



**GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS
DPTO. DE ADMINISTRACION DE RECURSOS HIDRICOS**

INFORME FINAL

Redefinición de la clasificación red hidrográfica a nivel Nacional

REALIZADO POR:

CENTRO DE INFORMACION DE RECURSOS NATURALES, CIREN

S.D.T. N° 356

Santiago, diciembre de 2014

Ministro de Obras Públicas

Alberto Undurraga Vicuña

Director General de Aguas

Carlos Estévez Valencia

Jefe Depto. de Administración de Recursos Hídricos

Luis Moreno Rubio

Inspector Fiscal DGA

Waldo Contreras Valdés

Profesionales Participantes DGA

Nury Salazar Martínez - Geógrafo

Guillermo Tapia Molina - Cartógrafo

Carlos Guzmán Leiva - Geógrafo

Profesionales de CIREN

Jefe de Proyecto: Pedro Muñoz Aguayo - Geógrafo

José Luis Gómez - Ingeniero Civil Hidráulico

Juan Pablo Flores - Ingeniero Forestal

Isaac Ahumada - MSc. Ingeniero Forestal

Claudio Valdez - Cartógrafo

Rose Marie Letelier - Cartógrafo

Marcelo Retamal - Cartógrafo

Eduardo Martínez - Dr. Ingeniero Forestal

Héctor Sáez C. - MSc. Cartógrafo

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES GENERALES	5
2. OBJETIVOS	6
3. METODOLOGÍA	7
3.1. Área de estudio	7
3.2. Fuentes de información utilizadas	8
3.3. Método	9
3.3.1. Análisis de jerarquía hidrológica	10
3.3.2. Método de delimitación	11
Modelación hidrológica	11
Delimitación de cuencas en el límite internacional.	17
Delimitación de cuencas compartidas	18
Suavizamiento de las líneas modeladas por el computador	22
3.3.3. Mejoramiento de las Bases de datos y la codificación.	23
Sistema de codificación de las cuencas y sus subdivisiones	23
Bases de datos resultantes	24
3.3.4. Construcción de la Geodatabase.	25

Protocolo de Codificación UTF8	27
Metadata FGDC	28
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.	29
Atlas de las cuencas hidrográficas de Chile	31
Codificación cartográfica de las cuencas	34
5. PRODUCTOS ENTREGADOS	35
6. REFERENCIAS	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1 Área de estudio para el segundo prototipo metodológico	7
Figura N°2 Red hidrográfica de Chile, DGA 1978	8
Figura N°3 Resultados generales del modelo computacional	12
Figura N°4 Resultados del modelo computacional en zonas de valles	13
Figura N°5 Discordancia en zona de valle, entre el modelo y cuencas DGA	13
Figura N°6 Carta de flujos estándar	14
Figura N°7 Sub división propuesta	15
Figura N°8 Resultados de la aplicación de todos criterios hidrográficos	16
Figura N°9 Esquema que representa situación especial en el límite internacional	17
Figura N°10 Vista 2D, que representa situación especial en el límite internacional	18
Figura N°11 Cuencas compartidas de la Región de Antofagasta	19
Figura N°12 Detalles de flujos de las cuencas compartidas	20
Figura N°13 Flujos de las cuencas compartidas con Argentina	21
Figura N°14 Antes y el después del proceso de filtrado	22
Figura N°15 , Estructura de la Geodatabase de la VI región	26
Figura N°16 Subcuencas finales de la Región Metropolitana.	29
Figura N°17 Sub-subcuencas del Río Colorado Región Metropolitana	30
Figura N°18 Cuencas Nivel 4, afluentes de la cuenca nivel 3, Río Colorado	31
Figura N°19 Diseño de mapa regional de cuencas de la Región del Maule	32
Figura N°20 Hoja estadística regional del Atlas	33
Figura N°21 Codificación de Cuencas de Nivel 3 y Nivel 4 en el atlas	34
Figura N°22 Leyenda de los mapas para los códigos de las cuencas hidrográficas	35

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1 Presentación

El presente informe consiste en la segunda entrega a la Dirección General de Aguas (DGA) del Ministerio de Obras Públicas, de los resultados de la redelimitación de las cuencas hidrográficas y los subconjuntos que de ella derivan, a partir de la actual delimitación del Banco Nacional de Aguas, modificado por el Centro de Información de Recursos Naturales CIREN.

Para esto se aplicó una metodología *ad hoc* y consensuada con la DGA de tal forma que se obtuvo la nueva delimitación de las cuencas, subcuencas, sub-subcuencas y los niveles jerárquicos que correspondan. Los productos que se entregan son las cuencas redelimitadas del territorio nacional, contenidas en una geodatabase; un prototipo impreso y digital del atlas de cuencas en formato papel doble carta.

2. OBJETIVOS DE LA PROPUESTA

2.1 Objetivo General

Redefinir la clasificación de la red hidrográfica de Chile, utilizando conceptos de hidrología de superficie y de geomática para todo el territorio nacional .

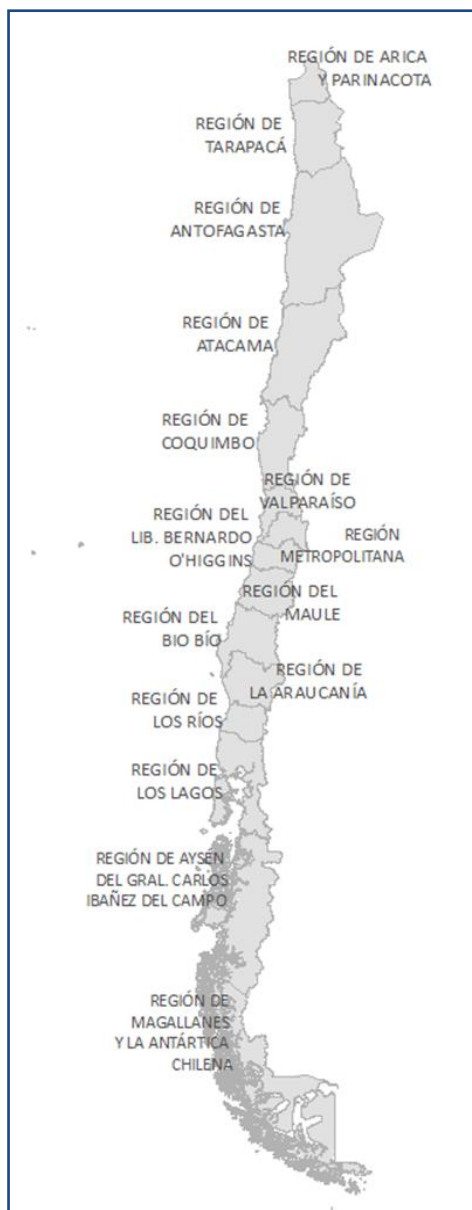
2.2 Objetivos Específicos

- Generar una metodología de delimitación de cuencas en Chile y los subconjuntos que de ella deriven, a escala de trabajo 1: 35.000 y la codificación de cuencas, subcuencas y sub-subcuencas, de Chile.
- Mejorar y completar las Bases de Datos del Banco Nacional de Aguas para todo Chile.
- Construir Geodatabase de la información de las cuencas y sus subunidades para el territorio nacional.
- Elaborar un Anexo Cartográfico de las Cuencas de Chile, que muestre la delimitación de cuencas, subcuencas, sub-subcuencas y los niveles jerárquicos correspondientes.

3. METODOLOGÍA

3.1. Área de estudio

El área de estudio para la redefinición de la clasificación de la red hidrográfica de esta segunda entrega, corresponde al territorio continental ocupado por las 15 Regiones del país. Dicha área contempla la redefinición de los límites de las 101 cuencas, 491 subcuencas y 1481 sub-subcuencas de aguas superficiales asociadas a su respectiva red de drenaje.



La actual delimitación de cuencas corresponde a la delimitación oficial administrativa de la DGA, la cual además tiene una correspondencia con el sistema del Banco Nacional de Aguas (BNA), que almacena toda la información de la red hidrométrica nacional, situación por la cual son llamadas en términos informales como “Cuencas BNA”. Esta definición de cuencas ha sido ampliamente difundida a otras instituciones, usuarios internos DGA, empresas privadas y público en general (DGA, 2013).

Figura N°1 Área de estudio para el segundo prototipo metodológico de la redefinición de la red de cuencas en Chile.

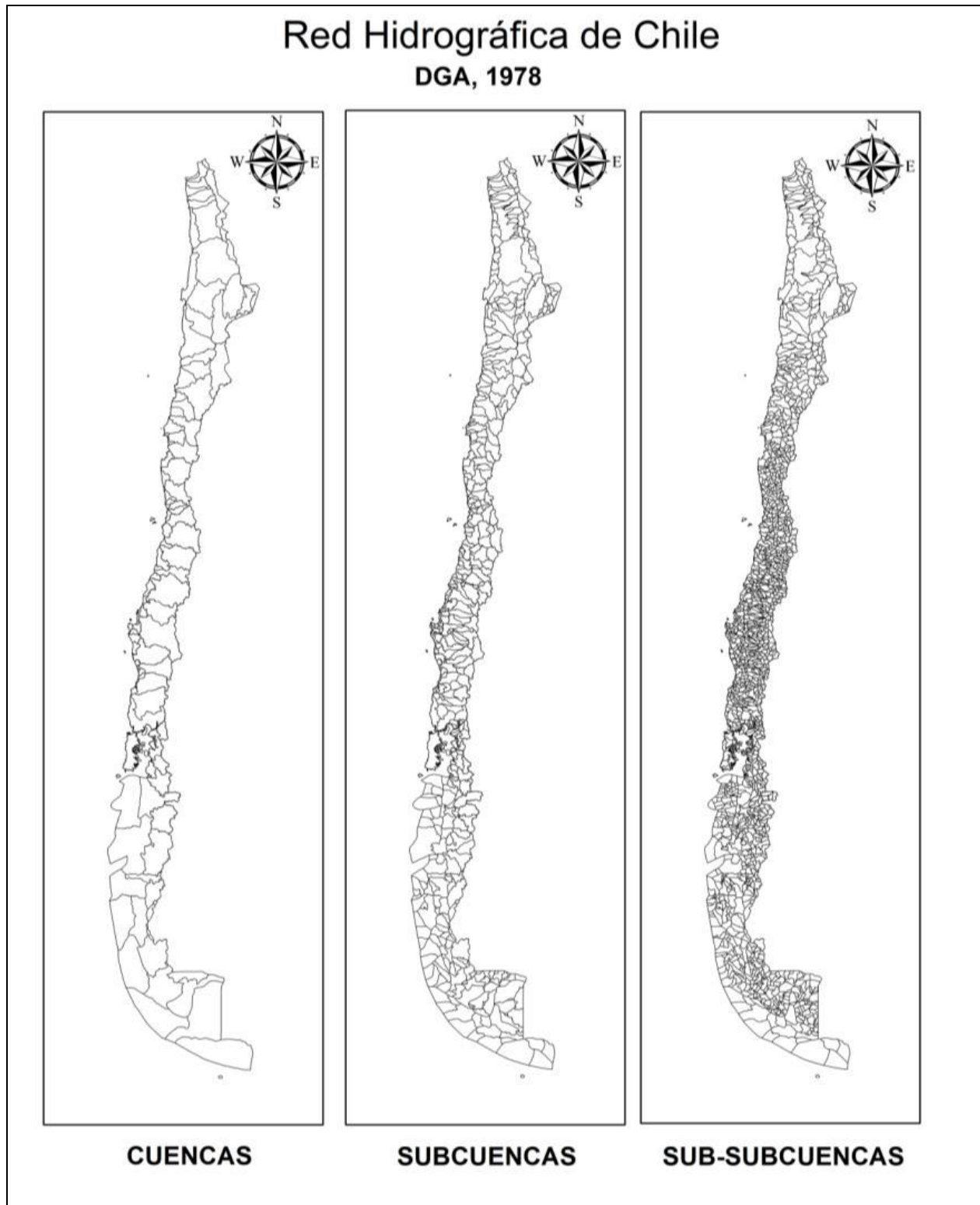


Figura N°2 Red hidrográfica de Chile, DGA 1978

3.2. Fuentes de información utilizadas

La base topográfica utilizada para realizar los modelamientos hidrográficos, fue el modelo digital de elevación ASTER GDEM V.2, cuyo pixel es de 30 m. y declara una precisión vertical de 10 m. y una horizontal de 20 m.

Además se utilizó la red de drenaje del IGM, escala 1:50.000, en formato digital, para verificar la coherencia de los modelos.

Otra fuente, muy útil para la tarea anterior fueron las imágenes Landsat 8, año 2013/2014, en fusiones de 15 m. por pixel, con las cuales se logra una visualización 1:30.000. Estas imágenes se descargan del sitio www.Earthexplorer.com y vienen procesadas con correcciones geométricas y ortorrectificadas.

3.3. Método

Objetivo 1: Generación de una metodología de delimitación de cuencas Chile y los subconjuntos que de ella deriven, a escala de trabajo 1: 35.000 y la codificación de cuencas, subcuencas y sub-subcuencas.

La metodología propuesta, contempla dos procesos simultáneos de modelación, a saber; el análisis de jerarquización hidrológica de la red de drenaje superficial y la delimitación de cuencas hidrográficas para todo el territorio nacional. Se utilizan conceptos de hidrología de superficie y geomática avanzada.

3.3.1. Análisis de jerarquía hidrológica

La jerarquización de la red de cuencas hidrográficas planteada para este estudio siguió las bases metodológicas de dos fuentes de información, la primera de ellas la "GUÍA ANÁLISIS Y ZONIFICACIÓN DE CUENCAS

HIDROGRÁFICAS PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL” elaborado por la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo el año 2013. Este documento presenta la clasificación de cuencas en base al trabajo realizado por el Instituto Geográfico Militar (1984, “Hidrografía Volumen VIII Geografía de Chile), donde se la jerarquización es por orden (n); cuencas, subcuencas y sub-subcuencas.

Tabla 1. Clasificación y definición jerárquica de una cuenca hidrográfica.

Nivel jerárquico o numero de orden	Clasificación contextual	Descripción y ejemplos
Cuenca	Tamaño según superficie	Área geográfica cuyas aguas superficiales y subterráneas drenan o vierten a una red hidrográfica común y finalmente hacia un curso mayor o principal que desemboca en el mar o lago
Subcuenca	De “n” orden	Subdivisión al interior de una cuenca para denominar a la superficie de menor jerarquía u orden que realiza el drenaje por un tributario del curso principal.
Sub-subcuenca (microcuenca)	De “n” orden	Subdivisión al interior de una subcuenca, para delimitar las unidades hidrográficas más pequeñas dentro de una cuenca principal.

Fuente: Subdere (2013) en base a IGM 1984 Hidrografía Volumen VIII Geografía de Chile;

Y la segunda fuente es el método de jerarquización basado en la ordenación de las corrientes y en el área de unidad hidrográfica (cuenca y sus subdivisiones). En general, la metodología propuesta sigue los lineamientos de la clasificación de Strahler, en que los segmentos de cabecera más

pequeños son asignados con orden 1. El orden aumenta río abajo en 1, siempre que 2 corrientes de igual orden se unan. Por ejemplo, dos corrientes de orden 2 se unen para formar una corriente de orden 3. Pero el orden de los números no aumenta cuando una corriente de orden mayor es unida a una corriente de orden menor.

3.3.2. Método de delimitación

Modelación hidrológica

Para la delimitación de cuencas de Chile, resultó necesario contar con un Modelo de Elevación Digital de mediana resolución y la red de drenaje Chile (Fuente: Instituto Geográfico Militar de Chile) Se utilizó el modelo de elevación digital obtenido del Modelo Digital de Elevación Global, generado por el sensor Aster de Japón, llamado oficialmente ASTER global digital elevation model V002 (ASTGTM), disponible en formato raster y cuya resolución es de 30m x 30m por pixel. Se distribuye en cuadrángulos de 1° X 1° (111,11Km x 111,11Km aprox.), en formato GeoTiff o Tiff Georreferenciado, en coordenadas geográficas Lat/Long, con Datum WGS 84 HUSO 19 PROMEDIO.

El proceso de modelación de cuencas hidrográficas calcula las direcciones locales del flujo y la gradual acumulación de agua moviéndose hacia abajo por las laderas a través del paisaje. Desde estos resultados intermedios el proceso después calcula la red de corriente y los límites entre cuencas hidrográficas, las áreas drenadas por sistemas de corriente particulares. Las cuencas hidrográficas pueden ser además subdivididas dentro de cuencas asociadas con ramificaciones particulares de la red de corrientes. La red del camino del flujo, los límites de las cuencas hidrográficas, y las cuencas son creadas como objetos vectoriales temporales.

Para el modelado de las cuencas hidrográficas, se definieron distintos parámetros de entrada, para la aplicación del algoritmo de determinación de cuencas. Se consideró como parámetros adecuados, aquellos que permiten visualizar cartográficamente las cuencas de relieves escarpados a una escala 1: 35.000. Se estableció que el parámetro de modelación de microcuencas y drenaje del software TNTmips, sería "cuenca estándar = 368.4 ha" en el caso de la primera iteración, cuyo objetivo es duplicar el trazado de las cuenca DGA.

Este ejercicio nos permitió detectar inconsistencias en el trazado de las cuencas. Se detectó que en algunos casos, estas inconsistencias se debían a errores en la jerarquía hídrica, en otros, al cambio de escala, desde IGM 1:50.000 a DEM Aster 1:30.000.

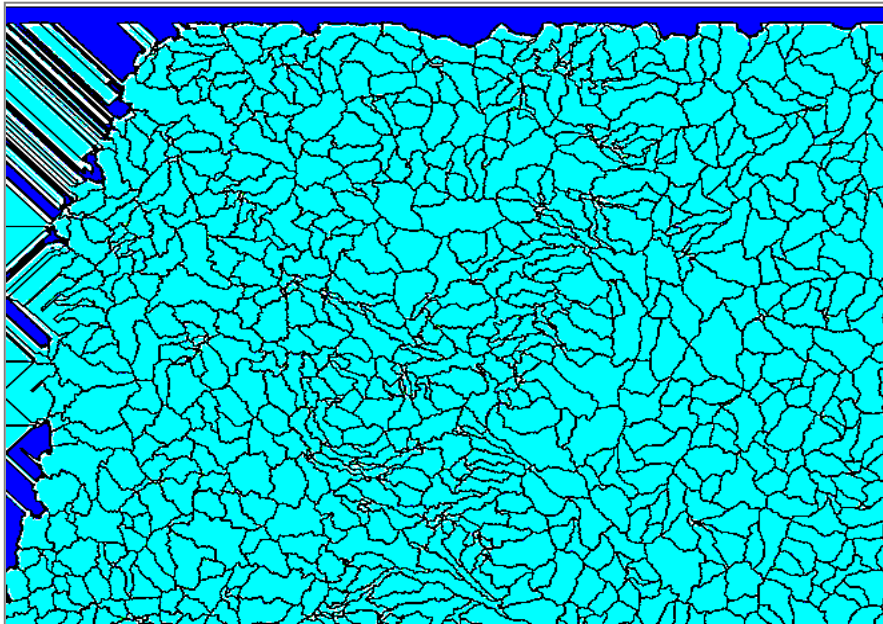


Figura N°3 Resultados generales del modelo computacional en la definición de cuencas hidrográficas. (VI Región de Chile)

En la figura N°3, se puede apreciar el resultado del modelo elaborado por el software TNTmips® (Microimages), en que los polígonos representan

cuencas sin jerarquía, pero de correcto trazado hidrográfico. La revisión se produce al superponer las cuencas DGA.

Por otra parte, los resultados de la modelación matemática de los flujos en las zonas planas o de fondos de valle, pueden presentar errores, por cuanto la resolución espacial del modelo ASTER no permite mayor discriminación de altitud. Esto muestra una topografía poco clara o marcada, donde la línea resultante no tendría validez hidrográfica, e incluso flujos dominantes son alterados antrópicamente por la red de canales de riego y sanitarios. (Ver figura N°4).

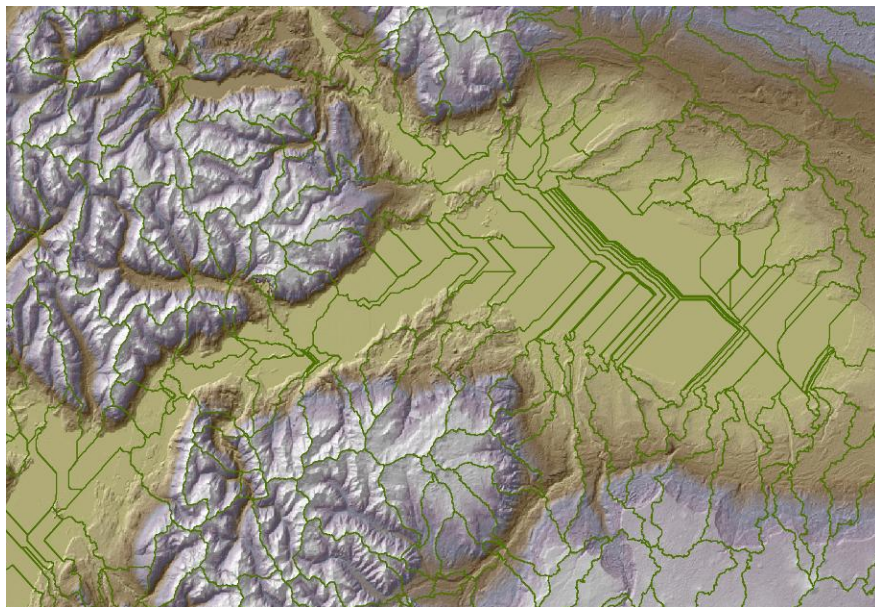


Figura N° 4 Resultados del modelo computacional en zonas de valles

Por lo tanto, en concordancia con la DGA, se respetó mayoritariamente el trazado de las líneas que aparecen en el mapa original (1978) de cuencas de la Dirección General de Aguas de Chile. Un ejemplo de esta situación se puede apreciar en la figura N°5. Sólo en situaciones de discordancia topográfica se hicieron pequeñas correcciones, utilizando imágenes

satelitales Landsat 8 (fusionadas con la banda pancromática de 15 m), de los años 2013/2014.

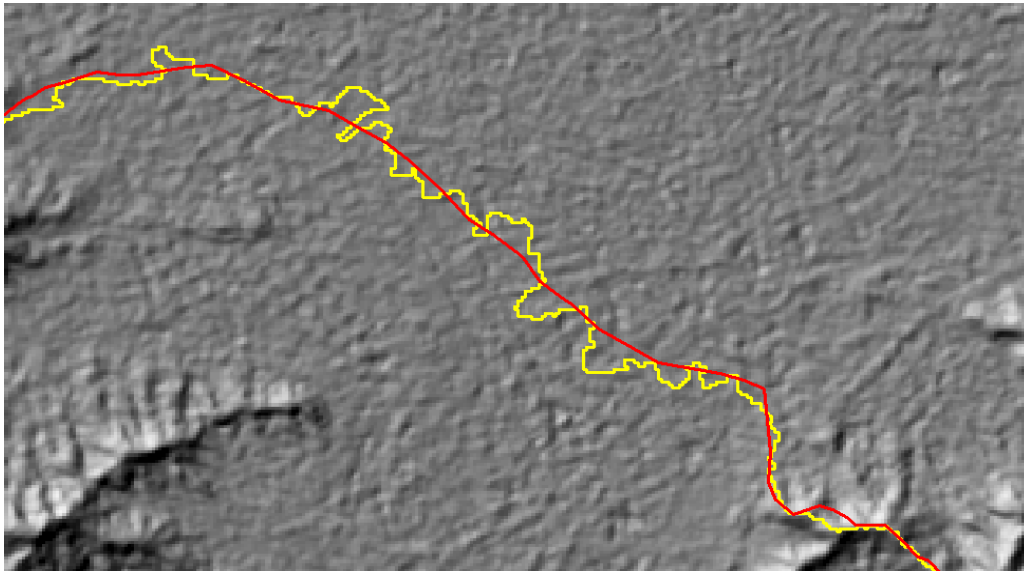


Figura N°5 Discordancia en zona de valle, entre el modelo y cuencas DGA.

Otro criterio que se utilizó para definir el correcto trazado de los límites de las cuencas, subcuencas y sub-subcuencas, fue el análisis del flujo hídrico, este criterio consiste en tomar la carta de flujos estándar (que calcula el programa utilizado el DEM ASTER), e identificar los aporte más relevantes de un sistema hídrico local, el que es delimitado y jerarquizado dentro del criterio DGA. (ver figura N°6).

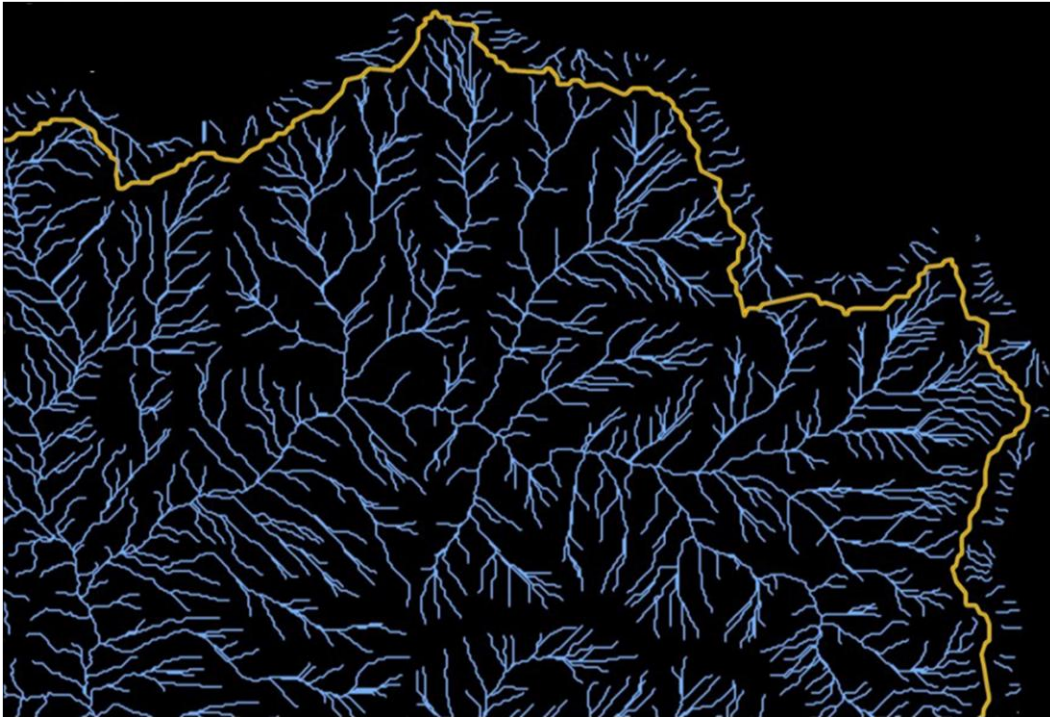


Figura N°6 Carta de flujos estándar, la que se utiliza para determinar la correcta separación entre una cuenca y otra.

De común acuerdo con la DGA, se determinó que existen zonas en las que se debería subdividir espacialmente el nivel jerárquico, sub-subcuenca. Los criterios para realizar esta operación son, primero "acceso al agua", es decir, en extensas zonas homogéneas, desde el punto de vista hídrico; Segundo, separar áreas que posean dos sistemas de esteros. Por ejemplo, esta situación se presentó en la VI Región, en las zonas costeras. (ver figura N°7).

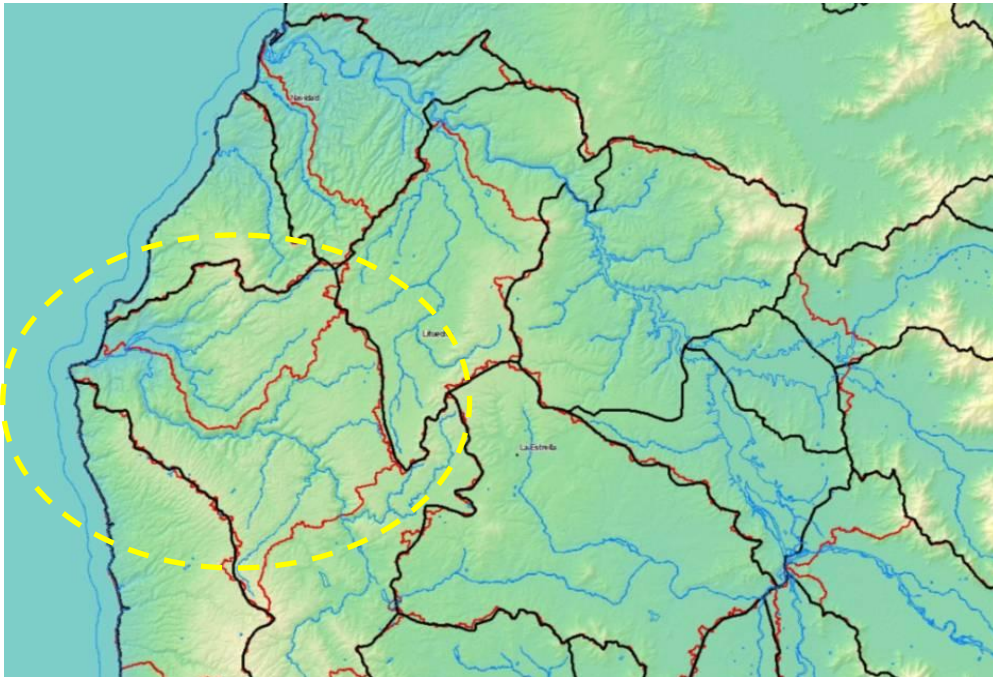


Figura N°7 Sub división propuesta, se aprecian las cuencas DGA en negro y en rojo la subdivisión propuesta, usando el criterio de “acceso al agua”

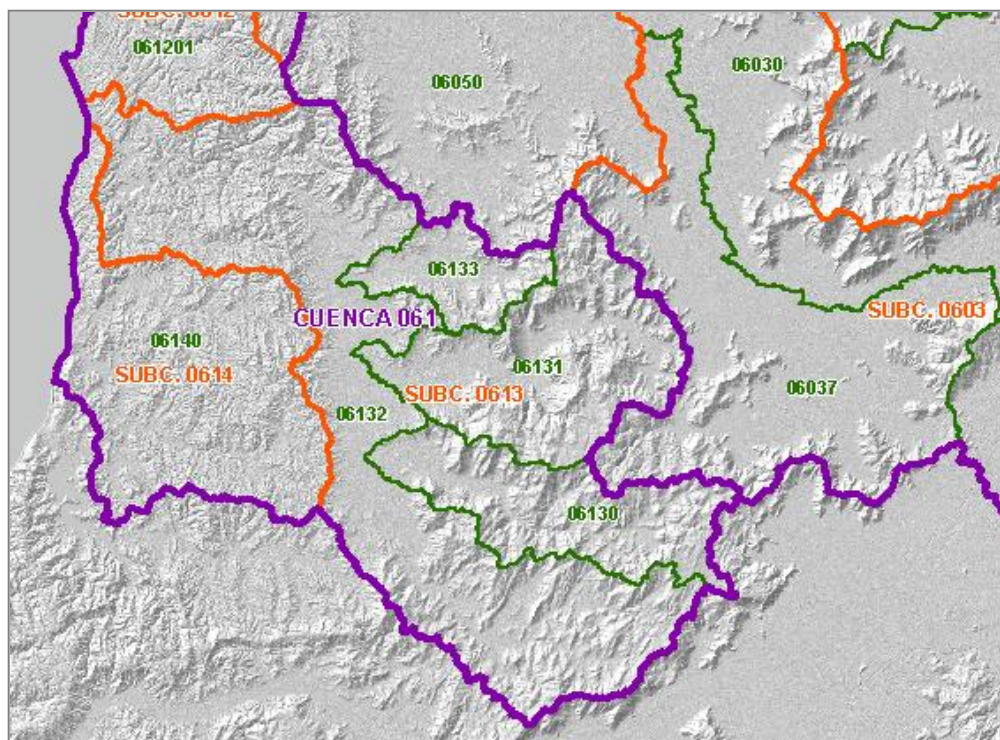


Figura N°8 Resultados de la aplicación de todos criterios hidrográficos.

En la figura N°8, se aprecia el resultado de la aplicación de todos criterios hidrográficos mencionados, para la redefinición de nuevas subsubcuencas, en que la sub-subcuenca 06132, ahora desemboca en el mar y las 06130, 31 y 33 son afluentes de la 06132.

Delimitación de cuencas en el límite internacional.

Al realizar los trazados en las zonas que coinciden con el límite internacional, se comprobó que la topografía representada por el DEM ASTER es más detallada que la topografía representada en las cartas de curvas de nivel del IGM 1:50.000, poniendo en evidencia que en ciertas situaciones la línea de las cuencas se aleja del límite internacional, siendo que por definición en la zona central del país, este límite obedece a las "más altas cumbres que separan aguas" y las líneas deberían coincidir. En la figura N°9 y N°10, se grafica la situación antes mencionada, donde la línea modelada por el computador, en que se utilizó el DEM ASTER, es la correcta. En las cartas IGM esta situación es indetectable debido a la escala.

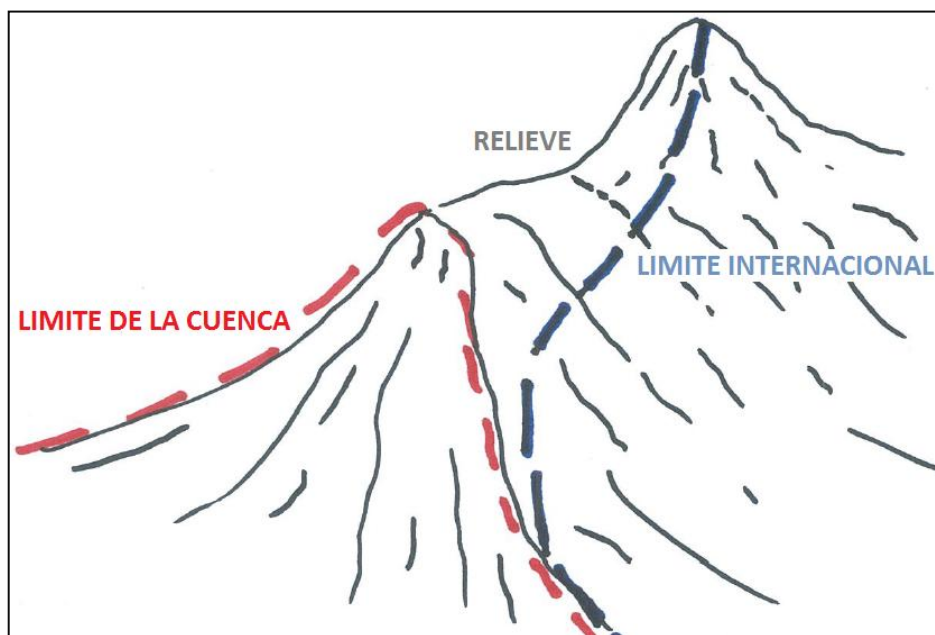


Figura N°9 Esquema que representa situación especial en el límite internacional.

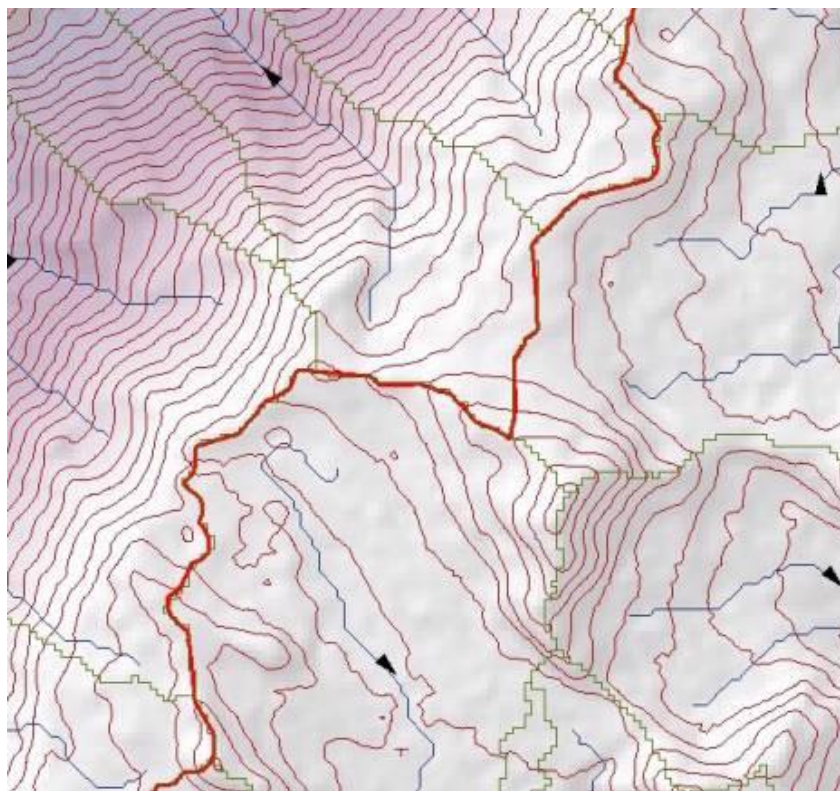


Figura N°10 Vista 2D, que representa situación especial en el límite internacional.

Delimitación de cuencas compartidas

Este concepto de cuencas compartidas, se refiere a cuencas que hidrográficamente cruzan los límites internacionales, pudiendo verter sus aguas hacia Chile como al país limítrofe. En la Figura N°11, se aprecia esta situación para la región de Antofagasta, donde el límite internacional está en color negro y las subdivisiones de las cuencas en rojo.

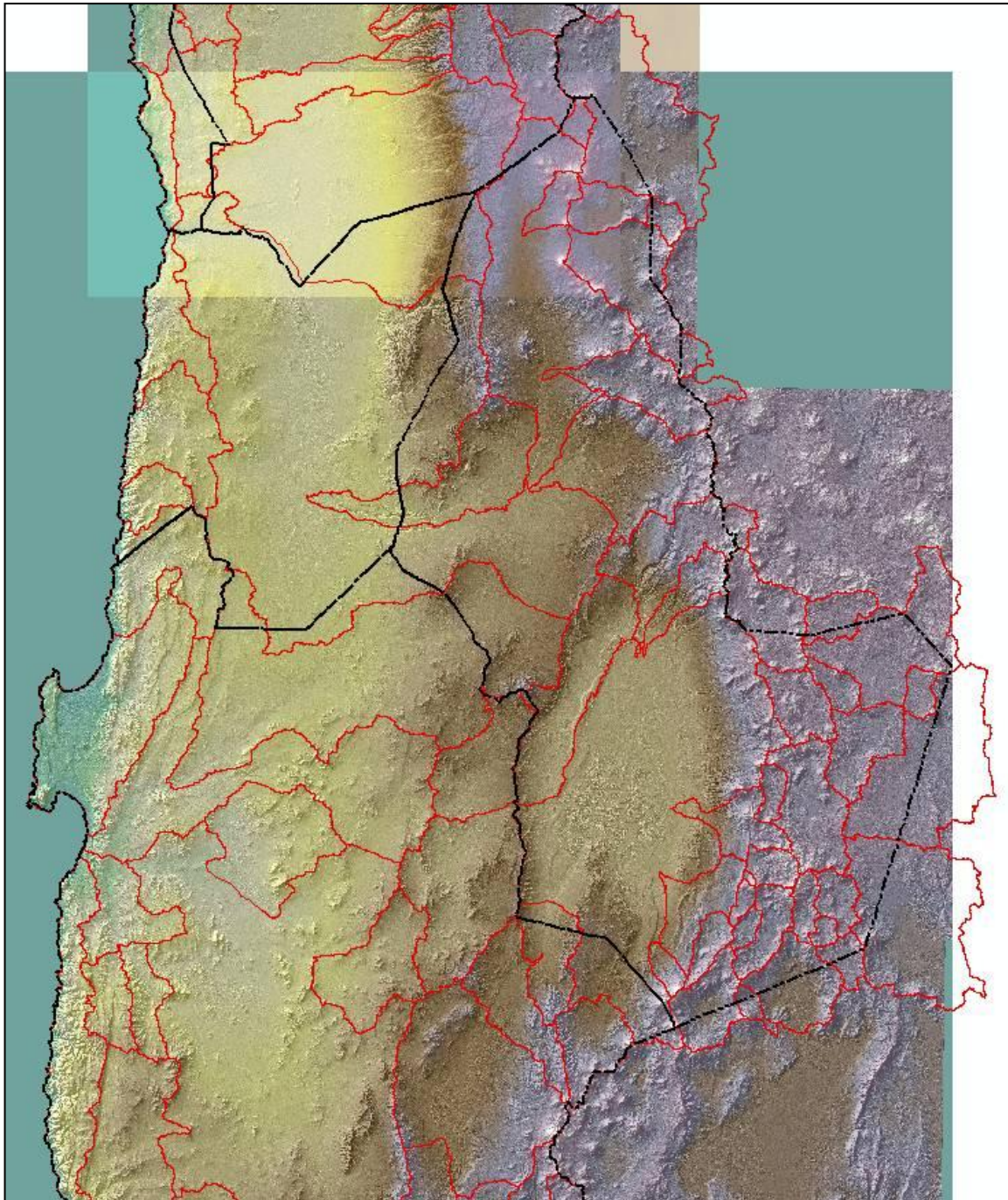


Figura N°11 Cuencas compartidas de la Región de Antofagasta.

En el estudio se analizaron los flujos de estas cuencas y se asignó a la base de datos su condición y si desaguan hacia Chile o no. En la figura N°12 se aprecia un detalle de esta situación, en que una cuenca aporta caudales hacia Chile.

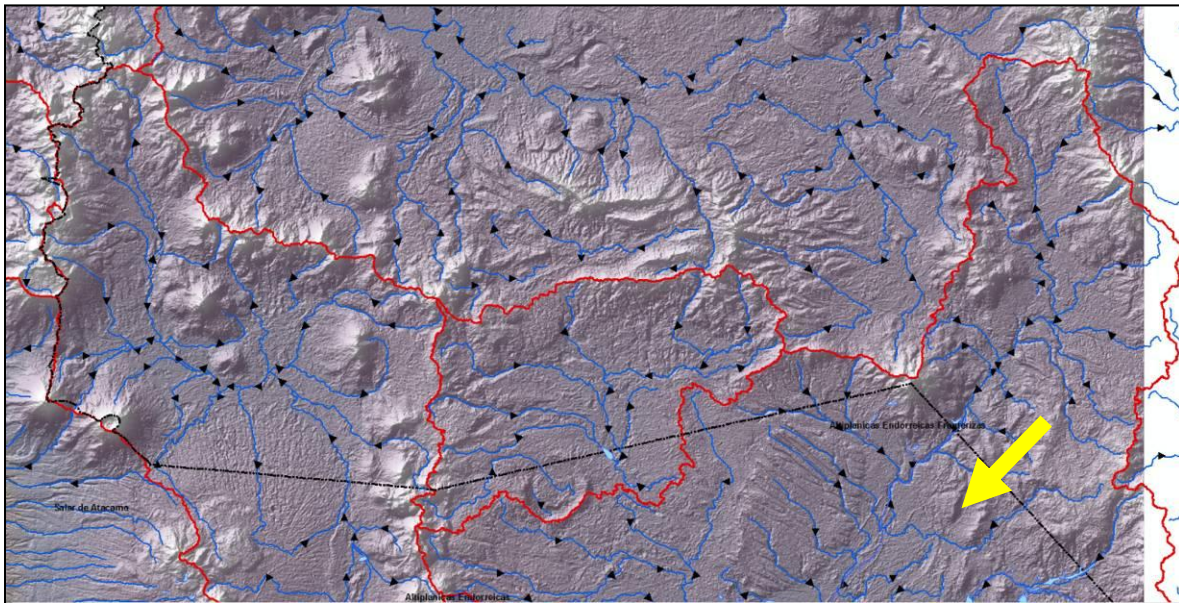


Figura N°12 Detalles de flujos de las cuencas compartidas

En la Región de Los Lagos, se da otro ejemplo de cómo una cuenca de Argentina aporta caudales hacia Chile. (ver imagen N°13).

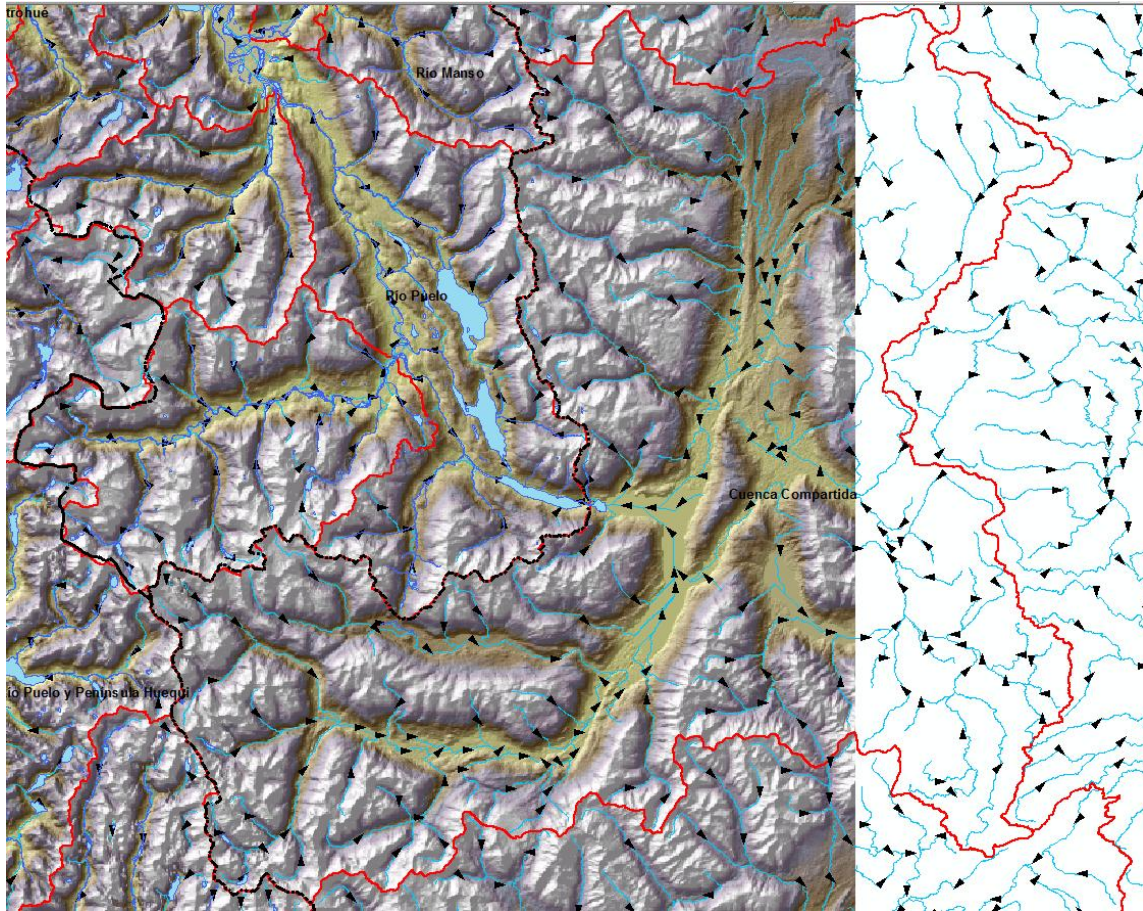


Figura N°13 Flujos de las cuencas compartidas con Argentina

Suavizamiento de las líneas modeladas por el computador.

Debido a que la fuente de información utilizada para modelar las cuencas hidrográficas, es de tipo raster o matricial, la línea resultante es escalonada ya que el trazado va por el borde de los píxeles. Para resolver este problema, se procedió al suavizado de la misma, aplicando filtros SIG para tal fin (Figura N° 14).

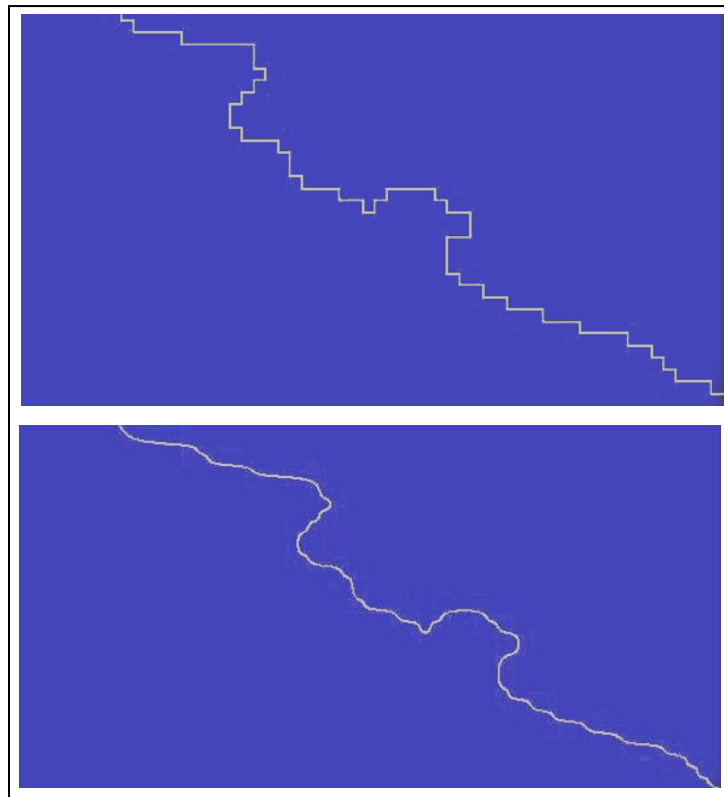


Figura N°14 Antes y el después del proceso de filtrado.

3.3.3. Mejoramiento de las Bases de datos y la codificación BNA.

Este objetivo se orienta a mejorar ciertos aspectos de las bases de datos, que no cambian la esencia de ellas, pero si la mejoran: homogenizar nombres, no hacer abreviaciones de ellos e incorporar nuevos campos que puedan ayudar a los usuarios, por Ejemplo: desembocadura principal, es decir si esta es sobre un río, océano o lago; si son de vertiente pacifica, atlántica o endorreica; si son compartidas con el país vecino; región principal; población que contienen, etc.

Sistema de codificación de las cuencas y sus subdivisiones

En la recodificación de las nuevas unidades hidrográficas que este estudio determinó, se utilizó el sistema de codificación y los criterios del estudio "Clasificación de cuencas hidrográficas de Chile" DGA de 1978. Esta codificación se expresa de la siguiente manera:

01	02	03	01	02	2	0	8
<i>Región</i>	<i>Cuenca</i>	<i>subcuenca</i>	<i>Sub-subcuenca</i>	<i>Nivel 4</i>	<i>Nivel 5</i>	<i>Nivel 6</i>	<i>Nivel 7</i>

En otras palabras, dos dígitos para codificar la Región (01 a 15); dos para codificar las Cuencas de cada Región (0 a 99); dos para numerar las Subcuencas dentro de cada Cuenca (0 a 99); dos dígitos para codificar las Sub-subcuencas dentro de cada Subcuenca (0 a 99); dos dígitos para numerar los afluentes directos de cada Sub-subcuenca, en el nivel 4 de jerarquía (0 a 99); un dígito para el nivel 5 de jerarquía, es decir los afluentes del nivel 4 (0 a 9); un dígito para los afluentes del nivel 5 (nivel 6 de 0 a 9) y así sucesivamente, se asigna un dígito por cada nivel nuevo en la jerarquía, pudiendo llegar a "nivel 9". De esta forma es posible saber en cuál cuenca u otro nivel, desaguan los afluentes.

Bases de datos resultantes

La base de datos resultante está compuesta 12 campos de información alfanuméricos. A cada unidad de cuenca, se les asignó los códigos de base de datos y los atributos, como se describen en la siguiente tabla 2.

Tabla 2. Campos de información del archivo de cuencas

CAMPO	DESCRIPCIÓN
CODIGO	Corresponde al código BNA único para cada cuenca, subcuenca y sub-subcuenca.
NOMBRE	Nombre de la unidad descrita.
TIPOLOGÍA DE CUENCA	Indica el tipo de cuenca dependiente de su régimen hídrico como arreica, exorreica, endorreica y su posición topográfica como andina, preandina y costera.
VERTIENTE DE CUENCA	Señala hacia donde drena la cuenca; atlántico o pacífico.
ORIGEN CUENCA	Corresponde al tipo de génesis de la cuenca, si es nival, pluvial o mixta.
TEMPERATURA MEDIA ANUAL	Este valor se obtiene a partir del promedio de las temperaturas medias registradas en cada uno de los doce meses del año. Valor expresado en grados Celsius.
TEMPERATURA MÁXIMA	Es el valor en grados Celsius correspondiente a la temperatura más alta alcanzada en el mes más cálido.
TEMPERATURA MÍNIMA	Es el valor en grados Celsius correspondiente a la temperatura más baja alcanzada en el mes más frío.
PRECIPITACIÓN ANUAL	Es la acumulación de agua lluvia caída durante los doce meses del año expresada en milímetros.
Nº ESTACIONES FLUVIOMETRICAS	Cantidad de estaciones fluviométricas que se encuentran en cada sub-subcuenca.
Nº ESTACIONES PLUVIOMETRICAS	Cantidad de estaciones meteorológicas que contiene cada sub-subcuenca.
SUPERFICIE	Corresponde al valor del cálculo del área de cada unidad territorial expresada en hectáreas.

En las cuencas BNA, se observaron casos en los que desde el nivel de cuenca se profundiza al nivel de sub-subcuenca sin pasar por el nivel intermedio de subcuenca, ante estas situaciones se optó por subir un nivel y llevar dichas sub-subcuencas a subcuencas, con la información que implica la base de datos propuesta.

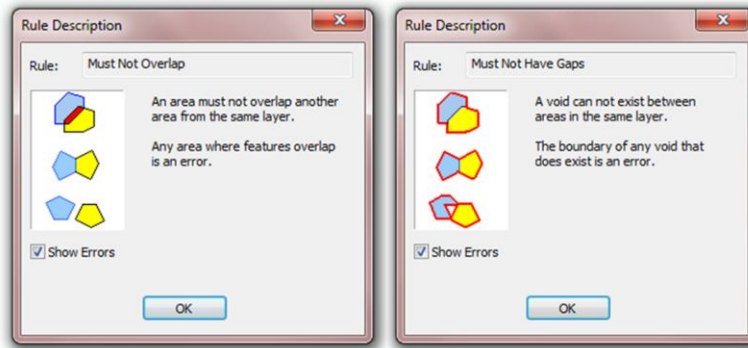
3.3.4. Construcción de la Geodatabase.

Se entenderá por una geodatabase como una colección de "dataset" geográficos de varios tipos contenida en una carpeta de sistema de archivos común y una base de datos relacional multiusuario.

Para el cumplimiento de este objetivo, se construyó una Geodatabase denominada "DGA GDATABASE.GDB". La geodatabase construida contiene tanto las coberturas de información solicitadas en topología de polígonos (cuencas, subcuencas y sub-subcuencas), topología de líneas, las reglas de representación y los parámetros geodésicos solicitados por contrato.

Como primera etapa fue diseñada una file geodatabase que alojar los resultados de la modelación y edición de las cuencas, subcuencas y sub-subcuencas delimitadas, de manera de cumplir con los estándares de sistema establecidos por la unidad SIG de la Dirección General de Aguas.

Para ello se construyó una File Geodatabase que permite cargar datos, hasta por 256 terabytes, esto permitirá al sistema ir incorporando nuevos dataset robusteciendo el sistema. Escalando, aún después de concluido el proyecto, hemos denominado tentativamente "DGA Geodatabase.gdb". Luego los datos fueron bifurcados en dos dataset de que replican los datos con diferentes husos horarios 18 y 19, que llevan por nombre VI_HUSO 18 y VI_HUSO 19. Para cada "dataset" existe un inspector topológico con reglas para la sobre posición de polígonos y detección de áreas vacías.



Se entenderá una geodatabase como una colección de “dataset” geográficos de varios tipos contenida en una carpeta de sistema de archivos común y una base de datos relacional multiusuario.

Conforme a lo establecido en las bases del proyecto, las coberturas de polígonos fueron transformadas a líneas conservando su base de datos original.

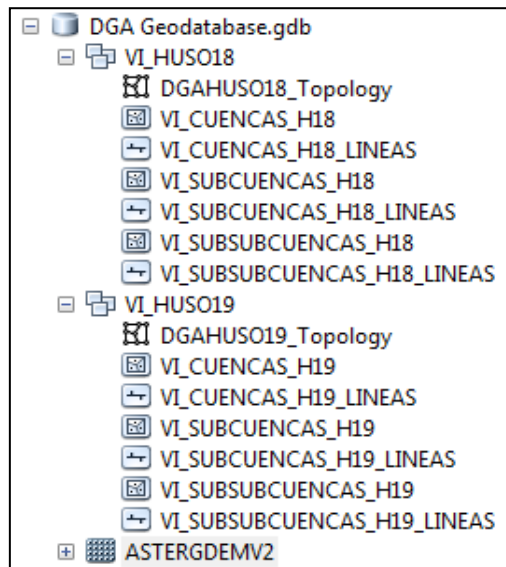


Figura N°15, Estructura de la Geodatabase de la VI región

La geodatabase construida corresponde a una estructura de datos nativa para ArcGIS y es el formato de datos principal que se utiliza para la edición y

administración de datos. A continuación, se presenta una imagen de la estructura.

Protocolo de Codificación UTF8

La Geodatabase (*.GDB) debe cumplir con el protocolo de codificación UTF-8 (8-bit Unicode Transformation Format) es un formato de codificación de caracteres Unicode e ISO 10646 utilizando símbolos de longitud variable. UTF-8. Está definido como estándar por la RFC 3629 de la Internet Engineering Task Force (IETF).¹

Su principal beneficio es la eliminación de ruidos por conceptos de tildes y eñes, que ArcGis suele transformar a caracteres erróneos en la base de datos, sobre todo al momento de publicar los datos en la web. Pero también existen otras ventajas:

- Es capaz de representar cualquier carácter Unicode.
- Usa símbolos de longitud variable (de 1 a 4 bytes por carácter Unicode).
- Incluye la especificación US-ASCII de 7 bits, por lo que cualquier mensaje ASCII se representa sin cambios.
- Incluye sincronía. Es posible determinar el inicio de cada símbolo sin reiniciar la lectura desde el principio de la comunicación.

Estas características lo hacen atractivo en la codificación de correos electrónicos y páginas web.^{2 3} El IETF requiere que todos los protocolos de Internet indiquen qué codificación utilizan para los textos y que UTF-8 sea una de las codificaciones contempladas.⁴ El Internet Mail Consortium (IMC) recomienda que todos los programas de correo electrónico sean capaces de crear y mostrar mensajes codificados utilizando UTF-8.⁵

Metadata según estándar FGDC

Los Metadatos geospaciales son utilizados para documentar los recursos digitales geográficos tales como los Sistema de Información Geográfica (SIG), bases de datos geospaciales, y las imágenes satelitales .

Un registro de metadatos geospaciales incluye un resumen de elementos del catálogo, como Título, Resumen y datos de publicación; elementos geográficos tales como Magnitud geográfica y Proyección Información, y base de datos. Elementos como definiciones de atributos de etiquetas y valores de los atributos de dominio.

Por tanto la GDB ha sido estructurada siguiendo los estándares FGDC (Federal Geographic Data Committee) que describe geoespacialmente metadatos como un archivo de información, como un documento XML, que captura las características básicas de un recurso de datos o información. Representa, quién, qué, cuándo, dónde, por qué y cómo del recurso.

La creación de geodatabases proporciona la lógica de aplicación que utiliza ArcGIS para acceder y trabajar con todos los datos geográficos en una variedad de archivos y formatos.

4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En el tema de jerarquización de cuencas, como ejemplo, podemos apreciar los resultados de la Región Metropolitana, donde se modificaron las subcuencas de la DGA, eliminando la división entre Mapocho Alto y Mapocho Bajo, dejando solo una subcuenca, como corresponde según el análisis hidrográfico de la cuenca del Maipo. (ver Figura N°16).

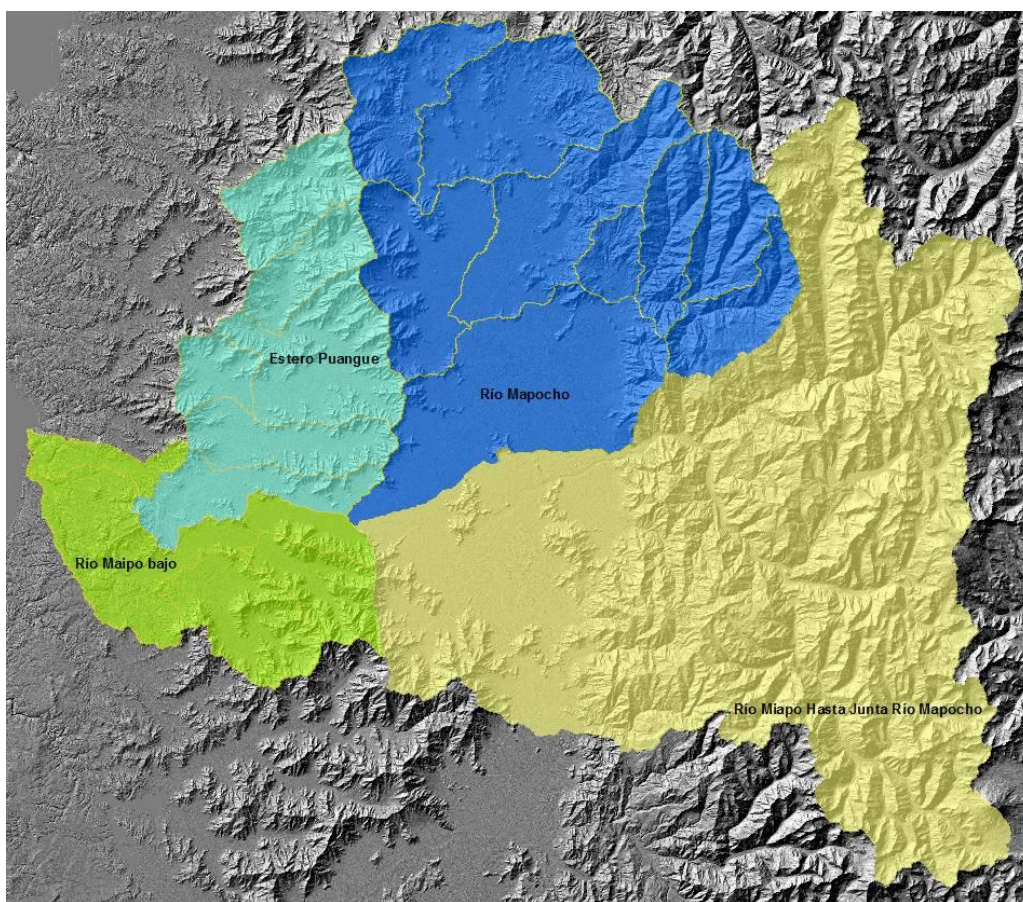


Figura N°16 Subcuencas finales de la Región Metropolitana.

Dentro de la Región Metropolitana, en caso de la sub-subcuenca del Río Colorado, que pertenece al tercer nivel de jerarquía, está subdividida en cuatro partes que pertenecen a los niveles 3, 4 y 5 de nivel de jerarquía, debido a que estos son afluentes de la sub-subcuenca Río Colorado. Esta situación se aprecia en las figuras N° 17 y 18.

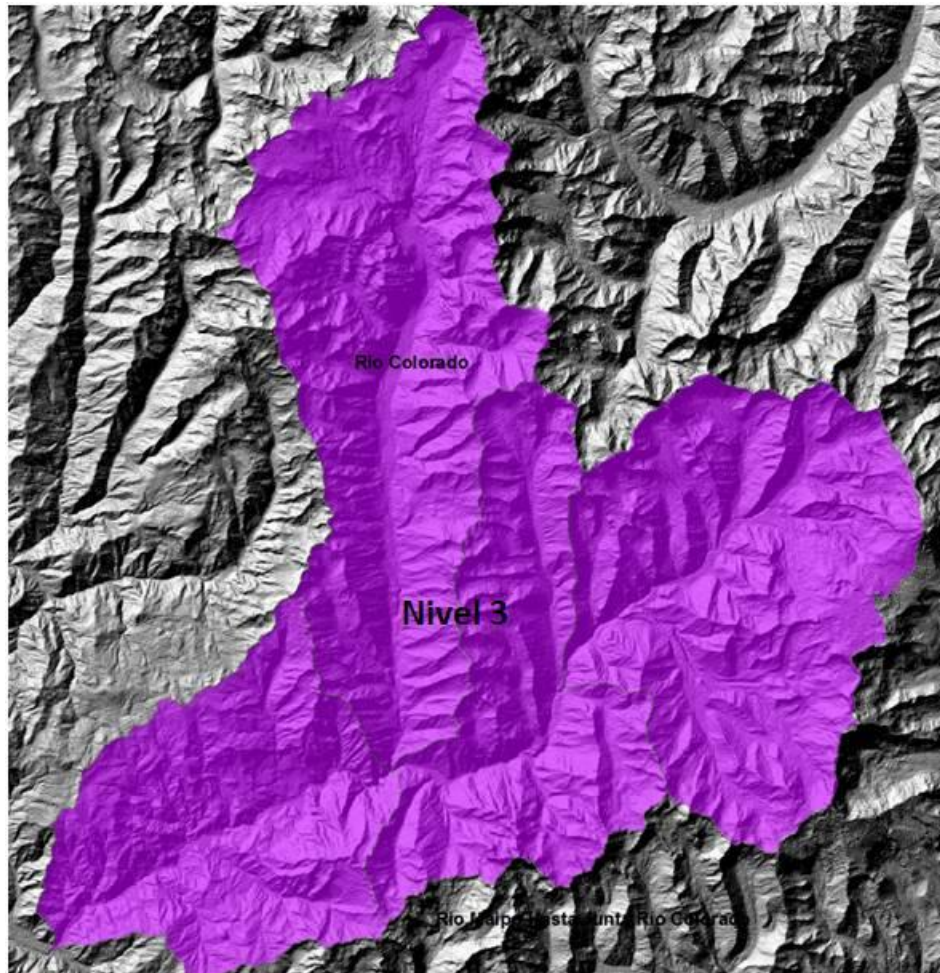


Figura N°17 Sub-subcuencas del Río Colorado Región Metropolitana.

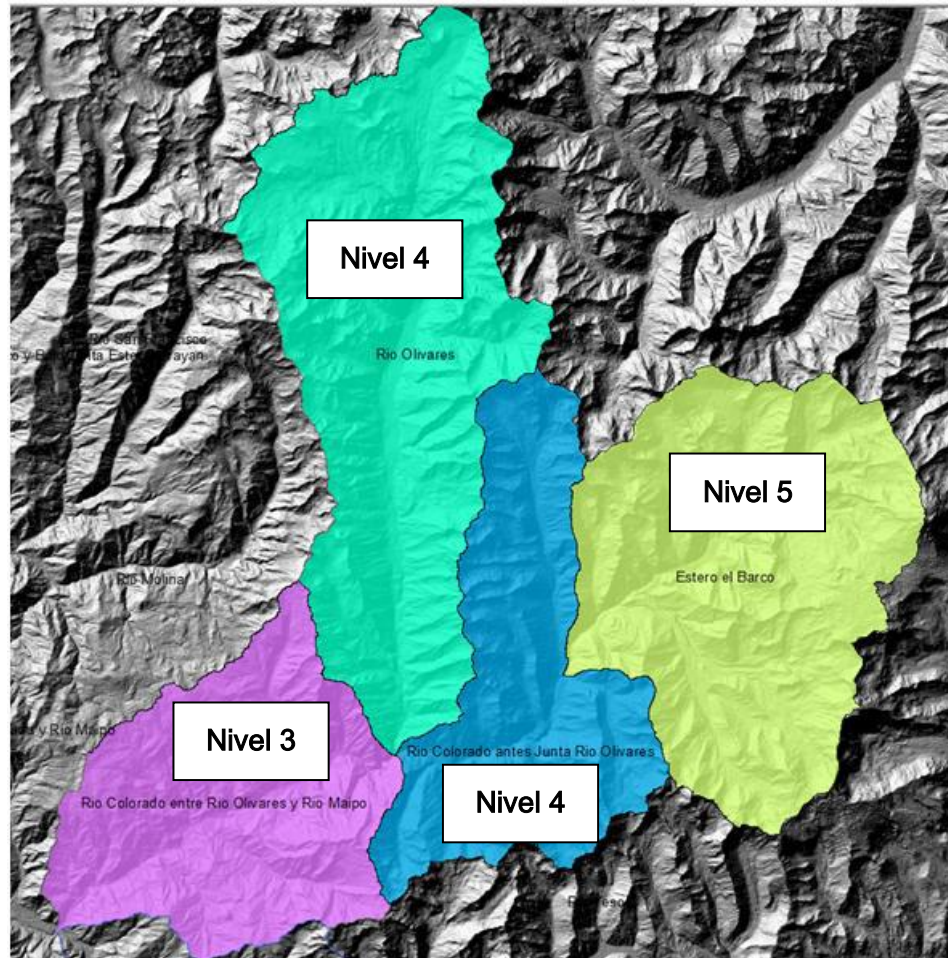


Figura N°18 Cuencas Nivel 4 y 5, afluentes de la cuenca nivel 3, Río Colorado

Atlas de las cuencas hidrográficas de Chile

Otro de los objetivos de este proyecto es el diseño de un atlas que represente regionalmente, los trazados de las nuevas cuencas de Chile. Este atlas, es en formato papel e incluye mapas de las 15 regiones de Chile en formato doble carta. En la figura N°19, es posible apreciar características del diseño a escala regional.

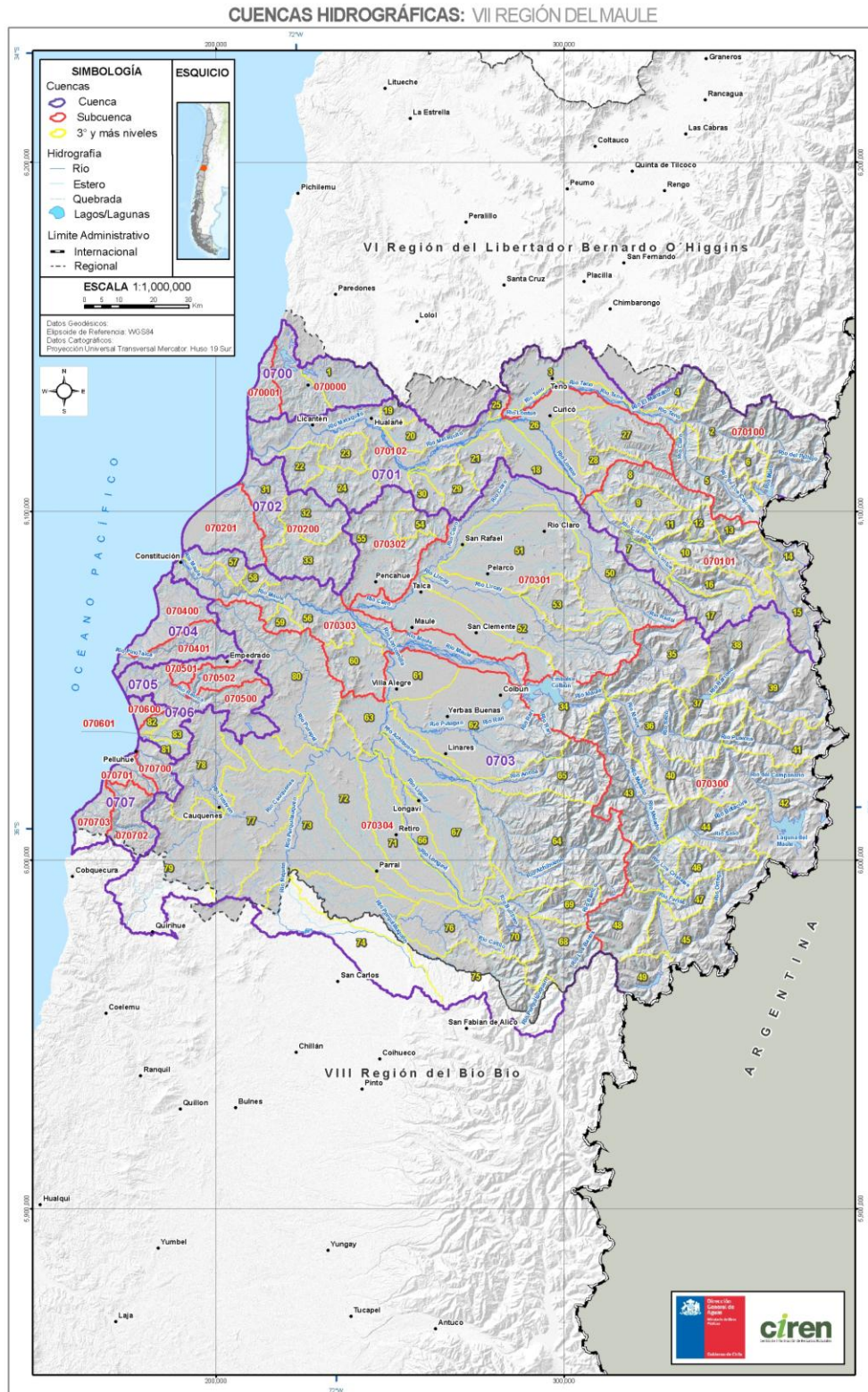


Figura N°19 Diseño de mapa regional de cuencas de la Región del Maule.

Para cada región, se adjuntan las estadísticas de los polígonos de todos los niveles de cuencas en una o más hojas.

Los campos listados son; CODIGO MAPA; TIPOLOGÍA DE CUENCAS; VERTIENTE DE CUENCA; ORIGEN DE CUENCA; TEMPERATURA MEDIA ANUAL (C°); TEMPERATURA MAXIMA (C°); TEMPERATURA MINIMA (C°); PRECIPITACIONES ANUAL (mm); N° ESTACIONES FLUVIOMETRICAS; N° ESTACIONES PLUVIOMETRICAS; SUPERFICIE Km². El aspecto de esta tabla se puede apreciar en la figura N°20.

CODIGO	NOMBRE	CODIGO MAPA	TIPOLOGIA DE CUENCAS	VERTIENTE DE CUENCA	ORIGEN DE CUENCA	TEMPERATURA MEDIA ANUAL (C°)
1300 Cuenca Rio Maipo						
130000	Rio Miapo Hasta Junta Rio Mapocho					
13000000	Rio Maipo desde Rio Colorado hasta Rio Mapocho	1	Exorreicas	Pacifico	Pluvio-Nival	13,8
1300000000	Rio Clarillo	2	Exorreicas	Pacifico	Pluvio-Nival	11,3
1300000001	Rio Maipo Entre Rio Volcan y Rio Colorado	3	Exorreicas	Pacifico	Pluvio-Nival	7,9
1300000002	Rio Colorado	7	Exorreicas	Pacifico	Pluvio-Nival	2,0
1300000003	Rio Angostura Entre Rio Peuco y Junta Rio Maipo	9	Exorreicas	Pacifico	Pluvial	15,1
13000000010	Rio Yeso	4	Exorreicas	Pacifico	Pluvio-Nival	2,0
13000000011	Rio El Volcan	5	Exorreicas	Pacifico	Pluvio-Nival	1,6
13000000012	Rio Maipo Hasta Junta Rio Volcan	6	Exorreicas	Pacifico	Pluvio-Nival	2,7
13000000020	Rio Olivares	8	Exorreicas	Pacifico	Pluvio-Nival	-0,2
13000000030	Estero Peralillo	10	Exorreicas	Pacifico	Pluvial	13,3
13000000031	Estero Cardonal	11	Exorreicas	Pacifico	Pluvial	13,2
13000000032	Estero Codegua	12	Exorreicas	Pacifico	Pluvio-Nival	10,1
13000000033	Rio Peuco	13	Exorreicas	Pacifico	Pluvio-Nival	9,5

	TEMPERATURA MAXIMA (C°)	TEMPERATURA MINIMA (C°)	PRECIPITACIONES ANUAL (mm)	N° ESTACIONES FLUVIOMETRICAS	N° ESTACIONES PLUVIOMETRICAS	SUPERFICIE Km ²
}	28,8	2,2	501,2	2,0	7,0	788,0
}	26,2	-0,2	644,7	1,0	1,0	332,8
}	22,2	-3,4	636,3	4,0	2,0	534,4
)	15,7	-9,2	480,9	1,0	3,0	1.123,5
L	30,3	3,4	515,5	1,0	3,0	305,5
)	15,8	-9,2	518,1	5,0	6,0	628,1
5	15,5	-9,7	543,3	3,0	2,0	524,7
7	16,7	-8,6	602,3	4,0	2,0	1.485,1
2	13,1	-11,3	449,4	0,0	1,0	543,4
}	28,0	2,3	604,7	1,0	1,0	254,9
2	28,4	1,6	602,8	0,0	0,0	211,3
L	24,9	-1,2	704,5	0,0	1,0	410,3
5	24,0	-1,7	707,3	0,0	0,0	223,2

Figura N°20 Hoja estadística regional del Atlas.

En la tablas estadísticas de cada región se podrá leer la equivalencia entre los códigos "alias" y el código real de las cuencas en la columna "CODIGO MAPA". (ver Figura N°22).

CODIGO	NOMBRE	CODIGO MAPA	TIPOLOGIA DE CUENCAS	VERTIENTE DE CUENCA	ORIGEN DE CUENCA
1300 Cuenca Rio Maipo					
130000	Rio Miapo Hasta Junta Rio Mapocho				
13000000	Rio Maipo desde Rio Colorado hasta Rio Mapocho	1	Exorreicas	Pacifico	Pluvio-Nival
130000000	Rio Clarillo	2	Exorreicas	Pacifico	Pluvio-Nival
1300000001	Rio Maipo Entre Rio Volcan y Rio Colorado	3	Exorreicas	Pacifico	Pluvio-Nival
1300000002	Rio Colorado	7	Exorreicas	Pacifico	Pluvio-Nival
1300000003	Rio Angostura Entre Rio Peuco y Junta Rio Maipo	9	Exorreicas	Pacifico	Pluvial
13000000010	Rio Yeso	4	Exorreicas	Pacifico	Pluvio-Nival
13000000011	Rio El Volcan	5	Exorreicas	Pacifico	Pluvio-Nival
13000000012	Rio Maipo Hasta Junta Rio Volcan	6	Exorreicas	Pacifico	Pluvio-Nival
13000000020	Rio Olivares	8	Exorreicas	Pacifico	Pluvio-Nival
13000000030	Estero Peralillo	10	Exorreicas	Pacifico	Pluvial
13000000031	Estero Cardonal	11	Exorreicas	Pacifico	Pluvial
13000000032	Estero Codegua	12	Exorreicas	Pacifico	Pluvio-Nival
13000000033	Rio Peuco	13	Exorreicas	Pacifico	Pluvio-Nival

Figura N°22 Leyenda de los mapas para los códigos de las cuencas hidrográficas

5. PRODUCTOS ENTREGADOS.

Los productos que corresponden a la entrega número dos de este estudio son:

Nombre del Producto	Medio	Formato
Informe Final	Papel/Digital	PDF
Geodatabase de la redefinición de la clasificación de la Red Hidrográfica de Chile.	Digital	ArcGis V10.0
Versión Preliminar del Atlas de Cuencas Hidrográficas de Chile	Papel /Digital	PDF

5. REFERENCIAS.

- DGA, 1978. Clasificación de Cuencas Hidrográficas de Chile; Andrés Benítez Girón, DGA; 1978.
- IGM, 1984. Hidrografía; Volumen VIII Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar, Santiago. 19p.
- Parra, O. 2013. Gestión integrada de cuencas hidrográficas. Centro de Ciencias Ambientales, EULA-Chile. Universidad de Concepción. Concepción. 15 p.
- SUBDERE, 2013. Guía análisis y zonificación de cuencas hidrográficas para el ordenamiento territorial. Informe Final. Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo. Gobierno de Chile, Santiago. 139 p.
- Valdovinos, C. 2007. las cuencas hidrográficas como unidades gigantes vivientes. Centro de Ciencias Ambientales, EULA-Chile. Universidad de Concepción. Concepción. 11 p.