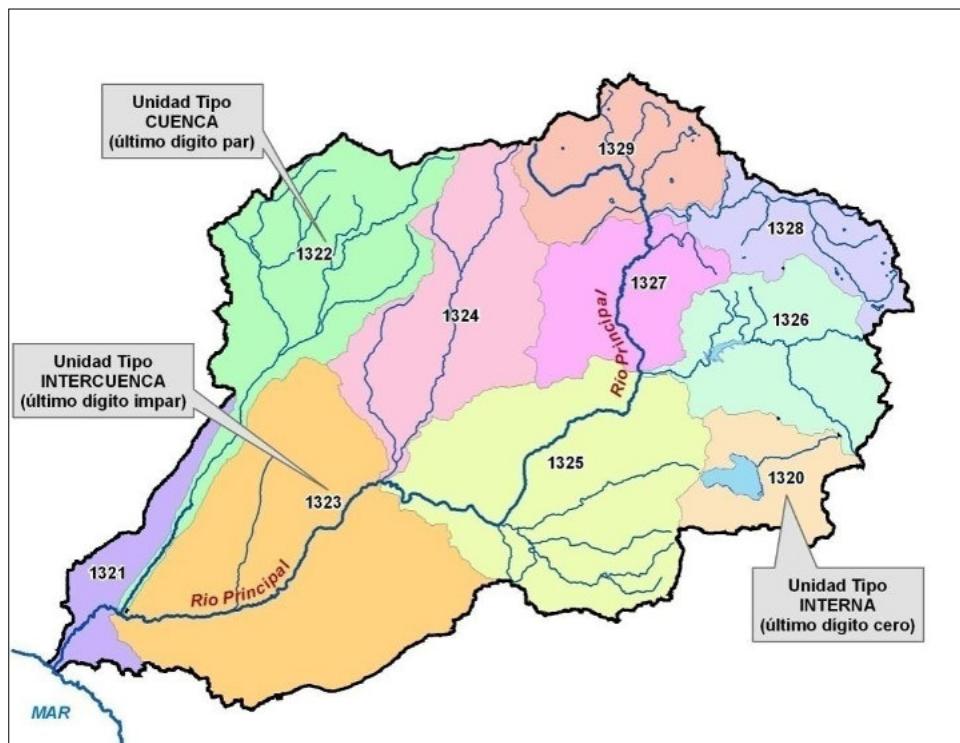


Figura 5.3: Tipos de Unidades Hidrográficas

El código de la unidad hidrográfica provee información importante tales como el tipo de unidad de drenaje, nivel de codificación y ubicación al interior de la unidad que lo contiene.

5.3 Proceso de Codificación

- 1) Para iniciar el proceso de codificación se debe en principio determinar el curso del río principal de la unidad que se va codificar. (Figura 5.4)
- 2) 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.
- 3) Las cuatro unidades tipo cuenca se codifican con los dígitos pares “2”, “4”, “6” y “8”, desde aguas abajo hacia aguas arriba; es decir, desde la desembocadura hacia la naciente del río principal. Las otras áreas de drenaje se agrupan en unidades hidrográficas de tipo intercuenca, y se codifican, también desde aguas abajo 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 es reservado para la unidad de drenaje de mayor tamaño de la parte superior de la cuenca, la misma que generalmente contiene el origen del río principal de la unidad hidrográfica que se está codificando.

Cada una de las unidades hidrográficas, delimitadas y codificadas en un determinado nivel, se pueden a su vez subdividir y codificar siguiendo exactamente el proceso antes descrito, de modo que, por ejemplo, la delimitación y codificación de la unidad hidrográfica de tipo cuenca de código “8”, se subdivide y codifica en nueve unidades hidrográficas, cuatro de tipo cuenca con códigos “82”, “84”, “86” y “88”, y cuatro de tipo intercuenca con códigos “81”, “83”, “85”, “87” y “89”. El mismo proceso se aplica a las unidades de tipo intercuenca, de modo que,

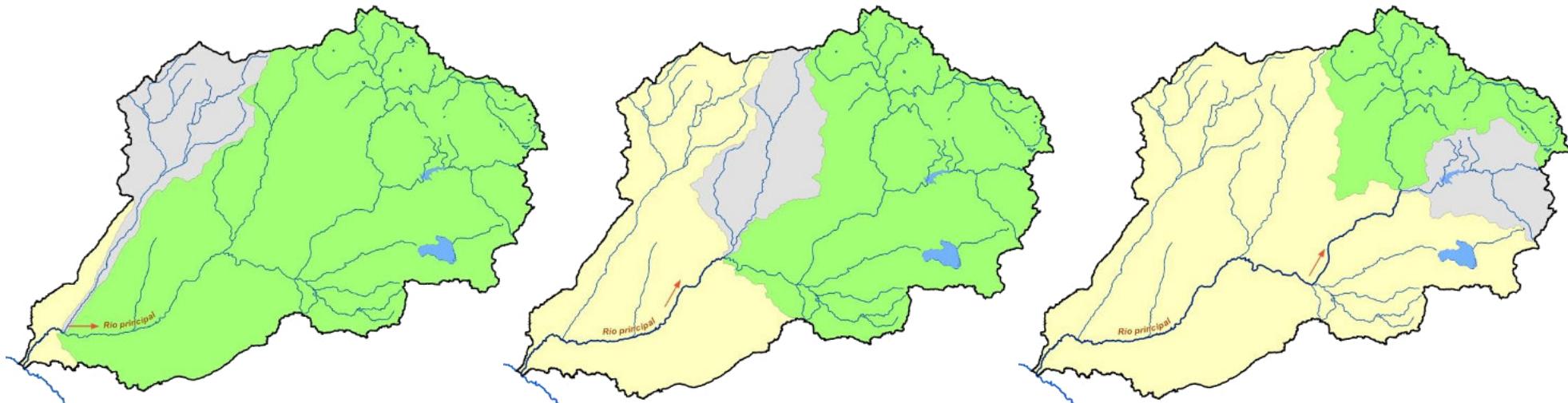
HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEOGRAFO
Reg. CIP N° 70977

por ejemplo, la unidad de tipo intercuenca de código “3”, se subdivide en las unidades de tipo cuenca de códigos “32”, “34”, “36” y “38” y en las unidades hidrográficas de tipo intercuenca “31”, “33”, “35”, “37” y “39”. Los códigos de las unidades menores deben llevar siempre al inicio el código de la unidad que las contienen (unidad hidrográfica “madre” o antecesora). (Figura 5.5)



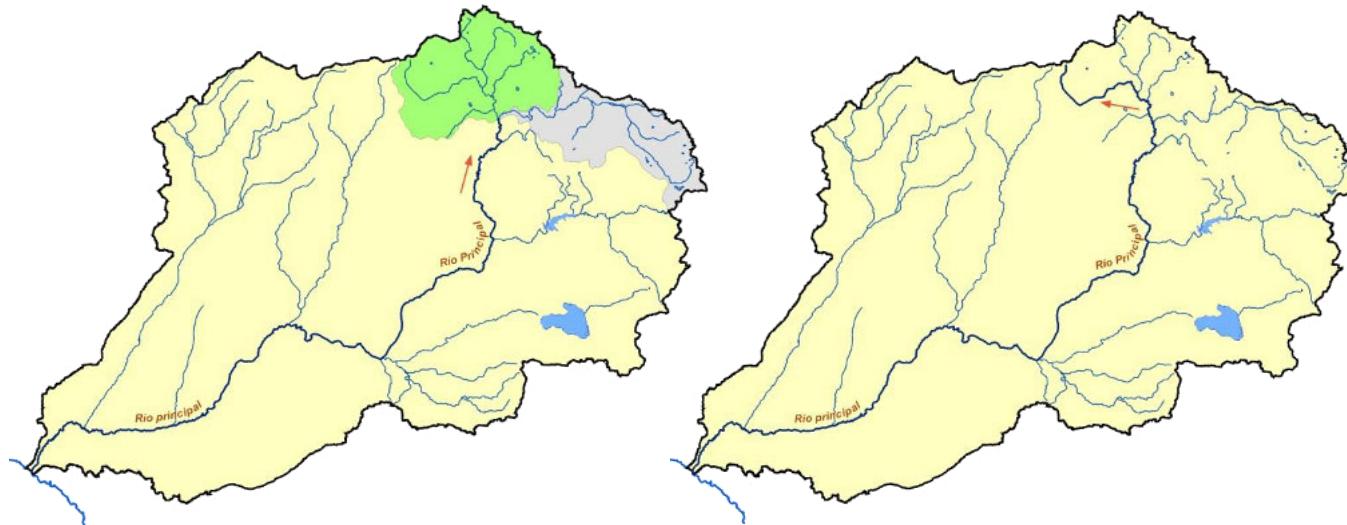
HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

PROCESO DE DEFINICIÓN DEL CURSO PRINCIPAL



En cualquier confluencia, el río principal será siempre aquel que va por la unidad de mayor área de drenaje

Los códigos pares indican que son unidades hidrográficas de tipo cuenca y los impares de tipo intercuenca. El dígito "0" es reservado para las unidades hidrográficas internas (cuencas internas).

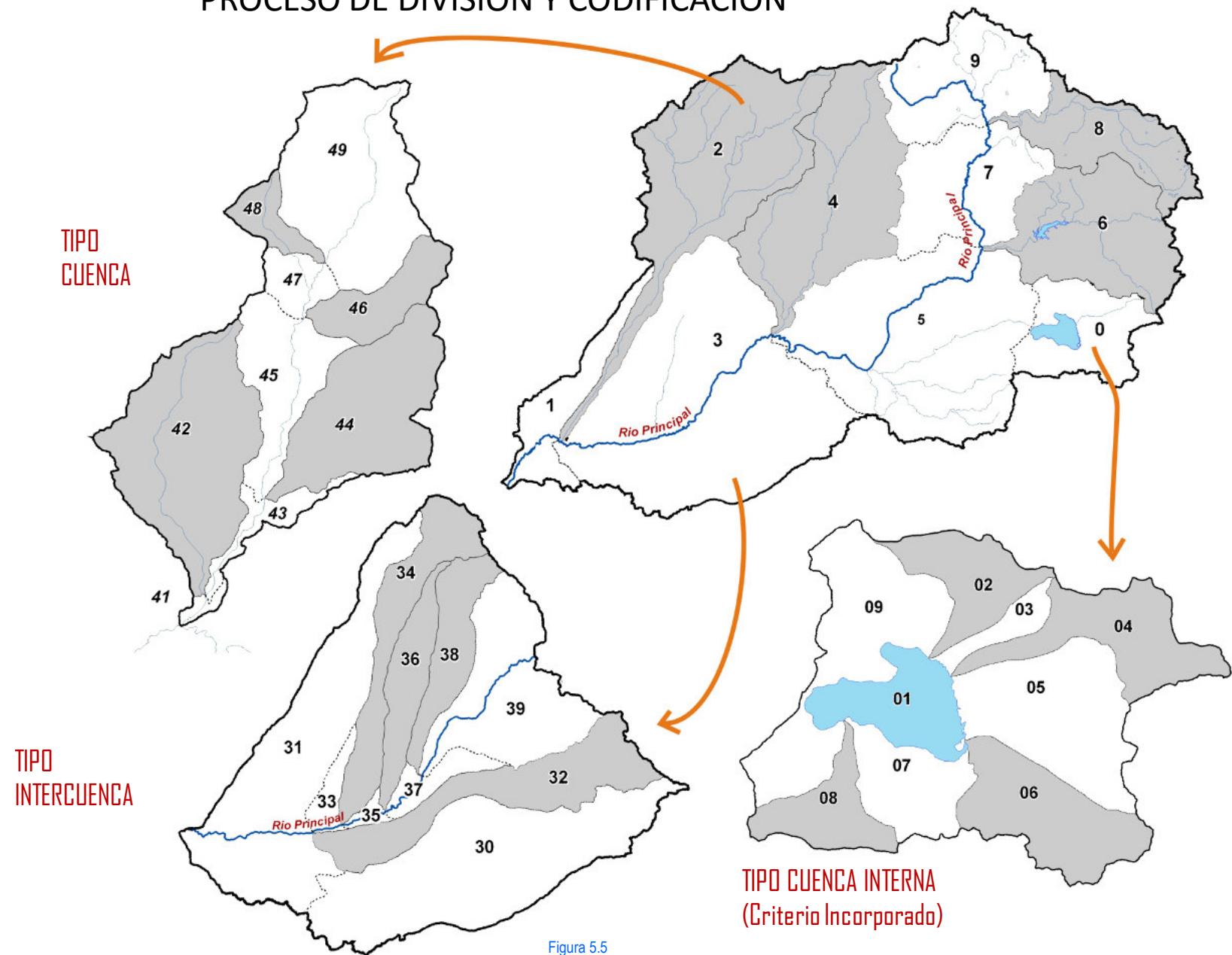



HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

Figura 5.4

PROCESO DE DIVISIÓN Y CODIFICACIÓN

Los dígitos pares indican que son unidades tipo cuenca y los impares son de tipo intercuenca, exceptuando el número 0 que es tipo interna



TIPO
INTERCUENCA

TIPO CUENCA INTERNA
(Criterio Incorporado)

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEOGRAFO
Reg. CIP N° 70977

Figura 5.5

5.4 Particularidades del Método

5.4.1 Unidades hidrográficas “8” y “9”

Una particularidad del método se presenta en la codificación de las dos unidades hidrográficas menores más altas de una cuenca. En este caso a la unidad hidrográfica que presenta mayor área de drenaje, entre las dos, se le asigna el código “9” y a la otra, el código “8” (Figura 5.6). Esta particularidad del método permite identificar la cuenca donde se origina el río principal, que para el ejemplo corresponde a la unidad hidrográfica de código “89”.

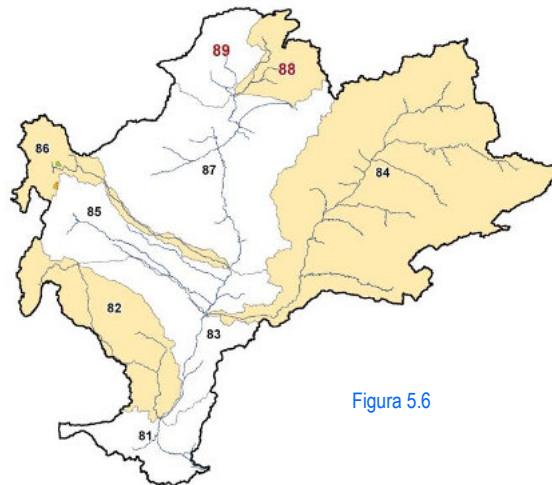


Figura 5.6

5.4.2 Existencia de más de una cuenca interna en una unidad hidrográfica

Si una unidad hidrográfica contiene más de una cuenca interna o endorreica, se adiciona el dígito “0” al código de la cuenca interna de mayor tamaño, y las otras deberán ser consideradas como tales en el siguiente nivel, en las unidades hidrográficas en las cuales se encuentran contenidas. (Figura 5.7)

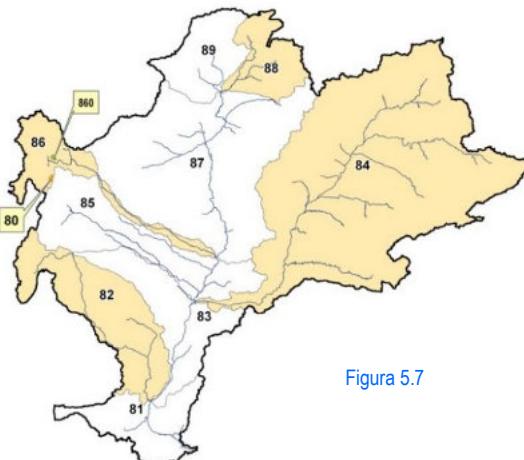


Figura 5.7

5.4.3 Para las regiones hidrográficas cuyos cursos de agua fluyen paralelamente hacia al mar

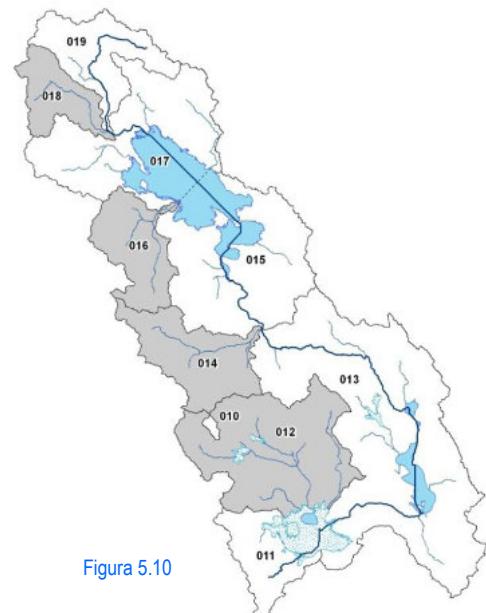
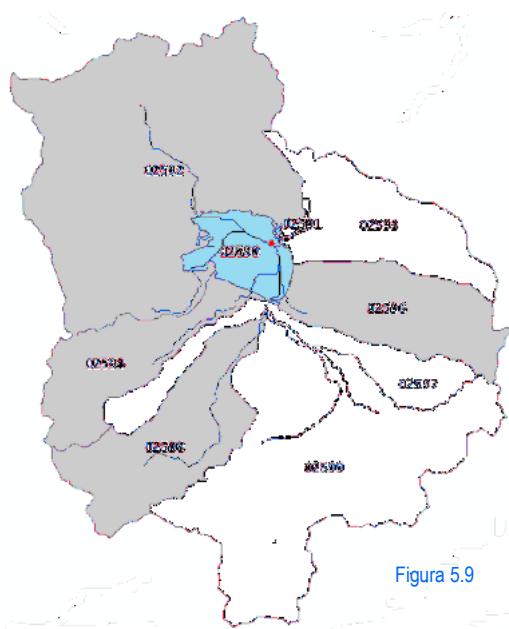
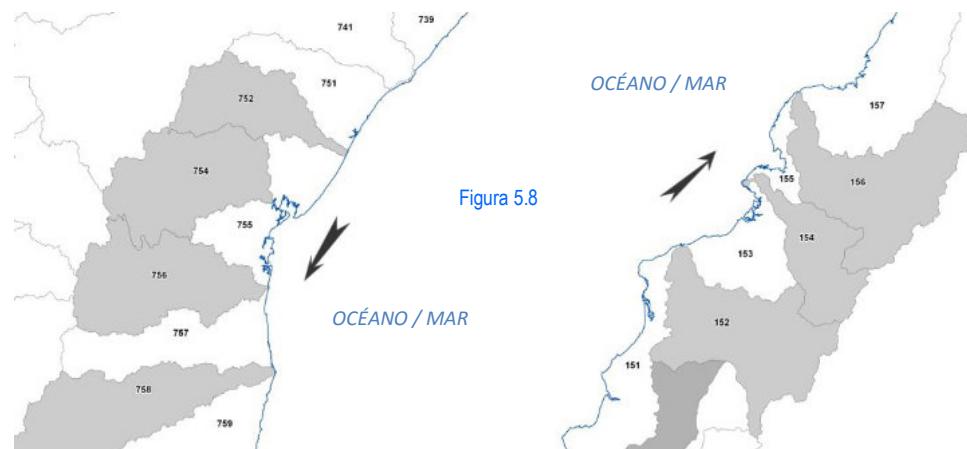
Para este caso, el sistema de codificación Pfafstetter establece que el cuerpo marino debe ser considerado como el “río principal” y proceso de delimitación y codificación de unidades hidrográficas menores seguirá el mismo criterio descrito. La asignación de códigos se debe realizar considerando el sentido 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. La subdivisión y codificación en los subsiguientes niveles se realizará siguiendo el mismo criterio. (Figura 5.8)

5.4.4 Cuencas internas cuya red de drenaje confluye en una laguna

Es uno de los casos más comunes en unidades hidrográficas internas o cerradas, en las cuales los ríos que descienden por sus laderas desembocan en la zona más baja de ésta conformando un lago o laguna. La obtención de las unidades hidrográficas menores deberá realizarse por métodos semiautomáticos de análisis espacial. Primero deberá determinarse el punto en el cual confluyen todos los cursos de agua hallando el pixel que posea el mayor valor de acumulación (punto rojo) (Figura 5.9). Luego determinar el curso que posea el mayor valor de flujo de

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

acumulación, el mismo que será considerado el curso principal de la unidad. Posteriormente, se evalúan los valores de los flujos de acumulación de los restantes cursos de agua para determinar los cuatro tributarios mayores; finalmente, realizar la delimitación de las unidades hidrográficas menores, procurando conformar las nueve unidades, puesto que éstas serán asumidas desde el borde de la laguna, la misma que deberá ser considerada como una unidad hidrográfica cerrada, codificándola con el dígito “0”.



5.4.5 Cuencas internas que poseen un colector principal

Son aquellas unidades cerradas donde si es posible distinguir un flujo principal, el cual puede encontrar a lo largo de su recorrido algunos lagos o lagunas, los mismos que serán considerados como parte de este.

Luego de definir el río principal, se determinan las cuatro unidades hidrográficas de mayor extensión que constituirán las cuatro (04) unidades tipo cuenca y las áreas de drenaje comprendidas entre las cuencas pasarán a constituir las cinco (05) unidades de tipo intercuenca, cuya delimitación respectiva, de ser necesario, atravesarán lagos y lagunas, considerados como

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEOGRAFO
Reg. CIP N° 70977

parte del curso principal. El sentido de la codificación se realizará desde la parte más baja hacia la más alta de la unidad de drenaje. Ejemplo: Sistema hidrográfico Titicaca – Poopó (Unidad Hidrográfica 01). (Figura 5.10)

5.4.6 Cuencas internas cuya red de drenaje confluye en un punto común, sin conformar necesariamente una laguna

En este caso los ríos confluyen en un cuerpo de agua incipiente o inexistente, esto puede ser debido a que son cuerpos o espejos de agua temporales o en vías de extinción. (Figura 5.11)

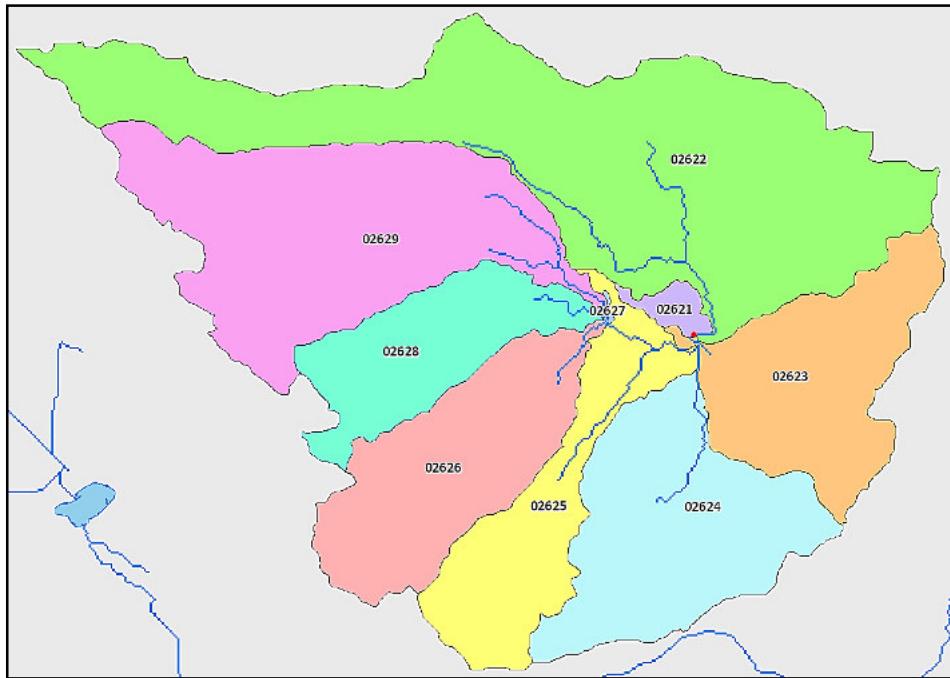


Figura 5.11. Delimitación y codificación de la Unidad Hidrográfica 0262, unidad de tipo interna cuya red de drenaje confluye en un punto sin formar ninguna laguna.

Para este caso, la información topográfica del Proyecto SRTM, es de mucha utilidad, pues al ser información captada por radar posee información del relieve aún debajo del agua, de poca profundidad, lo cual posibilita determinar unidades hidrográficas en esa zona.

El procedimiento de determinación de sus unidades hidrográficas menores es similar al caso de *cuenca interna cuya red de drenaje confluye en una laguna*, la diferencia radica en que las unidades hidrográficas serán conformadas íntegramente sin el “recorte” espacial que experimentan las unidades hidrográficas en el caso señalado.

5.4.7 Cuencas internas conformadas también por un conjunto de cuencas internas o cerradas

Este tipo de distribución espacial de unidades hidrográficas, es característica de la parte central de Sudamérica, en la Región Hidrográfica 0, la cual es conformada por agrupaciones de unidades endorreicas. La manera agruparlas en unidades mayores es eligiendo las cumbres de mayor altitud que las circundan como límites. Serán consideradas las nueve de mayor tamaño.

La delimitación y codificación de las unidades menores sigue el mismo procedimiento de los casos anteriores, teniéndose como referencia los valores de altitud de las cumbres. Se conformarán en lo posible nueve agrupaciones, considerándose las de mayor tamaño. La inspección morfológica del terreno es de mucha ayuda.

La codificación sigue el sentido horario, iniciándose con el código “1”.

Ejemplo: Unidades Hidrográficas 02, 03, 04, 05, 06 y 07, que cubren parte de los territorios de Bolivia, Chile y Argentina. (Figura 5.12)

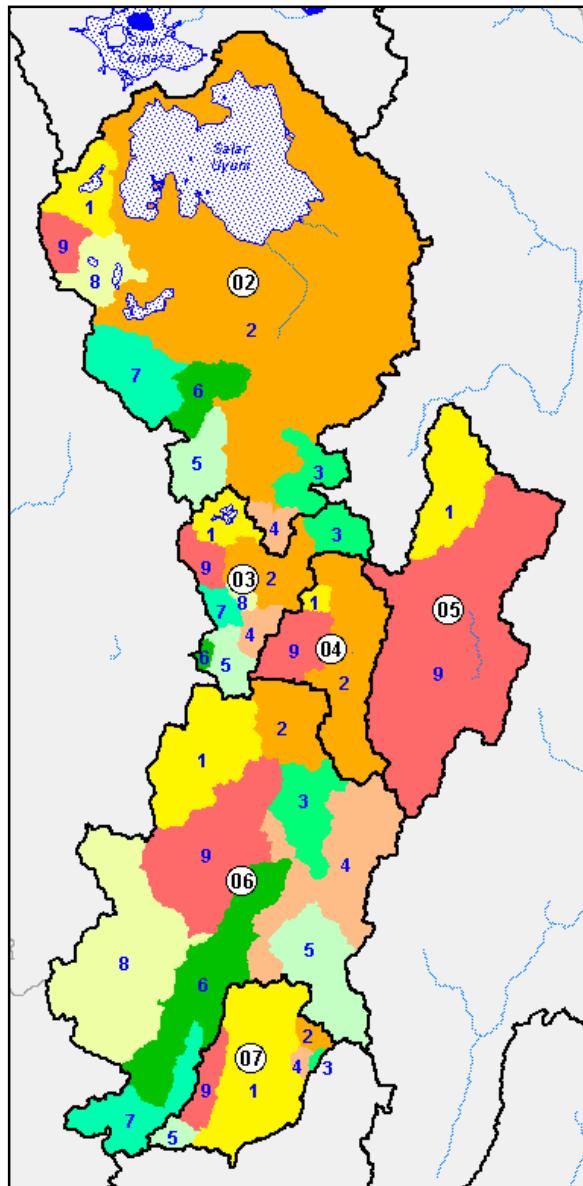


Figura 5.12. Unidades hidrográficas 02, 03, 04, 05, 06 y 07.

5.4.8 Cuencas arreicas

Son aquellas que presentan cursos de agua de bajo caudal, los cuales desaparecen durante su recorrido debido a procesos de filtración o de evaporación, lo que permite la formación de unidades cerradas. Estas unidades, así formadas, seguirán el mismo procedimiento de codificación de cualquier unidad interna, cuyos casos o variantes de delimitación y codificación ya han sido descritos anteriormente.

La Región Hidrográfica 9, ubicada en Argentina, presenta muchos casos de unidades de drenaje arreicas.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

Ejemplo: Unidades hidrográficas 90, 950, 970, etc. (Figuras 5.13 y 5.14)

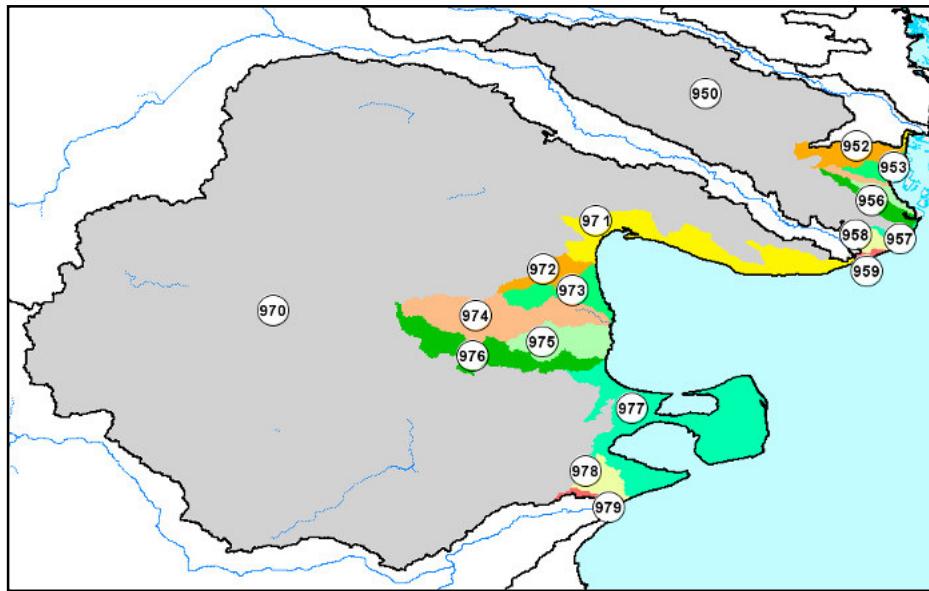


Figura N° 5.13. Unidades Hidrográficas 950 y 970 (gris), de tipo arreica. Obsérvese que dichas unidades no llegan tener acceso al mar.

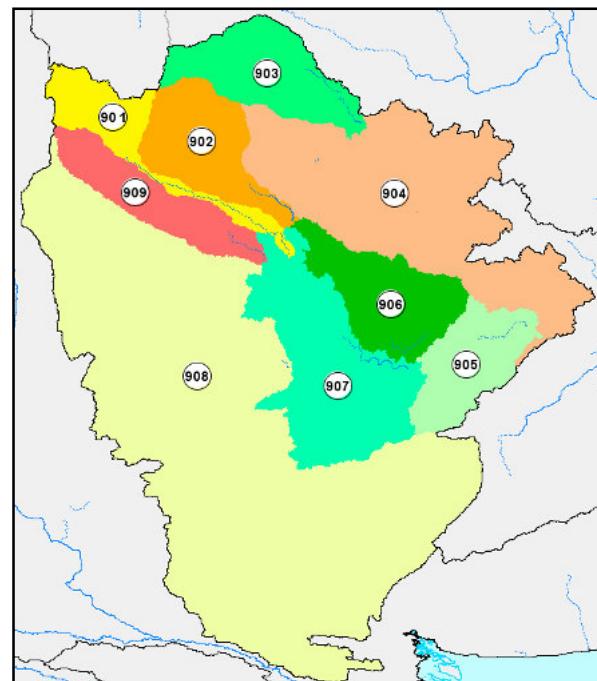


Figura 5.14. Unidad Hidrográfica 90 de tipo arreica. Obsérvese la subdivisión de ésta y el sentido horario de la codificación.

5.4.9 Islas

Estas porciones de territorio serán consideradas en la codificación, como parte de la unidad hidrográfica continental más cercana, asumiendo el código de ésta, en el nivel que se encuentre.

En la Región Hidrográfica 9, en la costa sur de Chile, se ubican importantes archipiélagos cercanos a la zona continental. . (Figura 5.15)

Ejemplo: La Unidad Hidrográfica 558 y 559. (Figura 5.16)

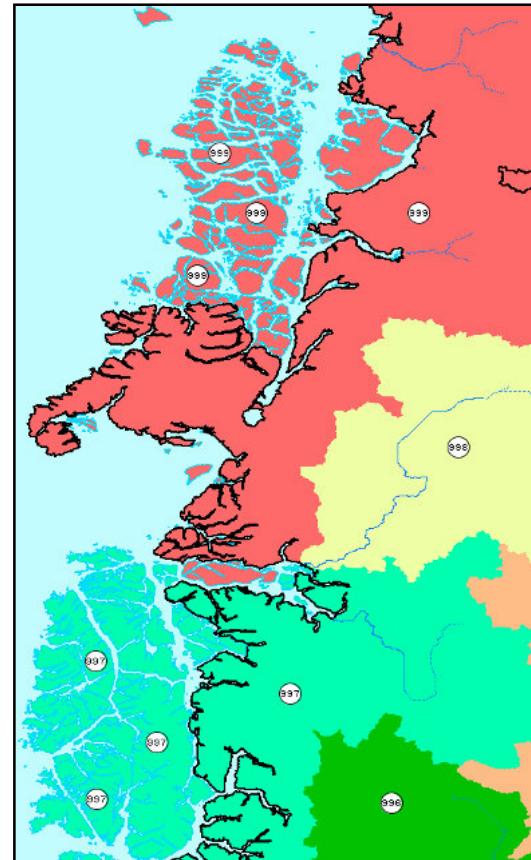


Figura 5.15. Unidades Hidrográficas 997 y 999.
Obsérvese como las islas reciben el código de la
unidad continental más cercana.

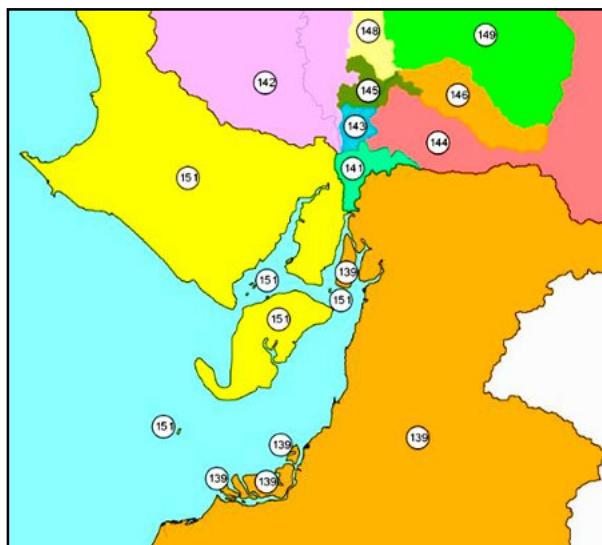


Figura 5.16. Unidades Hidrográficas 139
y 151. Obsérvese como las islas reciben
el código de la unidad continental más
cercana.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEOGRAFO
Reg. CIP N° 70977

VI. ACTUALIZACIÓN DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS

6.1 Metodología para el Sistema de Información Geográfica

6.1.1 Definiciones

Con la finalidad de que el método resulte mejor explicado, se presentan, a continuación, las definiciones de algunos términos empleados:

a. Modelo Digital del Terreno

Un Modelo Digital del Terreno (MDT), es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua, como puede ser la temperatura, la altitud o la presión atmosférica. En el caso que la variable a representar es la cota o altura del terreno se denomina Modelo Digital de Elevación. (MDE) (Figura 6.1 y Figura 6.2)

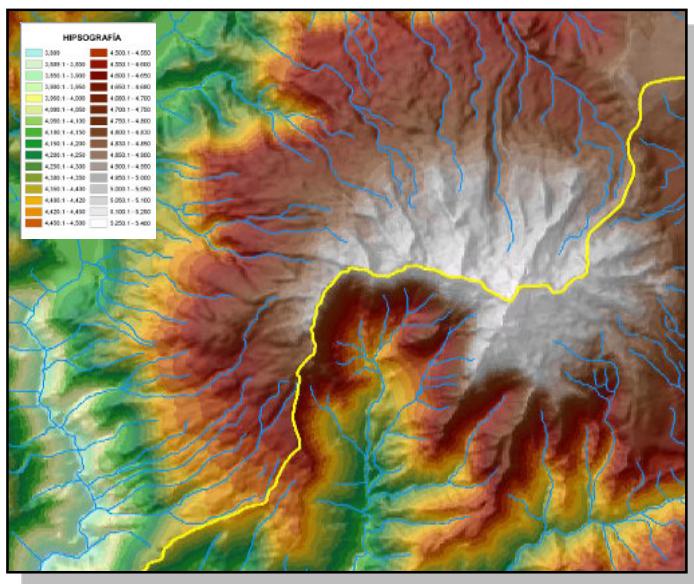


Figura 6.1. Modelo Digital del Terreno del Proyecto SRTM - NASA.

b. Modelo Digital de Elevación

El Modelo Digital de Elevación (MDE) es un Modelo Digital del Terreno cuyos datos almacenados representan valores de altitud.

En la actualidad es posible caracterizar la superficie y sobre todo, delimitar cuencas hidrográficas a partir de Modelos Digitales de Elevación (MDE).

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEOGRAFO
Reg. CIP N° 70977

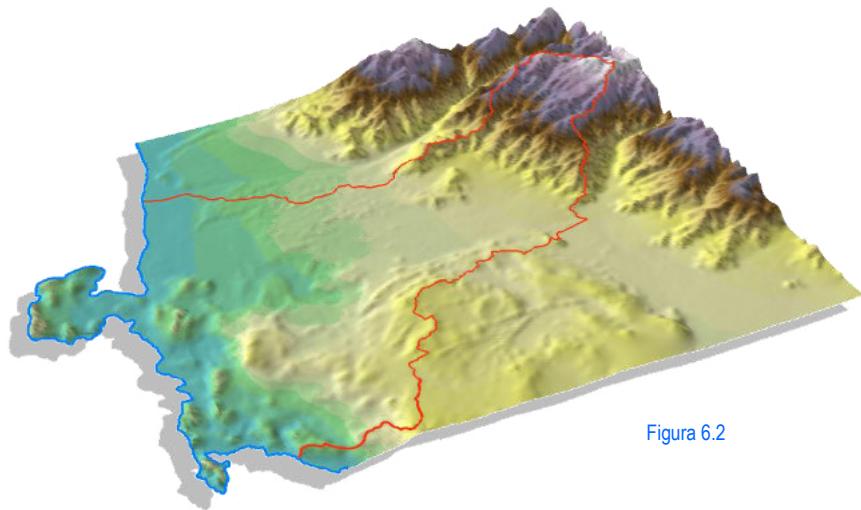


Figura 6.2

Estos modelos son simbólicos ya que establecen relaciones de correspondencia con el objeto real, mediante algoritmos matemáticos que son tratados mediante programas de Sistemas de Información Geográfica (Software SIG). Son estructuras de datos, no son sólo acumulaciones de cifras, sino que tienen una estructura interna con la cual deben interpretarse dichos datos.

c. Dirección de Flujo (Flow Direction)

La dirección del flujo está determinada por la dirección más empinada de descendencia de cada celda o pixel. Esta se calcula como:

$$\text{Cambio de valor de } z / \text{distancia} * 100$$

La distancia se calcula entre los centros de las celdas. Por lo tanto, si el tamaño de la celda es de 1, la distancia ortogonal entre dos celdas es 1, y la distancia diagonal es 1,414.

El valor de salida de la dirección del flujo es un número entero (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128). Los valores para cada dirección del centro son los siguientes:

32	64	128
16		1
8	4	2

Por ejemplo, si la dirección de descenso más empinada está a la izquierda de la celda en proceso, su dirección del flujo sería codificada como 16.

Si la dirección de descenso a todas las celdas adyacentes tiene el mismo valor, la vecindad de ésta es ampliada hasta encontrar una empinada descendente mayor.

Si todas las celdas adyacentes son más altas que la celda en proceso, se considerará como ruido, y ésta será llenada con el valor más bajo de sus vecinos, y tendrá una dirección de flujo hacia esta celda. Sin embargo, si es una celda hundida cerca al borde físico de la matriz o que tenga al menos una celda adyacente sin datos (NODATA), entonces ésta no será llenada debido a la insuficiente información de la celda vecina. Para ser considerado como un verdadero sumidero de celdas, todas las celdas adyacentes deberán poseer información.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

Este método, para la determinación de la dirección del flujo, se deriva de un modelo de elevación digital (DEM) que fue presentado por Jenson y Domínguez (1988). (Figura 6.3)

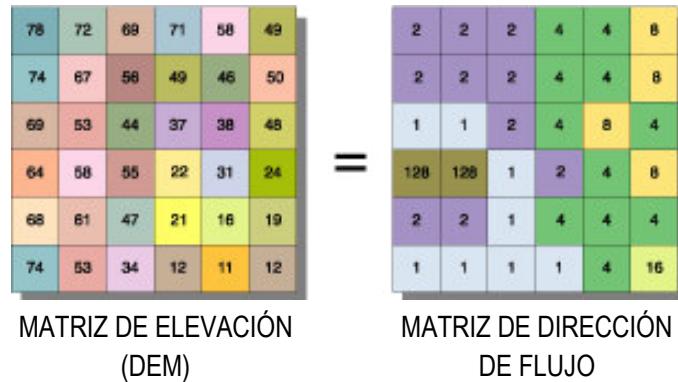


Figura 6.3

d. Acumulación de Flujo (Flow Accumulation)

El resultado de la acumulación de flujo es una matriz que lo representa, matriz en la cual se calcula para cada celda un valor de acumulación de peso proveniente de todas las celdas que fluyen hacia ella. (Figura 6.4)

El flujo acumulado está en función del número de celdas que fluyen hacia cada una de las celdas de la matriz de salida. La celda que estás 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.

Las celdas de salida con una acumulación de flujo cero son puntos topográficos altos que permiten identificar las cordilleras.

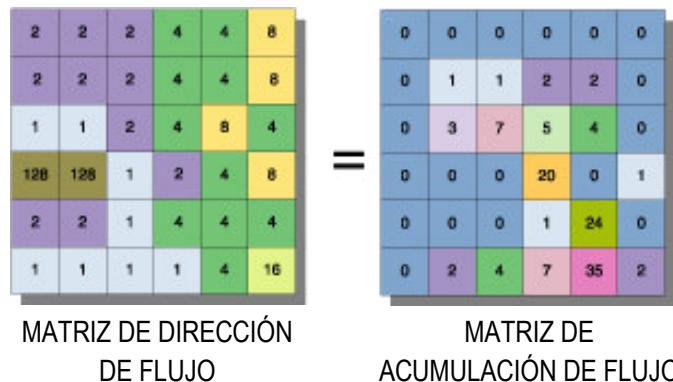


Figura 6.4

e. Stream Link

Asigna únicos valores a las secciones de una red de drenaje lineal matricial, comprendida entre intersecciones.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRONDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

Los enlaces “Links” son las secciones de una red de drenaje que conectan dos confluencias (junctions) sucesivas, una confluencia y la desembocadura, o un inicio (naciente) y una confluencia. (Figura 6.5)

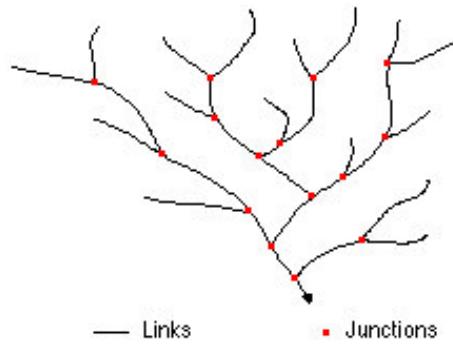


Figura 6.5

La matriz de la red de drenaje puede ser creada mediante el cálculo del umbral adecuado, el cual consiste en determinar el valor de la acumulación de flujo.

f. Watershed

Determina el área de contribución por encima de un conjunto de celdas en una matriz.

Un watershed es el área en el cual el agua que drena dentro de ella, se concentra en un colector común o principal. Otros términos utilizados para watershed son cuenca de captación o zona de contribución. Esta zona se define normalmente como la superficie total que fluye a una determinada salida o “pour point”. El límite entre dos cuencas se conoce como frontera de drenaje o línea divisoria.

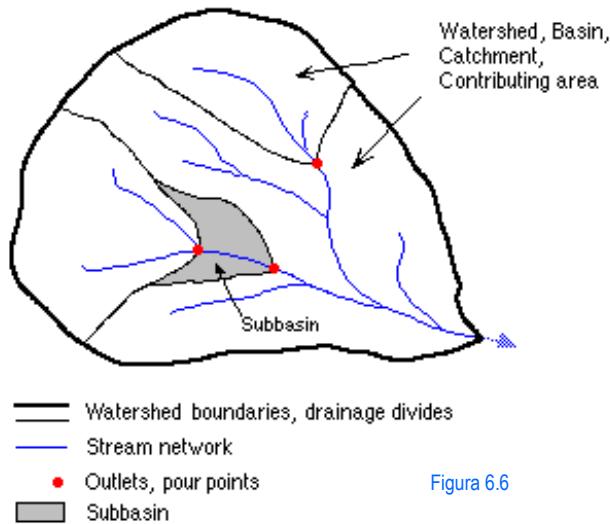


Figura 6.6

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

6.1.2 Proceso de Delimitación y Codificación

6.1.2.1 Delimitación de Unidades Hidrográficas

Existen maneras de delimitar o delinear cuencas hidrográficas, cada una de ellas se utiliza de acuerdo del carácter ulterior o propósito que se desee alcanzar. Maneras de delimitar que van

desde las realizadas manualmente, sobre un plano topográfico o directamente en pantalla, hasta las que se realizan digitalmente de forma semiautomática, con las herramientas SIG y con la información base geo-espacial. Todas las formas de delimitar conducen al mismo objetivo, sin embargo, la diferencia radica en la precisión; y es allí donde el método que se utilice y la información base, determinarán la calidad del trabajo final.

En el presente trabajo ha considerado conveniente emplear como insumo la información ráster de 3 segundos de arco de resolución espacial, en función de los objetivos finales del trabajo: escala 1:100.000.

Los resultados del proyecto SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) de la NASA, que constan de datos ráster de tipo topográfico con 90 metros de resolución espacial, se ha constituido en el MDE – Modelo Digital del Elevación – de uso extendido en el mundo; la misma que se ha constituido en la información base del presente proyecto. (Figuras 6.7 y 6.8).

Asimismo, las modelos digitales de elevación de los proyectos HydroSHEDs de la WWF y ASTER GDEM del METI-NASA, han resultado elementos de confrontación con la información topográfica de los MDE SRTM, permitiendo obtener una mayor certeza en la definición de las unidades hidrográficas.

El proceso de delimitación de unidades hidrográficas (Figura 6.9), se ha efectuado mediante dos subprocesos:

- ✚ Generación de áreas de drenaje (cuencas de captación) o watersheds
- ✚ Generación vectorial de unidades hidrográficas

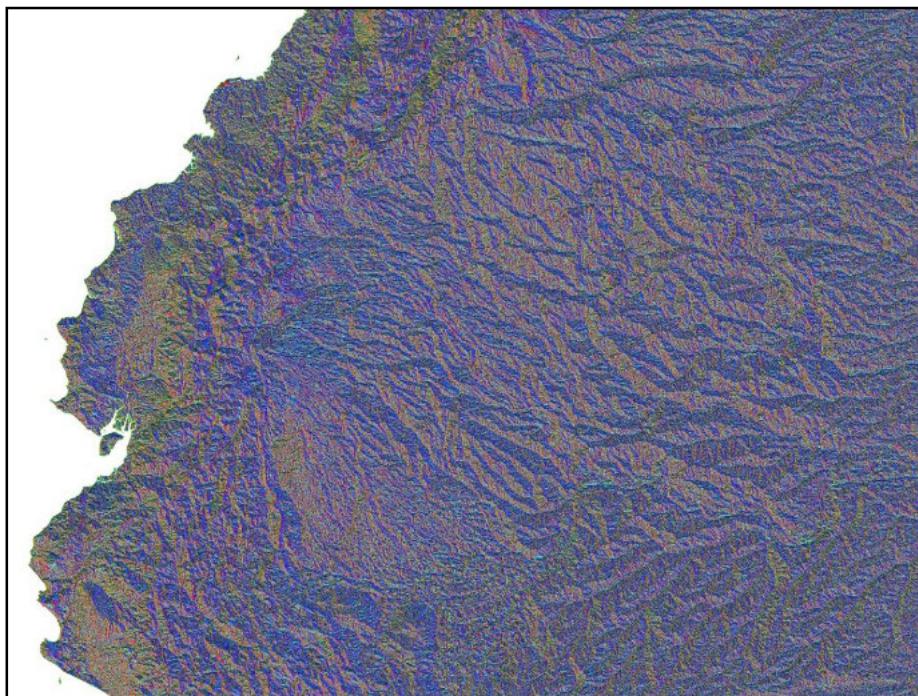


Figura 6.7. Información de Dirección de Flujo de una parte del territorio peruano. La Resolución espacial de la imagen es de 3" de arco

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

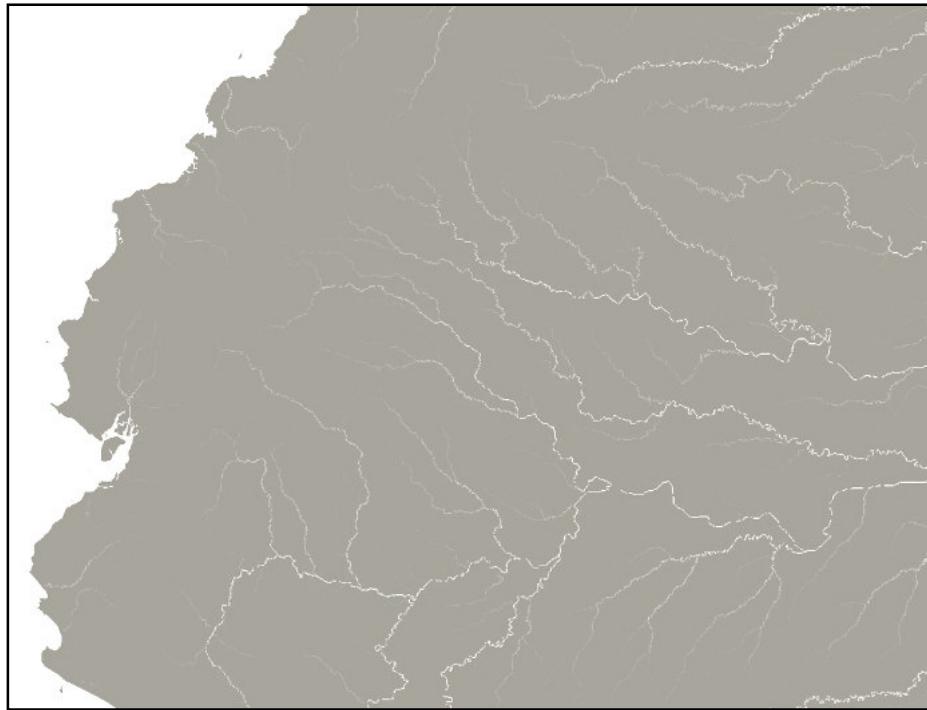


Figura 6.8. Información de Acumulación de Flujo de la misma parte del territorio sudamericano, mostrada tal como ArcGis lo presenta originalmente, bajo el tipo "Stretched" en escala de grises.



HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

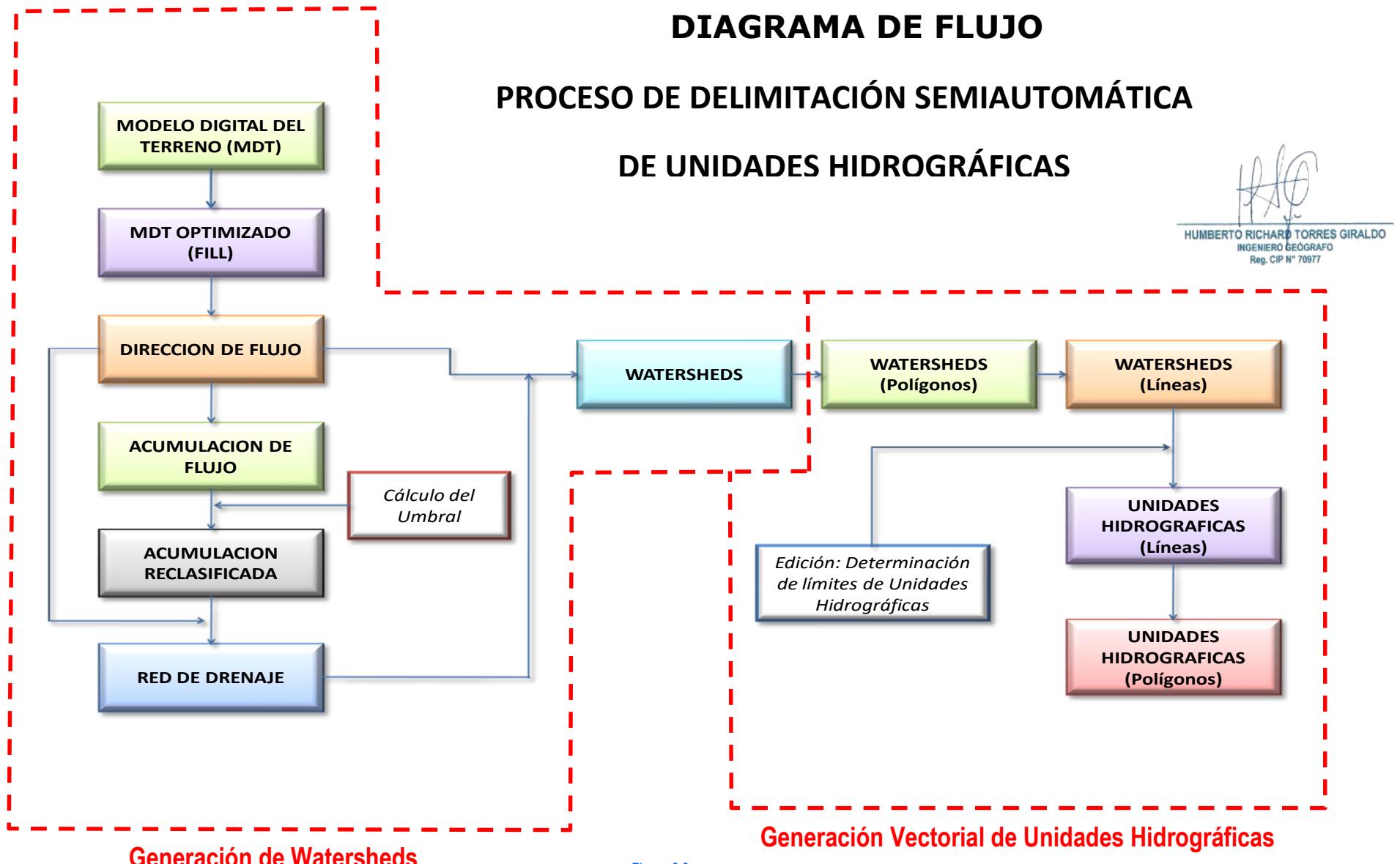


Figura 6.9

1) Generación de Watersheds

Este proceso consiste en determinar los watersheds (unidades hidrográficas), de acuerdo al criterio de delimitación del sistema Pfafstetter, basado en información de dirección y acumulación de flujo, derivados de los modelos digitales de elevación.

El proceso es conocido por los especialistas SIG y comúnmente es empleado para generar cuencas específicas de estudio, mediante la conveniente definición de algún punto como desembocadura.

En nuestro caso, se ha aplicado el método con algunas variantes, adaptándolo al sistema de codificación elegido.

Los modelos digitales de elevación empleados en este proceso, provienen de los proyectos SRTM (Misión Espacial para Topografía de Radar) - NASA y HydroSHED - WWF, que están disponibles en Internet, los cuales poseen una resolución espacial de 3 segundos de arco – 90 metros aproximadamente. La existencia de esta información y su libre acceso, ha ayudado de manera sustancial el desarrollo del presente trabajo y ha permitido el importante ahorro de tiempo, garantizando asimismo una buena calidad del producto.

Los modelos digitales de elevación, una vez acondicionados hidrológicamente, permiten generar las capas de dirección y acumulación de flujo, anteriormente descritos. En base a estas capas obtenidas, se llevan a cabo una serie de procesos, que se detallan a continuación, que conducen a la generación semi-automática de unidades hidrográficas.

A. Determinación del umbral de acumulación

Consiste en determinar el valor de acumulación adecuado, que permita obtener visualmente los flujos necesarios para la conformación de unidades hidrográficas, de acuerdo con la metodología Pfafstetter: “cuatro (04) unidades de drenaje tipo cuenca (cuyas áreas de drenaje sean las mayores) y cinco (05) de tipo intercuenca. Para esto, es importante conocer que **las mayores áreas de drenaje corresponden a las mayores acumulaciones de flujo**. Por tanto, los cuatro tributarios con las mayores acumulaciones de flujo, corresponden a las cuatro unidades hidrográficas con las mayores áreas de drenaje.

Este es un procedimiento iterativo de ensayo y error; siendo, hasta ahora, la manera más sencilla de determinar el umbral de acumulación óptimo para obtener los tributarios necesarios. En este proceso se debe procurar que el valor de acumulación de flujo, elegido finalmente, sea lo suficientemente adecuado para visualizar el flujo principal y cuatro (04) tributarios, sin importar que tan pequeños puedan ser éstos; basta tan sólo que aparezca un pixel como flujo tributario para ser considerado como tal.

En ArcGis, este procedimiento se realiza en la ventana “*Layer Properties*”, seleccionando (haciendo doble clic) el tema que posee la información de acumulación de flujo, de donde se elige la pestaña “*Symbology*” y de ésta, la presentación “*Classified*”, para realizar una clasificación en dos rangos (Figuras 6.10 y 6.11). El primer rango va de 1 a un número “N” (valor calculado por el sistema, de

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

acuerdo al método de clasificación empleado, por defecto es “Natural Breaks” – Jenks) y el segundo, del número “N” al número máximo que alcanza la acumulación de flujo.

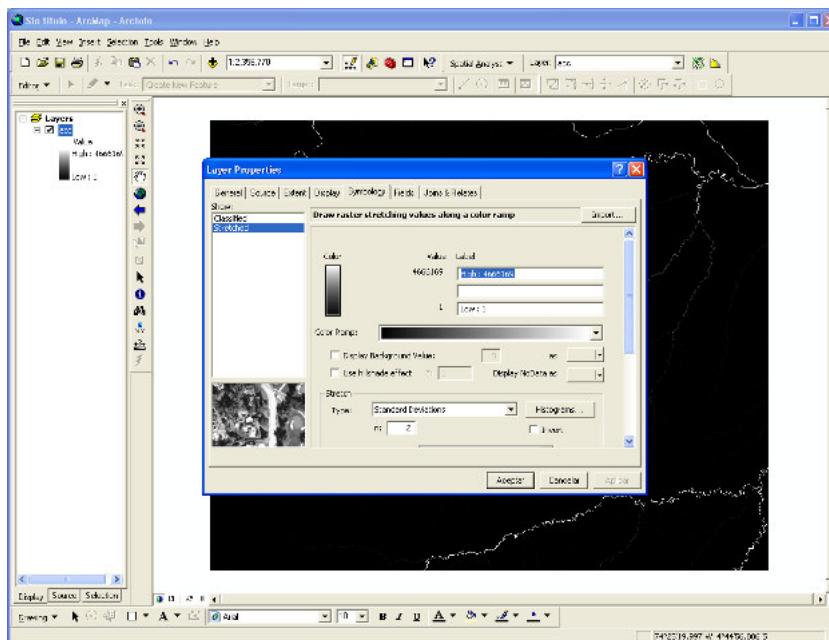


Figura 6.10: Información de Acumulación de Flujo, mostrada tal como ArcGis lo presenta originalmente, bajo el tipo “Stretched” en escala de grises.

El número “N” es con el que se debe realizar los ensayos. Este proceso se realiza con la opción “Classify...” (Figura 6.11) y modificando el primer “Break Value” y aceptando los cambios cada vez, con el botón “OK” (Figura 6.12). Para poder visualizar los cambios en la vista, al primer rango se le asignará el color “invisible” – sin color; y al segundo, se le asignará un color cualquiera, que podría ser el color azul (Figuras 6.13 y 6.14)

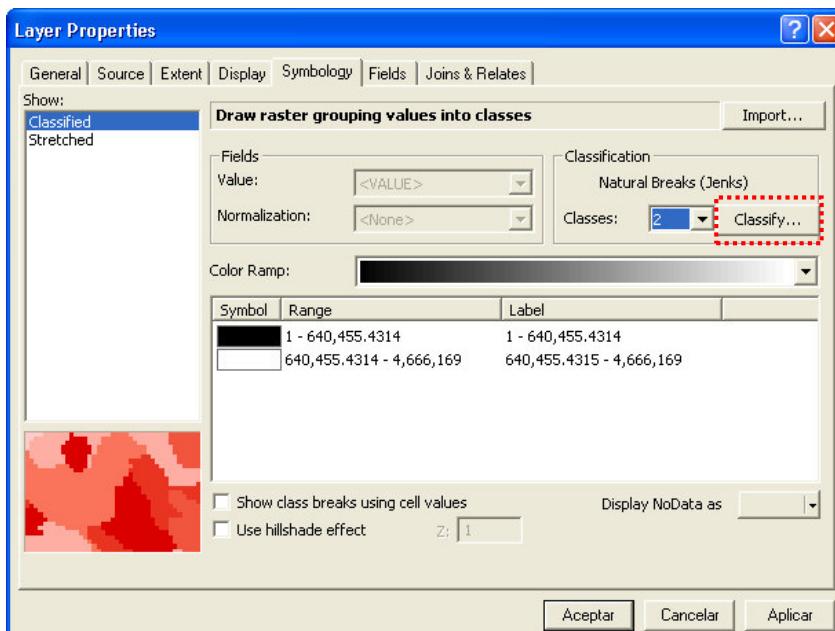


Figura 6.11: En la opción de presentación “Classified”, determinar dos rangos de clasificación, tal como muestra la figura. Luego elegir la opción “Classify...” para efectuar las pruebas necesarias en busca del umbral de acumulación adecuado en escala de grises.


HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEOGRAFO
Reg. CIP N° 70977

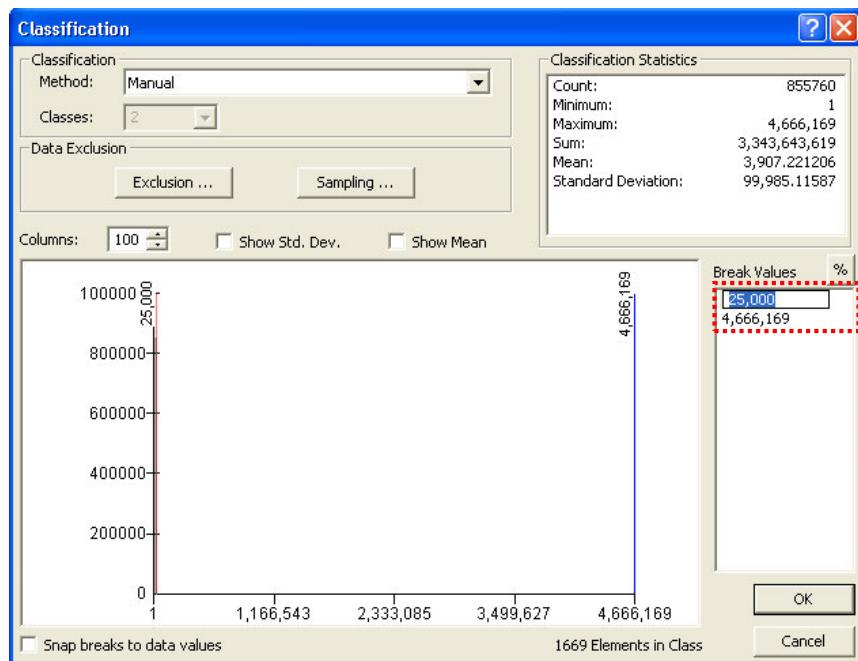


Figura 6.12: En "Break Values", el primer valor es con el que realizará las pruebas. En cada ensayo realizado, aceptar con "OK".

Una vez obtenida la clasificación adecuada, que posibilite la determinación de los cuatro (04) tributarios más importantes (Figura 6.14), se continúa con el siguiente subproceso.

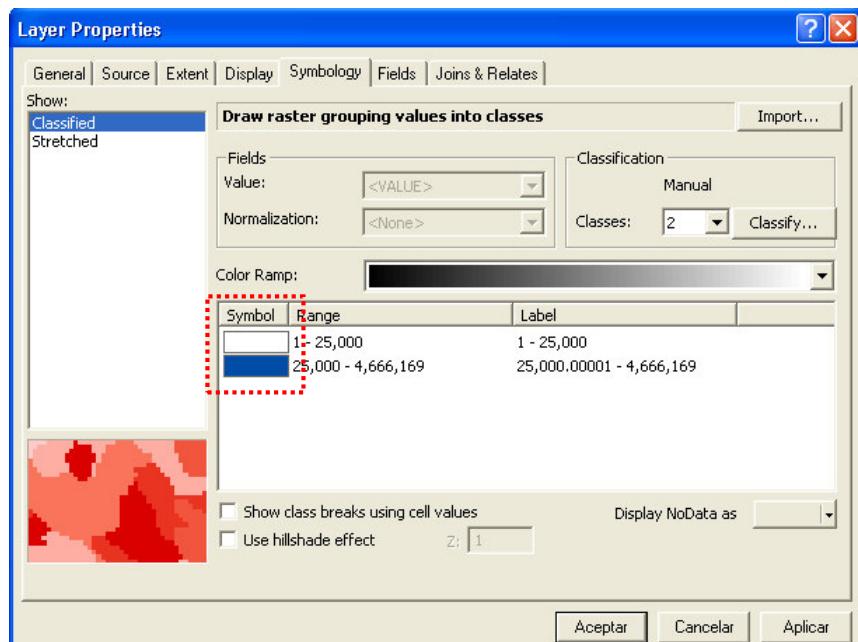


Figura 6.13: Al primer rango se le aplicará un color "invisible", y al segundo se le asignará un color cualquiera.


HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

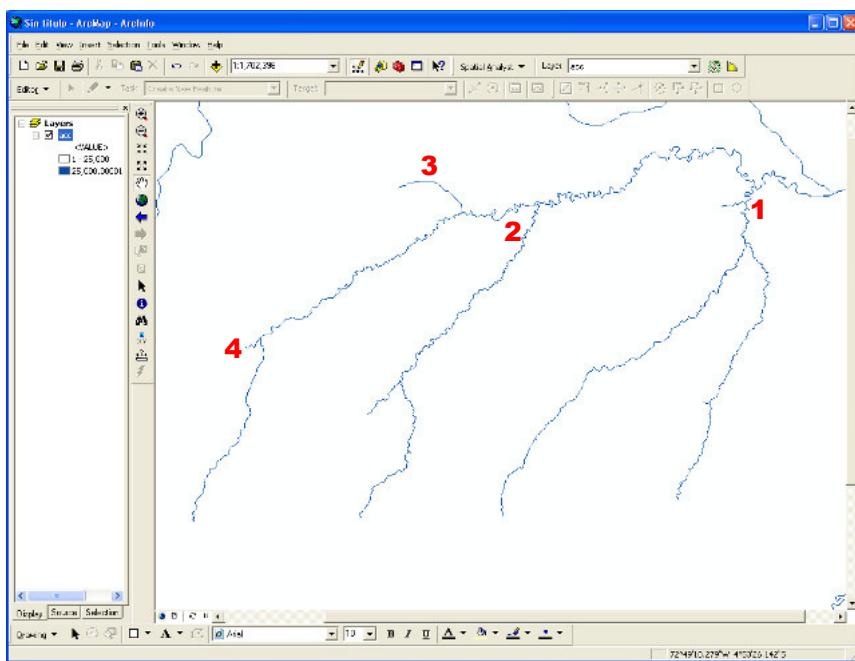


Figura 6.14: Determinación de los cuatro (04) tributarios de mayor acumulación de flujo.

B. Obtención de un tema de reclasificación

Una vez obtenido el umbral de acumulación, es necesario salvar estos rangos en un nuevo tema temporal, con el propósito de capturar los valores relevantes en una nueva clase.

En ArcGis, este proceso se realiza eligiendo la opción “Reclassify” del menú correspondiente a la extensión “Spatial Analyst”. En “Input Raster” se elige el tema en el cual se realizó el cálculo del umbral de acumulación y en la columna “New Values”, se debe colocar “0” al primer rango y “1” al segundo. Luego se debe presionar “OK” para aceptar los cambios y crear el nuevo tema. (Figura 6.15)

Este tema, cuyo nombre inicia con las palabras “Reclass of...”, presenta dos categorías, “0” y “1”; la primera categoría corresponde al valor irrelevante, por lo tanto ignorado, y la segunda, es la categoría de interés, ya que agrupa los cursos de agua, obtenidos del umbral de acumulación, cuyas unidades de drenaje o cuencas serán generadas. (Figura 6.16)

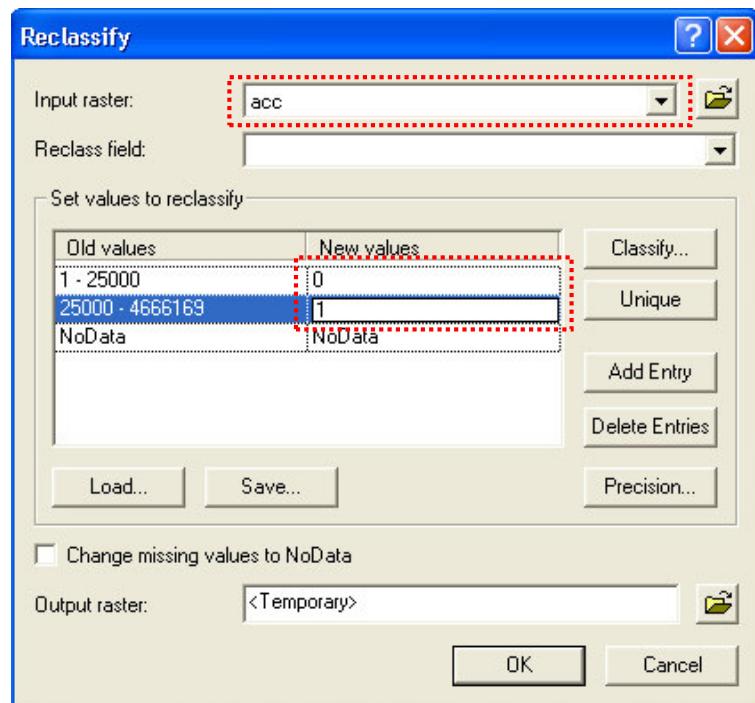


Figura 6.15: Eligiendo el tema, en el cual se realizaron las pruebas de busca del valor del umbral de acumulación, se ingresan nuevos valores para cada rango: "0" y "1", según muestra la figura. Aceptar con "OK" para crear el nuevo tema.

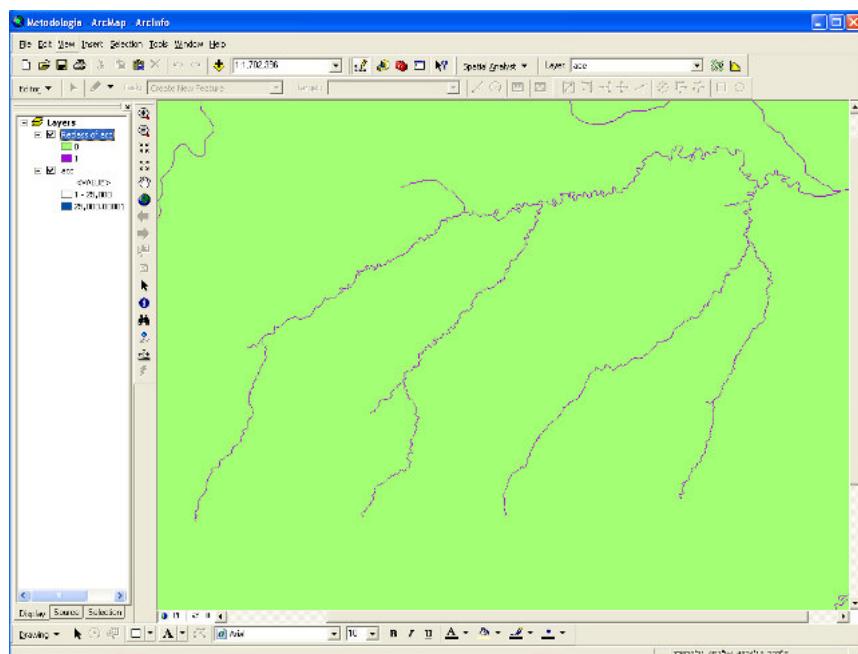


Figura 6.16: Tema temporal generado, de nombre “Reclass ...”. Obsérvese el color que posee cada rango y sus correspondientes en la vista. El color fucsia representa al valor “1”, conformado por los cursos de agua determinados por el umbral de acumulación.

C. Generación de la red de drenaje relevante

Este procedimiento se realiza para obtener una nueva capa que contenga solamente los cursos de agua, correspondiente a la categoría “1” de la capa de reclasificación. Este nuevo tema es importante pues a partir de la red de drenaje


HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEOGRAFO
Reg. CIP N° 70977

que en ella se determine, se generarán las respectivas unidades hidrográficas o watersheds.

El proceso en ArcGis, consiste en crear un tema de tipo “*Stream Link*”, cuya ventana se ubica en “*ArcToolbox*”, en las herramientas de “*Spatial Analyst*”, dentro de la categoría “*Hidrology*”. En la opción “*Input stream raster*”, de esta ventana, se ingresa el nombre del tema reclasificación, creado en el paso anterior; en la siguiente, en la opción “*Input flow direction raster*”, se indica el nombre del tema que contiene la información de la dirección de flujo; y finalmente, en la opción “*Ouput raster*”, se ingresa el nombre del tema de salida. (Figura 6.17)

El tema obtenido contiene solamente la información de la categoría “1”, comprendido por los cursos de agua obtenidos de la determinación del umbral de acumulación. (Figura 6.18)

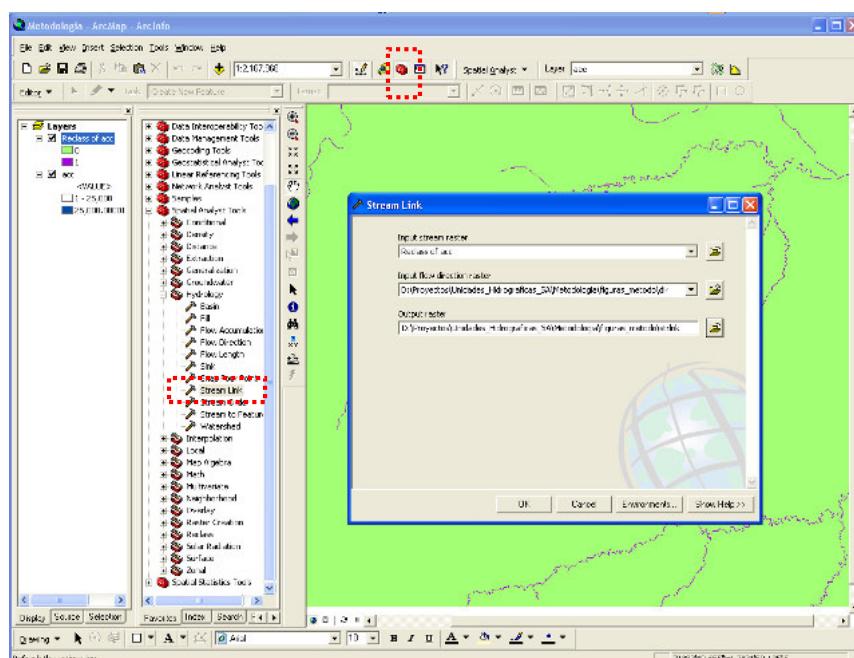


Figura 6.17: Generación del tema “*Stream Link*”. Obsérvese la ubicación de esta herramienta dentro de “*ArcToolbox*” y su ventana de creación, la cual requiere los temas de la reclasificación y de la dirección de flujo.


HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
 INGENIERO GEOGRAFO
 Reg. CIP N° 70977

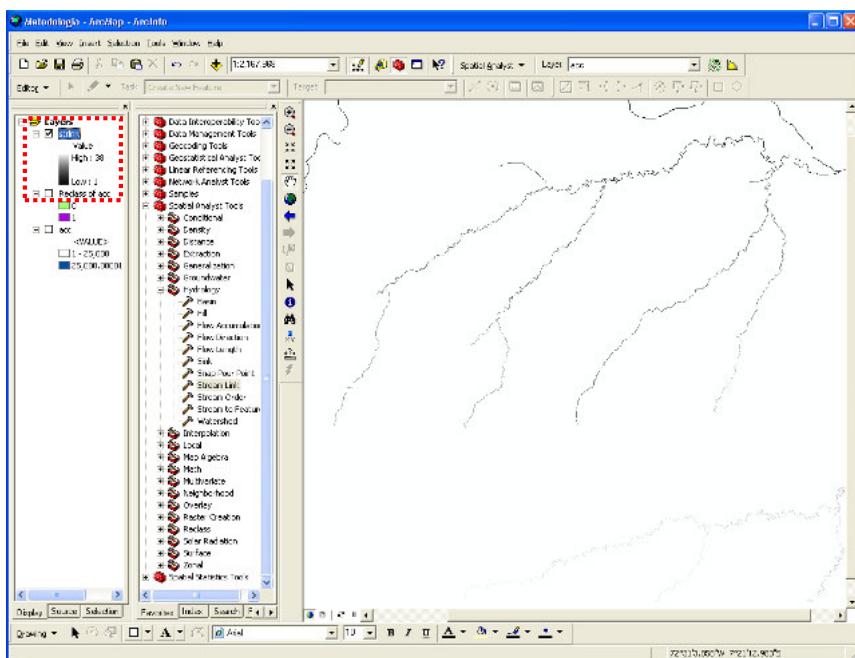


Figura 6.18: Tema “Stream Link” generado.

D. Generación de Watersheds

Para la generación automática de watersheds, unidades hidrográficas, se requiere como insumo la dirección de flujo y el enlace de cursos (“stream link”).

Ciertamente, no es el único método de generación de unidades hidrográficas, ya que existen otras técnicas que emplean datos de tipo puntual como los puntos de desembocadura o “pour points”, que se emplea para generar de forma controlada por el usuario, las unidades de drenaje necesarias.

En ArcGis, este proceso se realiza con la utilidad “Watershed” del “ArcToolbox”, en el ítem “Hidrology” de “Spatyal Analyst” (Figura 6.19). Esta herramienta solicita como información de entrada: la dirección de flujo y los cursos de agua - “stream link”, generados en los pasos anteriores. En la opción “Input flow direction raster” se ingresa el nombre del tema que contiene la información de la dirección de flujo; dejando el nombre del tema “stream link”, para la opción: “Input raster or feature pour point data”. Finalmente, se indica el nombre de un tema de salida, que contendrá las unidades de drenaje o watersheds requeridos. (Figura 6.20)

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

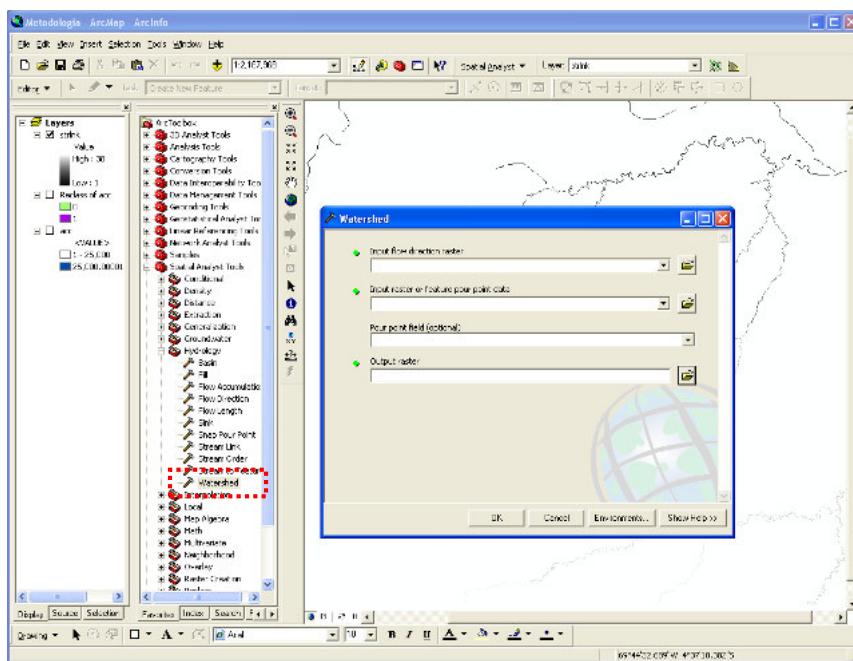
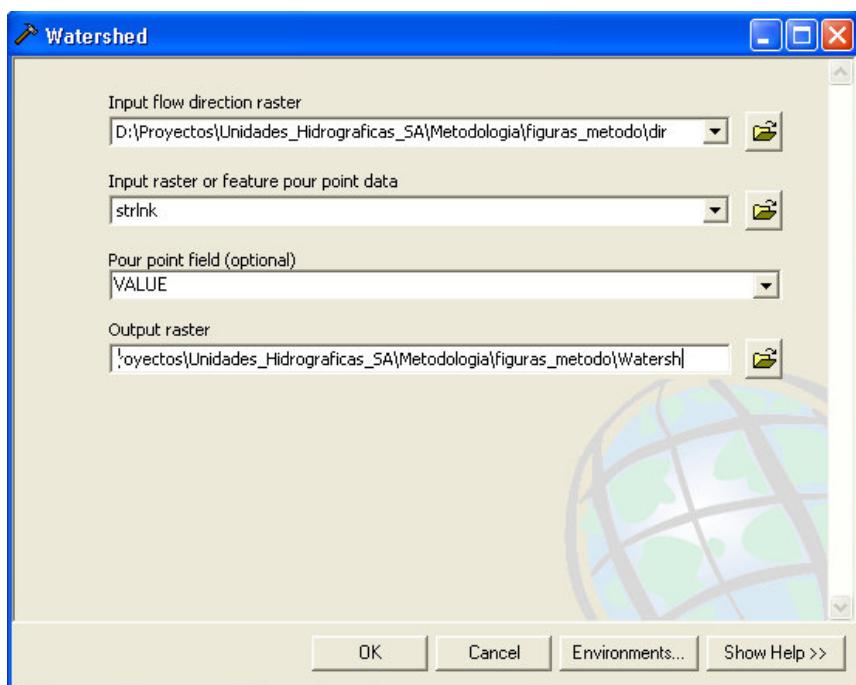


Figura 6.19: Obsérvese la ubicación de la herramienta “Watershed” y su correspondiente interface de ingreso.

El producto obtenido es un raster, en donde las cuencas son presentadas por agrupaciones de pixeles de igual valor; esto puede hacerse evidente asignando colores diferentes a las cuencas, a través de la ventana “Layer Properties” del tema, cambiando el modo de presentación a “*Unique Values*”. (Figuras 6.20 y 6.21)




HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

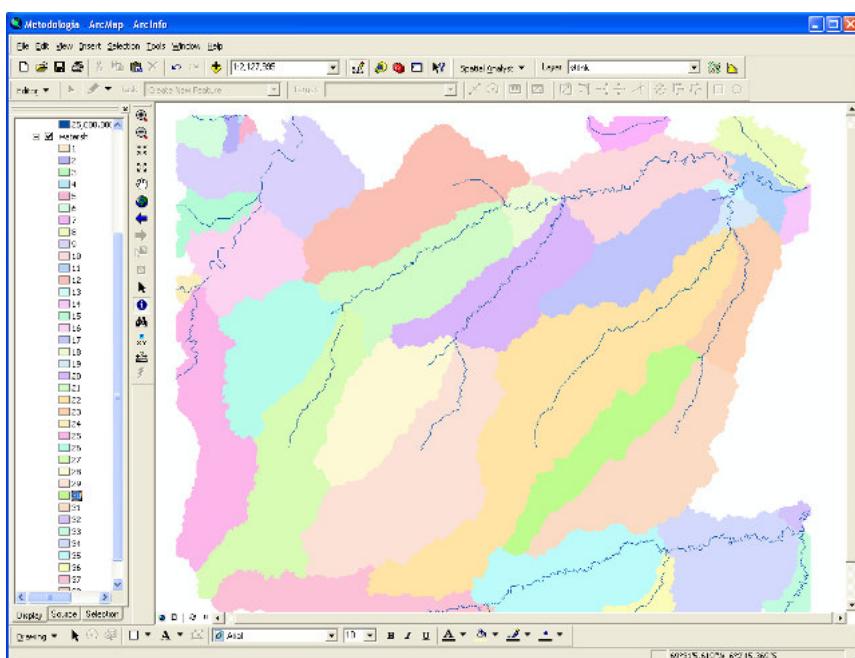


Figura 6.21: Watersheds generados y diferenciados por colores.

2) Generación Vectorial de Unidades Hidrográficas

Este proceso consiste en convertir las unidades hidrográficas o watersheds obtenidos, al formato vectorial de tipo polígono. En algunos casos este proceso podría ser simple o directo, sin embargo, de acuerdo a la complejidad y cantidad de cuencas que se desee delimitar a la vez, podría ser necesario realizar una conversión al formato lineal, es decir, pasar de polígonos a líneas, con las cuales la edición suele ser mucha más sencilla y rápida. Luego de la edición lineal, se procederá a la reconversión al tipo polígono, quedando de esta forma listo para el proceso de llenado de la tabla de atributos con los códigos respectivos.

a. Conversión de raster a polígono

En Arcgis, este procedimiento se efectúa con la herramienta “Raster to features...”, de la opción “Convert”, del menú perteneciente al módulo “Spatial Analyst”. En la primera opción de esta ventana (Figura 6.22), se elige el tema raster a convertir, en este caso, la que contiene los watersheds. Las opciones “Field” y “Output geometry type” deben quedar con los valores “Value” y “polygon”, respectivamente. A criterio del usuario activar o desactivar la opción “Generalize lines” (Generalización de líneas) y por último, se debe asignar un nombre de salida para el nuevo tema vectorial. En la figura 6.23, se muestra el tema vectorial sobre la información raster de watersheds, en los que se ha eliminado los elementos innecesarios (líneas no útiles para la conformación de los watersheds requeridos) e integrado convenientemente.


HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
 INGENIERO GEÓGRAFO
 Reg. CIP N° 70977

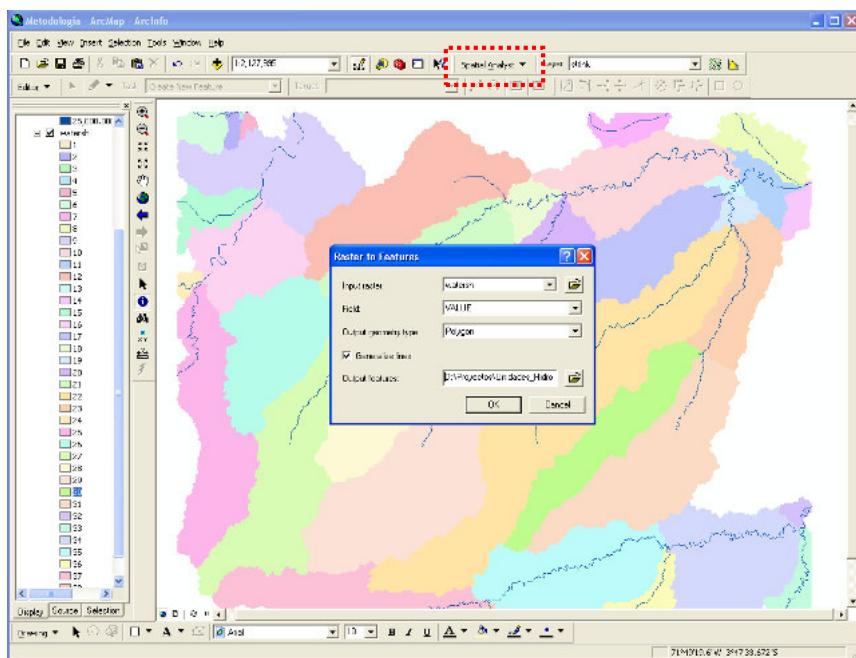


Figura 6.22: Obsérvese el módulo “Spatial Analyst” y la interface de ingreso de la herramienta “Raster to Features” para cada uno.

La opción “Generalize lines”, en estado activo (checked), realiza la generalización de los contornos poligonales, evitando que estos bordes lineales presenten segmentos “aserrados” debido a la forma de los píxeles (unchecked). Lo que realiza “Generalize lines”, es aumentar el tamaño de los segmentos que conforman los arcos y en consecuencia, disminuir el número de vértices.

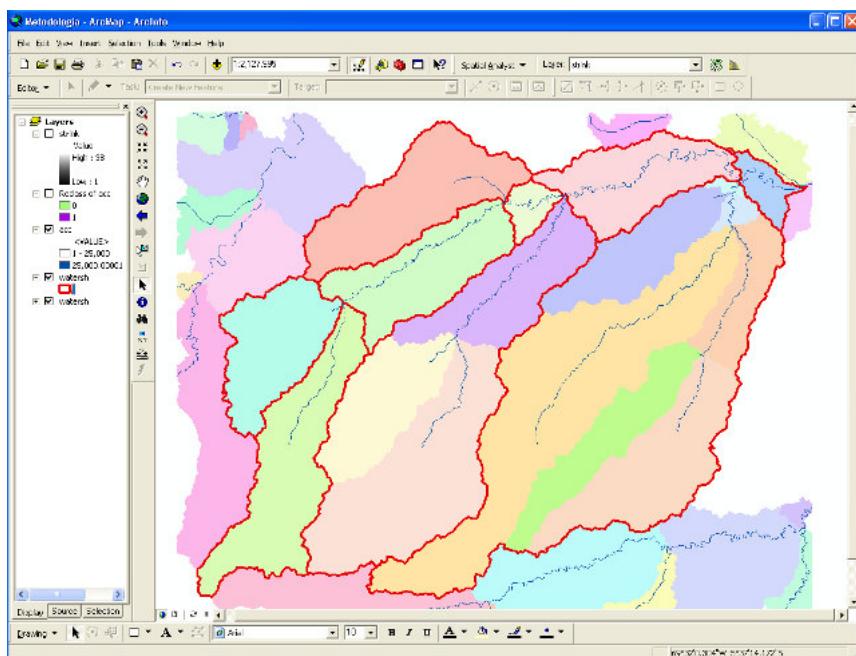


Figura 6.23: Información vectorial de polígonos (líneas rojas) sobre los watersheds raster. Nótese que se han eliminado y fusionado convenientemente algunos polígonos para obtener las nueve unidades requeridas.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

b. Conversión de polígonos a líneas:

En caso de ser necesario, debido a modificaciones que se requieran realizar en la delimitación de las unidades hidrográficas, es recomendable que se adicione este proceso al trabajo de edición, ya que el trabajo en líneas es mucho más versátil y rápido por el gran número de herramientas que existen para ello.

El proceso en ArcGis, es mediante la herramienta “*Polygon to Line*” de la categoría “*Features*” de la sección “*Data Management Tools*” de “*ArcToolbox*”. (Figura 6.24)

c. Generalización de líneas:

Si en el proceso de conversión de raster a polígono no se activó la opción “*Generalize lines*” entonces puede ser necesario aplicar un proceso de generalización a líneas obtenidas a través de la herramienta “*Smooth Line*” (*Suavizado de línea*), ubicado en la categoría “*Generalization*” de la sección “*Data Management*” del “*ArcToolbox*” (Figura 6.25).

El valor de “*Smoothing Tolerance*” que solicita esta herramienta debe estar dado en unidades del mapa (Grados = coordenadas angulares o Metros = coordenadas lineales) y debe ser de una dimensión superior al tamaño del pixel que dio origen a las líneas de forma aserrada. Para nuestro caso, el tamaño de pixel empleado es de 90 metros (3° de arco) equivalente a 0,00083 grados y el valor de “*Smoothing Tolerance*” debe ser superior a este. Ante esto, se ha calculado que un valor adecuado es aquel que sea 4 veces superior al valor del segmento mínimo a generalizar (0,00083 grados) con lo cual se obtiene el valor de 0,003 grados que es muy apropiado para este tipo de trabajos.

d. Reconversión de líneas a polígonos:

Con el tema de líneas concluido, se procede a generar los polígonos correspondientes.

La ubicación de esta herramienta, en ArcGis, es similar a la anterior. Se encuentra en “ArcToolbox”, en la sección “Data Management Tools”, en la categoría “Features” con el nombre: “Features to Polygon”. (Figura 6.24)

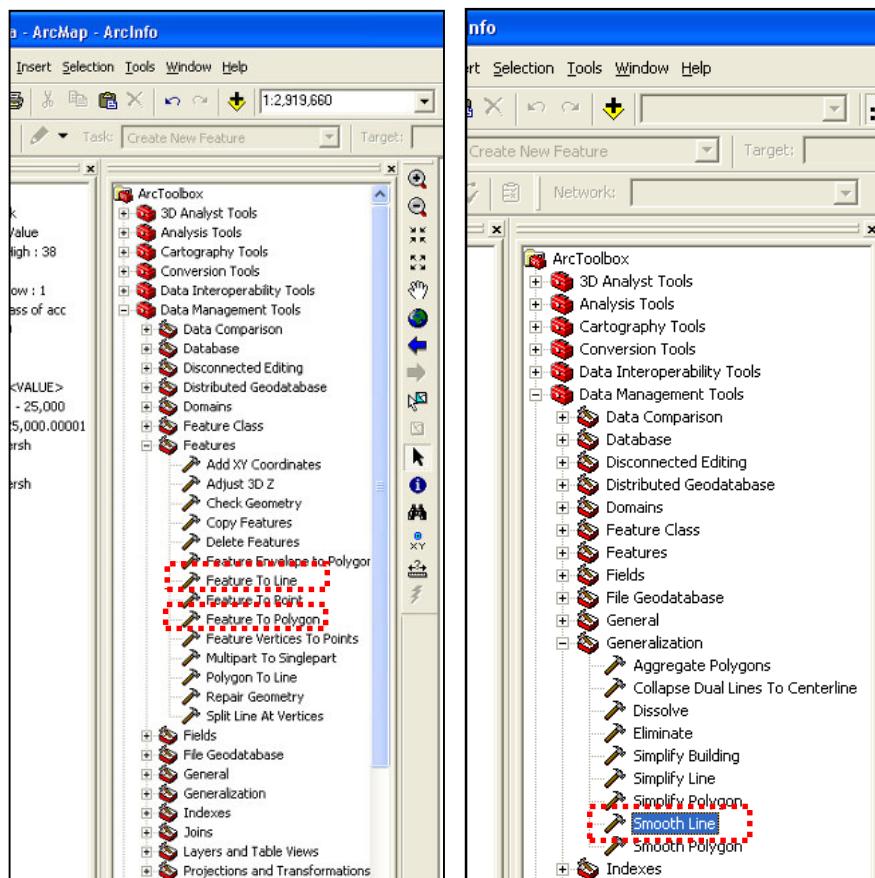


Figura 6.24: Localización de las herramientas “Features to Polygon” y “Polygon to Line”.

Figura 6.25: Localización de la herramienta “Smooth Line”.

6.1.2.2 Codificación de unidades hidrográficas

La codificación de unidades hidrográficas sigue los fundamentos de la Metodología Pfafstetter, que se ha expuesto en el Capítulo II.

Una vez conformado el tema de polígonos, que representan las unidades hidrográficas, se realiza el proceso de codificación en su respectiva tabla de atributos. Esta tabla debe presentar una estructura pre-establecida, que puede ser única o de tipo relacional; en el primer caso, todos los campos son creados en la misma tabla, en la cual la reiteración de datos es común; en el segundo caso, las tablas relacionales son estructuradas de tal manera de que no existe redundancia de datos, expresadas en un conjunto de tablas relacionadas por campos en común.

El ingreso de información tabular es un proceso muy sencillo: a medida que se va seleccionando cada polígono, se ingresarán los datos correspondientes a ese elemento, en el registro (fila) correspondiente en la tabla de atributos. (Figura 6.26)

La información contenida tabularmente, deberá contar principalmente de campos para almacenar los códigos Pfafstetter de las unidades hidrográficas en los diferentes niveles, así como el nombre y área o superficie de las mismas.

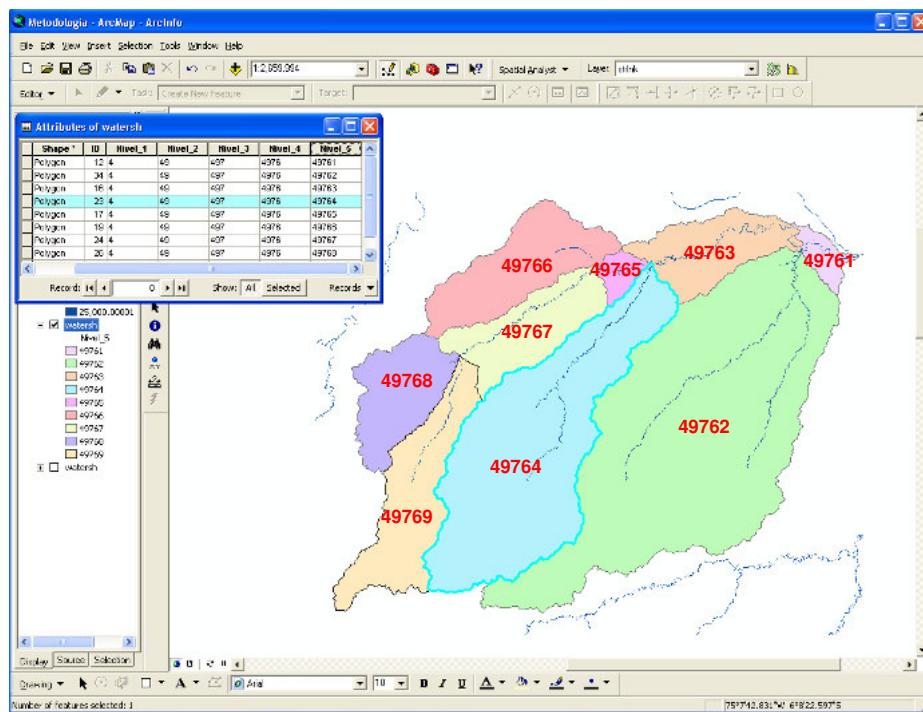


Figura 6.26. Proceso de codificación tabular. Obsérvese el tema de unidades hidrográficas concluido con la información de su tabla de atributos completa.

6.2 Resultado de la actualización de unidades hidrográficas

Haciendo uso de la metodología descrita en el ítem anterior y mediante el empleo de herramientas de análisis geoespacial de los sistemas de información geográfica, se llevaron a cabo las actualizaciones de las unidades hidrográficas comprendidas en los ámbitos de las administraciones locales de agua Tumbes, Chancay-Lambayeque, Chancay-Huaral y San Juan.

Asimismo, tal como se señaló, la información base que se empleó en este proceso estuvo conformada por la Carta Nacional Digital Topográfica 1:100.000 del IGN y por los modelos digitales de elevación, de 3" de arco, de los proyectos SRTM y HydroSHEDs, de la NASA y WWF, respectivamente.

La actualización de unidades hidrográficas comprende las siguientes actividades:

- Mejoramiento en la precisión de la delimitación y codificación de las unidades hidrográficas de la versión vigente.
- Incremento de unidades hidrográficas al nivel superior siguiente, con las mismas condiciones de precisión indicadas.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEOGRAFO
Reg. CIP N° 70977

En los ítems siguientes, destinados a la descripción de la actualización de las unidades hidrográficas comprendidas en los ámbitos de las administraciones locales de agua, en las cuales se desarrolla el presente estudio; para una mejor apreciación del proceso realizado, fue necesario establecer una comparación de unidades hidrográficas, entre la versión vigente y la actualización que propone el presente estudio.

6.2.1. Actualización de unidades hidrográficas en el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes

6.2.1.1. Unidades hidrográficas vigentes

En el cuadro 6.1, se muestra la distribución espacial de unidades hidrográficas vigentes, desde el nivel 1 al 5, en el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes. La unidad hidrográfica 1392 (Cuenca Tumbes) no presenta subdivisión en el nivel 5.

Cuadro 6.1
Distribución espacial de unidades hidrográficas vigentes en el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes

NIVEL 1		NIVEL 2		NIVEL 3		NIVEL 4		NIVEL 5		SUPERF. (km ²)
Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	
1	Región Hidrográfica Pacífico	13	Intercuenca 13	139	Intercuenca 139	1391	Intercuenca 1391	13914	Cuenca Fernández	740.27
								13915	Intercuenca 13915	6.07
								13916	Cuenca Quebrada Seca	483.88
								13917	Intercuenca 13917	447.87
								13918	Cuenca Bocapán	900.62
						1392	Cuenca Tumbes	13919	Intercuenca 13919	187.94
										1,806.15
								13931	Intercuenca 13931	339.69
								13932	Cuenca Zarumilla	373.00
TOTAL										5,285.49

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior, así como se observa en el mapa de la figura 6.27, las unidades hidrográficas vigentes comprendidas en el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes son nueve (09): ocho (08) de nivel 5 y una (01) de nivel 4.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977



Figura 6.27. Administración Local de Agua Tumbes: Unidades hidrográficas vigentes.

6.2.1.2. Unidades hidrográficas actualizadas

En el cuadro 6.2, se muestra la distribución espacial de las unidades hidrográficas actualizadas, desde el nivel 1 al 6, en el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes. Las unidades hidrográficas 13919 (Intercuenca 13919), 13931 (Intercuenca 13931), 13932 (Cuenca Tres Ceibos) y 13933 (Intercuenca 13933), no presentan subdivisión en el nivel 6.

Cuadro 6.2

Distribución espacial de unidades hidrográficas actualizadas en el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes

NIVEL 1		NIVEL 2		NIVEL 3		NIVEL 4		NIVEL 5		NIVEL 6		SUPERF. (km ²)
Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	
1	Región Hidrográfica Pacífico	13	Intercuenca 13	139	Intercuenca 139	1391	Intercuenca 1391	13916 Cuenca Femández	139161 Intercuenca Fernández 139161	99.62		
									139162 Cuenca La Capilla	103.25		
									139163 Intercuenca Fernández 139163	49.83		
									139164 Cuenca Algodonal	39.64		
									139165 Intercuenca Fernández 139165	29.93		
									139166 Cuenca Caña Dulce	173.52		
									139167 Intercuenca Fernández 139167	40.51		
									139168 Cuenca Jaguay Grande	56.15		
									139169 Cuenca Madre del Agua	146.83		
									139171 Intercuenca 139171	10.99		
								13917 Intercuenca 13917	139172 Cuenca Seca	486.52		
									139173 Intercuenca 139173	114.88		

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

							139174	Cuenca Canoas	65.32	
							139175	Intercuenca 139175	6.64	
							139176	Cuenca Plateritos	85.48	
							139177	Intercuenca 139177	6.53	
							139178	Cuenca Rubio	51.90	
							139179	Intercuenca 139179	128.41	
							139181	Intercuenca Bocapán 139181	12.21	
							139182	Cuenca Sapotal	108.35	
							139183	Intercuenca Bocapán 139183	137.01	
							139184	Cuenca Seca	67.36	
							139185	Intercuenca Bocapán 139185	38.94	
							139186	Cuenca Pájaro Bobillo	121.32	
							139187	Intercuenca Bocapán 139187	77.88	
							139188	Cuenca Gramadal	107.68	
							139189	Cuenca Cherrelaque	234.66	
						13919	Intercuenca 13919		188.94	
							139211	Intercuenca Tumbes 139211	171.06	
							139212	Cuenca Las Peñas	135.08	
							139213	Intercuenca Tumbes 139213	108.06	
							139214	Cuenca Cabuyal	189.62	
							139215	Intercuenca Tumbes 139215	127.82	
							139216	Cuenca Rica Playa	54.02	
							139217	Intercuenca Tumbes 139217	137.38	
							139218	Cuenca Ucumares	91.02	
							139219	Intercuenca Tumbes 139219	58.14	
							139221	Intercuenca Cazaderos 139221	66.17	
							139222	Cuenca Cusco	203.29	
							139223	Intercuenca Cazaderos 139223	14.38	
							139224	Cuenca Totoras	40.52	
							139225	Intercuenca Cazaderos 139225	4.61	
							139228	Cuenca Chorillos	22.50	
							139231	Intercuenca Tumbes 139231	0.20	
							139233	Intercuenca Tumbes 139233	0.22	
							139234	Cuenca 139234	81.89	
							139235	Intercuenca Tumbes 139235	16.24	
							139236	Cuenca 139236	34.97	
							139237	Intercuenca Tumbes 139237	21.06	
							139239	Intercuenca Tumbes 139239	1.96	
						13925	Intercuenca 13925	139251	Intercuenca Tumbes 139251	163.11
						13931	Intercuenca 13931		264.90	
						13932	Cuenca Tres Ceibos		140.81	

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

							13933	Intercuenca 13933			7.29
							13934 Cuenca Zarumilla	139341	Intercuenca Zarumilla 139341	61.02	
								139342	Cuenca Lomillo	97.17	
								139343	Intercuenca Zarumilla 139343	9.86	
								139345	Intercuenca Zarumilla 139345	4.59	
								139346	Cuenca Seca	138.50	
								139347	Intercuenca Zarumilla 139347	7.61	
								139348	Cuenca Hondonada	38.70	
								139349	Cuenca Balsamal	18.53	
							TOTAL			5,322.59	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al cuadro anterior, las unidades hidrográficas actualizadas comprendidas en el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes son sesenta y dos (62): cincuenta y ocho (58) de nivel 6 y cuatro (04) de nivel 5.

En el cuadro 6.3, se muestra el número de unidades hidrográficas obtenidas en el proceso de actualización, comprendidas en el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes, respecto a la región hidrográfica y al nivel de jerarquía que pertenecen.

Cuadro 6.3

Resumen de la distribución espacial de unidades hidrográficas actualizadas en el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes por región hidrográfica y niveles de jerarquía

REGIÓN HIDROGRÁFICA	NIVELES						TOTAL UH
	1	2	3	4	5	6	
Pacífico	1	1	1	3	12	58	76
TOTAL UH	1	1	1	3	12	58	

Fuente: Elaboración propia

En los mapas de las figuras 6.28, 6.29 y 6.30, se muestra la distribución de las unidades hidrográficas actualizadas, comprendidas en el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes, en los niveles 4, 5 y 6, respectivamente.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

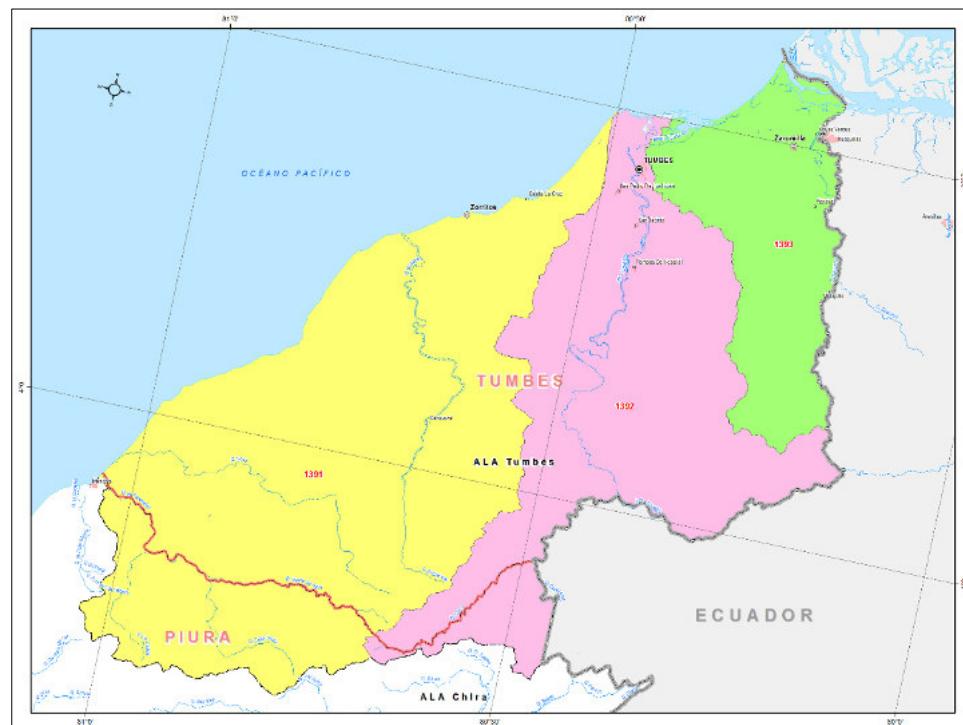


Figura 6.28. Administración Local de Agua Tumbes: Unidades hidrográficas actualizadas de nivel 4.

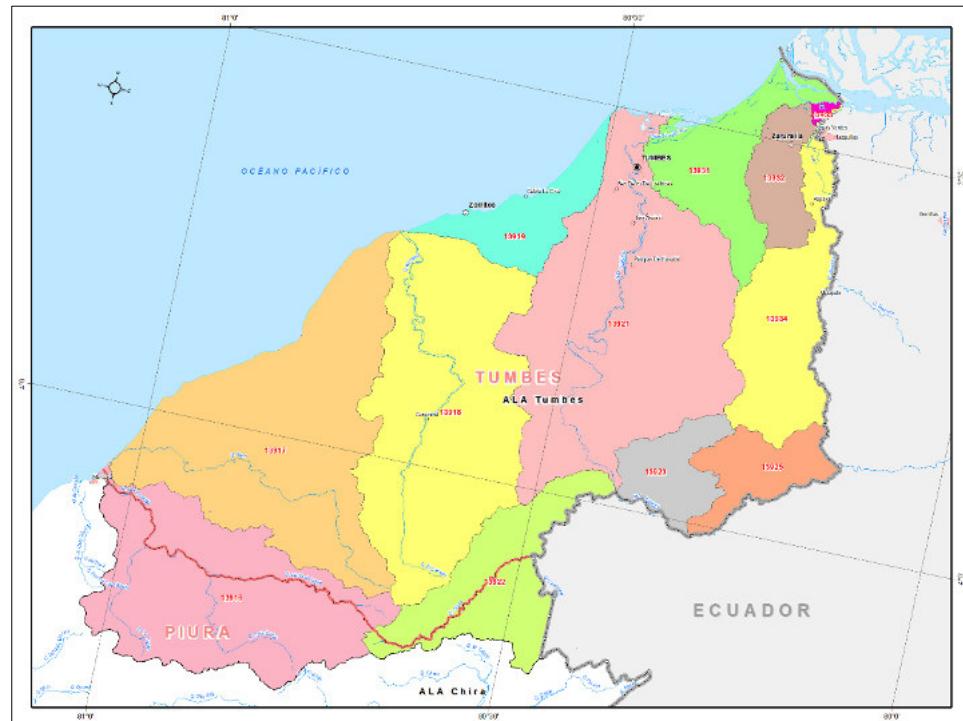


Figura 6.29. Administración Local de Agua Tumbes: Unidades hidrográficas actualizadas de nivel 5.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

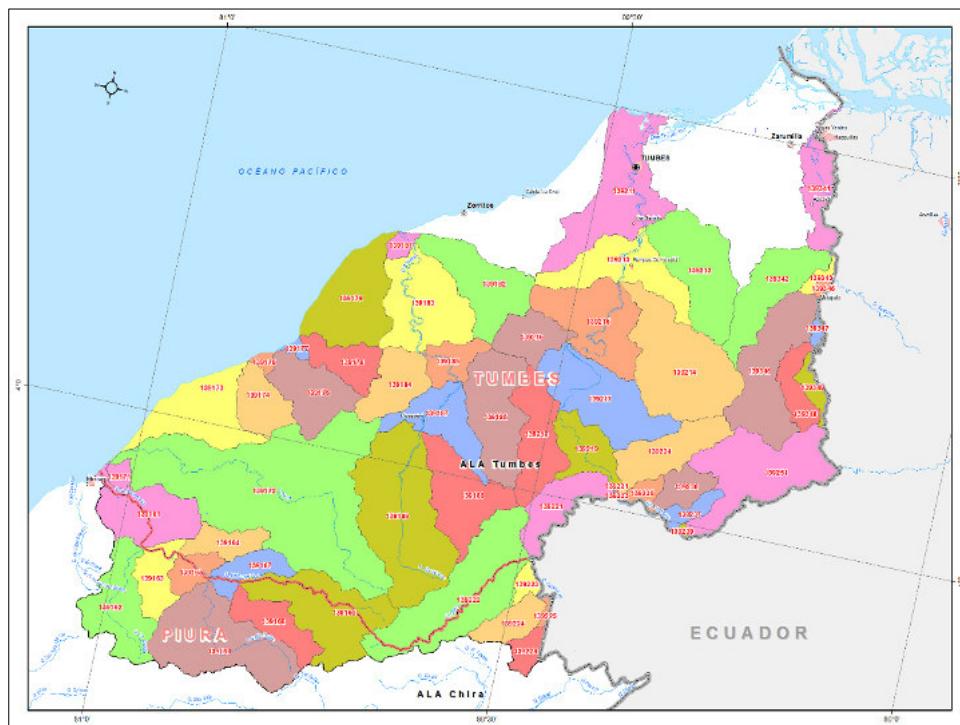


Figura 6.30. Administración Local de Agua Tumbes: Unidades hidrográficas actualizadas de nivel 6.

Como es sabido, la definición de los ámbitos territoriales de los órganos descentralizados de la Autoridad Nacional del Agua, como las administraciones locales de agua, se realiza en base a unidades hidrográficas; es decir, los ámbitos de las administraciones locales de agua debe estar comprendidos por un conjunto de unidades hidrográficas indivisas.

En el caso de la Administración Local de Agua Tumbes, esta citada condición no es cumplida cabalmente debido a su situación de fronteriza, donde el límite internacional corta unidades hidrográficas arbitrariamente. Esta situación acontece con las cuencas Zarumilla y Tumbes, que son atravesadas por la línea de frontera Perú-Ecuador.

6.2.2. Actualización de unidades hidrográficas en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque

6.2.2.1. Unidades hidrográficas vigentes

En el cuadro 6.4, se muestra la distribución espacial de unidades hidrográficas vigentes, desde el nivel 1 al 7, en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque. Las unidades hidrográficas 13776 (Cuenca Chancay-Lambayeque) y 137771 no presentan subdivisiones.

En el mismo cuadro, así como se observa en el mapa de la figura 6.31, las unidades hidrográficas vigentes comprendidas en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque son cuatro (04): dos (02) de nivel 7, una (01) de nivel 5 y una (01) de nivel 6.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

Cuadro 6.4
Distribución espacial de unidades hidrográficas vigentes en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque

NIVEL 1		NIVEL 2		NIVEL 3		NIVEL 4		NIVEL 5		NIVEL 6		NIVEL 7		SUPERF. (km ²)		
Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre			
1	Región Hidrográfica Pacifico	13	Intercuenca 13	137	Intercuenca 137	1377	Intercuenca 1377	13775	Intercuenca 13775	137759	Intercuenca 137759	1377598	Cuenca Chupayal	61.78		
									Intercuenca 137759		1377599	Intercuenca 1377599	27.41			
		13776	Cuenca Chancay-Lambayeque										4,022.26			
			13777	Intercuenca 13777	137771	Intercuenca 137771			Intercuenca 137771				1,444.02			
TOTAL														5,555.48		

Fuente: Elaboración propia

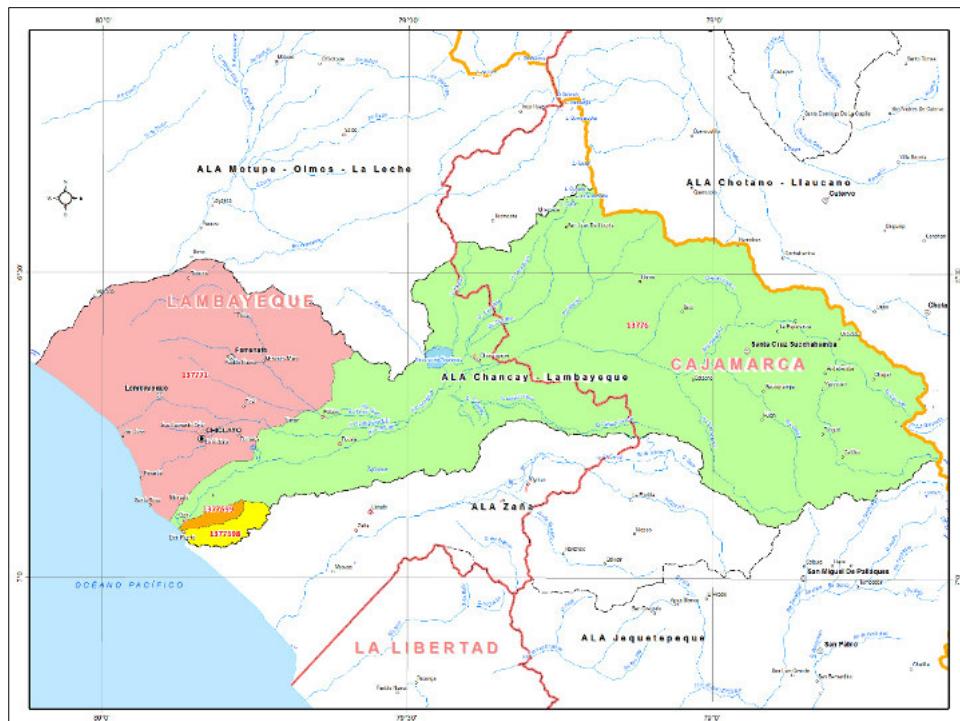


Figura 6.31. Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque: Unidades hidrográficas vigentes.

6.2.2.2. Unidades hidrográficas actualizadas

En el cuadro 6.5, se muestra la distribución espacial de las unidades hidrográficas actualizadas, desde el nivel 1 al 6, en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque. Las unidades hidrográficas 13776 (Cuenca Chancay-Lambayeque) y 13777 (Intercuenca 13777), en comparación con la versión vigente, presentan subdivisión en el nivel 6.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEOGRAFO
Reg. CIP N° 70977

Cuadro 6.5
Distribución espacial de unidades hidrográficas actualizadas en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque

NIVEL 1		NIVEL 2		NIVEL 3		NIVEL 4		NIVEL 5		NIVEL 6		SUPERF. (km ²)			
Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre				
1	Región Hidrográfica Pacífico	13	Intercuenca 13	137	Intercuenca 137	1377	Intercuenca 1377	13775 13776	Intercuenca 13775 Intercuenca Reque 137761 Cuenca Montería Intercuenca Chancay 137763 Cuenca Juana Ríos Intercuenca Chancay 137765 Cuenca Maichil Intercuenca Chancay 137767 Cuenca Ca±ad Cuenca Alto Chancay	13775 137761 137762 137763 137764 137765 137766 137767 137768 137769	Intercuenca 13775 Intercuenca Reque 137761 Cuenca Montería Intercuenca Chancay 137763 Cuenca Juana Ríos Intercuenca Chancay 137765 Cuenca Maichil Intercuenca Chancay 137767 Cuenca Ca±ad Cuenca Alto Chancay	336.48 750.30 293.40 148.96 388.29 147.61 355.55 639.49 250.95 1,046.74	137771 137772 137773 137774 137775 137776 137777 137778 137779	Intercuenca 137771 Cuenca 137772 Intercuenca 137773 Unidad Hidrográfica 137771 Intercuenca 137775 Cuenca 137776 Intercuenca 137777 Cuenca Hondo Intercuenca 137779	142.90 132.04 31.78 883.97 4.47 110.11 2.50 124.44 0.63
TOTAL												5,790.60			

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al cuadro anterior, las unidades hidrográficas actualizadas comprendidas en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque son diecinueve (19), todas en el nivel 6.

En el cuadro 6.6, se muestra el número de unidades hidrográficas obtenidas en el proceso de actualización, comprendidas en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque, respecto a la región hidrográfica y al nivel de jerarquía que pertenecen.

Cuadro 6.6
Resumen de la distribución espacial de unidades hidrográficas actualizadas en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque por región hidrográfica y niveles de jerarquía

REGION HIDROGRÁFICA	NIVELES						TOTAL UH
	1	2	3	4	5	6	
Pacífico	1	1	1	1	3	19	26
TOTAL UH	1	1	1	1	3	19	

Fuente: Elaboración propia

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

En los mapas de las figuras 6.32 y 6.33, se muestra la distribución de las unidades hidrográficas actualizadas, comprendidas en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque, en los niveles 5 y 6, respectivamente.



Figura 6.32. Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque: Unidades hidrográficas actualizadas de nivel 5.

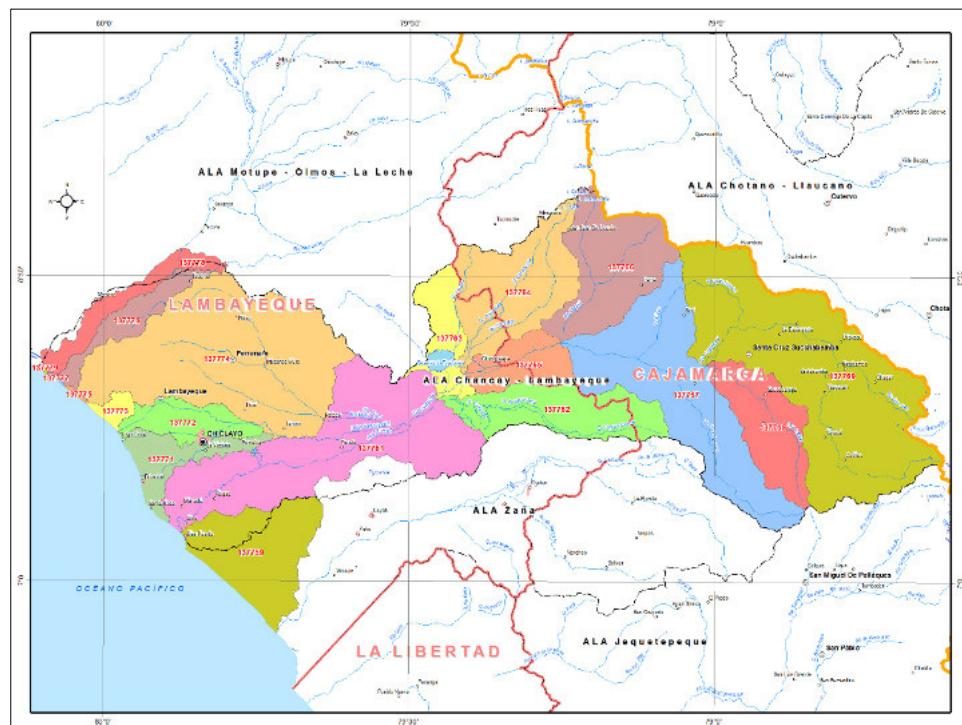


Figura 6.33. Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque: Unidades hidrográficas actualizadas de nivel 6.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

Comparando los mapas de las unidades hidrográficas actualizadas (figuras 6.32 y 6.33) con el mapa de unidades hidrográficas vigentes (figura 6.31), se puede advertir notables diferencias en la delimitación de las unidades hidrográficas, principalmente en el nivel 5, lo cual se traduce en una modificación del ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque. Esta modificación se puede apreciar en las dos últimas figuras, mediante la línea negra punteada que indica el límite vigente del ámbito de la administración local de agua en cuestión.

6.2.3. Actualización de unidades hidrográficas en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral

6.2.3.1. Unidades hidrográficas vigentes

En el cuadro 6.7, se muestra la distribución espacial de unidades hidrográficas vigentes, desde el nivel 1 al 7, en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral. Las unidades hidrográficas 137557 (Intercuenca 137557) y 137558 (Cuenca Chancay-Huaral), no presentan subdivisiones en el nivel 7.

Cuadro 6.7
Distribución espacial de unidades hidrográficas vigentes en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral

NIVEL 1		NIVEL 2		NIVEL 3		NIVEL 4		NIVEL 5		NIVEL 6		NIVEL 7		SUPERF. (km ²)		
Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre			
1	Región Hidrográfica Pacífico	13	Intercuenca 13	137	Intercuenca 137	1375	Intercuenca 1375	13755	Intercuenca 13755	137559	Intercuenca 137559	137557	Intercuenca 137557		87.30	
													Cuenca Chancay - Huaral		3.046.37	
													1375591	Intercuenca 1375591	83.44	
													1375592	Cuenca 1375592	228.44	
													1375593	Intercuenca 1375593	35.33	
													TOTAL		3.480.88	

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior, así como se observa en el mapa de la figura 6.34, las unidades hidrográficas vigentes comprendidas en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral son cinco (05): tres (03) de nivel 7 y dos (02) de nivel 6.

6.2.3.2. Unidades hidrográficas actualizadas

En el cuadro 6.8, se muestra la distribución espacial de las unidades hidrográficas actualizadas, desde el nivel 1 al 7, en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral. La unidad hidrográfica 137558 (Cuenca Chancay-Huaral), en comparación con la versión vigente, presenta subdivisión en el nivel 7.

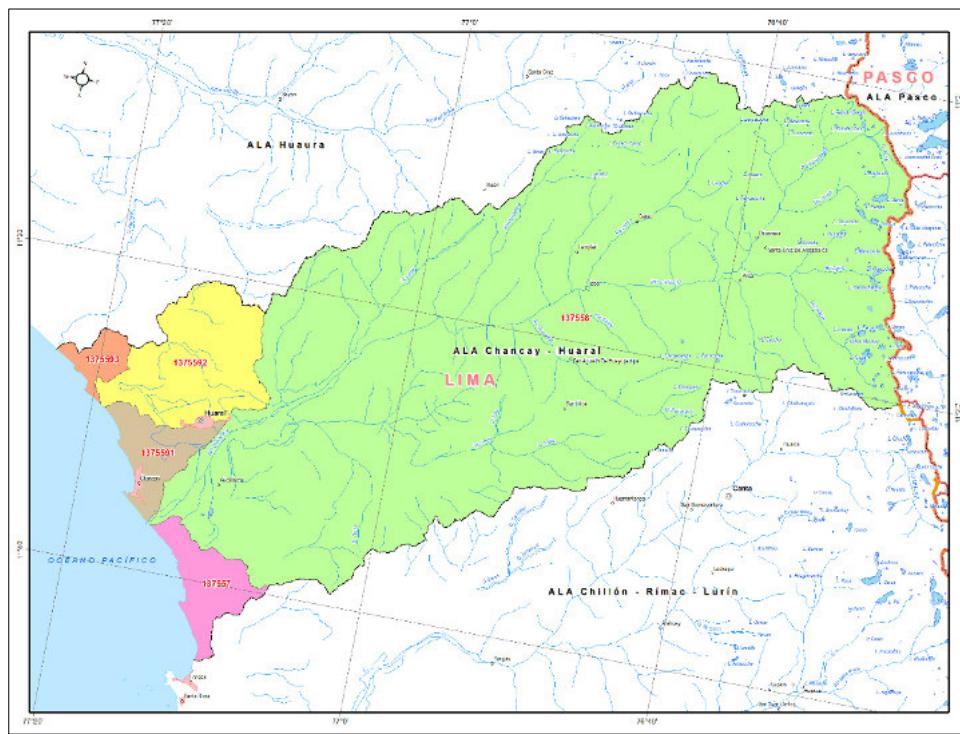


Figura 6.34. Administración Local de Agua Chancay-Huaral: Unidades hidrográficas vigentes.

Cuadro 6.8
Distribución espacial de unidades hidrográficas actualizadas en el ámbito de la
Administración Local de Agua Chancay-Huaral

NIVEL 1		NIVEL 2		NIVEL 3		NIVEL 4		NIVEL 5		NIVEL 6		NIVEL 7		SUPERF. (km ²)	
Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre		
1	Región Hidrográfica Pacífico	13	Intercuenca 13	137	Intercuenca 137	1375	Intercuenca 1375	13755	Intercuenca 13755	137557	Intercuenca 137557	137558	Cuenca Chancay 137558	87.77	
													1375581	Intercuenca Chancay 1375581	245.18
													1375582	Cuenca Seco	615.50
													1375583	Intercuenca Chancay 1375583	685.84
													1375584	Cuenca Anasmayo	202.69
													1375585	Intercuenca Chancay 1375585	168.30
													1375586	Cuenca Carac	296.23
													1375587	Intercuenca Chancay 1375587	265.28
													1375588	Cuenca Baños	261.67
													1375589	Cuenca Alto Chancay	321.94
										137559	Intercuenca 137559	1375591	Intercuenca 1375591	83.89	
													1375592	Cuenca 1375592	229.66
													1375593	Intercuenca 1375593	35.51
TOTAL														3,499.45	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al cuadro anterior, las unidades hidrográficas actualizadas comprendidas en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral son trece (13), todas en el nivel 7.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEOGRAFO
Reg. CIP N° 70977

En el cuadro 6.9, se muestra el número de unidades hidrográficas obtenidas en el proceso de actualización, comprendidas en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral, respecto a la región hidrográfica y al nivel de jerarquía que pertenecen.

Cuadro 6.9

Resumen de la distribución espacial de unidades hidrográficas actualizadas en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral por región hidrográfica y niveles de jerarquía

REGION HIDROGRÁFICA	NIVELES							TOTAL UH
	1	2	3	4	5	6	7	
Pacífico	1	1	1	1	1	3	13	21
TOTAL UH	1	1	1	1	1	3	13	

Fuente: Elaboración propia

En los mapas de las figuras 6.35 y 6.36, se muestra la distribución de las unidades hidrográficas actualizadas, comprendidas en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral, en los niveles 6 y 7, respectivamente.

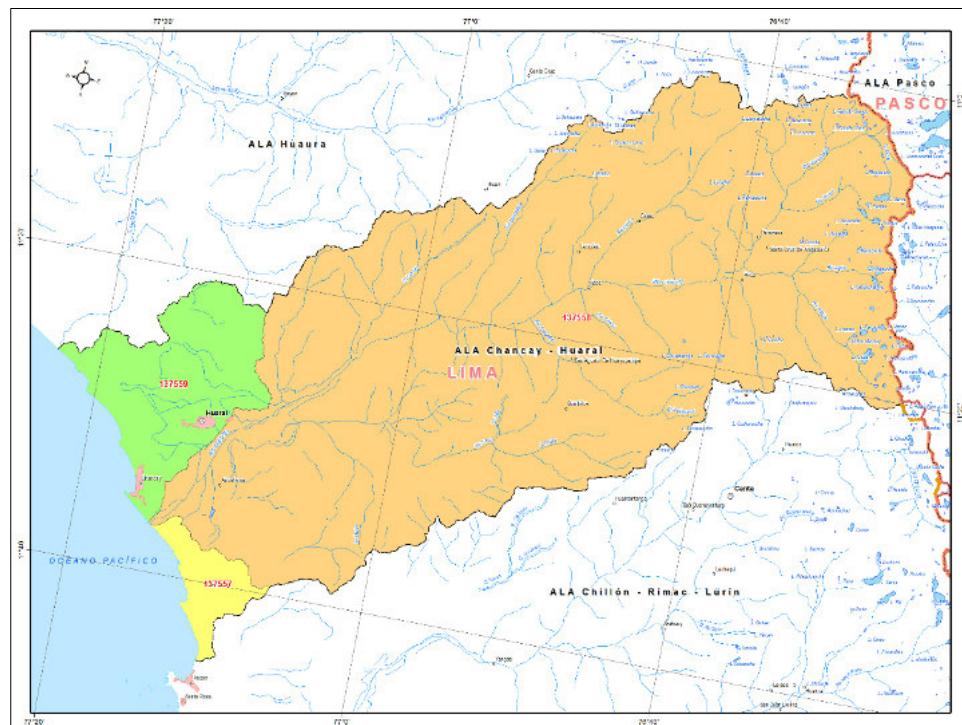


Figura 6.35. Administración Local de Agua Chancay-Huaral: Unidades hidrográficas actualizadas de nivel 6.

En la comparación de los mapas de las unidades hidrográficas actualizadas (figuras 6.35 y 6.36) con el mapa de unidades hidrográficas vigentes (figura 6.34), se puede apreciar que las diferencias entre ambas versiones son poco evidentes, debido a que la delimitación de unidades hidrográficas en ambas versiones siguen trazos generalmente similares; la diferencia solamente radica en los detalles de la delimitación, relacionada a las diferencias de escalas de las fuentes de información topográfica empleadas.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

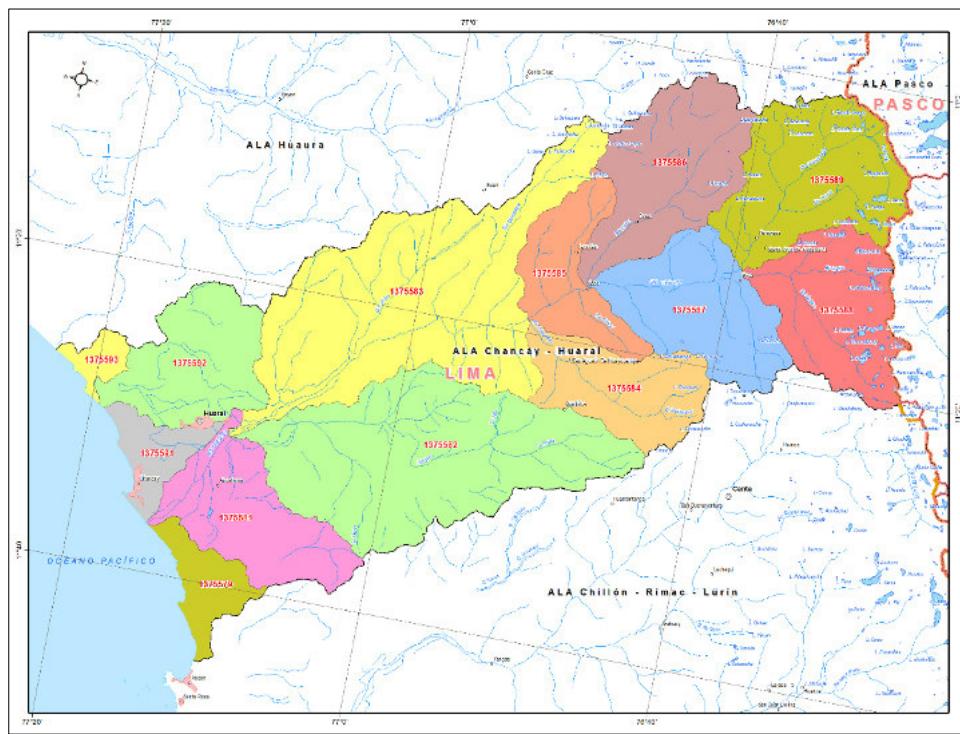


Figura 6.36. Administración Local de Agua Chancay-Huaral: Unidades hidrográficas actualizadas de nivel 7.

6.2.4. Actualización de unidades hidrográficas en el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan

6.2.4.1. Unidades hidrográficas vigentes

En el cuadro 6.10, se muestra la distribución espacial de unidades hidrográficas vigentes, desde el nivel 1 al 7, en el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan. Las unidades hidrográficas 137532 (Cuenca San Juan) y 137533 (Intercuenca 137533), no presentan subdivisiones en el nivel 7.

Cuadro 6.10
Distribución espacial de unidades hidrográficas vigentes en el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan

NIVEL 1		NIVEL 2		NIVEL 3		NIVEL 4		NIVEL 5		NIVEL 6		NIVEL 7		SUPERF. (km ²)	
Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre		
1	Región Hidrográfica Pacífico	13	Intercuenca 13	137	Intercuenca 137	1375	Intercuenca 1375	13753	Intercuenca 13753	137531	Intercuenca 137531	1375315	Intercuenca 1375315	2.25	
												1375316	Cuenca 1375316	62.14	
												1375317	Intercuenca 1375317	9.70	
												1375318	Cuenca 1375318	334.00	
												1375319	Intercuenca 1375319	4.45	
												137532	Cuenca San Juan		3,294.62
												137533	Intercuenca 137533		665.83
TOTAL														4,372.98	

Fuente: Elaboración propia

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
 INGENIERO GEÓGRAFO
 Reg. CIP N° 70977

En el cuadro anterior, así como se observa en el mapa de la figura 6.37, las unidades hidrográficas vigentes comprendidas en el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan son siete (07): cinco (05) de nivel 7 y dos (02) de nivel 6.

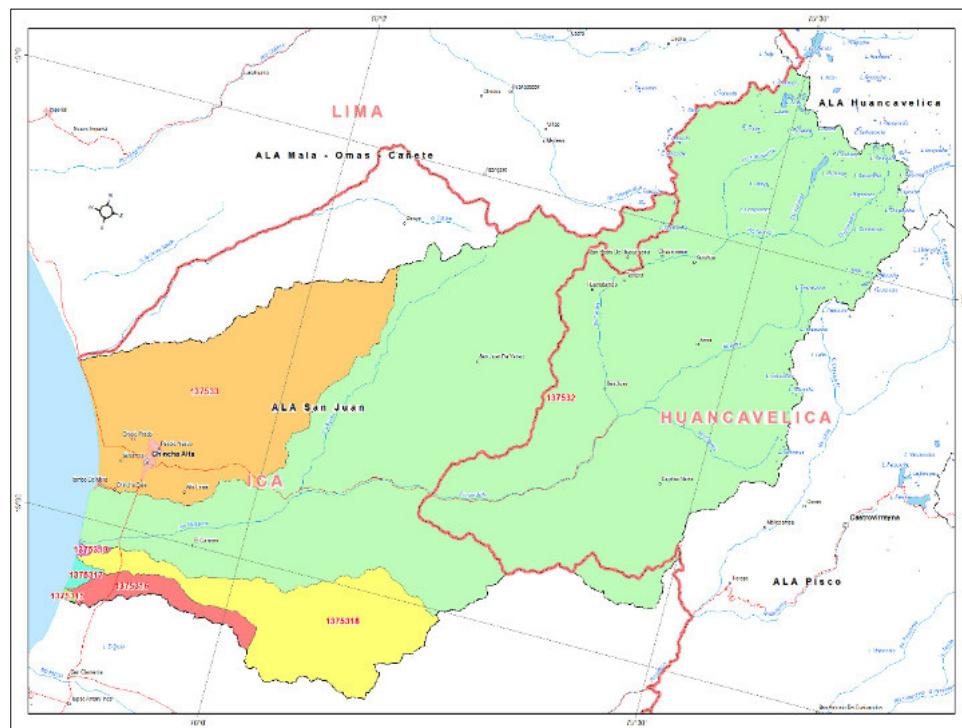


Figura 6.37. Administración Local de Agua San Juan: Unidades hidrográficas vigentes.

6.2.4.2. Unidades hidrográficas actualizadas

En el cuadro 6.11, se muestra la distribución espacial de las unidades hidrográficas actualizadas, desde el nivel 1 al 7, en el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan. Las unidades hidrográficas 137532 (Cuenca San Juan) y 137533 (Intercuenca 137533), en comparación con la versión vigente, presentan subdivisiones en el nivel 7.

En el mismo cuadro, las unidades hidrográficas actualizadas comprendidas en el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan son veinte y tres (23), todas en el nivel 7.

En el cuadro 6.12, se muestra el número de unidades hidrográficas obtenidas en el proceso de actualización, comprendidas en el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan, respecto a la región hidrográfica y al nivel de jerarquía que pertenecen.

Cuadro 6.11 Distribución espacial de unidades hidrográficas actualizadas en el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan

NIVEL 1		NIVEL 2		NIVEL 3		NIVEL 4		NIVEL 5		NIVEL 6		NIVEL 7		SUPERF. (km ²)
Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	Cód.	Nombre	
1	Región Hidrográfica Pacífico	13	Intercuenca 13	137	Intercuenca 137	1375	Intercuenca 1375	13753	Intercuenca 13753	137531	Intercuenca 137531	1375315	Intercuencia 1375315	2.26
												1375316	Cuenca 1375316	345.68
												1375317	Intercuencia 1375317	9.75
												1375318	Cuenca 1375318	26.51
												1375319	Intercuencia 1375319	4.47

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 6.12

Resumen de la distribución espacial de unidades hidrográficas actualizadas en el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan por región hidrográfica y niveles de jerarquía

REGION HIDROGRÁFICA	NIVELES							TOTAL UH
	1	2	3	4	5	6	7	
Pacífico	1	1	1	1	1	3	23	31
TOTAL UH	1	1	1	1	1	3	23	

Fuente: Elaboración propia

En los mapas de las figuras 6.38 y 6.39, se muestra la distribución de las unidades hidrográficas actualizadas, comprendidas en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral, en los niveles 6 y 7, respectivamente.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

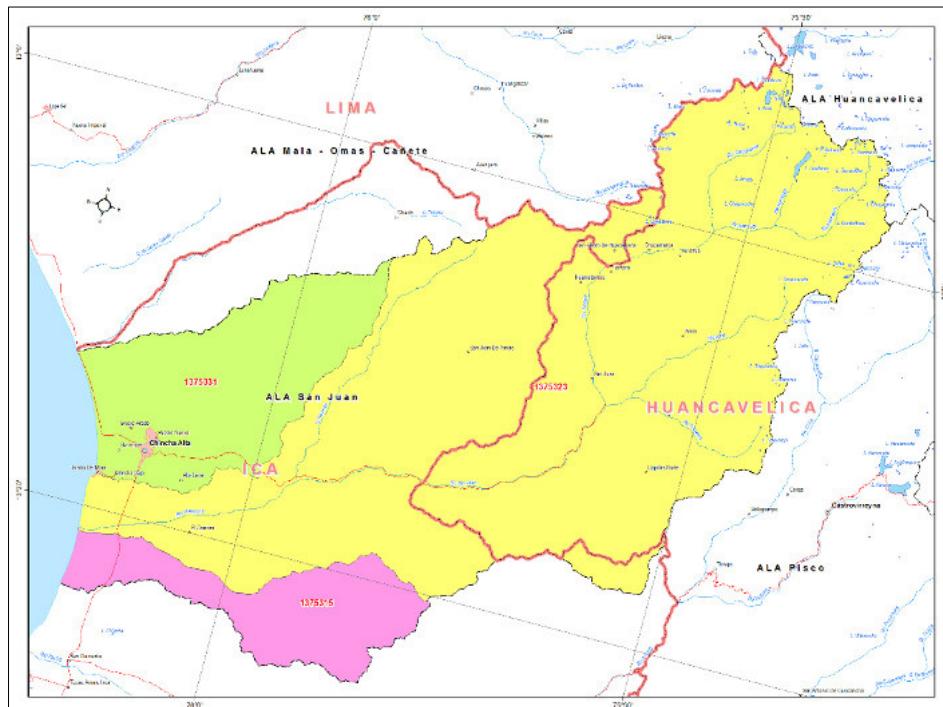


Figura 6.38. Administración Local de Agua San Juan: Unidades hidrográficas actualizadas de nivel 6.

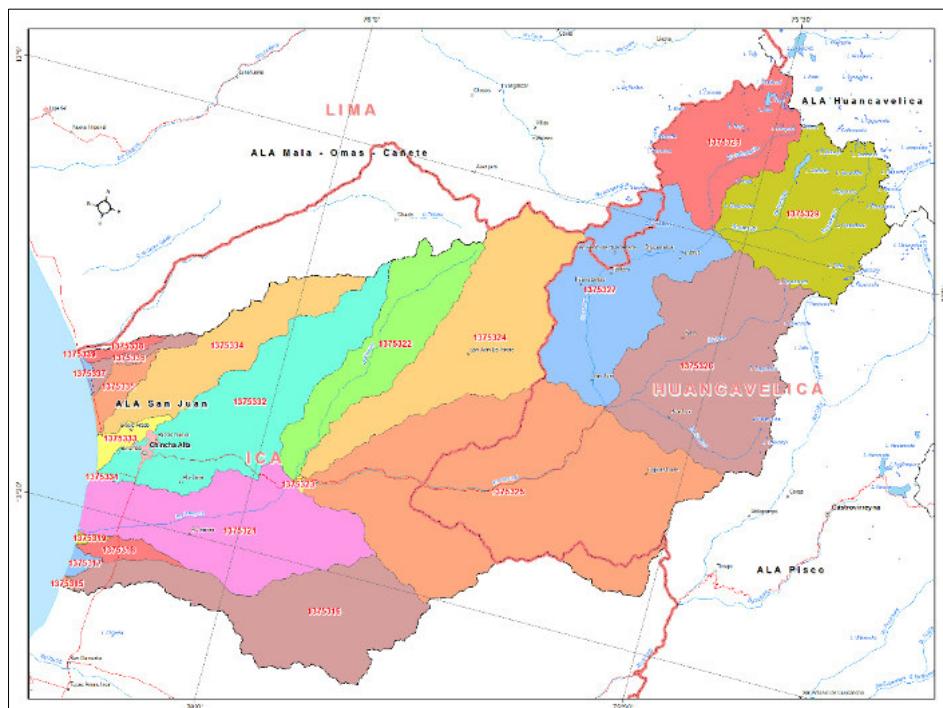


Figura 6.39. Administración Local de Agua San Juan: Unidades hidrográficas actualizadas de nivel 7.

Comparando las unidades hidrográficas actualizadas (Figuras 6.38 y 6.39) las unidades hidrográficas vigentes (Figura 6.37), se aprecia que las diferencias entre ambas versiones son poco evidentes, debido a que la delimitación de unidades hidrográficas en ambas versiones siguen trazos generalmente similares; la diferencia solo radica en los detalles de la delimitación, relacionada a las diferencias de escalas de las fuentes de información topográfica empleadas.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

VII. CODIFICACIÓN DE CURSOS DE AGUA SUPERFICIAL

7.28 Metodología para el Sistema de Información Geográfica

La metodología de codificación de cursos de agua superficial está basada en el sistema de codificación Pfafstetter de unidades hidrográficas, tratando de establecer una relación espacial entre tramos de cursos de agua y unidades hidrográficas, resultando una codificación análoga entre ambas entidades, sumándose la aplicación de una variación metodológica convencional en la codificación final de los tramos de los cursos de agua.

Los procesos SIG que se describirán en el presente capítulo, están referidos al empleo de herramientas ArcGis 10, software empleado a lo largo del desarrollo del presente estudio.

Previamente a la descripción detallada de la metodología de codificación de cursos de agua superficial y su aplicación en una red geométrica topológica, se ha considerado importante presentar algunas definiciones que se emplearan frecuentemente en la explicación de esta metodología:

a. Red geométrica:

Una red geométrica es un conjunto de ejes y cruces conectados, junto con reglas de conectividad. Se utiliza para representar y modelar el comportamiento de una infraestructura de red común en el mundo real. La distribución de agua, las líneas eléctricas, la conducción de gas, los servicios telefónicos y el flujo del agua de un río son ejemplos de flujos de recursos que se pueden planear y analizar mediante una red geométrica. Con una red geométrica puede realizar diversos análisis de red como buscar bucles o circuitos dentro de una red o trazado de aguas arriba o aguas abajo para encontrar la fuente del flujo en una red.

b. Nodos:

Son elementos topológicos que representan las terminaciones inicial y final de los elementos lineales o arcos. Cuando los arcos conforman una red geométrica, los nodos adquieren criterios de conexión, pudiendo ser de dos tipos: nodos libres y nodos de conexión. Los primeros, solo se relacionan con un único arco y no poseen conexión; los segundos, se relacionan con dos o más arcos y establecen conexiones entre estos arcos, definiendo relaciones topológicas entre ellos.

c. Naciente:

Representación de las nacientes de los cursos de agua. Están constituidos por nodos libres.

d. Confluencia:

Representación de las desembocaduras de los cursos de agua que no desaguan en el mar. Están constituidos por nodos de conexión.

e. Desembocadura:

Representación de las desembocaduras de cursos de agua que desaguan en el mar. Están constituidos por nodos de conexión.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

f. Tramo de curso de agua:

Elemento lineal o arco, y constituye el elemento mínimo en que se conforma una red geométrica. Se encuentra limitada entre dos nodos (inicial y final).

En una red geométrica hídrica, es el segmento entre su desembocadura y su confluencia, o un segmento entre dos confluencias, o un segmento entre una confluencia y su naciente.

g. Curso de agua:

Unión de tramos de cursos de agua, desde la desembocadura hasta la cabecera, utilizando el criterio Pfafstetter de definición del río principal.

h. Río:

Unión de tramos de cursos de agua continuos que poseen una misma toponimia.

i. Aguas arriba:

Tramos de cursos de agua cuyos flujos discurren hacia un punto de referencia seleccionado, en una red geométrica hídrica. Altitudinalmente, estos cursos de agua se poseen mayor altitud que el punto de referencia.

j. Aguas abajo:

Tramos de cursos de agua cuyos flujos discurren alejándose de un punto de referencia seleccionado, en una red geométrica hídrica. Altitudinalmente, estos cursos de agua se poseen menor altitud que el punto de referencia.

7.1.1. Recopilación de información

La información recopilada está constituida por información digital geoespacial, tanto de tipo vectorial como ráster. La información vectorial está conformada principalmente por la Carta Nacional Topográfica 1:100.000, del Instituto Geográfico Nacional, y por las unidades hidrográficas del Perú, vigentes mediante R.M. N°033-2008-AG. En cuanto a la información ráster, está conformada por modelos digitales de elevación de los proyectos SRTM de la NASA, HydroSHEDs de la WWF y ASTER GDEM de METI-NASA. A continuación, en el cuadro 7.1, se muestran las principales características de la información recopilada:

Cuadro 7.1
Características de la información recopilada

INFORMACIÓN VECTORIAL				
Nº	Nombre	Formato	Escala	Organismo
1	Red hídrica	Shapefile	1:100.000	IGN
2	Lagos y lagunas	Shapefile	1:100.000	IGN
3	Isohipsas	Shapefile	1:100.000	IGN
4	Hidronimia	Shapefile	1:100.000	IGN
5	Señales geodésicas	Shapefile	1:100.000	IGN
6	Cotas	Shapefile	1:100.000	IGN
7	Ámbito de estudio	Shapefile	1:100.000	ANA
INFORMACIÓN RASTER				
Nº	Nombre	Formato	Resolución	Organismo
1	Modelo digital de elevación	TIF	90 m (3")	SRTM-NASA


HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

2	Modelo digital de elevación	GRID	90 m (3")	HydroSHEDs - WWF
3	Modelo digital de elevación	TIF	30 m (1")	Aster GDEM

Fuente: Elaboración propia

7.1.2. Acondicionamiento SIG y cartográfico de la red hídrica

7.1.2.1. Creación y organización de la Geodatabase

La **geodatabase** es la estructura de datos nativa para ArcGIS y es el formato de datos primario usado para la edición y administración de los datos geográficos.

En su nivel más básico, una geodatabase es una colección de datasets geográficos de varios tipos, contenida en una carpeta de sistema de archivos común, con una base de datos relacional multiusuario DBMS (Oracle, Microsoft SQL Server, PostgreSQL, Informix o IBM DB2).

A. Creación de las geodatabases de archivo

Crear una geodatabase de archivos implica crear una carpeta de archivos especial en el disco mediante ArcGIS. Esto se puede hacer desde el árbol de catálogo en ArcCatalog o la ventana catálogo en ArcMap.

Los pasos realizados para crear las geodatabases de archivos, correspondientes a cada ámbito de Administración Local de Agua, fueron los siguientes:

- 1) Se Inició ArcMap y se abrió la ventana Catálogo.
- 2) Se hizo clic con el botón derecho en la carpeta de archivos del árbol de catálogo donde decidió crear la geodatabase de archivos.
- 3) Se situó el puntero en “New”.
- 4) Se hizo clic en “File Geodatabase”.
- 5) Se creó una nueva geodatabase de archivos en la ubicación seleccionada.
- 6) Se cambió el nombre de la geodatabase de archivos haciendo clic con el botón derecho en el nombre de la geodatabase de archivos, eligiendo “Rename” y, por último, escribiendo un nuevo nombre. Para nuestro caso, se introdujeron los nombres: “ALA_Tumbes”, “ALA_Chancay_Lambayeque”, “ALA_Chancay_Huaral” y “ALA_San Juan”, respectivamente.

B. Organización de las geodatabases de archivo

La estructura interna de las geodatabases de archivo, fue diseñada teniendo en consideración el tipo de datos que se almacenarán en ellas. Para esta organización de datos, se creyó necesario la creación de tres (03) “feature datasets” (datasets de entidad): “Base”, “Hidro” y “Unidades_Hidrograficas”.

Un **dataset de entidad** es una colección de clases de entidad relacionadas, que comparten un sistema de coordenadas común. Los datasets de entidades se utilizan para integrar espacial o temáticamente clases de entidad relacionadas. Su propósito primario es organizar **clases de entidad** (features clases) relacionadas en un dataset común, para generar una topología, un dataset de red, un dataset de terreno o una red geométrica.

Los pasos realizados para la creación de los mencionados datasets de entidad, en las cuatro (04) geodatabases de archivo creadas, fueron los siguientes:

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEOGRAFO
Reg. CIP N° 70977

- 1) En el árbol de catálogo, se hizo clic con el botón derecho, en la geodatabase en la que desea crear un nuevo dataset de entidad.
- 2) Se hizo clic en “New” > “Feature Dataset”
- 3) Se escribió el nombre para el dataset de entidad. En nuestro caso, “Base”, “Hidro” y “Unidades_Hidrograficas”, respectivamente.
- 4) Nos desplazamos hasta la referencia espacial y elegimos WGS_1984_UTM_Zone_17S ó WGS_1984_UTM_Zone_18S, según sea el caso, y se hizo clic en “Aceptar”.
- 5) No se requirió un sistema de coordenadas verticales para las unidades z, por lo que seleccionamos “Ninguno” y se hizo clic en “Aceptar”.
- 6) En los valores para la tolerancia xy, la tolerancia z y la tolerancia m, se aceptó el valor predeterminado, que es el equivalente de 1 mm en unidades del mundo real; y para terminar, se hizo clic en finalizar.

7.1.2.2. Conversión de shapefiles a features classes

Un “feature class” (**clase de entidad**), es una colección de entidades geográficas que comparten el mismo tipo de geometría (tal como punto, línea o polígono) y los mismos campos de atributo para un área común. Las calles, pozos, parcelas, tipos de tierra y distritos censales son ejemplos de clases de entidad.

En las geodatabases, las clases de entidad relacionadas se agrupan a menudo en un **dataset de entidad**.

Para convertir una fuente de datos externa (shapefiles) en una clase de entidad de geodatabase, se utilizó las herramientas de importación del árbol de catálogo.

Previamente al proceso de importación, se procuró que los shapefiles estuvieran en el mismo sistema de coordenadas del dataset de entidad destino. Luego, en el árbol de catálogo, se hizo clic con el botón derecho en el dataset de entidad al que desea importar una clase de entidad. Se hizo clic en *Import > Feature Class (single)*; esto abrió la herramienta “Feature Class To Feature Class” y se establecieron los parámetros para esta herramienta, por ejemplo:

Input Features:	<i>rios100.shp</i>
Ouput Location:	<i>I:\Gis-2014\Proyectos\ALA_Tumbes.gdb\Hidro</i>
Output Feature Class:	<i>Red_hidrica</i>

Siguiendo este mismo proceso, se llevaron a cabo todas las conversiones necesarias, obteniendo una estructura organizacional de las geodatabases tal como se muestra en el cuadro siguiente. Se ha tomado como ejemplo la geodatabase ALA Tumbes.

Cuadro 7.2
Estructura organizativa de la Geodatabase de Archivo

GEODATABASE DE ARCHIVO		ALA_TUMBES
DATASET DE ENTIDAD		Base
CLASES DE ENTIDAD		ALA_Tumbes
		Cota_100
		Hidronimia_rios_100

	Isohipsas_100 Lagunas_100 Rios_100 Señales_geodesicas_100
DATASET DE ENTIDAD	Hidro
CLASES DE ENTIDAD	Lagunas Red_hidrica Uniones
DATASET DE ENTIDAD	Unidades_hidrograficas
CLASES DE ENTIDAD	UH_ALA_Tumbes UH_ALA_Tumbes_vigente UH_ALA_Tumbes_N6

Fuente: Elaboración propia

7.1.2.3. Creación de topología para detección de errores

La importancia de la clase de entidad “Red_hidrica”, radica en que está conformada por los tramos de cursos de agua, que serán objeto del proceso de codificación; y para que este proceso sea posible se debe contar con una red hídrica exenta de errores topológicos, que garantice la conectividad entre sus elementos. Un método aplicado para la detección de errores en la red hídrica, es la creación de topología.

Las topologías de geodatabase ayudan a garantizar la integridad de los datos. El uso de una topología permite comprobar la integridad de los datos y ayuda a validar y a mantener mejores representaciones de las entidades en la geodatabase.

Además, las topologías se pueden usar para modelar numerosas relaciones espaciales entre las entidades. De este modo, se pueden realizar diversas operaciones analíticas, como buscar entidades adyacentes, usar límites coincidentes entre las entidades y navegar por entidades conectadas.

El flujo de trabajo adecuadamente formulado para este proceso, comprende las siguientes tareas de topología:

A. Creación de Topología

El principal método implica el uso de herramientas en la ventana ArcCatalog. A continuación, se describe el proceso que se empleó para crear una topología mediante esta herramienta.

- 1) Se hizo clic con el botón derecho en el dataset de entidades al que deseé agregar una topología (Ej. “Hidro”), elija “New” y, a continuación, se hizo clic en “Topology”.
- 2) Se hizo clic en “Siguiente”.
- 3) Se asignó un nombre a la nueva topología y se especificó la tolerancia clúster. El valor predeterminado es la tolerancia x,y del dataset de entidades. Un buen valor predeterminado es 0,001 metros o su equivalente en las unidades de su referencia espacial.
- 4) Se hizo clic en “Siguiente”.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

- 5) A continuación, se eligió las clases de entidad que van a formar parte de la topología. Se mostrará una lista de todas las clases de entidad del dataset de entidades. En nuestro caso, se eligió “Red_hidrica”.
- 6) Se hizo clic en “Siguiente”.
- 7) Se definió las clasificaciones de precisión de las coordenadas para cada clase de entidad de la topología. El valor predeterminado de la tolerancia z es el mismo que el de la tolerancia x,y (0,001 metros en unidades del mundo real).
- 8) Se hizo clic en “Siguiente”.
- 9) Se agregó las reglas topológicas que ayudan a estructurar las relaciones espaciales entre las entidades y a controlar y validar la forma en que las entidades comparten la geometría. Las reglas topológicas elegidas fueron:
 - “Must Not Overlap” (“No deben superponerse”): Una línea de una entidad no debe superponerse en líneas de la misma entidad. Una línea que superpone es un error.
 - “Must Not Have Dangles” (“No deben tener nodos colgantes”): Una línea de una entidad debe tocar líneas de la misma entidad en ambos extremos. Cualquier extremo donde una línea no toca otra línea es un error.
 - “Must Not Pseudo Nodes” (“No deber haber nodos falsos”): Una línea de una entidad debe tocar más de una línea de la misma entidad en sus extremos. Cualquier extremo donde una línea toca una sola línea es un error.
 - “Must Not Self-Overlap” (“No deben superponerse a sí mismo”): Una línea de una entidad no debe intersectar o superponerse a sí misma. Cualquier línea donde se superpone a sí misma es un error.
- 10) Se hizo clic en “Siguiente”.
- 11) Se revisó el resumen y, a continuación, se hizo clic en “Finalizar”, logrando agregar la nueva topología al dataset de entidades. Luego, se nos preguntó si desea validar ahora la topología en el dataset de entidades, para lo cual se eligió “Sí”.

B. Generación y validación de la topología

Durante la validación, se realizan las siguientes tareas de procesamiento:

- Generación y clustering de vértices de entidad para buscar las entidades que comparten geometría (tienen coordenadas en común).
- Inserción de vértices de coordenada comunes en las entidades que comparten geometría.
- Ejecución de un conjunto de comprobaciones de integridad para identificar cualquier infracción de las reglas definidas para la topología.

Una vez validada una nueva topología, las ediciones subsiguientes se señalan mediante áreas sin validar que identifican los subconjuntos del dataset de entidades que se deben volver a validar. De este modo, se ahorra tiempo y mejora el rendimiento porque se podrán procesar solo las áreas que se deben volver a validar.

Para validar una topología en la ventana de ArcCatalog, en la vista de árbol, se hizo clic con el botón derecho en la topología creada y, a continuación, se hizo clic en “Validar”.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

C. Incorporación de la topología a ArcMap

Para acceder a las propiedades de visualización de una capa de topología, debe proceder exactamente de la misma manera que para cualquier otra capa: Se hizo clic con el botón derecho en el nombre de la capa y, a continuación, se hizo clic en “Properties” (“Propiedades”). Después, Se hizo clic en la ficha Simbología para cambiar las propiedades de dibujo de la topología.

D. Edición de topología

ArcMap contiene varias funciones y herramientas avanzadas para administrar y editar una topología. A continuación, se describe el proceso general que se empleó para editar una topología:

- 1) En ArcMap se agregó las capas de mapa para las clases de entidad de la topología a editar. Asimismo, se agregó la topología que se va editar.
- 2) Se llevó a cabo la edición.
- 3) Se agregó la barra de herramientas “Topology” (“Topología”) a ArcMap; para ello, se hizo clic en “Customize” (“Personalizar”), se eligió la barra de herramientas y, a continuación, se hizo clic en “Topology”.
- 4) Se realizaron los cambios respectivos y se guardaron.
- 5) Se realizó la validación de la topología.
- 6) Se revisaron los errores en la ventana “Error Inspector” (Inspector de Errores) y se corrigieron errores de topología. A continuación, se validó y guardaron los cambios.

7.1.2.4. Estructuración de la base de datos

La concepción final es constituir una base de datos hidrográfica topológica que sirva como soporte para la gestión de los recursos hídricos. Para el logro de este objetivo, es preciso diseñar e implementar un modelo de base de datos, lo cual se logrará a medida que se construya y adecue la base geoespacial y se defina la información requerida por el usuario final.

En este primer paso, se diseñó una estructura inicial de la base de datos de cursos de agua; así como, de lagos y lagunas. Posteriormente, estas tablas, y otras que se irán incorporando, experimentarán procesos de normalización y conformarán un sistema relacional de base de datos.

En el cuadro siguiente, se muestra la estructura de la tabla de atributos de la clase de entidad “Red_hidrica”.

Cuadro 7.3
Estructura de la Tabla de Atributos de la Clase de entidad “Red_hidrica”



ID	Campo	Tipo de dato	Longitud	Descripción
1	OBJECTID	Object ID		Identificador interno del sistema
2	Shape	Geometry		Geometría de la clase de entidad
3	Shape_Length	Double		Longitud calculada por el sistema automáticamente (m)
4	Enable	Short		Indicador de disponibilidad del elemento a ser utilizado

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

5	TIPO	Text	3	Tipo de curso de agua en el tramo
6	HIDRONIMIA	Text	50	Nombre de río en el tramo de curso de agua
7	NIVEL_1	Text	1	Código en el nivel 1
8	NIVEL_2	Text	2	Código en el nivel 2
9	NIVEL_3	Text	3	Código en el nivel 3
10	NIVEL_4	Text	4	Código en el nivel 4
11	NIVEL_5	Text	5	Código en el nivel 5
12	NIVEL_6	Text	6	Código en el nivel 6
13	NIVEL_7	Text	7	Código en el nivel 7
14	NIVEL_8	Text	8	Código en el nivel 8
15	NIVEL_9	Text	9	Código en el nivel 9
16	NIVEL_10	Text	10	Código en el nivel 10
17	NIVEL_11	Text	11	Código en el nivel 11
18	NIVEL_12	Text	12	Código en el nivel 12
19	TRAMO	Text	15	Código final del tramo de curso de agua
20	CODIGO	Text	15	Código del de curso de agua
21	NIVEL	Short		Nivel alcanzado por el curso de agua
22	C_Strahler	Short		Clasificación ordinal de Strahler del tramo de curso de agua
23	C_Shreve	Short		Clasificación ordinal de Shreve del tramo de curso de agua
24	Z_Minima	Double		Altitud mínima del tramo de curso de agua (msnm)
25	Z_Maxima	Double		Altitud máxima del tramo de curso de agua (msnm)
26	Lon_Hor_Km	Double		Longitud horizontal del tramo de curso de agua (km)
27	Lon_Sup_Km	Double		Longitud topográfica del tramo de curso de agua (km)
28	Pendiente	Double		Pendiente del tramo de curso de agua (%)

Fuente: Elaboración propia

7.1.3. Codificación de los cursos de agua

El proceso de codificación de cursos de agua se sustenta en la metodología del ingeniero brasileño Otto Pfafstetter, de codificación de unidades hidrográficas, en la que se ha creído conveniente incorporar una variación, referida principalmente a la exclusión de los códigos impares que, en la indicada metodología, son empleadas para codificar las unidades hidrográficas de tipo intercuenca.

Al igual que en las unidades hidrográficas, esta codificación permite la jerarquización de los cursos, además identifica y define la ubicación del curso principal y sus tributarios, estableciendo una relación topológica entre ellos en la cuenca. (Figura 7.1)

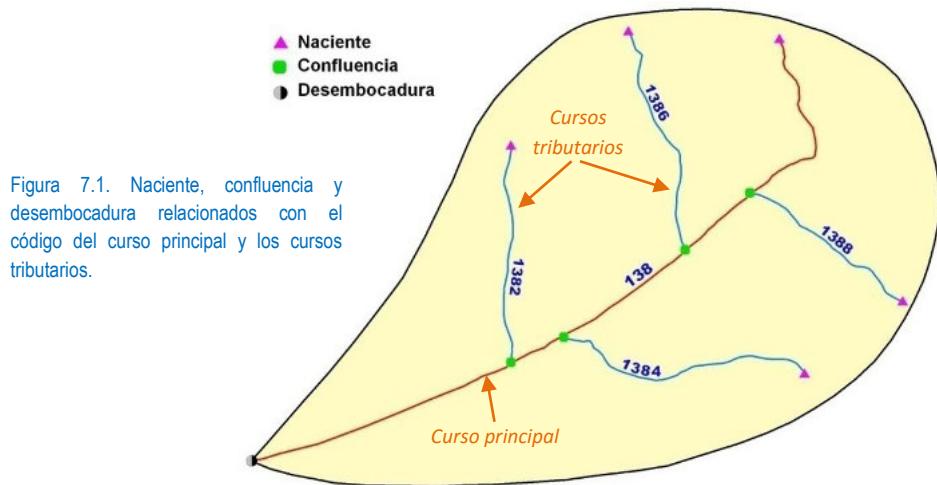


Figura 7.1. Naciente, confluencia y desembocadura relacionados con el código del curso principal y los cursos tributarios.

En suma, la metodología aplicada a los cursos de agua, asigna los códigos de las cuencas hidrográficas a sus cursos principales, permitiendo establecer una relación tanto topológica como espacial entre ambas entidades geográficas.

7.1.3.1. Características de la metodología Pfafstetter para cursos de agua

Teniendo como referencia las características de la metodología Pfafstetter para unidades hidrográficas, se presentan las siguientes adaptaciones para la codificación de cursos de agua:

- El sistema de codificación de cursos de agua es jerárquico, basado en su ubicación dentro del sistema de drenaje continental.
- El código del curso es único dentro del continente.
- A cada curso se le asigna un código par, que es el mismo que posee su cuenca, en la que es curso principal.
- El código hace un uso mínimo de dígitos, siendo concordante con el nivel de jerarquía del curso y de la cuenca.
- La distinción entre curso principal y tributario está en función del área de drenaje. Así, en cualquier confluencia, el curso principal será siempre aquel que posee la mayor área drenada entre ambos.
- Para la codificación de los cursos principales será necesario determinar su recorrido, desde su desembocadura, o punto de confluencia, hasta su naciente.
- En la automatización SIG, en la red hídrica, a los tramos de curso agua que conforman un curso de agua, les son asignados el mismo código de ese curso de agua.

7.1.3.2. Proceso de codificación

A. Metodología para la codificación de cursos de agua

1) Definición del curso principal de la cuenca

La codificación de los cursos en una cuenca hidrográfica se inicia con la determinación del curso principal, desde su desembocadura hasta su naciente. (Figura 7.2)

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEOGRAFO
Reg. CIP N° 70977

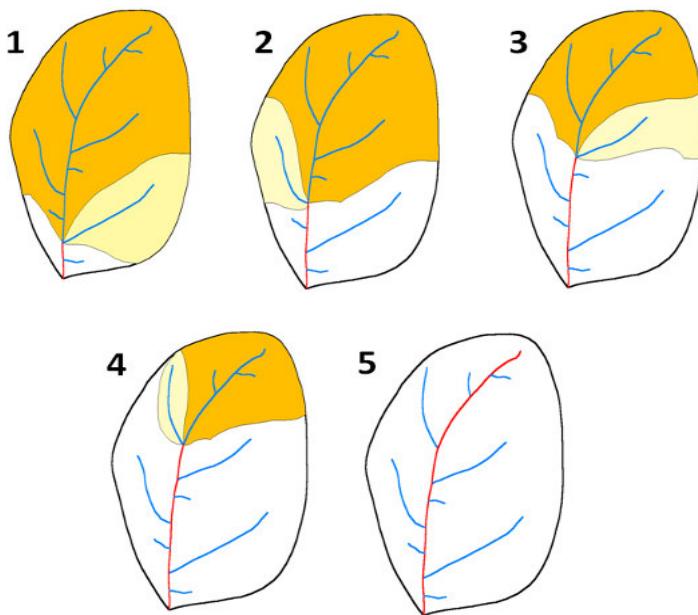


Figura 7.2. Definición del curso principal (línea roja) de una cuenca hidrográfica.

En cualquier confluencia, el curso principal será siempre aquel que posea la mayor área de drenaje.

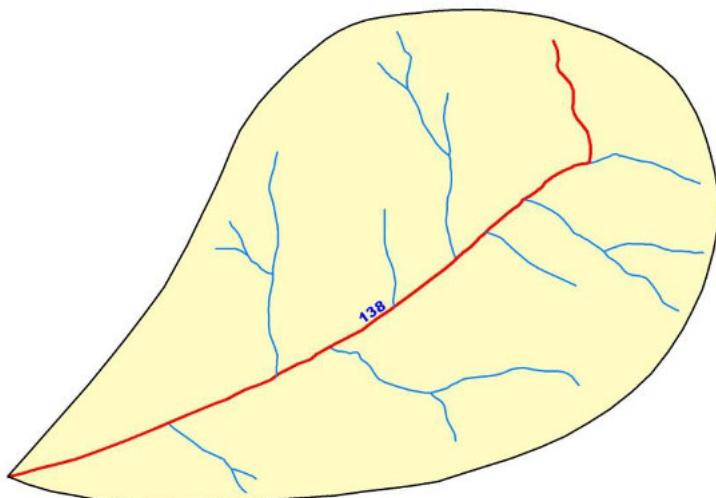


Figura 7.3. El código del curso principal posee el código de la cuenca a la que pertenece.

2) Codificación de cursos tributarios en unidades hidrográficas de tipo cuenca

La definición de los cursos tributarios se basa en las unidades hidrográficas de tipo cuenca, determinadas como cuencas tributarias con la metodología Pfafstetter (Refiérase a los pasos 2 y 3 del Subcapítulo 5.3 del presente documento: "Proceso de Codificación").

Los cursos tributarios son cursos principales de las cuencas tributarias, y reciben el código de éstas.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

A los cursos tributarios le son asignados códigos pares (terminados en “2”, “4”, “6” y “8”), codificados en sentido desde aguas abajo hacia aguas arriba, tal como indica el método Pfafstetter. (Figura 7.4)

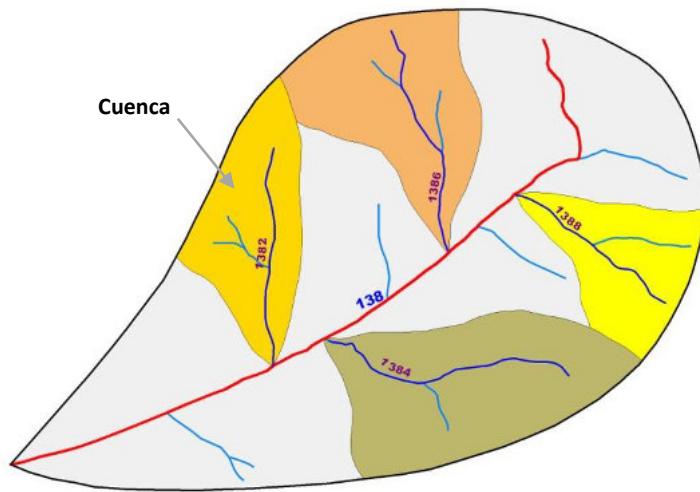


Figura 7.4. Codificación de los cursos tributarios.

3) Codificación de cursos tributarios en unidades hidrográficas de tipo intercuenca

Las intercuencas son unidades hidrográficas de paso del curso principal y, de acuerdo a la metodología Pfafstetter, son codificadas con códigos impares (terminados en “1”, “3”, “5”, “7” y “9”) (Figura 7.5), codificadas en sentido de aguas abajo hacia aguas arriba (Refiérase al paso 3 del Subcapítulo 5.3 de este documento: “Proceso de Codificación”). La unidad hidrográfica con código terminado en “9”, es una excepción, no obstante de poseer código impar, será geomorfológicamente una unidad hidrográfica de tipo cuenca y en ella se encontrará la naciente del río principal.

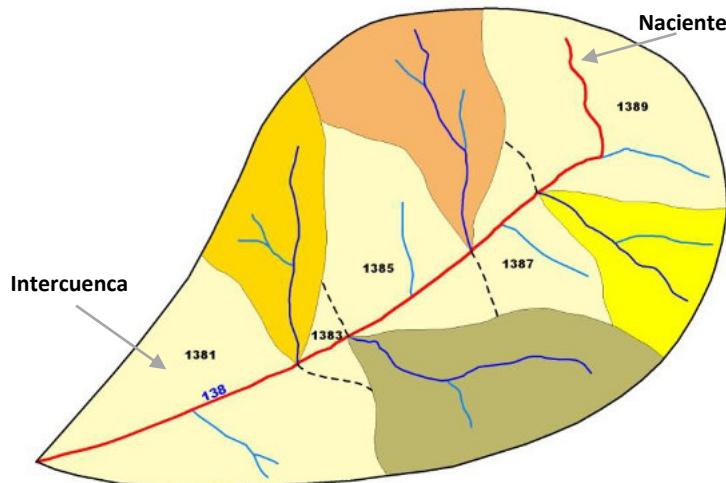


Figura 7.5. Codificación de los cursos tributarios en unidades hidrográficas de tipo intercuenca.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

La codificación de los cursos de agua en intercuenca, conservará el principio de definir las cuatro cuencas de mayor área de drenaje y asignar sus códigos a sus cursos principales respectivos.

En este ejemplo aplicativo (Figura 7.6), se muestra el proceso de codificación de cursos de agua en unidades hidrográficas de tipo intercuenca. Las intercuenca poseen solamente un curso de agua; estos cursos por ser únicos, se les asigna el primer código par (terminado en "2"), así tenemos los cursos de agua con sus códigos: "13812", "13852", "13872" y "13892".

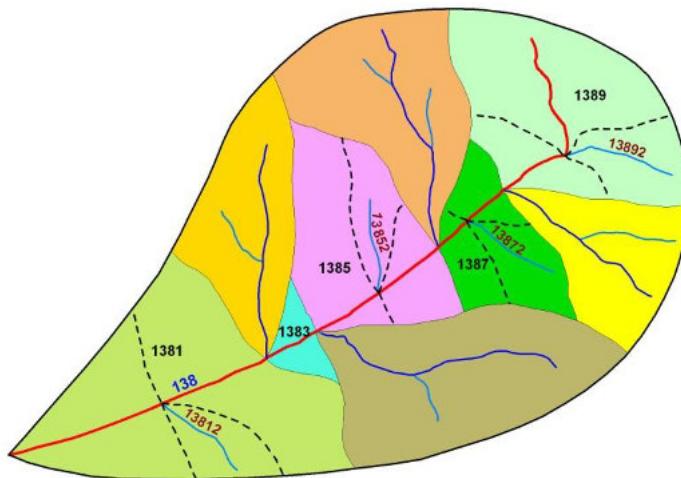


Figura 7.6. Codificación de cursos en unidades tipo intercuenca.

4) Subdivisión y Codificación de cursos de agua en unidades de menor jerarquía

La codificación de los cursos menores sigue el mismo procedimiento anteriormente explicado (Figura 7.7).

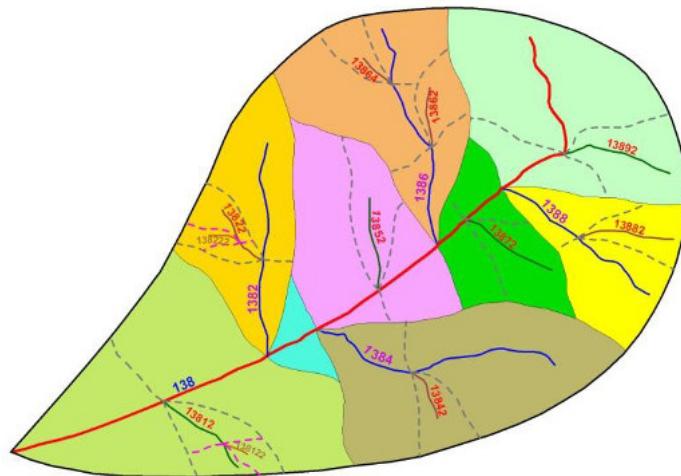


Figura 7.7. Codificación de cursos de agua de menor jerarquía.

5) Disposición final de cursos de agua

Finalmente, los cursos de agua de la red hídrica quedan codificados. (Figura 7.8)

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEOGRAFO
Reg. CIP N° 70977

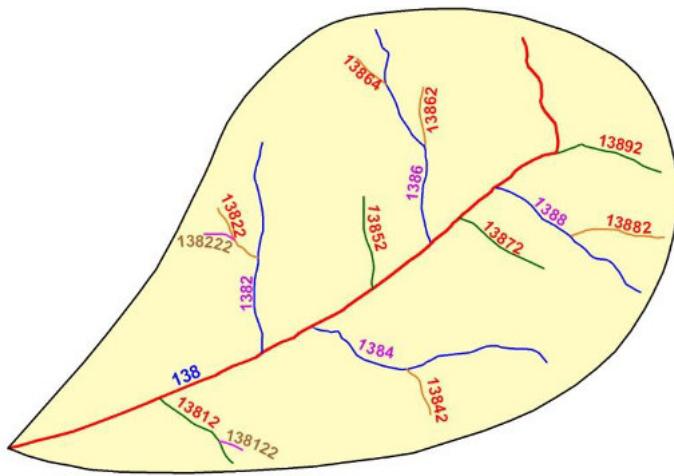


Figura 7.8. Red hídrica con sus cursos de agua codificados.

Cabe recordar que, en una red hídrica digital, los cursos de agua están conformados por un conjunto de tramos de cursos de agua conectados, los cuales le son asignados el código del curso de agua en el que se encuentran comprendidos.

B. Codificación basada en unidades hidrográficas pre-definidas

La codificación de cursos de agua basada en unidades hidrográficas predeterminadas, es el proceso de mayor frecuencia y el más sencillo que se lleva acabo.

Para este proceso solo se requiere contar con una cobertura, o clase de entidad, de unidades hidrográficas, de las cuales se obtendrán los códigos para los cursos de agua. Los códigos requeridos provendrán de las unidades hidrográficas de tipo cuenca, que permitirán que éstas se relacionen con sus cursos de agua principales, a los cuales se les asigna el mismo código.

La principal tarea, en este proceso, es la definición de los cursos de agua principales para cada cuenca predeterminada, seleccionando adecuadamente los tramos de cursos de agua comprometidos, los cuales tendrán registrados el mismo código del curso principal y, en consecuencia, de su cuenca.

Este proceso de codificación, no obstante de constituirse el proceso más sencillo de llevar acabo, tiene su limitación, la cual reside en el nivel alcanzado por la delimitación y codificación de unidades hidrográficas pre-definidas. El nivel de codificación alcanzado por las unidades hidrográficas será el mismo que alcance la codificación de cursos de agua, tal como se muestra en la figura 7.9.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

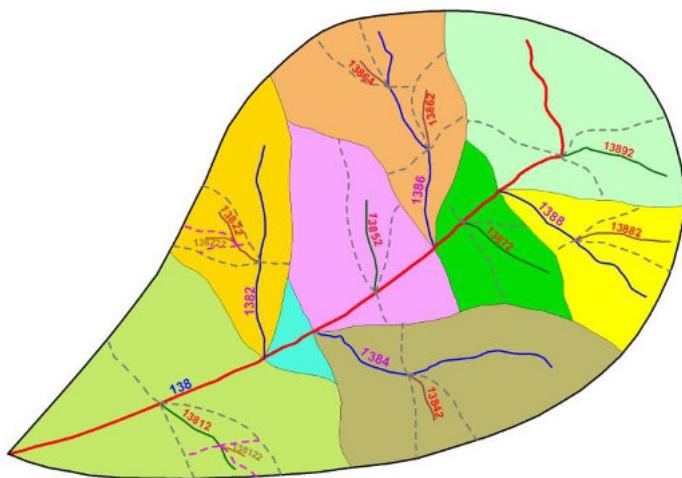


Figura 7.9. Codificación de cursos de agua basada en unidades hidrográficas pre-definidas.

C. Codificación mediante el empleo de modelos digitales de elevación

La codificación de cursos de agua mediante el empleo de modelos digitales de elevación es un proceso de mayor laboriosidad, requiriendo experiencia y concentración en las tareas de definición y codificación de los cursos de agua.

La ventaja de este proceso de codificación radica en la posibilidad de alcanzar niveles mayores de codificación de los cursos de agua, permitiendo, incluso, lograr la codificación integral de los cursos de agua de la red hídrica presente en la Carta Nacional 1:100.000, tal como lo evidencian los resultados del trabajo, que se expone en el presente documento.

Este proceso se basa principalmente en la manipulación de los valores de acumulación de flujo de la red hídrica ráster, con el propósito de encontrar el umbral de acumulación propicio para la definición de cursos de agua, en determinada unidad hidrográfica. Con este proceso se logra prescindir de una cobertura de unidades hidrográficas pre-definidas, superando la limitación que experimentaba el proceso anterior de codificación (Codificación basada en unidades hidrográficas pre-definidas), posibilitando la codificación de los cursos de agua menores.

Las tareas comprendidas en este proceso de codificación, se describen a continuación:

1) Obtención de la acumulación de flujo de la red hídrica

La acumulación de flujo (“Flow Accumulation”), es el resultado de un proceso que se inicia con el modelo digital de elevación (Para mayor detalle refiérase al Capítulo VI – “Actualización de Unidades Hidrográficas”, Subcapítulo 6.1 - “Metodología para el Sistema de Información Geográfica”).

Los modelos digitales de elevación empleados en este proceso, provienen de los proyectos SRTM (Misión Espacial para Topografía de Radar) – NASA, HydroSHED – WWF y ASTER GDEM – METI/NASA, que están disponibles en Internet, los cuales poseen una resolución espacial de 3 segundos de arco (90 metros aproximadamente); a excepción del último, que posee una resolución espacial de 30 metros.

El modelo digital de elevación, una vez acondicionado hidrológicamente, mediante el empleo de la herramienta “Fill” de ArcGis, permite la subsanación de incoherencias

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

topográficas, creando un nuevo modelo digital de elevación exento de los errores indicados, quedando expedito para el siguiente paso. (Figura 7.10)

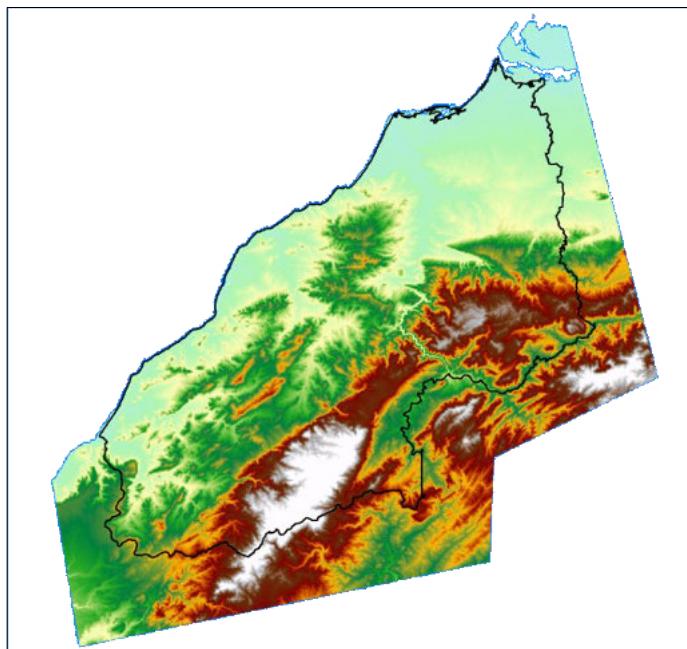


Figura 7.10. Modelo digital de elevación HydroSHED del ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes.

Con el modelo digital de elevación corregido, es posible generar el ráster de dirección de flujo de la red hídrica en estudio, mediante el empleo de la herramienta, “Flow Direction” de ArcGis. Este ráster generado, consiste en una matriz de celdas (pixeles) con valores enteros determinados, los cuales indican la dirección del flujo de los cursos comprendidos en la red hídrica estudiada (Para mayor detalle refiérase al Capítulo VI – “Actualización de Unidades Hidrográficas”, Subcapítulo 6.1 - “Metodología para el Sistema de Información Geográfica”). (Figura 7.11)

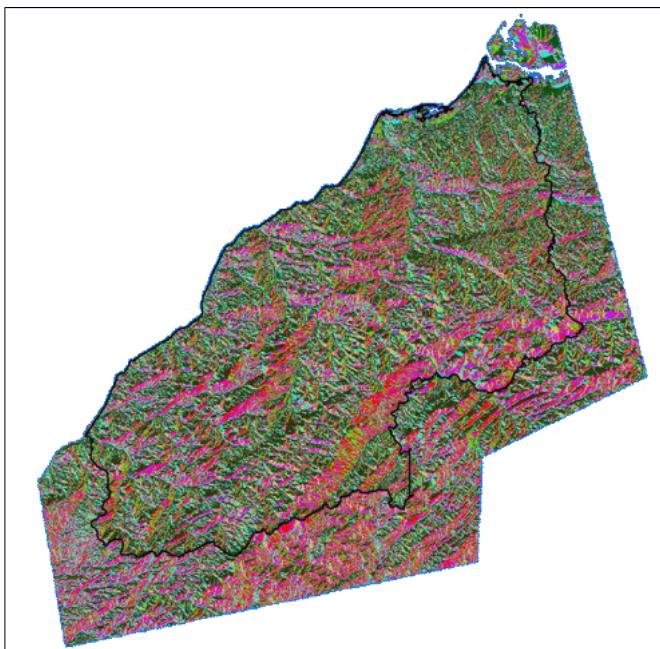


Figura 7.11. Ráster de dirección de flujo del ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEOGRAFO
Reg. CIP N° 70977

Teniendo como insumo el ráster de dirección de flujo, con el empleo de la herramienta “Flow Accumulation” de ArcGis, se generó el ráster de acumulación de flujo, conformado por pixeles con valores enteros, lo cuales representan el flujo acumulado para cada celda, determinado por la acumulación de la cantidad de celdas que fluyen hacia cada celda de pendiente descendente. (Figura 7.12)



Figura 7.12. Ráster de acumulación de flujo del ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes.

2) Definición del umbral de acumulación

Entiéndase como umbral, al valor mínimo de un estímulo, a partir del cual un fenómeno se vuelve perceptible.

Basados en la definición anterior, se puede expresar que este proceso consiste en determinar el valor de acumulación mínimo que permita obtener visualmente los cursos necesarios para la conformación de unidades hidrográficas, de acuerdo con la metodología Pfafstetter: “cuatro (04) unidades de drenaje tipo cuenca (cuyas áreas de drenaje sean las mayores) y cinco (05) de tipo intercuenca. Para esto, es importante conocer que **las mayores áreas de drenaje corresponden a las mayores acumulaciones de flujo**. Por tanto, los cuatro tributarios con las mayores acumulaciones de flujo, corresponden a las cuatro unidades hidrográficas con las mayores áreas de drenaje.

Este es un procedimiento iterativo de ensayo y error, aplicado directamente sobre el ráster de acumulación de flujo; siendo, hasta ahora, la manera más sencilla de determinar el umbral de acumulación óptimo para obtener los tributarios necesarios. En este proceso, se debe procurar que el valor de acumulación de flujo, elegido finalmente, sea lo suficientemente adecuado para visualizar el flujo principal y cuatro (04) tributarios. (Figura 7.13)

En ArcGis, este procedimiento se realiza en la ventana “Layer Properties”, haciendo doble clic sobre el tema de acumulación de flujo (Para mayor detalle refiérase al

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

Capítulo VI – “Actualización de Unidades Hidrográficas”, Subcapítulo 6.1 - “Metodología para el Sistema de Información Geográfica”).

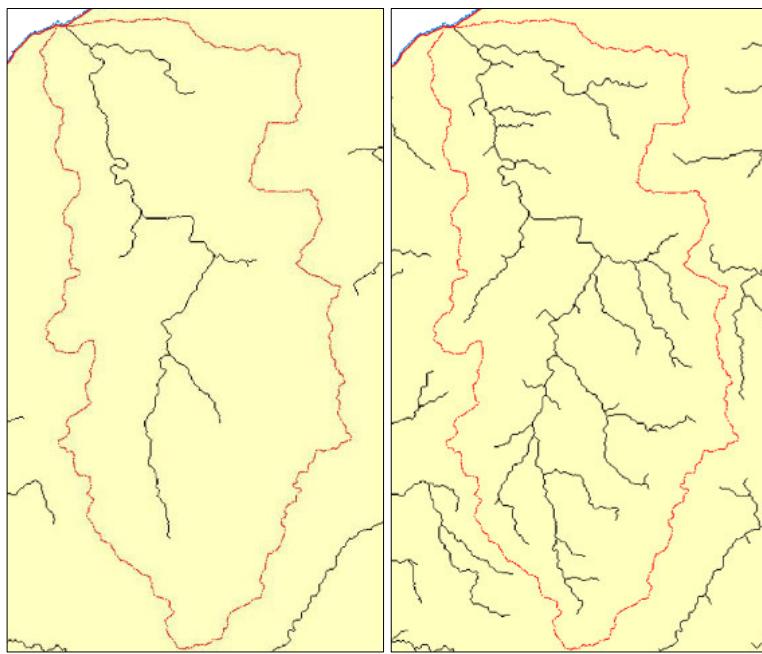


Figura 7.13. Cuenca Bocapán - Comparación de dos (02) valores de umbral de acumulación: 5000 (izquierda) y 1000 (derecha). A mayor valor del umbral, menores cursos serán visibles.

3) Codificación

En el proceso de codificación, a los tramos de cursos de agua de la red hídrica digital, le son asignados códigos Pfafstetter; los cuales son almacenados en la tabla de atributos correspondiente, diseñada y organizada adecuadamente con anterioridad (Refiérase al ítem 7.1.2.4: “Estructuración de la base de datos”).

Este código es obtenido como resultado de la aplicación de la metodología Pfafstetter en la definición del umbral de acumulación adecuado, (Refiérase ítem anterior, 2: “Definición del umbral de acumulación”). Este umbral de acumulación, para una unidad hidrográfica cualquiera, permite la visualización de un curso principal y sus cuatro cursos tributarios, lo cual posibilita definir visualmente los códigos para cada uno de los nueve (09) tramos de cursos de agua generados: cinco (05) tramos en el curso de agua principal, más cuatro (04) cursos tributarios. (Figura 7.14)

a. Metodología para el Sistema de Información Geográfica

En el ambiente SIG, este proceso se realiza mediante el empleo del ráster de acumulación de flujo como capa de fondo, el cual es manipulado para obtener adecuados umbrales de acumulación, según sea el caso. Sobre esta capa de fondo, se ubica la red hídrica vectorial, la misma que contiene los tramos de cursos de agua a codificar.

Para codificar los tramos de curso de agua de la red hídrica vectorial, se busca obtener visualmente los cursos ráster análogos a los cursos vectoriales que se desea codificar, a través de ensayos con los valores del umbral de acumulación, procurando cumplir con los requisitos básicos de la metodología Pfafstetter (un curso principal y cuatro

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEOGRAFO
Reg. CIP N° 70977

cursos tributarios). Conociendo previamente, la codificación de los cursos de niveles mayores, es posible deducir los códigos de los cursos de niveles menores subsiguientes. (Figura 7.15). Este proceso se repetirá hasta alcanzar el último curso de agua de la red hídrica vectorial, con lo que se conseguirá la codificación completa de la misma.

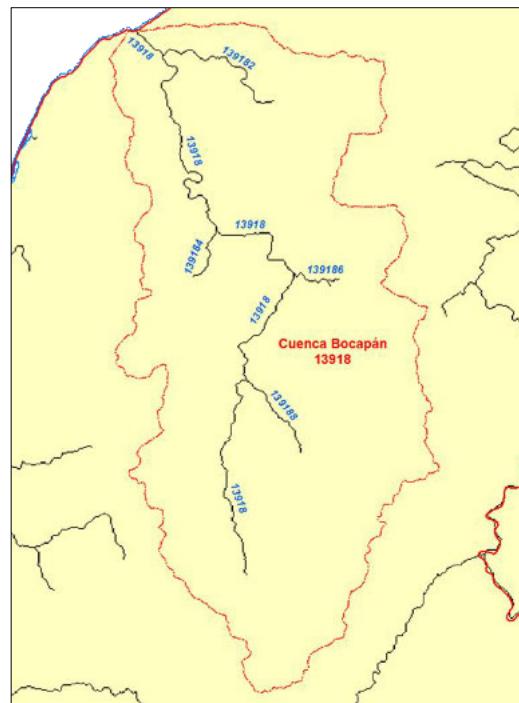


Figura 7.14. Cuenca Bocapán – Definición de la codificación de los tramos de cursos de agua obtenidos luego de la aplicación del umbral de acumulación adecuado.

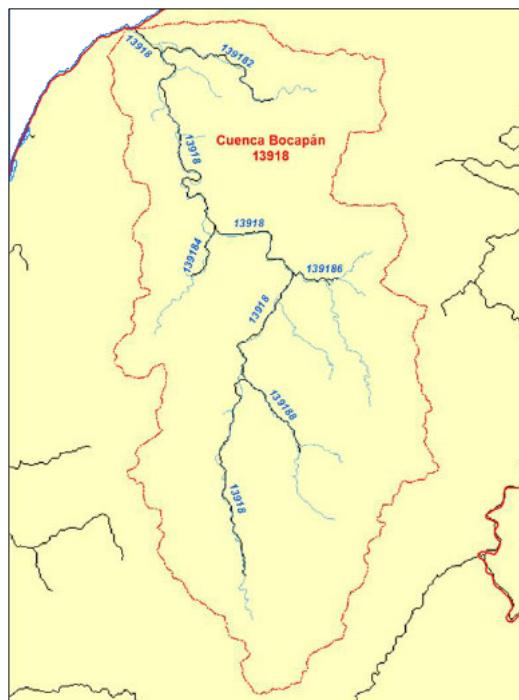


Figura 7.15. Cuenca Bocapán – Identificación y codificación de los cursos análogos vectoriales.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

Después de que cada tramo de curso de agua recibe su codificación, el código puede ser almacenado en un banco de datos relacional y, por medio de consultas, seleccionar todas las cuencas e intercuenca aguas arriba o aguas debajo de un tramo. La codificación de cuencas de Otto Pfafstetter y su adaptación para la codificación de cursos de agua, actúan como índices espaciales específicos para reglas de negocio en los sistemas de información de gestión de recursos hídricos.

7.1.4. Codificación de lagos y lagunas

La codificación de lagos y lagunas consiste en asignar a estos cuerpos de agua, el código del curso de agua con el cual tiene relación hidráulica más cercana. En el caso que más de un lago o laguna se encuentren relacionados a un curso de agua, estos recibirán el mismo código del curso asociado, más la letra “a”, “b”, “c” o “d”, etc., de acuerdo a su ubicación altitudinal, iniciando desde la más baja hacia la más alta. (Figura 7.16)

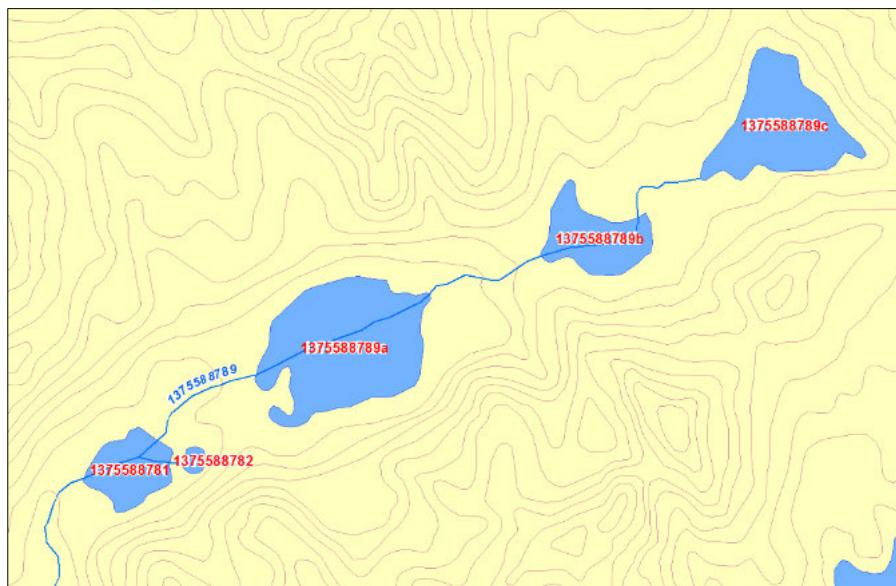


Figura 7.16. Cuenca Chancay-Huaral – Codificación de 03 lagunas relacionadas con un curso de agua con código 1375588789, asignándoseles los códigos: 1375588789a, 1375588789b y 1375588789c.

Cabe mencionar, que el código del curso de agua que se empleará para la codificación de lagos y lagunas, será el código Pfafstetter original, en el cual son empleados los códigos impares para identificar las intercuenca.

7.1.5. Generación de datos complementarios

Con la red hidrálica construida topológicamente y la codificación de cursos de agua concluida, fue posible, con la ayuda de las herramientas SIG y los modelos digitales de elevación, generar datos adicionales de sus componentes hidráulicos, los cuales fueron incorporados a la base de datos de la red hidrálica.

Fueron ocho (08) los datos complementarios generados, de los cuales seis (06) de ellos fueron obtenidos mediante cálculos independientes, y los restantes (02), mediante cálculos y procesos, donde se requirió la participación de algunos de los datos independientes. A continuación, se describirán brevemente estos datos complementarios:

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

A. Tipología

Se refiere a los tipos de cursos de agua respecto a su régimen fluvial y características geomorfológicas, pudiendo distinguirse los siguientes tipos: río, quebrada, quebrada intermitente, quebrada seca, estuario, entre otros. Esta tipología es concordante con la registrada en la Carta Nacional Topográfica 1:100.000.

Es importante mencionar que, a algunos tramos de curso de agua le fueron asignados como tipo, “lago” o “laguna”, debido a que estos representan a dichos cuerpos de agua en la red hídrica. Esta representatividad tiene como propósito evitar la discontinuidad de la red, procurando mantener la conectividad entre sus elementos.

B. Hidronimia

Son los nombres que le fueron asignados a cada tramo de curso de agua en la red hídrica, de acuerdo a la información topónima registrada en la Carta Nacional Topográfica 1:100.000.

C. Clasificación ordinal de Strahler

Es la aplicación de la clasificación ordinal de Strahler a los cursos de agua de la red hídrica, logrando definir una jerarquización de sus elementos hídricos, basada en la distribución espacial de sus cursos de agua, asignando un orden superior al curso de agua que resulta de la confluencia de dos cursos de agua del mismo orden.

D. Clasificación ordinal de Shreve

Es la aplicación de la clasificación ordinal de Shreve a los cursos de agua de la red hídrica, logrando definir una jerarquización de sus elementos hídricos, basada en la suma de tramos de curso de agua, desde las nacientes hacia la desembocadura. En suma, esta clasificación es la acumulación de cursos agua de la red hídrica.

E. Longitud horizontal

Es el cálculo de la longitud horizontal (plana) de los tramos de curso de agua de la red hídrica, tal como son observados en los documentos cartográficos. Este valor no refleja la longitud real de los cursos de agua, pues no se encuentra afectada por la pendiente, principalmente. La longitud horizontal es calculada en kilómetros.

F. Altitud de nodos

Tal como se mencionó anteriormente, los nodos son elementos que establecen conexión topológica entre tramos de curso de agua, y en ese sentido, se ubican en los extremos de estos; existiendo siempre dos nodos por cada tramo de curso de agua.

Existe una convención en denominar al nodo, desde donde parte el flujo de agua, como “nodo inicial”, y como “nodo final”, al nodo hacia donde llega el flujo de agua.

Mediante el empleo de los modelos digitales de elevación (SRTM) fue posible obtener los valores altitudinales de los nodos, los cuales permitirán calcular la diferencia altitudinal entre los extremos de los tramos de curso de agua. En consecuencia, los “nodos iniciales” siempre poseerán mayor altitud que los “nodos finales”.

La diferencia altitudinal se obtiene empleando la expresión siguiente:

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEOGRAFO
Reg. CIP N° 70977

$$\Delta Alt. = Alt. NI - Alt. NF$$

Donde:

$\Delta Alt.$ = Diferencia altitudinal

$Alt. NI$ = Altitud del nodo inicial

$Alt. NF$ = Altitud del nodo final

G. Pendiente

Es el cálculo de la pendiente, en porcentaje, de los tramos de curso de agua de la red hídrica, mediante el empleo de la siguiente expresión:

$$\% m = \frac{\Delta Alt.}{Lh} \times 100$$

Donde:

$\% m$ = Pendiente en porcentaje

$\Delta Alt.$ = Diferencia altitudinal

Lh = Longitud horizontal en metros

H. Longitud superficial

Es el cálculo de la longitud superficial o inclinada de los tramos de curso de agua de la red hídrica. Este valor presenta una mejor aproximación a la longitud real, debido a que ha sido afectada por la pendiente del tramo correspondiente. La longitud superficial es calculada en kilómetros.

Para el cálculo de la longitud superficial se empleó la expresión siguiente:

$$Ls = \frac{\sqrt{(\Delta Alt.)^2 + (Lh)^2}}{1000}$$

Donde:

Ls = Longitud superficial en kilómetros

$\Delta Alt.$ = Diferencia altitudinal

Lh = Longitud horizontal en metros

Los resultados alcanzados en estos temas se describen detalladamente en el subcapítulo siguiente, 7.2 (“Resultado de la Codificación de Cursos de Agua Superficial”).

7.1.6. Creación de la red geométrica hídrica

Una red geométrica es una relación de conectividad entre una colección de clases de entidad de un dataset de entidad. Cada entidad tiene en la red geométrica una función de eje o de cruce. Varias clases de entidad pueden tener la misma función en una única red geométrica.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

La metodología básica para crear una red geométrica es determinar qué clases de entidad participarán en la red y qué papel desempeñará cada una. Las redes geométricas se generan en “ArcCatalog”.

Pasos:

- 1) Se hizo clic con el botón derecho en el dataset de entidad que contendrá la red.
- 2) Se situó el puntero en “New”.
- 3) Se hizo clic en “Geometric Network”.
- 4) Aparece la información del primer panel y se hizo clic en “Siguiente”.
- 5) Se escribió un nombre para la nueva red geométrica.
- 6) Se aceptó el valor predeterminado de la tolerancia x,y del dataset de entidades.
- 7) Se hizo clic en “Siguiente”.
- 8) Se hizo clic en las clases de entidad que desea incluir en esta red geométrica.
- 9) Se hizo clic en “Siguiente”.
- 10) La tolerancia z (0,001 metros en unidades del mundo real). Se eligió “No” y se hizo clic en “Siguiente” para no utilizar valores z para la conectividad.
- 11) Se hizo clic en “Yes” en “Do you want to preserve existing enable value?”, esto está seleccionada de manera predeterminada.
- 12) Se hizo clic en “Siguiente”.
- 13) Se hizo clic en la lista desplegable bajo Rol y se aceptó el valor predeterminado “Borde simple”.
- 14) Se hizo clic en la lista desplegable bajo “Sources & Sinks” (“Orígenes y Sumideros”) y se eligió “Yes”, para que las clases de entidad de cruce actúen como fuentes o sumideros para la dirección del flujo de modelado y se hizo clic en “Siguiente”.
- 15) En “Add weights to your network”, se hizo clic en “Siguiente”.
- 16) Se revisó las opciones que especificó para la nueva red, si son satisfactorias se hace clic en “Finish” para crear la nueva red geométrica.

A. Especificar la dirección del flujo basándose en orígenes y sumideros

Para establecer la dirección del flujo en una red geométrica utilizando los orígenes y sumideros, debe elegir los cruces de la red para actuar como orígenes y sumideros que producen la dirección de flujo correcta. En nuestro caso, basta con establecer como sumidero el punto de desembocadura de las redes hídricas para que la dirección de flujo se establezca en toda la red.

Después de establecer la dirección del flujo para la red, se puede producir flujo indeterminado aunque se conozca la dirección del flujo porque esté determinada por propiedades de la red o por las entidades que componen la red, además de la conectividad o las ubicaciones de orígenes y sumideros.

En Arcmap, con la barra de herramientas “Análisis de Redes de Servicios”, se puede mostrar la dirección del flujo para los tramos de curso de agua, y puede mostrar qué cursos tienen dirección de flujo determinada, dirección de flujo indeterminada o flujo no inicializado.

Pasos:

- 1) En la barra de herramientas “Análisis de Redes de Servicios”, se hizo clic en “Flujo > Mostrar flechas para” y se hizo clic en las capas para las que desea mostrar la dirección del flujo.
- 2) Se hizo clic en “Propiedades”.
- 3) Se hizo clic en la ficha “Propiedades de flecha”.
- 4) Se hizo clic en una categoría de flujo en la lista y se hizo clic en el botón para especificar el tamaño y color de las flechas de dirección del flujo.
- 5) Se hizo clic en la ficha “Escala” y especifique las escalas con las que desea mostrar las flechas de dirección del flujo.
 - Para mostrar las balanzas a todas las escalas, haga clic en “Mostrar flechas a todas las escalas”.
 - Para mostrar solo las flechas dentro de un rango de escala, haga clic en “No mostrar flechas cuando se haga zoom” y escriba los límites del rango de escala en los cuadros de texto.
- 6) Se hizo clic en “Aceptar”.
- 7) Se hizo clic en “Flujo > Mostrar Flechas”.

Se muestran las flechas que simbolizan la dirección del flujo. (Figura 7.17)

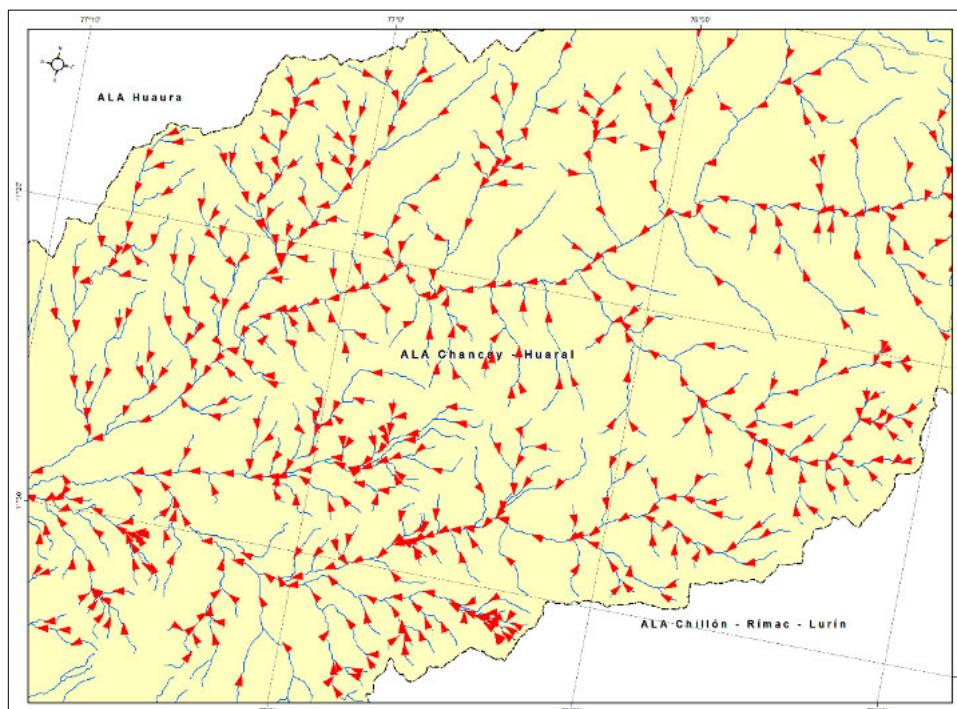


Figura 7.17. Cuenca Chancay-Huaral – Direcciones de flujo en los tramos de curso de agua de la red hidrálica, evidenciadas por flechas de color rojo.

7.29 Resultado de la codificación de cursos de agua superficial

En las siguientes líneas se ha procurado describir detalladamente los resultados obtenidos en los procesos de codificación realizados en los cuatro (04) ámbitos de las administraciones locales de agua, objetos del presente estudio. De igual manera, se describen los productos adicionales obtenidos en los mencionados procesos, que a nuestro criterio, guardan importancia en la gestión de los recursos hídricos superficiales.

7.2.1. Administración Local de Agua Tumbes

7.2.1.1. Codificación de cursos de agua superficial

En conjunto, las representaciones digitales (SIG) de las redes hídricas comprendidas en el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes, suman 1.630 tramos de curso de agua, de los cuales, luego del proceso de codificación, se obtuvieron 824 cursos de agua, de acuerdo a la metodología adoptada para la codificación de cursos de agua, basada en el sistema de codificación Pfafstetter para unidades hidrográficas. (Figura 7.18)

En cuanto a los niveles de jerarquía, los cursos de agua codificados presentan la siguiente distribución: 69 cursos de agua son de nivel 4, 121 son de nivel 5, 287 son de nivel 6, 494 de nivel 7, 496 son de nivel 8, 154 cursos son de nivel 9 y 9 son de nivel 10. (Cuadro 7.4 y Figura 7.19)

Cuadro 7.4
Distribución de cursos de agua codificados por niveles de jerarquía en el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes

NIVELES	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Nivel 7	Nivel 8	Nivel 9	Nivel 10	TOTAL
Número de cursos de agua	69	121	287	494	496	154	9	1.630

Fuente: Elaboración propia



Figura 7.18. Administración Local de Agua Tumbes: 824 cursos de agua obtenidos del proceso de codificación.

7.2.1.2. Codificación de lagos y lagunas

Se codificaron siete (07) lagunas en el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes, todas ellas alcanzaron el nivel 8 y son de origen natural. Toda esta información se encuentra registrada en su respectiva base de datos. En el Cuadro 7.5, se muestra el contenido de la mencionada base de datos.

Cuadro 7.5
Resumen del contenido de la Base de Datos de lagunas codificadas en el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes

ID	CODIGO	TIPO	HIDRONIMIA	NIVEL	ORIGEN	SUP. (has.)
1	13917226	Laguna	Agua Salada	8	Natural	3,04
2	13932329	Laguna	NN	8	Natural	0,97
3	13932322a	Laguna	NN	8	Natural	0,43
4	13932322b	Laguna	NN	8	Natural	0,89
5	13932322c	Laguna	NN	8	Natural	0,75
6	1393414a	Laguna	NN	8	Natural	3,72
7	1393414b	Laguna	NN	8	Natural	11,63

Fuente: Elaboración propia

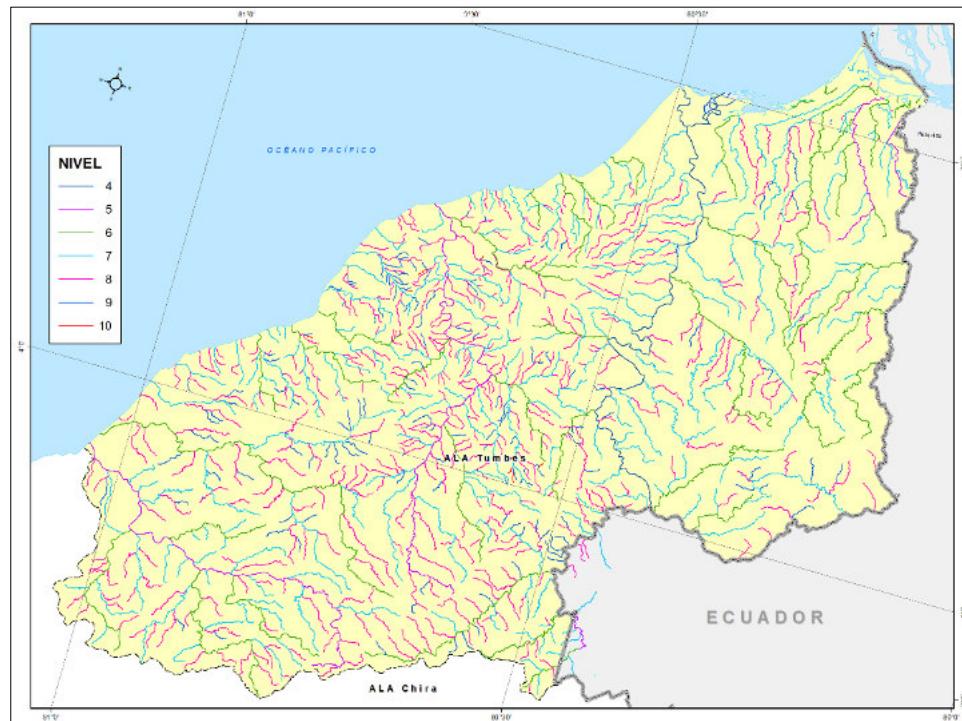


Figura 7.19. Administración Local de Agua Tumbes: Distribución de cursos de agua por niveles de jerarquía.


HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
 INGENIERO GEÓGRAFO
 Reg. CIP N° 70977

7.2.1.3. Información complementaria

a. Clasificación ordinal de Strahler

Teniendo en consideración la totalidad de los cursos de agua (1.630) de las redes hidrálicas comprendidas en el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes, en el cuadro siguiente se muestra la distribución de estos cursos de agua respecto a la clasificación ordinal de Strahler. (Figura 7.20)

Cuadro 7.6
Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Strahler en el
ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes

ORDEN	1	2	3	4	5	6	TOTAL
Número de cursos de agua	829	416	184	85	68	48	1.630

Fuente: Elaboración propia



Figura 7.20. Administración Local de Agua Tumbes: Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Strahler.

b. Clasificación ordinal de Shreve

En la clasificación ordinal de Shreve, el máximo valor alcanzado fue 342, correspondiente al río Tumbes. En el Cuadro 7.7 y en el mapa de la Figura 7.21, se muestra la distribución de los cursos de agua de acuerdo a cinco (05) rangos, definidos por el método Jenks.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
 INGENIERO GEÓGRAFO
 Reg. CIP N° 70977

Cuadro 7.7

Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Shreve, en cinco rangos, en el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes

Rango	Número de cursos de agua
1 - 27	1.463
28 - 86	72
87 - 183	41
184 - 284	27
285 - 342	27
TOTAL	1.630

Fuente: Elaboración propia

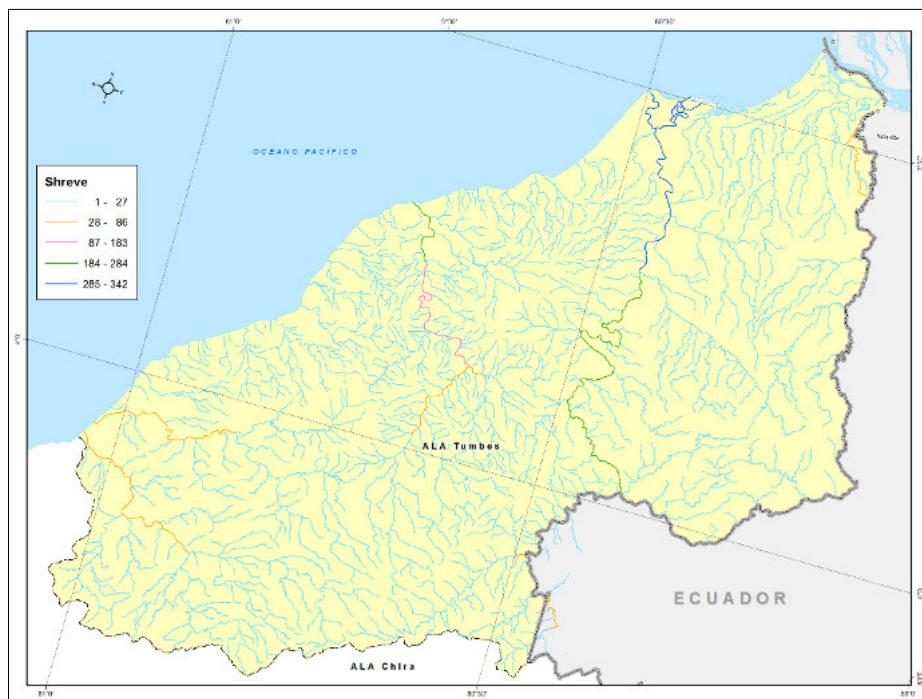


Figura 7.21. Administración Local de Agua Tumbes: Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Shreve en cinco rangos Jenks.

c. Tipo

En el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes, teniendo en consideración la información hidrográfica de la Carta Nacional 1:100.000, se identificaron tres tipos de cursos de agua: ríos, quebradas y esteros. En el Cuadro 7.8 y Figura 7.22, se muestra la distribución de los cursos de agua de acuerdo a los tipos identificados.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

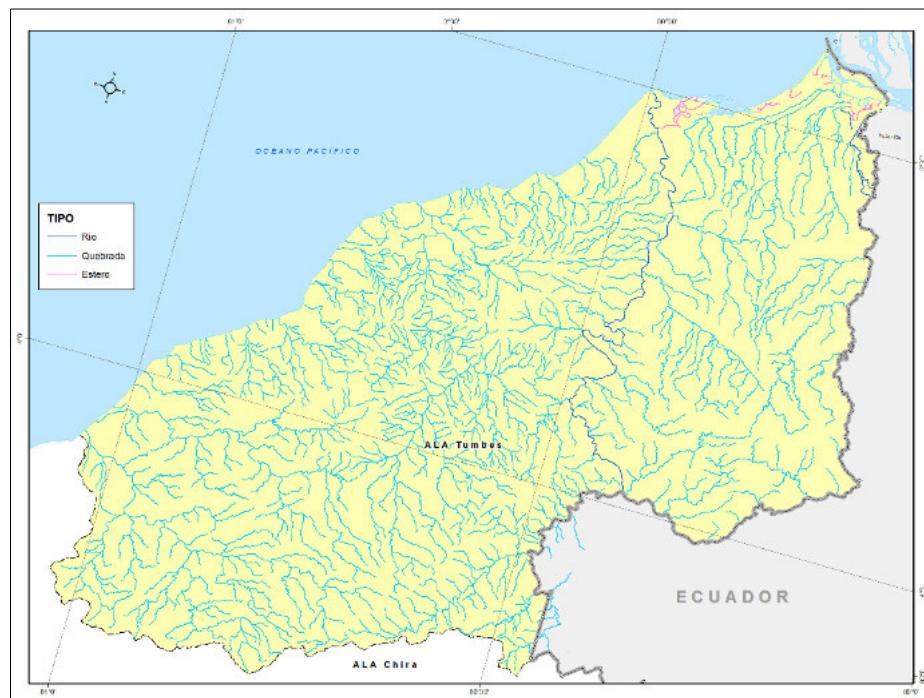


Figura 7.22. Administración Local de Agua Tumbes: Distribución de cursos de agua según su tipo.

Cuadro 7.8**Distribución de cursos de agua de acuerdo a sus tipos en el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes**

Tipo de curso	Número de cursos de agua
Ríos	63
Quebradas	1.531
Esteros	36
TOTAL	1.630

Fuente: Elaboración propia

d. Hidronimia

De acuerdo a la Carta Nacional 1:100.000, en el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes, se identificaron 292 nombres de cursos de agua, que fueron asignados a 927 cursos de agua de las redes hídricas digitales, que conforman dicho ámbito administrativo, de un total de 1.630; esto significa que cerca del 57% de dichos cursos de agua poseen un nombre. (Figura 7.23)

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977



Figura 7.23. Administración Local de Agua Tumbes: Hidronimia asignada a las redes hídricas digitales.

e. Pendiente

De acuerdo a los intervalos de pendiente porcentual establecidos en el presente estudio, la distribución de los cursos de agua comprendidos en el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes, resulta tal como se puede apreciar en el Cuadro 7.9 y en el mapa de la Figura 7.24.

Cuadro 7.9
Distribución de cursos de agua de acuerdo a intervalos porcentuales de pendiente en el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes

Intervalo de pendiente (%)	Descripción	Número de cursos de agua
Menos de 4	Plana a ligeramente inclinada	1.121
4 - 15	Moderada a fuertemente inclinada	487
15 - 25	Moderadamente empinada	21
25 - 50	Empinada	1
50 - 75	Muy empinada	0
Más de 75	Extremadamente empinada	0
TOTAL		1.630

Fuente: Elaboración propia

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
 INGENIERO GEÓGRAFO
 Reg. CIP N° 70977

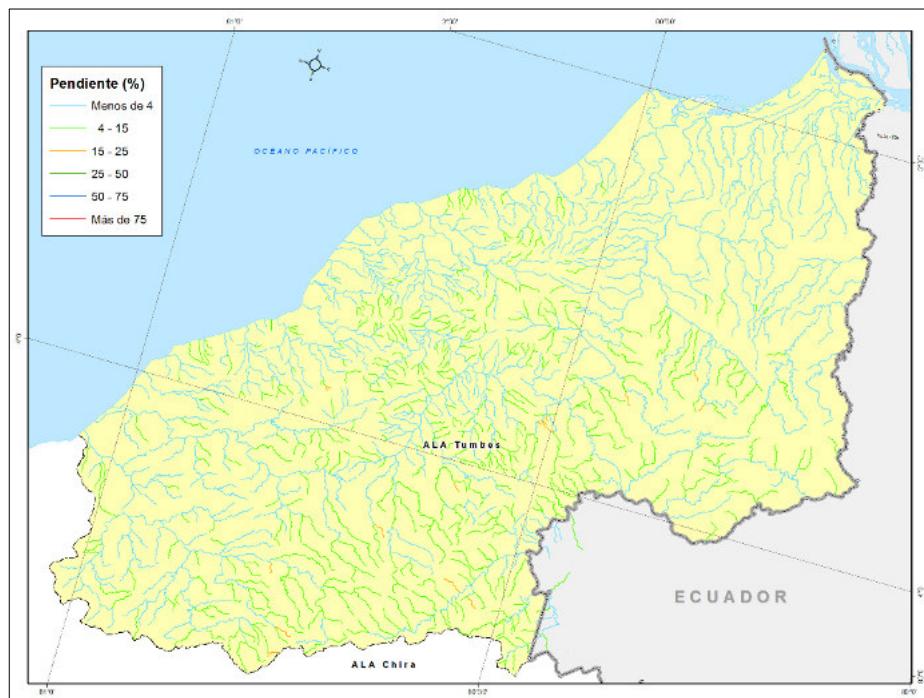


Figura 7.24. Administración Local de Agua Tumbes: Distribución espacial de pendientes porcentuales

De acuerdo a los resultados obtenidos, podemos afirmar que la casi la totalidad de los cursos de agua comprendidos en el ámbito de la Administración Local de Agua Tumbes posee una pendiente que va de plana a moderadamente empinada, lo que representa lo poco accidentado que es el territorio de dicho ámbito administrativo.

7.2.2. Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque

7.2.2.1. Codificación de cursos de agua superficial

En conjunto, las representaciones digitales (SIG) de las redes hídricas comprendidas en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque, suman 1.095 cursos de agua, de los cuales, luego del proceso de codificación, se obtuvieron 546 cursos de agua, de acuerdo a la metodología adoptada para la codificación de cursos de agua, basada en el sistema de codificación Pfafstetter para unidades hidrográficas. (Figura 7.25)

En cuanto a los niveles de jerarquía, los cursos de agua codificados presentan la siguiente distribución: 105 cursos de agua son de nivel 5, 83 cursos de nivel 6, 223 son de nivel 7, 312 son de nivel 8, 283 son de nivel 9, 82 de nivel 10, 6 son de nivel 11 y 1 de nivel 12. (Cuadro 7.10 y Figura 7.26)

Cuadro 7.10
Distribución de cursos de agua codificados por niveles de jerarquía en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque

NIVELES	Nivel 5	Nivel 6	Nivel 7	Nivel 8	Nivel 9	Nivel 10	Nivel 11	Nivel 12	TOTAL
Número de cursos de agua	105	83	223	312	283	82	6	1	1.095

Fuente: Elaboración propia

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

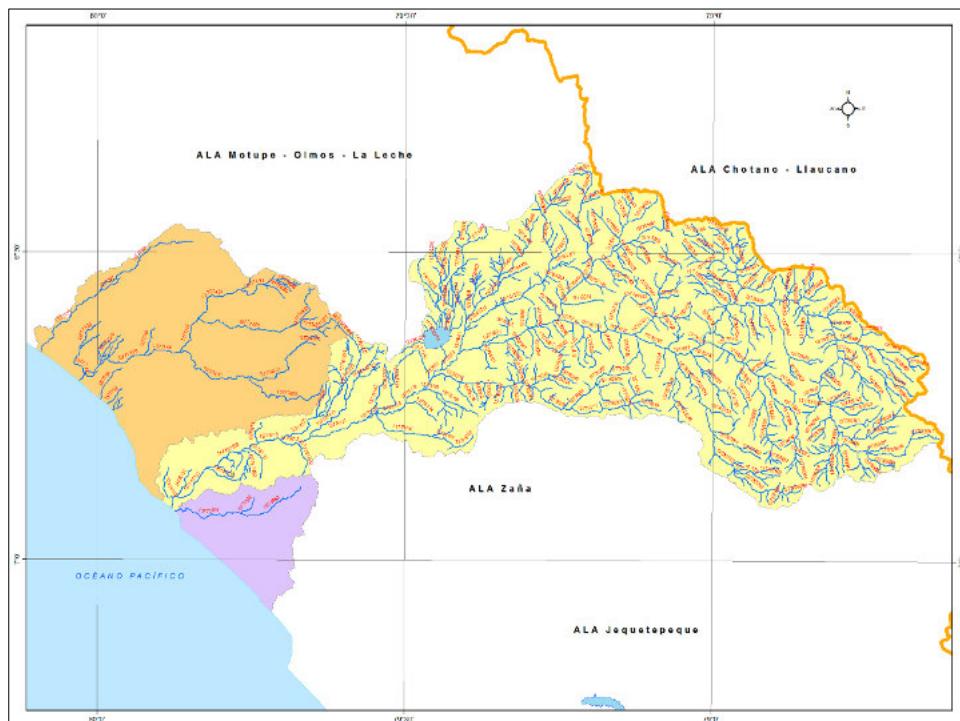


Figura 7.25. Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque: 546 cursos de agua.

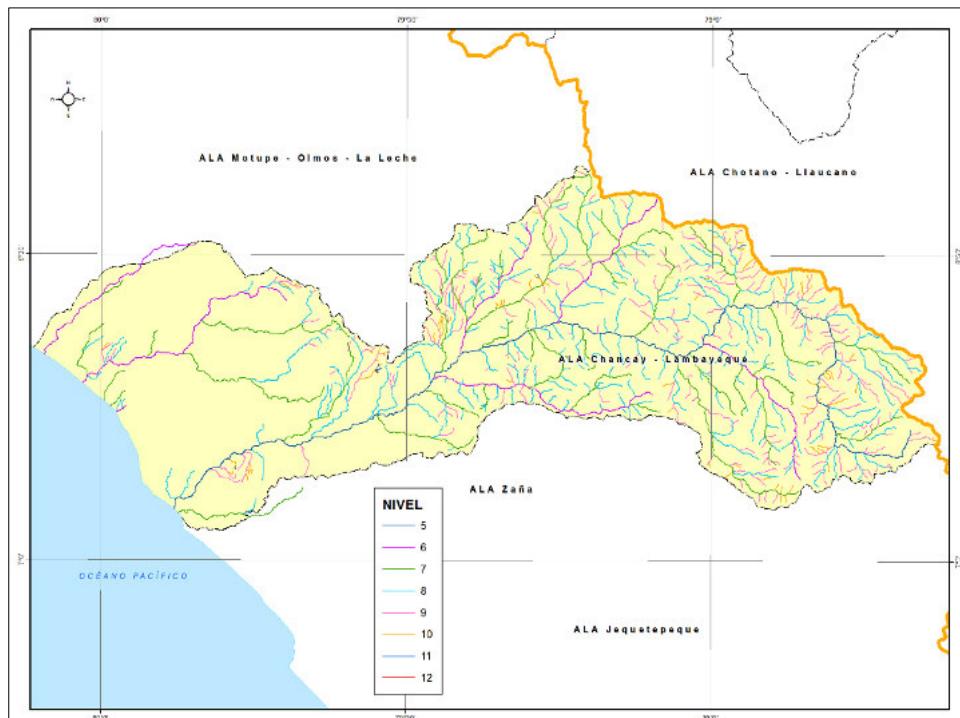


Figura 7.26. Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque: Distribución de cursos de agua por niveles de jerarquía.

7.2.2. Codificación de lagos y lagunas

Se codificaron quince (15) lagunas en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque, con niveles que van del 4 al 10 y tres (03) de ellas son de origen

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

artificial. Toda esta información se encuentra registrada en su respectiva base de datos. En el Cuadro 7.11, se muestra el contenido de la mencionada base de datos.

Cuadro 7.11
Resumen del contenido de la Base de Datos de lagunas codificadas en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque

ID	CODIGO	TIPO	HIDRONIMIA	NIVEL	ORIGEN	SUP. (has.)
1	1377	Laguna	La Niña	4	Natural	0,52
2	137771a	Laguna	Boró I	6	Artificial	102,28
3	137771b	Laguna	Boró II	6	Artificial	344,84
4	1377632	Embalse	Tinajones	7	Artificial	14.529,57
5	13776628	Laguna	Picuncote	8	Natural	27,54
6	13776988	Laguna	NN	8	Natural	32,60
7	137764294	Laguna	Yanacocha	9	Natural	19,16
8	137766299	Laguna	de la Montaña	9	Natural	40,69
9	137769649	Laguna	NN	9	Natural	30,10
10	137769669	Laguna	Morán Lirio	9	Natural	17,95
11	137764299a	Laguna	Clara	10	Natural	103,30
12	137764299b	Laguna	Oscura	10	Natural	100,22
13	137769996a	Laguna	NN	10	Natural	33,18
14	137769996b	Laguna	Michacocha	10	Natural	76,36
15	137769996c	Laguna	Pinguyo	10	Natural	18,51

Fuente: Elaboración propia

7.2.2.3. Información complementaria

a. Clasificación ordinal de Strahler

Teniendo en consideración la totalidad de los cursos de agua (1.095) de las redes hídricas comprendidas en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque, en el cuadro siguiente se muestra la distribución de estos cursos de agua respecto a la clasificación ordinal de Strahler. (Figura 7.27)

Cuadro 7.12
Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Strahler en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque

ORDEN	1	2	3	4	5	TOTAL
Número de cursos de agua	549	272	128	91	55	1.095

Fuente: Elaboración propia


HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
 INGENIERO GEÓGRAFO
 Reg. CIP N° 70977

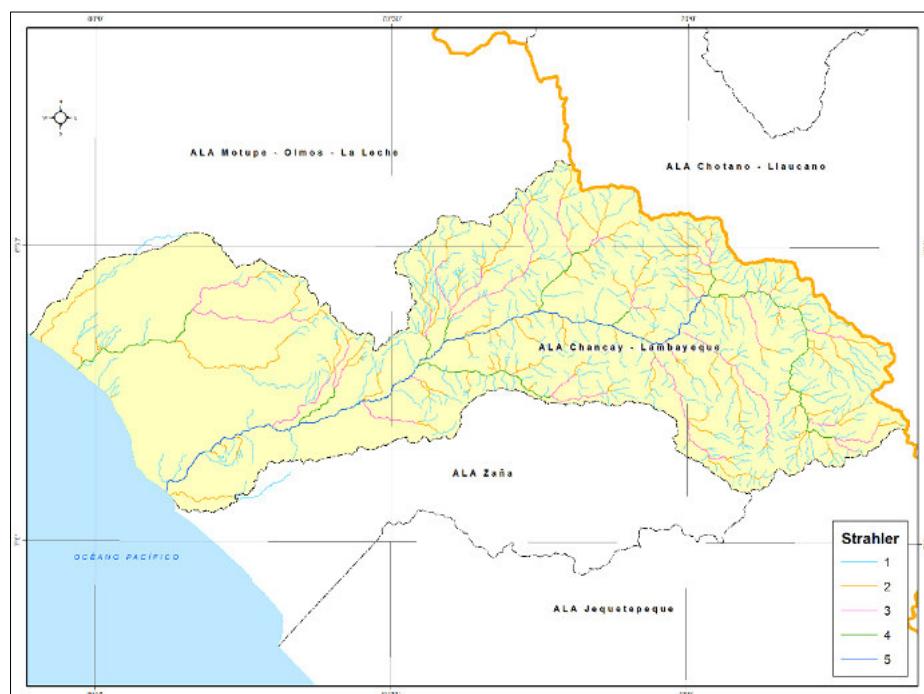


Figura 7.27. Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque: Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Strahler.

b. Clasificación ordinal de Shreve

En la clasificación ordinal de Shreve, el máximo valor alcanzado fue 505, correspondiente al río Reque. En el cuadro 7.13 y en el mapa de la figura 7.28, se muestra la distribución de los cursos de agua de acuerdo a cinco (05) rangos, definidos por el método Jenks.

Cuadro 7.13
Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Shreve, en cinco rangos, en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque

Rango	Número de cursos de agua
1 - 18	936
19 - 69	81
70 - 201	34
202 - 324	23
325 - 505	21
TOTAL	1.095

Fuente: Elaboración propia

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

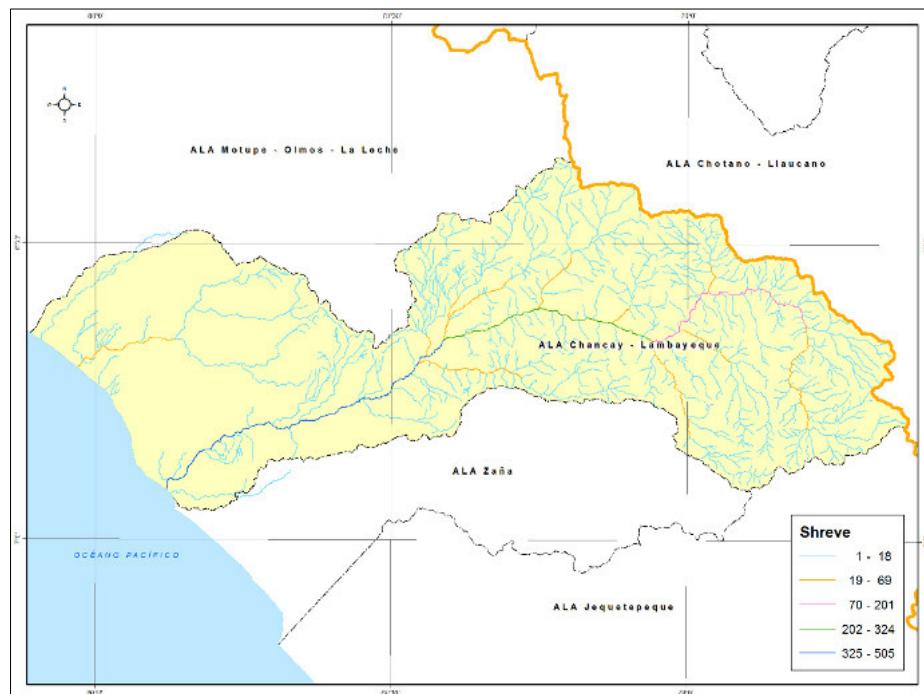


Figura 7.28. Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque: Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Shreve en cinco rangos Jenks.

c. Tipo

En el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque, teniendo en consideración la información hidrográfica de la Carta Nacional 1:100.000, se identificaron tres tipos de cursos de agua: ríos, quebradas y lagunas (cursos que sustituyen a las lagunas en la red hídrica digital para garantizar su conectividad). En el Cuadro 7.14 y Figura 7.29, se muestra la distribución de los cursos de agua de acuerdo a los tipos identificados.

Cuadro 7.14
Distribución de cursos de agua de acuerdo a sus tipos en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque

Tipo de curso	Número de cursos de agua
Ríos	238
Quebradas	853
Lagunas	4
TOTAL	1.095

Fuente: Elaboración propia

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

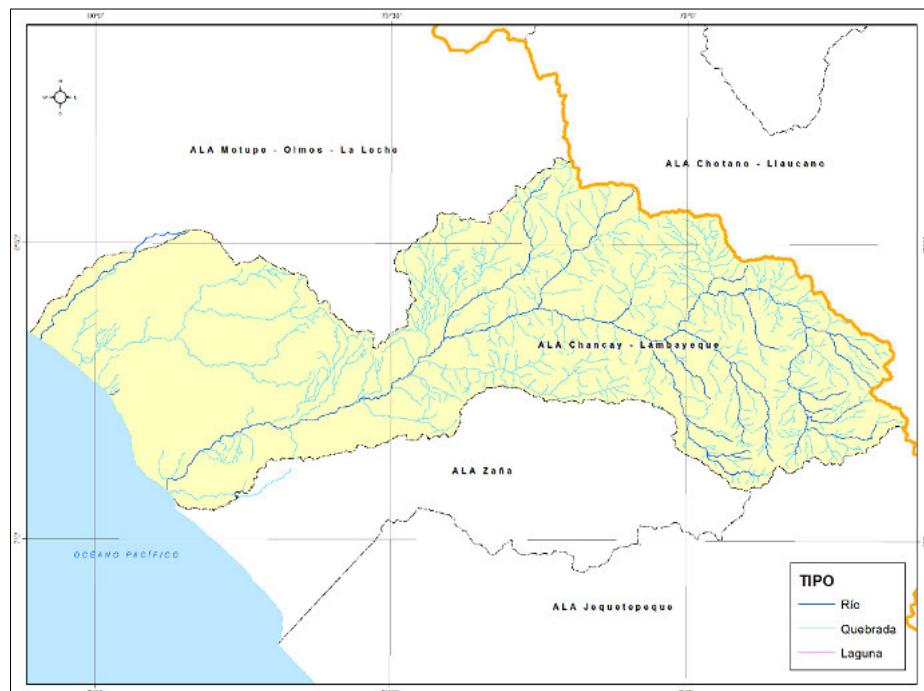


Figura 7.29. Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque: Distribución de cursos de agua según su tipo.

d. Hidronimia

De acuerdo a la Carta Nacional 1:100.000, en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque, se identificaron 177 nombres de cursos de agua, que fueron asignados a 537 cursos de agua de las redes hídricas digitales, que conforman dicho ámbito administrativo, de un total de 1.095; esto significa que cerca del 49% de dichos cursos de agua poseen un nombre. (Figura 7.30)

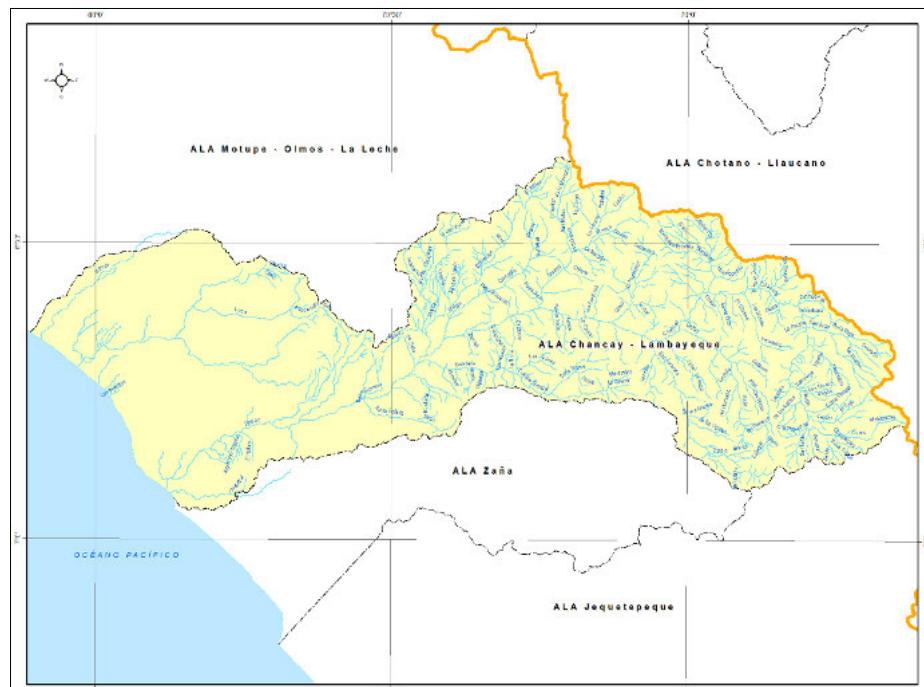


Figura 7.30. Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque: Hidronimia asignada a las redes hídricas digitales.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

e. Pendiente

De acuerdo a los intervalos de pendiente porcentual establecidos en el presente estudio, la distribución de los cursos de agua comprendidos en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque, resulta tal como se puede apreciar en el Cuadro 7.15 y en el mapa de la Figura 7.31.

Cuadro 7.15
Distribución de cursos de agua de acuerdo a intervalos porcentuales de pendiente en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque

Intervalo de pendiente (%)	Descripción	Número de cursos de agua
Menos de 4	Plana a ligeramente inclinada	314
4 - 15	Moderada a fuertemente inclinada	444
15 - 25	Moderadamente empinada	232
25 - 50	Empinada	104
50 - 75	Muy empinada	1
Más de 75	Extremadamente empinada	0
TOTAL		1.095

Fuente: Elaboración propia

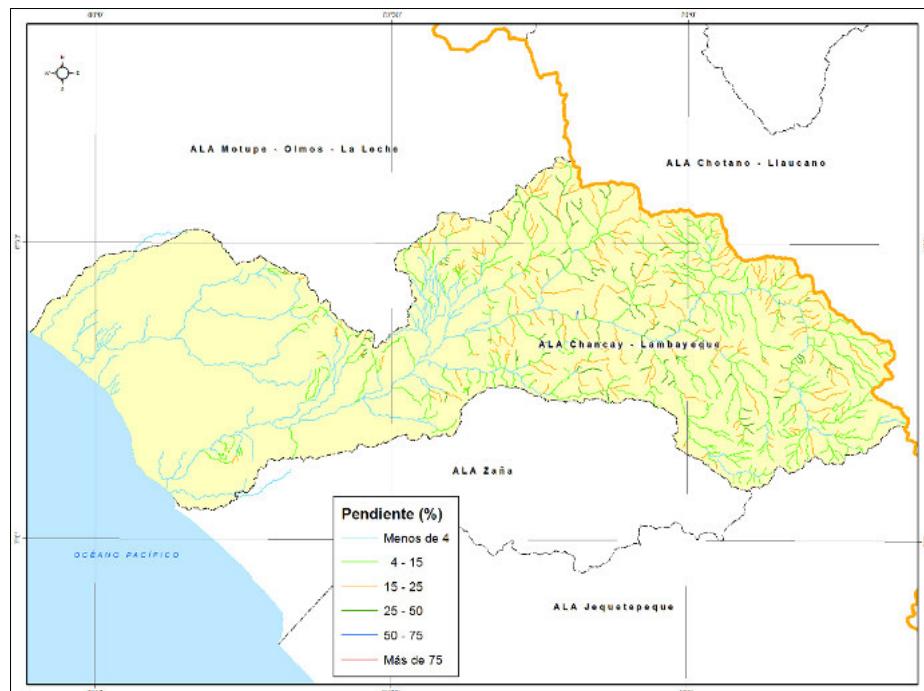


Figura 7.31. Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque: Distribución espacial de pendientes porcentuales

De acuerdo a los resultados obtenidos, podemos afirmar que mayor parte de los cursos de agua comprendidos en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Lambayeque (90%) posee una pendiente que va de plana a moderadamente empinada

y los cursos de agua restantes (10%) poseen una pendiente que va de empinada a muy empinada; lo que significa que el territorio de dicho ámbito administrativo presenta un relieve moderadamente accidentado.

7.2.3. Administración Local de Agua Chancay-Huaral

7.2.3.1. Codificación de cursos de agua superficial

En conjunto, las representaciones digitales (SIG) de las redes hídricas comprendidas en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral, suman 1.079 cursos de agua, de los cuales, luego del proceso de codificación, se obtuvieron 480 cursos de agua, de acuerdo a la metodología adoptada para la codificación de cursos de agua, basada en el sistema de codificación Pfafstetter para unidades hidrográficas. (Figura 7.32)

En cuanto a los niveles de jerarquía, los cursos de agua codificados presentan la siguiente distribución: 63 cursos de agua son de nivel 6, 92 cursos son de nivel 7, 242 cursos son de nivel 8, 354 están en el nivel 9, 269 son de nivel 10, 56 cursos son de nivel 11 y 3 de nivel 12. (Cuadro 7.16 y Figura 7.33)

Cuadro 7.16
Distribución de cursos de agua codificados por niveles de jerarquía en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral

NIVELES	Nivel 6	Nivel 7	Nivel 8	Nivel 9	Nivel 10	Nivel 11	Nivel 12	TOTAL
Número de cursos de agua	63	92	242	354	269	56	3	1.079

Fuente: Elaboración propia

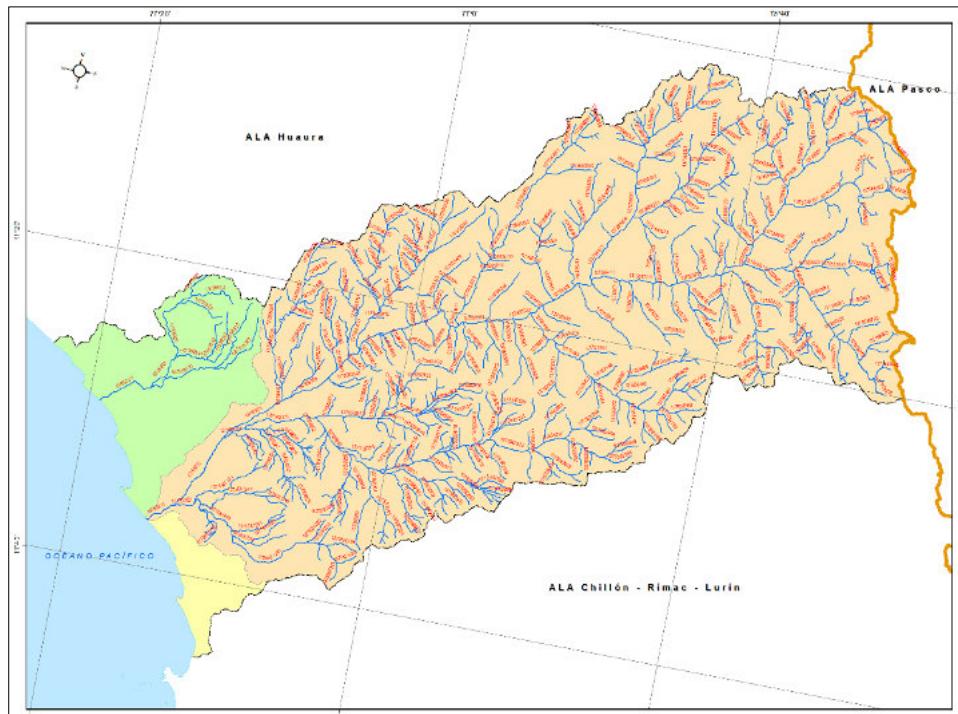


Figura 7.32. Administración Local de Agua Chancay-Huaral: 480 cursos de agua.

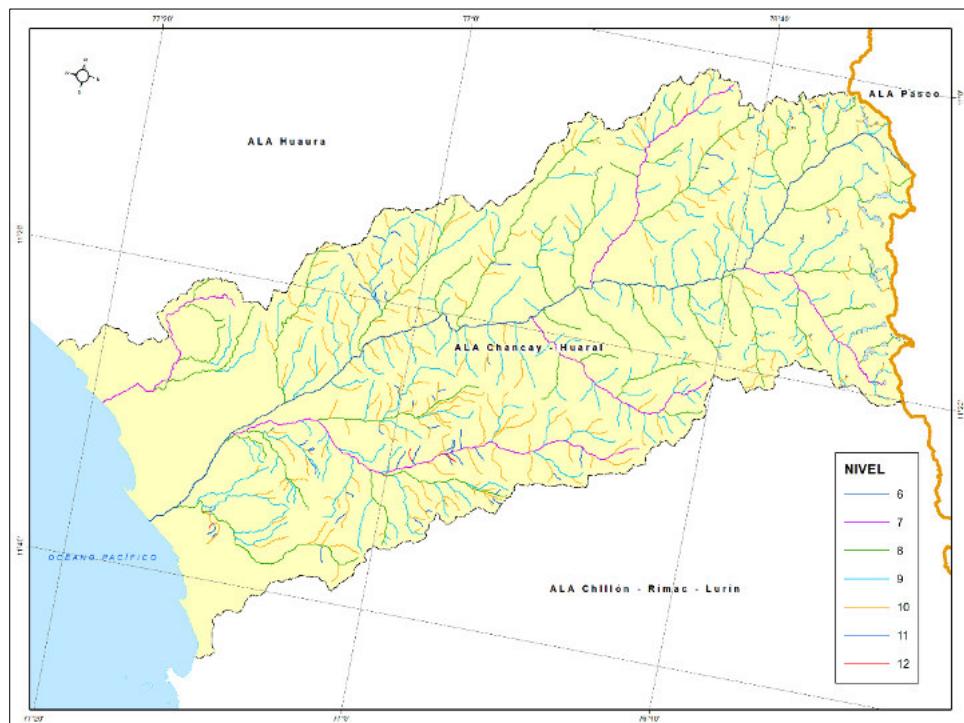


Figura 7.33. Administración Local de Agua Chancay-Huaral: Distribución de cursos de agua por niveles de jerarquía.

7.2.3.2. Codificación de lagos y lagunas

Se codificaron ciento cuarenta y dos (142) lagunas en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral, con niveles que van del 9 al 11 y todas ellas de origen natural. Esta información se encuentra registrada en su respectiva base de datos. En el Cuadro 7.17, se muestra el contenido de la mencionada base de datos.

Cuadro 7.17

Resumen del contenido de la Base de Datos de lagunas codificadas en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral

ID	CODIGO	TIPO	HIDRONIMIA	NIVEL	ORIGEN	SUP. (has.)
1	137558466	Laguna	Azulcocha	9	Natural	1.51
2	137558494	Laguna	Chacgran	9	Natural	1.23
3	137558628	Laguna	Azulcocha	9	Natural	0.67
4	137558664	Laguna	NN	9	Natural	0.90
5	137558729	Laguna	Cancau	9	Natural	9.76
6	137558749	Laguna	Pacococha	9	Natural	22.40
7	137558869	Laguna	Culacancha	9	Natural	21.89
8	137558872	Laguna	Paccho	9	Natural	1.98
9	137558881	Laguna	Quisa	9	Natural	83.36
10	137558883	Laguna	Yanauyac	9	Natural	26.72

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

11	137558884	Laguna	NN	9	Natural	4.07
12	137558914	Laguna	Rancacocha	9	Natural	1.03
13	137558944	Laguna	Huanin	9	Natural	1.51
14	137558962	Laguna	NN	9	Natural	0.53
15	137558963	Laguna	NN	9	Natural	1.86
16	137558964	Laguna	NN	9	Natural	0.97
17	137558983	Laguna	Rahuite Chico	9	Natural	7.71
18	137558985	Laguna	Rahuite Grande	9	Natural	16.35
19	137558986	Laguna	NN	9	Natural	1.60
20	137558988	Laguna	NN	9	Natural	1.72
21	1375581241	Laguna	NN	10	Natural	23.69
22	1375581251	Laguna	NN	10	Natural	0.59
23	1375581252	Laguna	NN	10	Natural	0.34
24	1375583842	Laguna	Pullao Chico	10	Natural	0.91
25	1375583852	Laguna	Ruracocha	10	Natural	0.95
26	1375583882	Laguna	Azul Cocha	10	Natural	1.57
27	1375583889	Laguna	Aguas Huarco	10	Natural	2.81
28	1375583892	Laguna	NN	10	Natural	0.78
29	1375583894	Laguna	Patacocha	10	Natural	1.52
30	1375584682	Laguna	Yanaraman	10	Natural	1.73
31	1375584689	Laguna	Llacuapampa	10	Natural	0.83
32	1375586729	Laguna	Chulca Puquio	10	Natural	1.54
33	1375586742	Laguna	NN	10	Natural	3.60
34	1375586744	Laguna	NN	10	Natural	1.80
35	1375586962	Laguna	NN	10	Natural	0.64
36	1375587852	Laguna	Chaqui Cocha	10	Natural	0.43
37	1375588142	Laguna	NN	10	Natural	1.13
38	1375588144	Laguna	NN	10	Natural	0.90
39	1375588252	Laguna	Chaquicocha	10	Natural	0.23
40	1375588254	Laguna	Juraococha	10	Natural	3.01
41	1375588261	Laguna	Hahuashauman	10	Natural	42.91
42	1375588262	Laguna	NN	10	Natural	0.77

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

43	1375588264	Laguna	Trinchera	10	Natural	1.41
44	1375588281	Laguna	Vilcacocha	10	Natural	35.21
45	1375588764	Laguna	Yanauya	10	Natural	7.46
46	1375588769	Laguna	NN	10	Natural	0.54
47	1375588781	Laguna	Uchco Machay	10	Natural	11.14
48	1375588782	Laguna	NN	10	Natural	1.13
49	1375588942	Laguna	Encantada	10	Natural	0.54
50	1375588949	Laguna	NN	10	Natural	0.28
51	1375589261	Laguna	NN	10	Natural	47.30
52	1375589262	Laguna	Yanacocha	10	Natural	1.22
53	1375589482	Laguna	NN	10	Natural	0.81
54	1375589486	Laguna	NN	10	Natural	0.37
55	1375589489	Laguna	NN	10	Natural	0.44
56	1375589932	Laguna	NN	10	Natural	1.47
57	1375589943	Laguna	Chalhuacocha	10	Natural	24.47
58	1375589944	Laguna	NN	10	Natural	3.72
59	1375589946	Laguna	NN	10	Natural	1.52
60	1375589947	Laguna	Chalhuacocha Chico	10	Natural	10.81
61	13755812541	Laguna	NN	11	Natural	0.47
62	13755862672	Laguna	Lulucha	11	Natural	1.45
63	13755862942	Laguna	NN	11	Natural	0.65
64	13755862992	Laguna	Lacsacocha	11	Natural	4.19
65	13755887621	Laguna	NN	11	Natural	0.41
66	13755887622	Laguna	NN	11	Natural	0.32
67	13755887629	Laguna	NN	11	Natural	0.24
68	13755892122	Laguna	Quilcaycocha	11	Natural	2.12
69	13755892129	Laguna	Yanacocha	11	Natural	0.90
70	13755894742	Laguna	NN	11	Natural	0.39
71	13755894749	Laguna	Lutacocha	11	Natural	5.41
72	13755898222	Laguna	NN	11	Natural	0.59
73	13755898224	Laguna	NN	11	Natural	1.14
74	13755898225	Laguna	NN	11	Natural	0.85

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

75	13755898226	Laguna	NN	11	Natural	0.41
76	13755898229	Laguna	NN	11	Natural	0.22
77	1375581259a	Laguna	NN	10	Natural	0.64
78	1375581259b	Laguna	NN	10	Natural	8.23
79	137558569a	Laguna	Pullao	9	Natural	11.80
80	137558569b	Laguna	Pulloa Chico	9	Natural	1.08
81	137558784a	Laguna	Huando Cocha	9	Natural	3.25
82	137558784b	Laguna	Caucho	9	Natural	1.41
83	137558784c	Laguna	Marcococha	9	Natural	1.06
84	1375588149a	Laguna	Concha	10	Natural	5.49
85	1375588149b	Laguna	NN	10	Natural	1.60
86	137558822a	Laguna	Huantush	9	Natural	30.51
87	137558822b	Laguna	NN	9	Natural	1.26
88	1375588266a	Laguna	NN	10	Natural	0.38
89	1375588266b	Laguna	Templaderas	10	Natural	0.51
90	1375588266c	Laguna	NN	10	Natural	0.59
91	1375588292a	Laguna	NN	10	Natural	0.31
92	1375588292b	Laguna	NN	10	Natural	0.35
93	1375588299a	Laguna	Laguna Ocruyoc	10	Natural	25.12
94	1375588299b	Laguna	Laguna Yanacocha	10	Natural	1.89
95	1375588299c	Laguna	Laguna Yanacocha	10	Natural	13.95
96	1375588789a	Laguna	Uchco Machay	10	Natural	41.20
97	1375588789b	Laguna	Parcash	10	Natural	13.26
98	1375588789c	Laguna	NN	10	Natural	26.36
99	137558882a	Laguna	NN	9	Natural	1.04
100	137558882b	Laguna	NN	9	Natural	2.34
101	137558889a	Laguna	Isco	9	Natural	12.30
102	137558889b	Laguna	NN	9	Natural	0.76
103	137558889c	Laguna	NN	9	Natural	0.98
104	137558889d	Laguna	NN	9	Natural	0.83
105	137558889e	Laguna	NN	9	Natural	0.36
106	137558889f	Laguna	NN	9	Natural	1.17


HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
 INGENIERO GEÓGRAFO
 Reg. CIP N° 70977

107	137558889g	Laguna	NN	9	Natural	0.45
108	137558892a	Laguna	Patococha	9	Natural	7.54
109	137558892b	Laguna	Acococha	9	Natural	7.62
110	1375588941a	Laguna	NN	10	Natural	4.97
111	1375588941b	Laguna	Lichicocha	10	Natural	13.93
112	137558899a	Laguna	Sahuac	9	Natural	13.41
113	137558899b	Laguna	Verdecocha	9	Natural	10.61
114	137558924a	Laguna	NN	9	Natural	4.05
115	137558924b	Laguna	Azulcocha	9	Natural	4.33
116	137558924c	Laguna	Verdecocha	9	Natural	4.84
117	1375589269a	Laguna	Yuncan	10	Natural	52.66
118	1375589269b	Laguna	NN	10	Natural	1.53
119	137558927a	Laguna	Pampa	9	Natural	14.77
120	137558927b	Laguna	Marca (Chungar)	9	Natural	92.66
121	137558928a	Laguna	NN	9	Natural	1.98
122	137558928b	Laguna	Fierrocruz	9	Natural	2.37
123	1375589469a	Laguna	NN	10	Natural	0.78
124	1375589469b	Laguna	NN	10	Natural	2.95
125	1375589469c	Laguna	NN	10	Natural	1.03
126	13755894741a	Laguna	NN	11	Natural	0.84
127	13755894741b	Laguna	NN	11	Natural	1.40
128	1375589481a	Laguna	NN	10	Natural	0.71
129	1375589481b	Laguna	Yanacocha	10	Natural	4.65
130	1375589484a	Laguna	Morococha	10	Natural	1.45
131	1375589484b	Laguna	NN	10	Natural	0.34
132	137558969a	Laguna	Sucro Cocha	9	Natural	0.38
133	137558969b	Laguna	Sucro Cocha	9	Natural	0.74
134	137558969c	Laguna	NN	9	Natural	1.00
135	137558969d	Laguna	Yana	9	Natural	1.58
136	137558969e	Laguna	NN	9	Natural	0.68
137	137558969f	Laguna	NN	9	Natural	1.05
138	137558992a	Laguna	NN	9	Natural	0.68

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

139	137558992b	Laguna	NN	9	Natural	0.51
140	1375589942a	Laguna	NN	10	Natural	4.03
141	1375589942b	Laguna	NN	10	Natural	0.88
142	1375589942c	Laguna	NN	10	Natural	6.11

Fuente: Elaboración propia

7.2.3.3. Información complementaria

a. Clasificación ordinal de Strahler

Teniendo en consideración la totalidad de los cursos de agua (1.079) de las redes hídricas comprendidas en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral, en el cuadro siguiente se muestra la distribución de estos cursos de agua respecto a la clasificación ordinal de Strahler. (Figura 7.34)

Cuadro 7.18
Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Strahler en el
ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral

ORDEN	1	2	3	4	5	6	TOTAL
Número de cursos de agua	563	263	129	64	57	3	1.079

Fuente: Elaboración propia

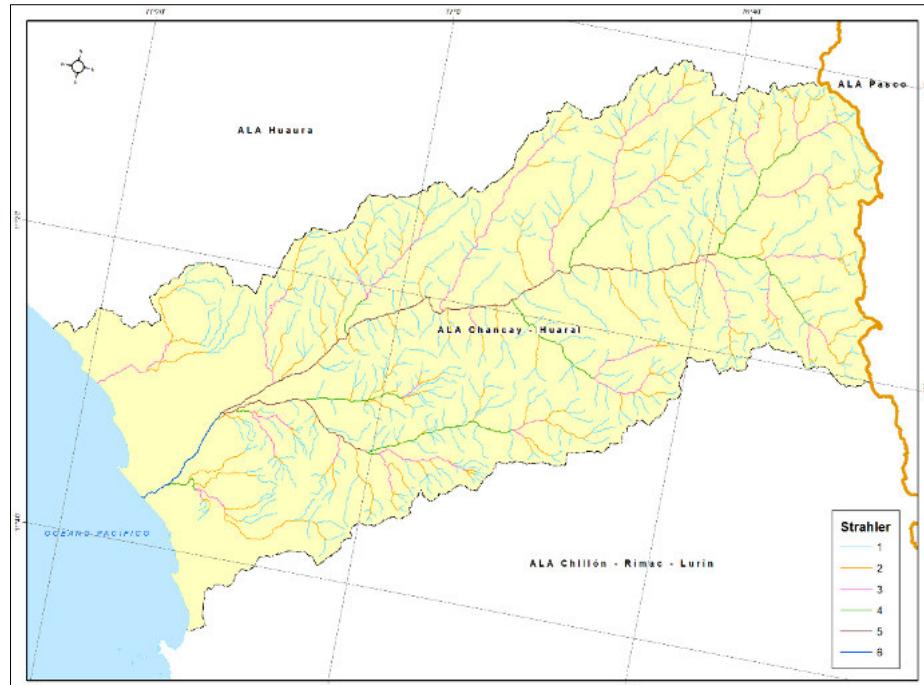


Figura 7.34. Administración Local de Agua Chancay-Huaral: Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Strahler.

b. Clasificación ordinal de Shreve

En la clasificación ordinal de Shreve, el máximo valor alcanzado fue 473, correspondiente al río Chancay. En el Cuadro 7.19 y en el mapa de la Figura 7.35, se

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
 INGENIERO GEÓGRAFO
 Reg. CIP N° 70977

muestra la distribución de los cursos de agua de acuerdo a cinco (05) rangos, definidos por el método Jenks.

Cuadro 7.19

Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Shreve, en cinco rangos, en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral

Rango	Número de cursos de agua
1 - 14	942
15 - 63	79
64 - 131	22
132 - 266	26
267 - 473	10
TOTAL	1.079

Fuente: Elaboración propia

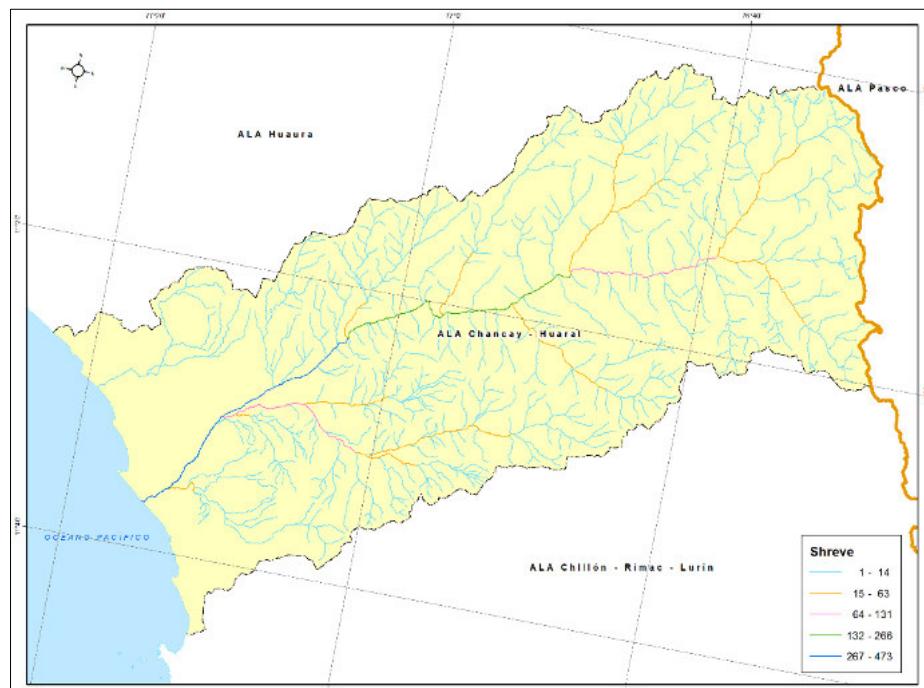


Figura 7.35. Administración Local de Agua Chancay-Huaral: Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Shreve en cinco rangos Jenks.

c. Tipo

En el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral, teniendo en consideración la información hidrográfica de la Carta Nacional 1:100.000, se identificaron tres tipos de cursos de agua: ríos, quebradas y lagunas (cursos que sustituyen a las lagunas en la red hídrica digital para garantizar su conectividad). En el Cuadro 7.20 y Figura 7.36, se muestra la distribución de los cursos de agua de acuerdo a los tipos identificados.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

Cuadro 7.20
Distribución de cursos de agua de acuerdo a sus tipos en el ámbito de la
Administración Local de Agua Chancay-Huaral

Tipo de curso	Número de cursos de agua
Ríos	131
Quebradas	861
Lagunas	87
TOTAL	1.079

Fuente: Elaboración propia

d. Hidronimia

De acuerdo a la Carta Nacional 1:100.000, en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral, se identificaron 271 nombres de cursos de agua, que fueron asignados a 559 cursos de agua de las redes hídricas digitales, que conforman dicho ámbito administrativo, de un total de 1.079; esto significa que cerca del 52% de dichos cursos de agua poseen un nombre. (Figura 7.37)

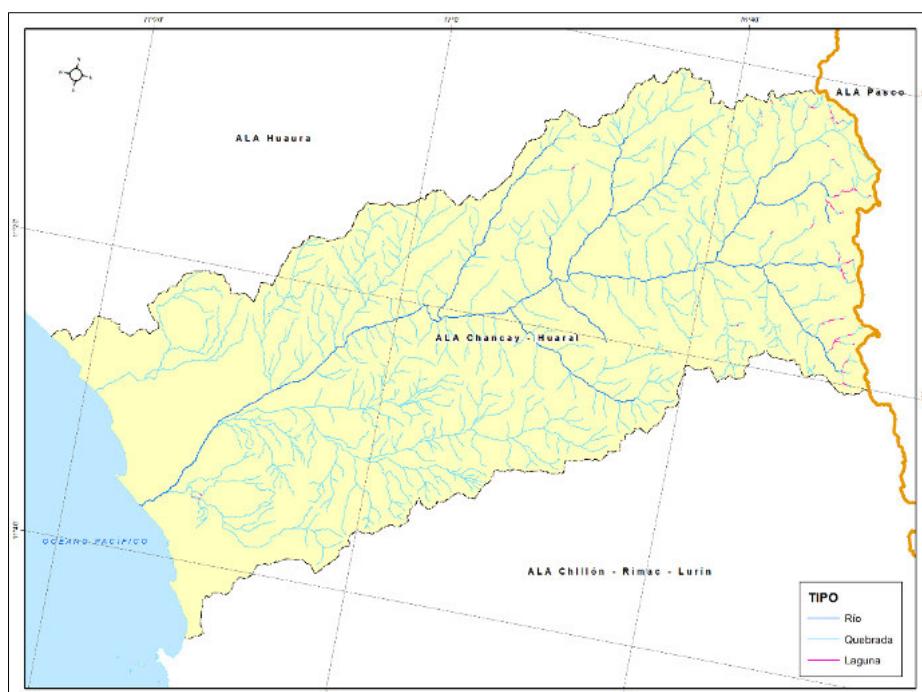


Figura 7.36. Administración Local de Agua Chancay-Huaral: Distribución de cursos de agua según su tipo.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

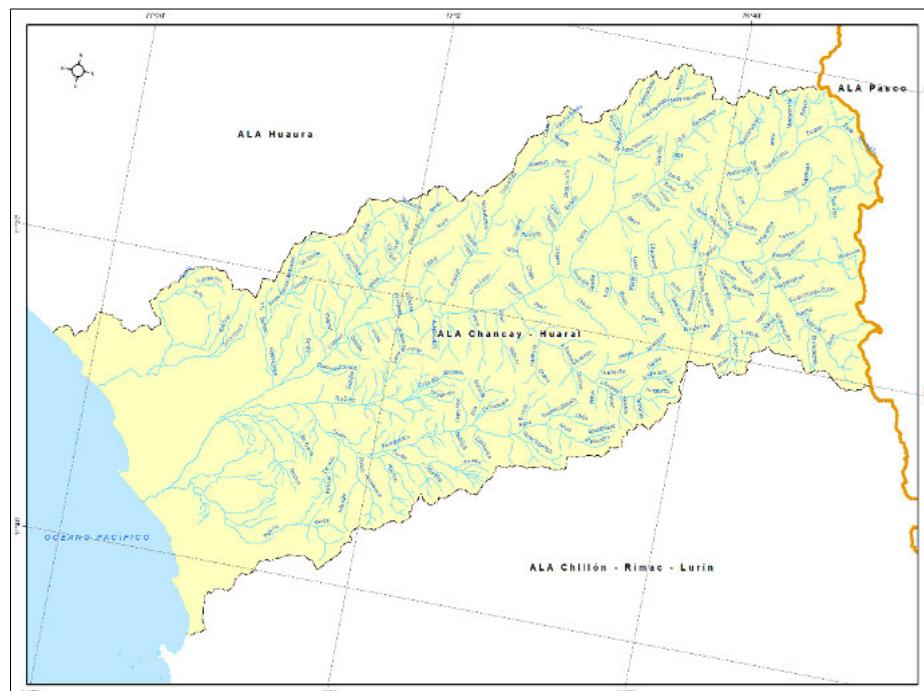


Figura 7.37. Administración Local de Agua Chancay-Huaral: Hidronimia asignada a las redes hídricas digitales.

e. Pendiente

De acuerdo a los intervalos de pendiente porcentual establecidos en el presente estudio, la distribución de los cursos de agua comprendidos en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral, resulta tal como se puede apreciar en el Cuadro 7.21 y en el mapa de la Figura 7.38.

Cuadro 7.21
Distribución de cursos de agua de acuerdo a intervalos porcentuales de pendiente en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral

Intervalo de pendiente (%)	Descripción	Número de cursos de agua
Menos de 4	Plana a ligeramente inclinada	215
4 - 15	Moderada a fuertemente inclinada	483
15 - 25	Moderadamente empinada	204
25 - 50	Empinada	173
50 - 75	Muy empinada	4
Más de 75	Extremadamente empinada	0
TOTAL		1.079

Fuente: Elaboración propia

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
 INGENIERO GEÓGRAFO
 Reg. CIP N° 70977

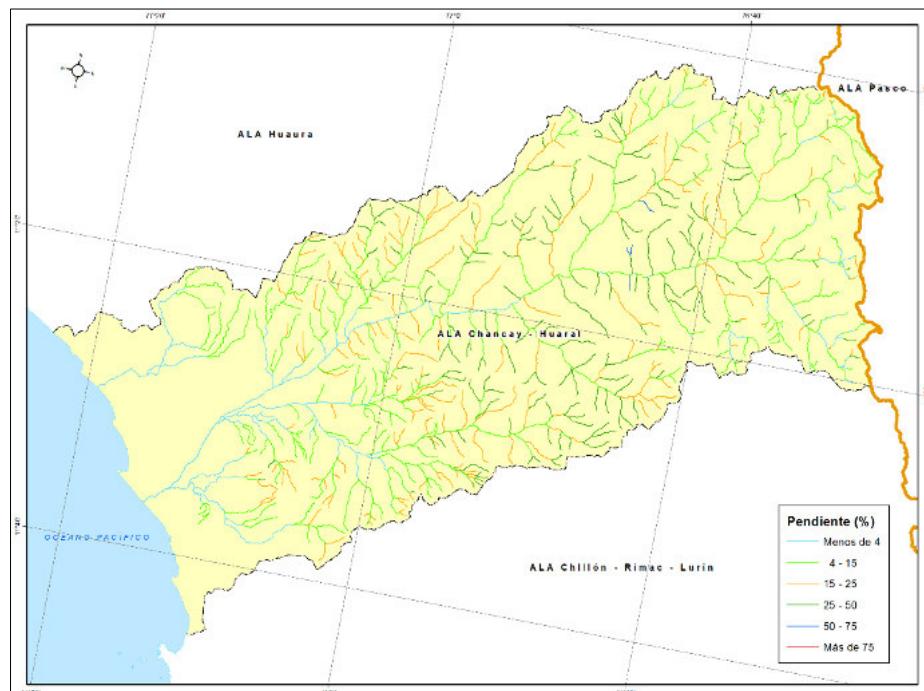


Figura 7.38. Administración Local de Agua Chancay-Huaral: Distribución espacial de pendientes porcentuales

De acuerdo a los resultados obtenidos, podemos afirmar que mayor parte de los cursos de agua comprendidos en el ámbito de la Administración Local de Agua Chancay-Huaral (84%) posee una pendiente que va de plana a moderadamente empinada y los cursos de agua restantes (16%) poseen una pendiente que va de empinada a muy empinada; lo que indica que el territorio de dicho ámbito administrativo presenta un relieve moderadamente accidentado.

7.2.4. Administración Local de Agua San Juan

7.2.4.1. Codificación de cursos de agua superficial

Las representaciones digitales (SIG) de las redes hídricas en conjunto, comprendidas en el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan, suman 2.040 cursos de agua, de los cuales, luego del proceso de codificación, se obtuvieron 997 cursos de agua, de acuerdo a la metodología adoptada para la codificación de cursos de agua, basada en el sistema de codificación Pfafstetter para unidades hidrográficas. (Figura 7.39)

En cuanto a los niveles de jerarquía, los cursos de agua codificados presentan la siguiente distribución: 124 cursos de agua son de nivel 6, 230 cursos son de nivel 7, 329 cursos son de nivel 8, 583 están en el nivel 9, 583 son de nivel 10, 172 cursos son de nivel 11 y 1 de nivel 12. (Cuadro 7.22 y Figura 7.40)

Cuadro 7.22
Distribución de cursos de agua codificados por niveles de jerarquía en el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan

NIVELES	Nivel 6	Nivel 7	Nivel 8	Nivel 9	Nivel 10	Nivel 11	Nivel 12	TOTAL
Número de cursos de agua	124	230	329	583	583	172	1	2.040

Fuente: Elaboración propia


HÉCTOR RICHARD TORRES GIRALDO
 INGENIERO GEOGRAFO
 Reg. CIP N° 70977

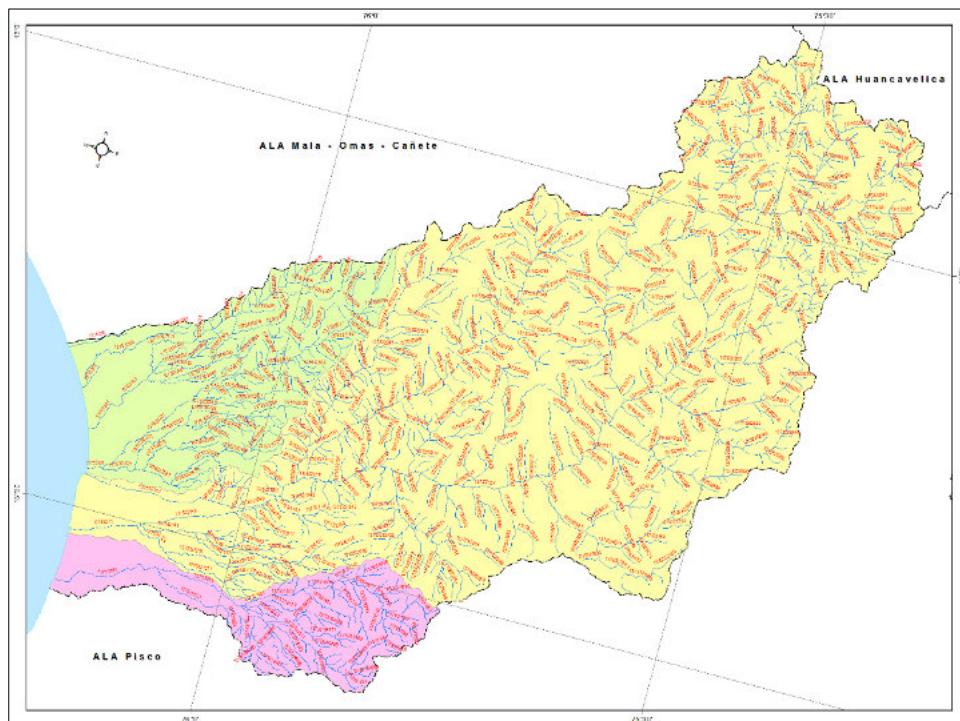


Figura 7.39. Administración Local de Agua San Juan: 997 cursos de agua.

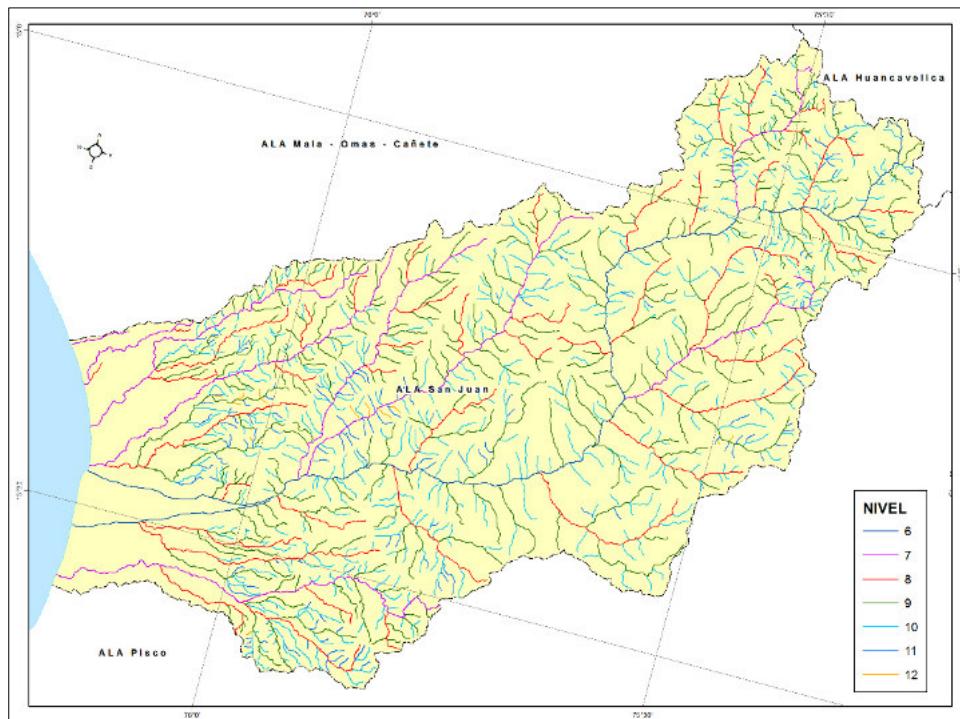


Figura 7.40. Administración Local de Agua San Juan: Distribución de cursos de agua por niveles de jerarquía.

7.2.4.2. Codificación de lagos y lagunas

Se codificaron noventa y cuatro (94) lagunas en el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan, con niveles que van del 9 al 12 y todas ellas son de origen natural. Esta

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

información se encuentra registrada en su respectiva base de datos. En el Cuadro 7.23, se muestra el contenido de la mencionada base de datos.

Cuadro 7.23
Resumen del contenido de la Base de Datos de lagunas codificadas en el ámbito de
la Administración Local de Agua San Juan

ID	CODIGO	TIPO	HIDRONIMIA	NIVEL	ORIGEN	SUP. (has.)
1	137532664	Laguna	NN	9	Natural	0,43
2	137532768	Laguna	Chiribamba	9	Natural	3,79
3	137532769	Laguna	Huamicocha	9	Natural	3,88
4	137532922	Laguna	Chaquicocha	9	Natural	0,76
5	137532949	Laguna	Antacocha	9	Natural	24,50
6	137532982	Laguna	Condorhuasi	9	Natural	0,61
7	137532992	Laguna	Orjococha	9	Natural	3,60
8	137532998	Laguna	Tacracocha	9	Natural	12,69
9	1375326289	Laguna	Parionacocha	10	Natural	1,70
10	1375326694	Laguna	NN	10	Natural	1,89
11	1375326984	Laguna	Torunacocha	10	Natural	0,75
12	1375328452	Laguna	Teuya	10	Natural	9,01
13	1375328492	Laguna	NN	10	Natural	0,82
14	1375328499	Laguna	NN	10	Natural	0,73
15	1375328741	Laguna	NN	10	Natural	0,76
16	1375328742	Laguna	Huaraco	10	Natural	2,88
17	1375328822	Laguna	NN	10	Natural	1,29
18	1375328829	Laguna	Pucapata	10	Natural	0,43
19	1375328832	Laguna	Pucapata	10	Natural	1,12
20	1375328842	Laguna	Pucapata	10	Natural	0,75
21	1375328941	Laguna	Ñuñunga	10	Natural	23,22
22	1375328949	Laguna	Obispo	10	Natural	18,63
23	1375328962	Laguna	NN	10	Natural	0,81
24	1375328964	Laguna	NN	10	Natural	1,60
25	1375329291	Laguna	Jargar	10	Natural	5,40
26	1375329292	Laguna	NN	10	Natural	0,78
27	1375329299	Laguna	NN	10	Natural	0,50

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
 INGENIERO GEÓGRAFO
 Reg. CIP N° 70977

28	1375329472	Laguna	NN	10	Natural	1,64
29	1375329482	Laguna	NN	10	Natural	0,63
30	1375329655	Laguna	Huichinga	10	Natural	194,87
31	1375329684	Laguna	Puyriyoj	10	Natural	2,79
32	1375329689	Laguna	NN	10	Natural	1,26
33	1375329692	Laguna	NN	10	Natural	1,02
34	1375329696	Laguna	NN	10	Natural	0,93
35	1375329849	Laguna	NN	10	Natural	1,05
36	1375329942	Laguna	NN	10	Natural	1,27
37	1375329944	Laguna	NN	10	Natural	0,67
38	1375329946	Laguna	NN	10	Natural	0,58
39	1375329949	Laguna	Chogacocha	10	Natural	9,15
40	1375329962	Laguna	NN	10	Natural	0,47
41	1375329991	Laguna	NN	10	Natural	1,10
42	1375329992	Laguna	NN	10	Natural	0,92
43	1375329994	Laguna	Leoncocha	10	Natural	1,96
44	1375329996	Laguna	Yanacocha	10	Natural	1,66
45	13753262672	Laguna	NN	11	Natural	1,71
46	13753262692	Laguna	Sallmanga	11	Natural	3,12
47	13753262694	Laguna	NN	11	Natural	0,36
48	13753262699	Laguna	NN	11	Natural	0,52
49	13753269529	Laguna	Yuraccocha	11	Natural	0,45
50	13753269542	Laguna	Lucerococha	11	Natural	0,66
51	13753269549	Laguna	Lucerococha	11	Natural	0,39
52	13753284942	Laguna	NN	11	Natural	0,86
53	13753287629	Laguna	NN	11	Natural	1,00
54	13753289422	Laguna	NN	11	Natural	1,50
55	13753289429	Laguna	NN	11	Natural	0,74
56	13753296422	Laguna	NN	11	Natural	0,47
57	13753296621	Laguna	NN	11	Natural	2,72
58	13753296622	Laguna	NN	11	Natural	0,66
59	13753296692	Laguna	NN	11	Natural	0,34


HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
 INGENIERO GEÓGRAFO
 Reg. CIP N° 70977

60	13753297862	Laguna	NN	11	Natural	0,38
61	13753299322	Laguna	Andamachay	11	Natural	3,22
62	13753299649	Laguna	NN	11	Natural	0,76
63	137532965322	Laguna	NN	12	Natural	0,63
64	137532965329	Laguna	NN	12	Natural	0,64
65	137532965629	Laguna	NN	12	Natural	1,08
66	137532966942	Laguna	NN	12	Natural	0,21
67	137532966944	Laguna	NN	12	Natural	0,67
68	137532966949	Laguna	NN	12	Natural	0,37
69	137532966992	Laguna	NN	12	Natural	1,27
70	1375326296a	Laguna	Champacocha	10	Natural	1,12
71	1375326296b	Laguna	NN	10	Natural	0,80
72	1375326299a	Laguna	Tulacocha	10	Natural	1,87
73	1375326299b	Laguna	Tinquicocha	10	Natural	2,22
74	1375326299c	Laguna	NN	10	Natural	0,48
75	13753282429a	Laguna	NN	11	Natural	0,36
76	13753282429b	Laguna	NN	11	Natural	1,10
77	13753282429c	Laguna	NN	11	Natural	0,89
78	13753282429d	Laguna	NN	11	Natural	0,47
79	13753284949a	Laguna	NN	11	Natural	0,83
80	13753284949b	Laguna	NN	11	Natural	1,84
81	137532895a	Laguna	NN	9	Natural	3,94
82	137532895b	Laguna	Turpo	9	Natural	126,96
83	137532899a	Laguna	NN	9	Natural	7,92
84	137532899b	Laguna	NN	9	Natural	3,10
85	13753296629a	Laguna	Ñuñunga	11	Natural	10,71
86	13753296629b	Laguna	NN	11	Natural	0,72
87	1375329769a	Laguna	Tulipa	10	Natural	6,02
88	1375329769b	Laguna	NN	10	Natural	6,93
89	1375329769c	Laguna	NN	10	Natural	2,47
90	1375329769d	Laguna	NN	10	Natural	0,27
91	1375329969a	Laguna	Yarjancocha	10	Natural	5,18

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

92	1375329969b	Laguna	Yanacocha	10	Natural	0,88
93	1375329995a	Laguna	Jatuncocha	10	Natural	12,99
94	1375329995b	Laguna	Tipicocha	10	Natural	5,81

Fuente: Elaboración propia

7.2.4.3. Información complementaria

a. Clasificación ordinal de Strahler

Teniendo en consideración la totalidad de los cursos de agua (2.040) de las redes hidrálicas comprendidas en el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan, en el cuadro siguiente se muestra la distribución de estos cursos de agua respecto a la clasificación ordinal de Strahler. (Figura 7.41)

Cuadro 7.24

Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Strahler en el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan

ORDEN	1	2	3	4	5	6	TOTAL
Número de cursos de agua	1.040	494	246	156	42	62	2.040

Fuente: Elaboración propia

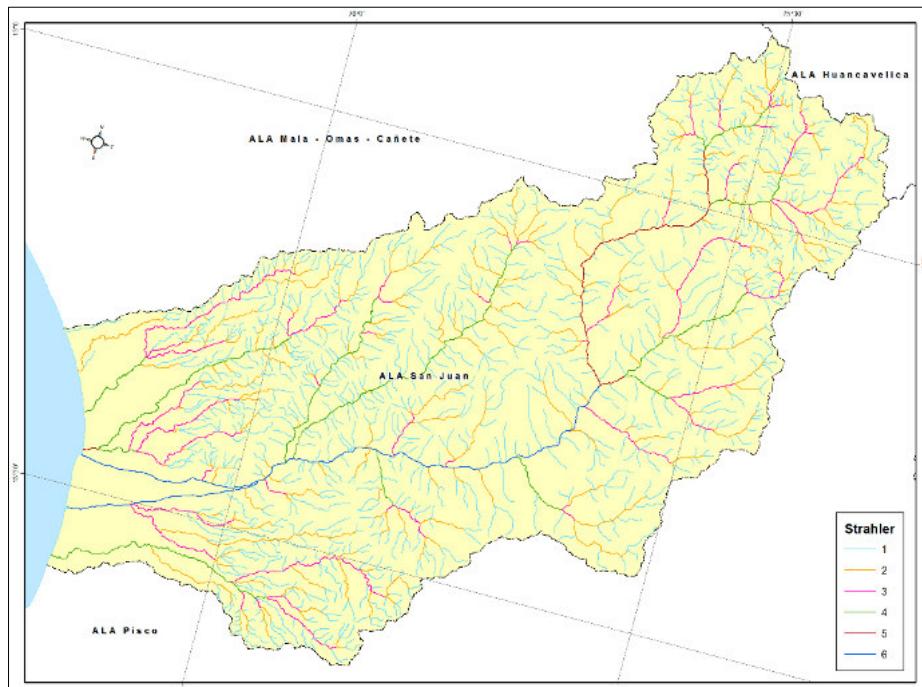


Figura 7.41. Administración Local de Agua San Juan: Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Strahler.

b. Clasificación ordinal de Shreve

En la clasificación ordinal de Shreve, el máximo valor alcanzado fue 694, correspondiente al río San Juan. En el cuadro 7.25 y en el mapa de la Figura 7.42, se muestra la distribución de los cursos de agua de acuerdo a cinco (05) rangos, definidos por el método Jenks.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

Cuadro 7.25

Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Shreve, en cinco rangos, en el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan

Rango	Número de cursos de agua
1 - 31	1.808
32 - 118	142
119 - 268	28
269 - 485	42
486 - 694	20
TOTAL	2.040

Fuente: Elaboración propia

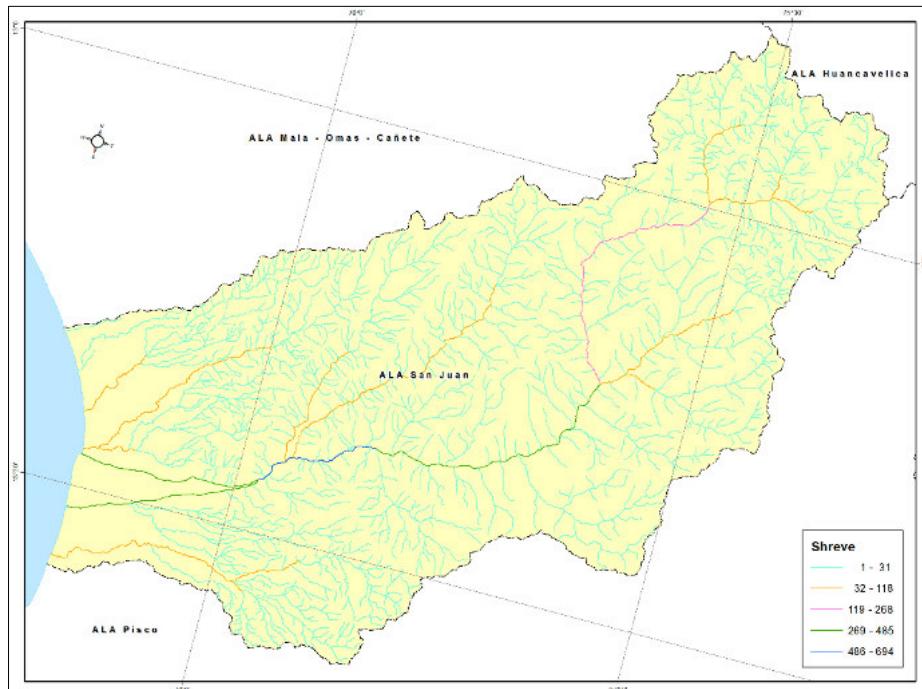


Figura 7.42. Administración Local de Agua San Juan: Distribución de cursos de agua según la clasificación ordinal de Shreve en cinco rangos Jenks.

c. Tipo

En el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan, teniendo en consideración la información hidrográfica de la Carta Nacional 1:100.000, se identificaron cuatro tipos de cursos de agua: ríos, quebradas, quebradas secas y lagunas (cursos que sustituyen a las lagunas en la red hídrica digital para garantizar su conectividad). En el Cuadro 7.26 y Figura 7.43, se muestra la distribución de los cursos de agua de acuerdo a los tipos identificados.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

Cuadro 7.26
Distribución de cursos de agua de acuerdo a sus tipos en el ámbito de la
Administración Local de Agua San Juan

Tipo de curso	Número de cursos de agua
Ríos	165
Quebradas	1.048
Quebradas secas	780
Lagunas	47
TOTAL	2.040

Fuente: Elaboración propia

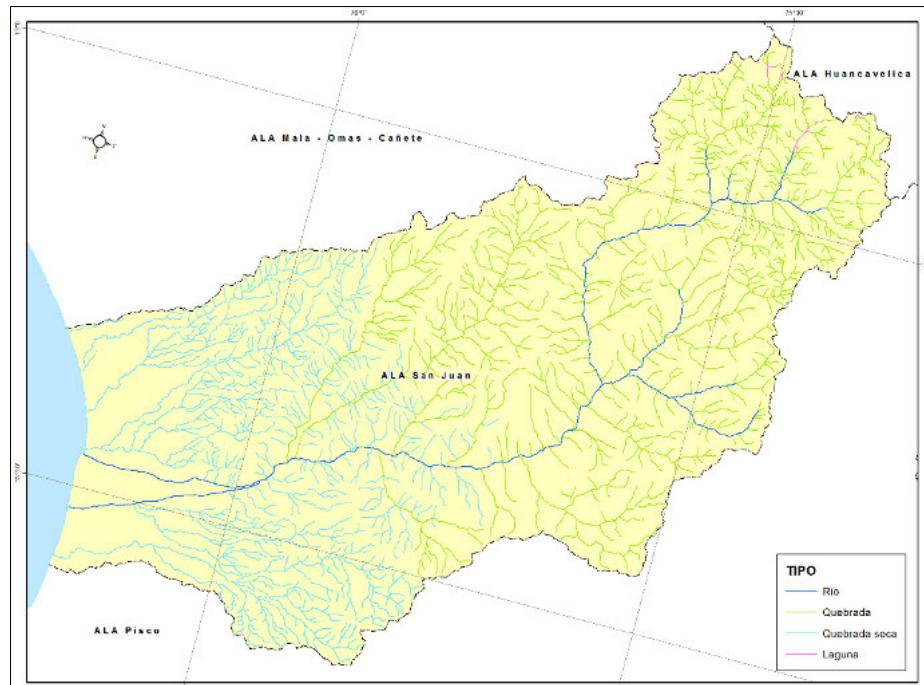


Figura 7.43. Administración Local de Agua San Juan: Distribución de cursos de agua según su tipo.

d. Hidronimia

De acuerdo a la Carta Nacional 1:100.000, en el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan, se identificaron 318 nombres de cursos de agua, que fueron asignados a 1.070 cursos de agua de las redes hídricas digitales, que conforman dicho ámbito administrativo, de un total de 2.040; esto significa que cerca del 53% de dichos cursos de agua poseen un nombre. (Figura 7.44)


 HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
 INGENIERO GEOGRAFO
 Reg. CIP N° 70977

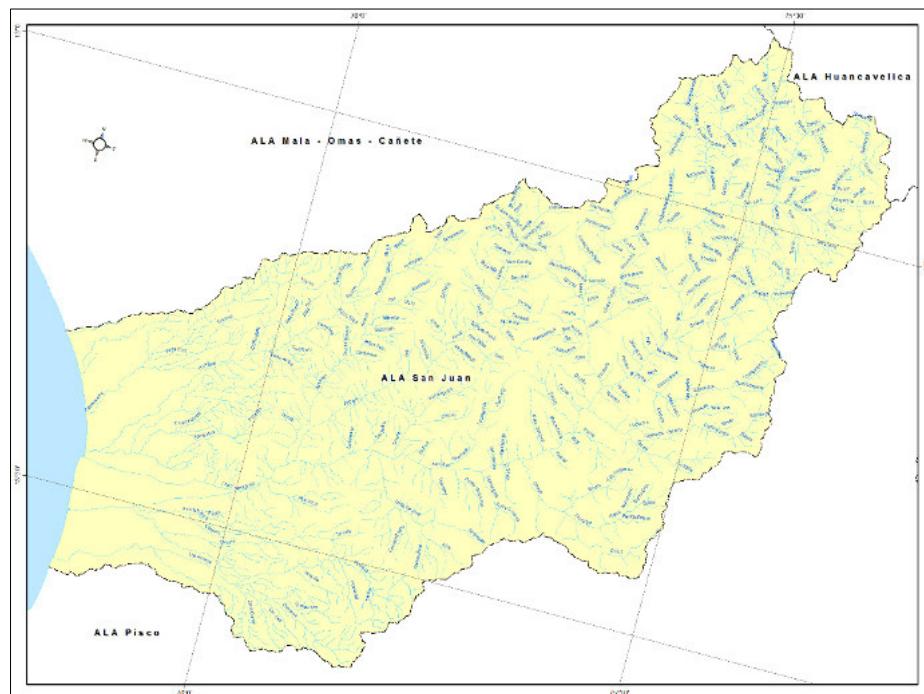


Figura 7.44. Administración Local de Agua San Juan: Hidronimia asignada a las redes hídricas digitales.

e. Pendiente

De acuerdo a los intervalos de pendiente porcentual establecidos en el presente estudio, la distribución de los cursos de agua comprendidos en el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan, resulta tal como se puede apreciar en el Cuadro 7.27 y en el mapa de la Figura 7.45.

Cuadro 7.27
Distribución de cursos de agua de acuerdo a intervalos porcentuales de pendiente en el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan

Intervalo de pendiente (%)	Descripción	Número de cursos de agua
Menos de 4	Plana a ligeramente inclinada	287
4 - 15	Moderada a fuertemente inclinada	932
15 - 25	Moderadamente empinada	511
25 - 50	Empinada	297
50 - 75	Muy empinada	13
Más de 75	Extremadamente empinada	0
TOTAL		2.040

Fuente: Elaboración propia


 HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
 INGENIERO GEOGRAFO
 Reg. CIP N° 70977

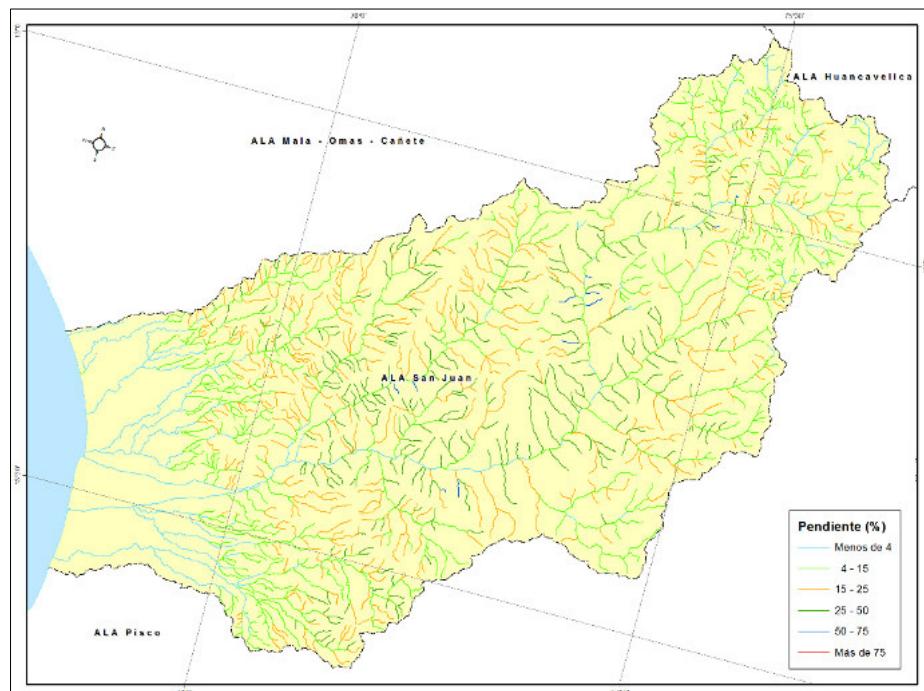


Figura 7.45. Administración Local de Agua San Juan: Distribución espacial de pendientes porcentuales

De acuerdo a los resultados obtenidos, podemos afirmar que mayor parte de los cursos de agua comprendidos en el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan (85%) posee una pendiente que va de plana a moderadamente empinada y los cursos de agua restantes (15%) poseen una pendiente que va de empinada a muy empinada; lo que significa que el territorio de dicho ámbito administrativo presenta un relieve moderadamente accidentado.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

- 8.1.1. El método Pfastetter, de delimitación y codificación de unidades hidrográficas, ha demostrado una aplicabilidad eficiente en la elaboración del mapa de unidades hidrográficas no solo en el Perú sino también en los países en los que se ha aplicado. Sin embargo, se debe indicar que la precisión de la delimitación, al igual que en cualquier otra metodología de delimitación estará en función de la información cartográfica utilizada, en cuanto a escala y precisión del levantamiento topográfico.
- 8.1.2. En los cuatro ámbitos administrativos se definieron un total de 5.844 tramos de curso de agua en las redes hídricas digitales; de las cuales, la mayor concentración estuvo en el ámbito de la Administración Local de Agua San Juan con 2.040 tramos de curso de agua, mientras que la menor concentración se presentó en el ámbito de la Admnistración Local de Agua Chancay-Huaral con 1.079 tramos de curso de agua.
- 8.1.3. Los 5.844 tramos de curso de agua digitales obtenidos en total, se agruparon en 2.347 códigos Pfafstetter, de lo que se deduce que ciertos cursos de agua le fueron asignados códigos iguales, esto debido principalmente a la metodología adoptada (Pfasttter modificado para cursos de agua) y a la incorporación de nuevos cursos intermedios, que representan a lagos y lagunas, con el propósito de mantener la conexión de la red hidrica en los procesos de análisis.
- 8.1.4. El máximo nivel alcanzado en la codificación de los cursos de agua, respecto a los ámbitos administrativos, objeto del presente estudio, fue 12. Solamente los cursos de agua de la red hídrica de la Administración Local de Agua Tumbes alcanzaron el nivel 10 de codificación.
- 8.1.5. En cuanto a los tipos de cursos de agua, estos fueron definidos de acuerdo a la información presente en la Carta Nacional Topográfica 1:100.000, obteniéndose el resultado siguiente, considerando los cuatro ámbitos administrativos: 579 ríos (R), 4.293 quebradas (Q), 780 quebradas secas (QS), 138 lagunas (L) y 36 esteros (E).
- 8.1.6. La hidronimia asignada a los cursos de agua digitales proviene de la información hidronímica de la Carta Nacional Topográfica, logrando incorporar 1.058 elementos hidronímicos a la base de datos, agrupando un total de 3.093 cursos de agua.
- 8.1.7. Se empleó dos (02) criterios de clasificación ordinal de cursos de agua: Strahler y Shreve. En el primer caso, todas las redes hídricas alcanzaron el nivel 6, a excepción de la correspondiente a Chancay-Huaral que alcanzó el nivel 5. En cuanto a la clasificación de Shreve, el máximo valor acumulado obtenido fue 694, correspondiente a la red hídrica digital de la Administración Local de Agua San Juan, lo que indica que es la red hídrica de mayor densidad.
- 8.1.8. Los valores de las pendientes porcentuales promedio por ámbito administrativo, constituyen índices que puede ayudarnos a comprender el relieve en aquellas zonas de estudio. En Tumbes se obtuvo una pendiente promedio de 3.42%, en Chancay-Lambayeque 11.21%, en Chancay-Huaral 13.60% y en San Juan 14.28%. En consecuencia, aplicando la clasificación de pendientes que emplea el presente trabajo, se concluye que los ámbitos de

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

las Administraciones Locales de Agua Chancay-Lambayeque, Chancay-Huaral y San Juan poseen un relieve moderado a fuertemente inclinado, mientras que el relieve de la Administración Local de Agua Tumbes es plano a ligeramente inclinado.

- 8.1.9. En cuanto a la codificación de lagos y lagunas naturales y artificiales, se lograron codificar un total de 258 lagunas, la mayor parte de ellas (98%) son altoandinas de origen natural.
- 8.1.10. La información geoespacial raster de acumulación de flujo, obtenida de los modelos digitales de elevación, constituye un instrumento importante en el proceso de codificación integral de los cursos de agua, a través de la búsqueda y definición adecuada de los valores de umbral de acumulación, que posibilitaron alcanzar codificaciones hasta el nivel 12 de jerarquía.

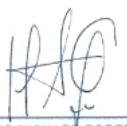
8.2 Recomendaciones

- 8.2.1. Recomendamos continuar con el proceso de actualización de unidades hidrográficas del Perú, cuya precisión requiere ser mejorada mediante la incorporación de información topográfica de mayor resolución espacial, obtenida mediante procedimientos tecnológicos de sensoramiento remoto de última generación.
- 8.2.2. Recomendamos que las experiencias técnicas contenidas en el presente documento, respecto a la codificación de cursos de agua superficial, sienten las bases del inventario Nacional de Fuentes de Agua para su posterior incorporación al Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos.
- 8.2.3. Recomendamos que el inventario Nacional de Fuentes de Agua, como base de datos de las fuentes de agua del territorio nacional, debe estar organizado de acuerdo a un modelo de base de datos geoespacial, diseñado e implementado para tal fin.

HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

BIBLIOGRAFÍA

- ArcGIS Resources. Ayuda de ArcGIS 10.1. Geodatabase. EEUU.
<http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#/na/003n000000100000/>
- ArcGIS Resources. Ayuda de ArcGIS 10.1. Crear una geodatabase de archivos desde el árbol de Catálogo. EEUU.
<http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#/na/003n0000002600000/>
- ArcGIS Resources. Ayuda de ArcGIS 10.1. Crear un dataset de entidad. EEUU.
<http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#/na/002300000002000000/>
- ArcGIS Resources. Ayuda de ArcGIS 10.1. Crear una topología. EEUU.
<http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#/na/006200000005000000/>
- ArcGIS Resources. Ayuda de ArcGIS 10.1. Validar una topología. EEUU.
<http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#/na/006200000006000000/>
- ArcGIS Resources. Ayuda de ArcGIS 10.1. Clasificación de Arroyos. EEUU.
<http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#/na/009z000000z3000000>
- ArcGIS Resources. Ayuda de ArcGIS 10.1. Redes Geométricas. EEUU.
[http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#/na/002r00000001000000/](http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#/na/002r00000001000000)
- Aster Global Digital Elevation Model (GDEM). Japón.
<http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/>
- ESRI. 2005. Cartografía Digital. EEUU.
- ESRI. 2006. Smooth Line. EEUU.
<http://webhelp.esri.com/>
- NIMA, ESRI. 1997. Digital Chart Of The World. EEUU.
<http://www.maproom.psu.edu/dcw>
- Ruiz, Rosa; Torres, Humberto; Aguirre, Mario. 2007. Memoria Descriptiva de la Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Perú. INRENA. Lima.
- Ruiz, Rosa; Torres, Humberto. 2008. Memoria Descriptiva de la Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas de Sudamérica. UICN. Quito.
- Ruiz, Rosa; Torres, Humberto. 2009. Memoria Descriptiva de la Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas de la Comunidad Andina. UICN. Quito.
- Ruiz, Rosa. 2010. Clasificación y Codificación de Cursos de Agua Superficial del Perú. ANA. Lima.
- The CGIAR Consortium for Spacial Information (CGIAR-CSI). EEUU.
<http://www.cgiar-csi.org/>
- World Wildlife Fund. 2006. HydroSHEDS. EEUU.
<http://www.worldwildlife.org/hydrosheds>


HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
 INGENIERO GEÓGRAFO
 Reg. CIP N° 70977

ANEXO A

Mapas de actualización de unidades hidrográficas



HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977

ANEXO B

Mapas de codificación de cursos de agua superficial



HUMBERTO RICHARD TORRES GIRALDO
INGENIERO GEÓGRAFO
Reg. CIP N° 70977