

DESARROLLO DE UNA BASE DE DATOS MULTIESCALA PARA LA VISUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Temática: Cartografía y tecnologías de la información geográfica
Carlos Andrés Franco Prieto
Instituto Geográfico Agustín Codazzi
carlos.franco@igac.gov.co

RESUMEN

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) tiene entre sus funciones, la producción, administración, procesamiento y análisis de la información geográfica básica y de síntesis para actualizar y publicar los atlas nacionales, regionales y temáticos, además de las geografías departamentales y el diccionario geográfico de Colombia. Para su publicación es necesario generar mapas a escalas diversas y distintas a la representación de la cartografía básica oficial.

El manejo y uso de datos geográficos a diferentes escalas, utilizados para la producción de estos mapas es un proceso dispendioso y costoso considerando que actualmente no se tiene acceso a herramientas que permitan realizar el proceso de generalización cartográfica automáticamente, o que facilite el propagar las actualizaciones en las diferentes series cartográficas que el IGAC provee. De aquí la necesidad de desarrollar nuevas formas de producción de datos geográficos que se ajusten a las necesidades de publicación del IGAC. Esta fue la base para que el grupo de Estudios Geográficos iniciara el desarrollo de una base multiescala que permitiera obtener de una manera eficaz los mapas de las publicaciones del Instituto.

Metodológicamente, el desarrollo de la base de datos parte de la coexistencia bajo un mismo modelo de datos, de todas y cada una de las geometrías y atributos que conforman los elementos geográficos, con vocación de convertirse en un futuro en una única base de datos multiescala con posibilidades de actualización, explotación (consultas, edición, análisis espacial, análisis temático, publicación web y generalización cartográfica) y generación de productos. La escala de referencia corresponde a la base 1:100.000 generada por el Instituto la cual permite generar productos hasta escala 1:7'500.000. La base multiescala se desarrolla sobre el concepto de factor de escala, el cual permite seleccionar los elementos cartográficos y topónimos que se visualizan en cada mapa.

Los resultados permiten evidenciar una alternativa al problema de la generalización para la visualización de información geográfica de los productos. La Base de Datos Geográfica Multiescala y Topónimos Dinámicos (BDMS y TD) se definen como una base de datos única que a partir de una escala de referencia permite generar vistas y productos a diferentes escalas con sus topónimos ajustados.

Palabras Claves: Generalización, cartografía, bases de datos espaciales, multiescala.

INTRODUCCIÓN

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC es la entidad encargada de la producción cartográfica del país para lo cual ha definido unas escalas de presentación de los mapas de Colombia. Igualmente tiene como misión la producción, administración, procesamiento y análisis de la información geográfica básica y de síntesis del país para actualizar y publicar los Atlas de Colombia, Atlas Regionales y temáticos, Geografías Departamentales y el Diccionario Geográfico. Para todas estas publicaciones es necesario generar mapas a escalas más generales, las cuales no necesariamente coinciden con las que genera oficialmente.

De aquí que la necesidad de desarrollar nuevas formas de producción de datos geográficos, a partir del uso de recursos humanos y económicos, que se ajusten a las necesidades de publicación del IGAC. Esta necesidad fue la base para que el grupo de Estudios Geográficos de la Subdirección de Geografía y Cartografía iniciara el desarrollo de una base multiescala que permitiera obtener de una manera eficaz los mapas de las publicaciones del IGAC.

El objetivo fundamental, del desarrollo de una base de datos multiescala para la visualización de información geográfica, es la coexistencia bajo un mismo modelo de datos, de todas y cada una de las geometrías y atributos que conforman los elementos geográficos, con vocación de convertirse en un futuro en una única base de datos multiescala con posibilidades de actualización, explotación (consultas, edición, análisis espacial, análisis temático, publicación web y generalización cartográfica) y generación de productos nuevos o tradicionales, evitando la duplicidad de esfuerzos y asegurando la integridad y congruencia de toda la información cartográfica del grupo de Estudios Geográficos.

En esta perspectiva, el siguiente documento presenta un desarrollo metodológico direccionado hacia la elaboración de una base multiescala que responde a las necesidades de presentación de información para los productos cartográficos del IGAC, específicamente del Grupo de Estudios Geográficos.

Para ello, se estructura en cuatro partes, unas generalidades acerca de las actividades que desarrolla el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, el marco teórico, que presenta los elementos conceptuales soportes para la investigación, la metodología, en la cual se expone el proceso realizado. Y por último, lo resultados que muestran el estado de los productos obtenidos.

1. GENERALIDADES

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi tiene como funciones misionales: producir el mapa oficial y la cartografía básica de Colombia; elaborar el catastro nacional de la propiedad inmueble; realizar el inventario de las características de los suelos; adelantar investigaciones geográficas como apoyo al desarrollo territorial; capacitar y formar profesionales en tecnologías de información geográfica y coordinar la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE).

La escala en cartografía, se define como la relación de proporcionalidad que existe entre una distancia medida en el terreno y su correspondiente medida en el mapa. Los usos para los cuales está designado un mapa, determinan directamente la escala del mismo, puesto que, esta determina el detalle que debe mostrarse. La siguiente tabla muestra las relaciones entre mapa y terreno para las escalas estándar que se manejan en el IGAC:

Tabla 1. Relaciones mapas y terrenos de las escalas oficiales del IGAC

ID	Escala del Mapa	Tamaño del mapa en centímetros	Distancia terrestre equivalente a un centímetro en el mapa	Área geográfica cubierta por cada plancha para varias unidades de medición.		
				Metros cuadrados	Hectáreas	Km. Cuadrados
1	1:500	75cm x 50cm	5 m	93.750	9.375	0.09375
2	1:1.000	75cm x 50cm	10 m	375.000	38	0.375
3	1:2.000	75cm x 50cm	20 m	1.500.000	150	1.5
4	1:5.000	75cm x 50cm	50 m	9.375.000	937.5	9.375
5	1:10.000	75cm x 50cm	100 m	37.500.000	3.750	37.5
6	1:25,000	60cm x 40cm	250 m	150.000.000	15.000	150
7	1:50,000	60cm x 40cm	500 m	600.000.000	60.000	600
8	1:100,000	60cm x 40cm	1.000 m	2.000.000.000	200.000	2000
9	1:200.000	52.5cm x 40cm	2.000 m	8.400.000.000	840.000	8400
10	1:500.000	66cm x 48cm	5.000 m	79.200.000.000	7.920.000	79200

Fuente: Subdirección de Geografía y cartografía, 2014.

El IGAC a través del Grupo Interno de Trabajo de Estudios Geográficos de la Subdirección de Geografía y Cartográfica, ha venido generando estudios geográficos en diferentes temáticas y escalas de análisis (nacional, regional y departamental). En la Figura 1 se presentan algunos estudios adelantados por el grupo.

Figura 1. Publicaciones del Instituto Geográfico Agustín Codazzi



Fuente: Grupo de Estudios geográficos - IGAC, 2014.

Todas estas investigaciones requieren de información cartográfica que permita la presentación de mapas (**Error! Not a valid bookmark self-reference.**) con los requerimientos de tamaño y escala definidos. Esto genera la primera necesidad frente a la no existencia de información a las escalas de trabajo requeridas. De ahí que se requiera trabajar bases de datos independientes para cada serie o escala, lo que convierte el proceso de generalización en una actividad lenta, costosa, que consume tiempo y por ende duplica esfuerzos humanos y económicos en producir y reproducir datos geográficos.

Figura 2. Mapa de Colombia: Ejes de poblamiento, incluido en la obra Geografía de la Población



Fuente: Grupo de Estudios geográficos - IGAC, Geografía de La Población ,2014.

En años anteriores, el IGAC para la generación de sus productos manejaba una base integrada la cual se le entregaba a cada profesional que requería generar productos. Además, en algunas ocasiones se usaba información en formato SHP o ArcInfo. Esto generaba el inconveniente de que se tenían n versiones de las bases como n profesionales y que cada una tendría mejoras o ajustes que no trascendían a las demás, sin contar que la base inicial era una copia de la base de datos institucional lo cual creaba una desactualización completa de la base institucional.

Bajo este contexto, se hace necesario el desarrollo de nuevos métodos conceptuales y prácticos que permitieran la generación de bases cartográficas a partir del uso de recursos tecnológicos, análisis espacial y Sistemas de Información Geográfica, que favorecieran la creación de procesos de generalización en una única base de datos multiescala haciendo uso de la información existente.

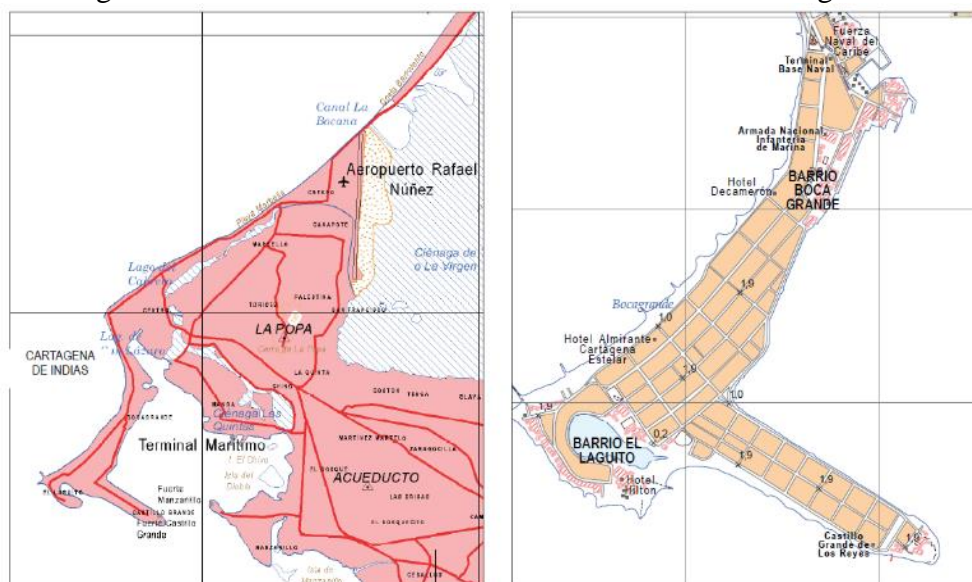
El desarrollo de la dicha base se enfoca en temas geográficos trabajados en la cartografía básica: hidrografía (corrientes y cuerpos de agua), infraestructura (malla vial, centros poblados) y toponimia (nombres) tomando como base la escala 1:100.000 oficial del IGAC.

2. MARCO TEÓRICO

La propiedad más importante de un mapa es la posibilidad de presentar de forma evidente el objeto de estudio común para cualquier extensión, ya sea área, región, provincia, país, continente o toda la tierra. Se fundamenta en dos particularidades de la representación cartográfica: la reducción del objeto de estudio y su reproducción en forma generalizada.

“El término generalización, procede de la palabra latina generalis que indica la selección de lo principal, lo más importante orientada hacia un objetivo y su generalización teniendo en cuenta la realidad, en sus rasgos principales y típicos, y además las particularidades características, de acuerdo con la asignación del mapa, con el tema y la escala” (Salitchev, 1972).

Figura 3. Features datasets Base Multiescala Estudios Geográficos



Fuente: Grupo de Estudios geográficos - IGAC, Geografía de Colombia, 2011

El objetivo de la generalización es la tendencia a reproducir el mapa con la mayor objetividad posible, los rasgos típicos y las particularidades características de la realidad. La modificación en escala depende de varios factores, utilizando un modelo de generalización adecuado, es posible llevarla a cabo automáticamente para determinados casos.

Desde los inicios del trabajo con cartografía digital, han existido importantes esfuerzos para lograr un modelo adecuado para resolver el problema a generalizar. Como una de las primeras alternativas aparece la “Ley Radical” (Töpfer and Pillewizer, 1966), que consiste en seleccionar el número de objetos a presentar a una escala determinada. En 1967, aparece el “Modelo Ratajski” (Ratajski, 1967) que identifica dos tipos fundamentales de generalización

- Generalización cuantitativa: consiste en una reducción gradual en el contenido de la información cartográfica dependiendo del cambio de escala.
- Generalización cualitativa: resulta de la transformación de formas elementales de simbolización a formas más abstractas.

Otro de los modelos existentes es el basado en Bases de Datos de Representación Múltiple (MRDB) (Kilpeläinen, 1992), que utiliza una base de datos que contiene representaciones a diversos niveles de detalle, lo que permite que tenga una mayor flexibilidad, la elaboración de mapas y permite propagar los cambios entre diferentes niveles de escalas (Kilpeläinen, 1997).

Desde la última década del siglo XX hasta el momento actual, se comenzaron a involucrar modelos para formalizar el conocimiento cartográfico utilizando Sistemas Expertos, métodos basados en reglas, redes neuronales y técnicas orientadas a objetos (Müller, 1995). Buttenfield y McMaster, buscan establecer reglas-base para la generalización, que incluye modelación y técnicas de representación de datos espaciales (Buttenfield and McMaster, 1999). Asimismo, Armstrong propone organizar el conocimiento y procedimientos en la selección de operadores y algoritmos, para aplicarlos a generalizar dado un contexto específico de un mapa (Armstrong, 1991).

Por último, el desarrollo de la generalización digital ha evolucionado iniciando con el manejo de aspectos gráficos, para posteriormente referirse a la descripción del proceso de generalización en un contexto más amplio utilizando la información descriptiva. Igualmente, hoy en día se tratan de involucrar aspectos descriptivos y gráficos de manera que se obtenga como resultado información que conserve las características inherentes de los sistemas de objetos espaciales que permita llegar a una mejor visualización de los elementos.

3. METODOLOGÍA

El desarrollo de la base multiescala se enfoca en los temas geográficos que trabaja la cartografía básica: hidrografía (corrientes y cuerpos de agua), infraestructura (malla vial, centros poblados) y toponimia (nombres) tomando como base la escala 1:100.000 oficial del IGAC.

Tabla 2. Elementos analizados para la base multiescala

CAPA	TIPO		
	PUNTO	LÍNEA	PÓLIGONO
Hidrografía		Drenaje sencillo	Lagunas
		Acequias	Embalses
			Ciénagas
			Drenaje doble
			Islas
			Bancos de arena
Infraestructura	Centros poblados	Malla vial	Centros poblados
Toponimia	Orografía		
	Sitios de interés		
	Costero insular		

Fuente: Grupo de Estudios geográficos - IGAC, 2014.

El proceso de desarrollo de la base corporativa inicia a partir de la definición de un factor de detalle o factor de escala, el cual se define como una relación de densidad de los elementos geográficos a un nivel de detalle que expresada en su estado vs. el área cubierta a la escala seleccionada, haciendo uso de la misma base maestra o única siempre. Esto indica que los elementos espaciales son únicos y que existe un valor que nos indica a que escala se muestra o no el elemento.

Cada objeto espacial tendrá en su base de datos un campo que determina a qué escala aparece o no dicho elemento. En la

Tabla 3 se muestran los factores de escala determinados para las principales escalas de manejo de la Cartografía de las obras del Grupo de Estudios Geográficos.

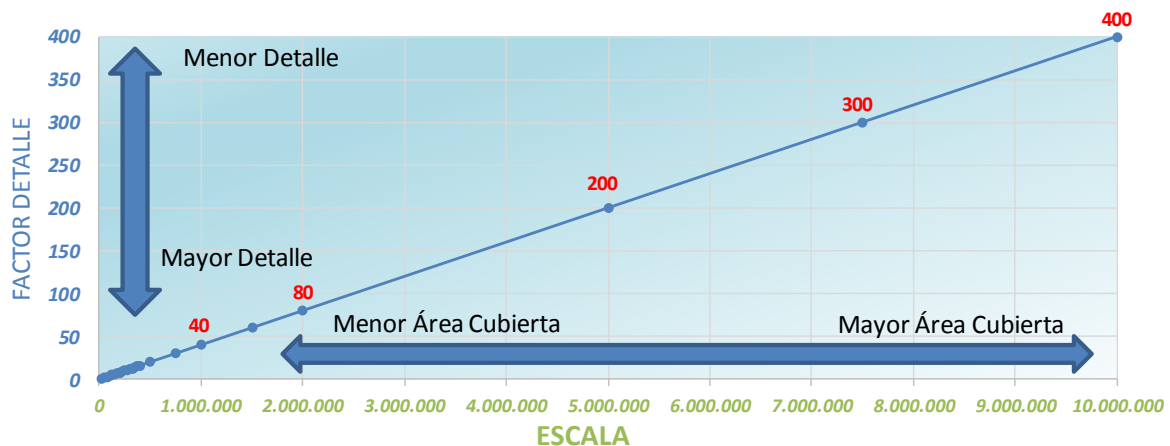
Tabla 3. Factor de detalle para varias escalas

Escala	Factor de detalle	Restricción
25.000	1	≥ 1
50.000	2	≥ 2
75.000	3	≥ 3
100.000	4	≥ 4
125.000	5	≥ 5
150.000	6	≥ 6
175.000	7	≥ 7
200.000	8	≥ 8
225.000	9	≥ 9
250.000	10	≥ 10
500.000	20	≥ 20
750.000	30	≥ 30
1.000.000	40	≥ 40
1.500.000	60	≥ 60
2.000.000	80	≥ 80
5.000.000	200	≥ 200
7.500.000	300	≥ 300
10.000.000	400	≥ 400

Fuente: Grupo de Estudios geográficos - IGAC, 2014.

Examinando más a fondo este factor, a partir de la Figura 4 se observa que a mayor factor el detalle en el mapa, el número de elementos disminuye mientras que a menor factor, el detalle en el mapa y la cantidad de elementos es mayor. Igualmente, el área cubierta aumenta cuando se incrementa el factor de detalle. Por ejemplo, en una plancha 100.000 el área trabajada son 240 Km² mientras en una 1:500.000 se abarcan 80.400 Km².

Figura 4. Relación factor de detalle con el factor de escala.

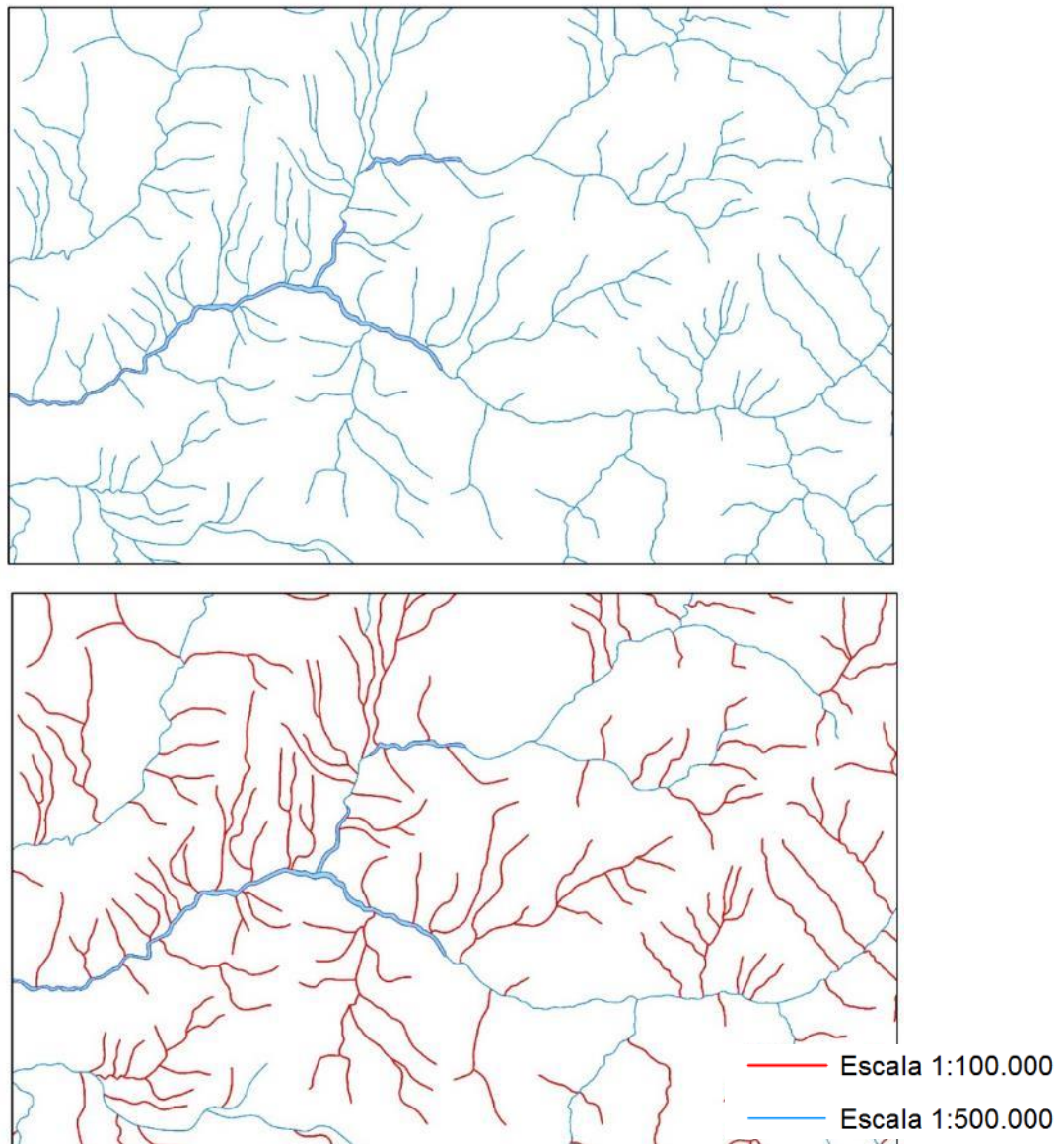


Fuente: Grupo de Estudios geográficos - IGAC, 2014.

Asimismo, a la hora de producir un mapa a escala 1:100.000, el usuario debe hacer una restricción a cada capa con un factor de detalle mayor o igual a cuatro (≥ 4) mientras que para un mapa a escala 1:500.000 la restricción es mayor o igual a veinte (≥ 20).

En la Figura 5 se observan las diferencias en la visualización entre estas dos escalas. En el primer cuadro se observan los drenajes dobles y sencillos que aparecen al trabajar la escala 1:100.000 mientras que en el segundo cuadro de color rojo se iluminan los drenajes que en escala 1:500.000 no deben visualizarse.

Figura 5. Visualización de elementos hidrográficos a escala 1:100.000 y 1:500.000



Fuente: Grupo de Estudios geográficos - IGAC, 2014.

Acompañando este proceso de generalización existen criterios que permiten definir si el elemento debe aparecer o no a cierta escala. En la

Tabla 4 se muestra la relación de los juicios usados para el desarrollo de esta base multiescala.

Tabla 4. Elementos analizados para la base multiescala

CRITERIOS	CAPAS		
	REDES HIDROLOGICAS	VÍAS	POBLACIONES
Cuantitativo	Longitud	Longitud	Tamaño
Cualitativo		Tipo	Clase
Lógico	Importancia histórica	Importancia histórica	Importancia histórica
	Importancia política - administrativa	Conectividad	Importancia política - administrativa

Fuente: Grupo de Estudios geográficos - IGAC, 2014.

Los criterios cuantitativos, a nivel de elementos lineales, trabajan con la escala la cual indica la longitud mínima de cada elemento. Por ejemplo, para una escala 1:100.000 la longitud mínima de mapeo de elementos lineales es de 100 metros mientras que en el caso de elementos de área como las poblaciones, el área mínima es de 1 hectárea. Para una escala 1:1'000.000 la longitud mínima de mapeo es de 1.000 metros mientras que para áreas es de 100 hectáreas.

A nivel cualitativo se analiza, en el caso de las vías, el tipo de vía que define la característica de esta. Este criterio ayuda a definir qué elemento debe aparecer o no; por ejemplo las vías principales correspondientes a tipo 1 tienen prioridad en todas las escalas mientras que las vías referentes a caminos y senderos se van eliminando en la medida que aumenta la escala.

En el caso de las poblaciones, dependiendo del tipo de entidad administrativa se va filtrando la escala a la que debe aparecer. Por ejemplo, la capital de Colombia al igual que los departamentos deben colocarse en todas las escalas mientras que caseríos, corregimientos e inspecciones de policía se van seleccionando.

Los criterios lógicos giran alrededor de la importancia histórica, la conectividad y la división política administrativa. En este sentido el criterio de importancia histórica por ejemplo, toma como base los mapas y obras realizados anteriormente por el IGAC lo cual permite garantizar la continuidad y congruencia de los elementos en las diferentes obras del Instituto a través del tiempo.

Para la conectividad se avala que la comunicación vial entre las áreas urbanas exista a las diferentes escalas, dando prioridad a las cabeceras departamentales y municipales.

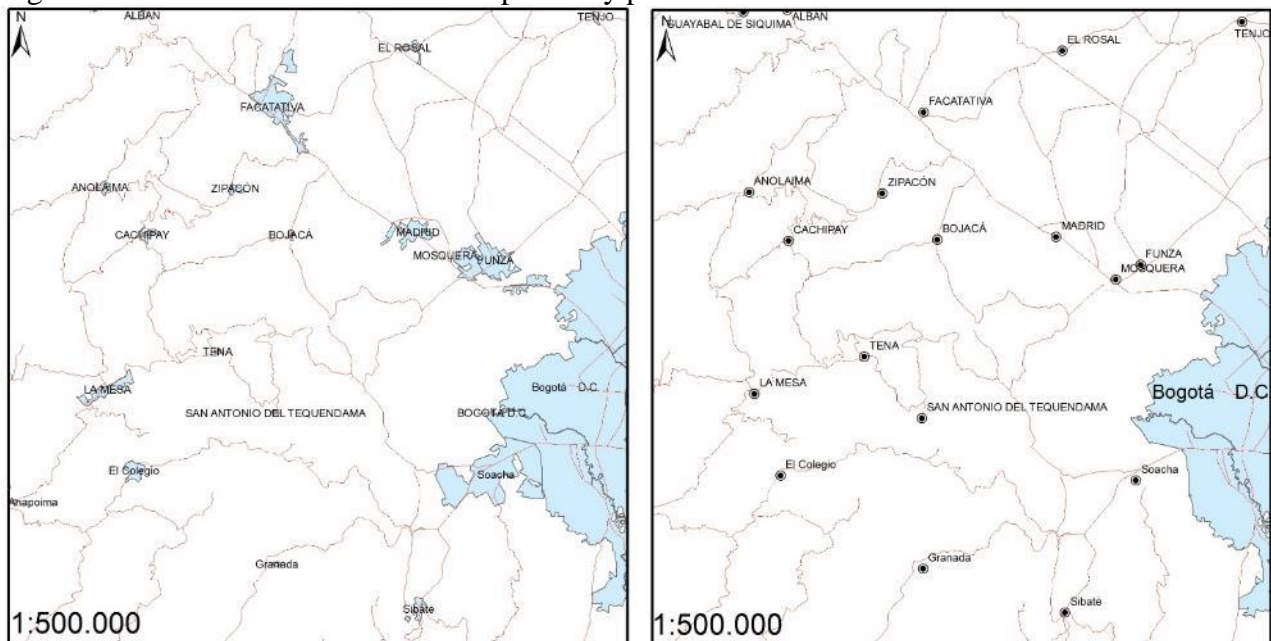
Por último, en el componente político administrativo, se evalúa la participación de los elementos de redes hidrológicas en las divisiones de los entes administrativos como son departamentos y municipios; y a nivel de los centros poblados se analiza su importancia dentro de la región y escala de trabajo para definir si deben aparecer o no en el mapa.

Para los criterios cuantitativos es necesario desarrollar una generalización cualitativa en el caso que se requiera. En esta parte se busca garantizar a nivel de visualización la continuidad y congruencia entre la información, por lo cual es necesario realizar la transformación entre elementos espaciales.

En la Figura 6 se observa la diferencia entre la capa de zonas urbanas a escala 1:500.000 a nivel de área respecto a su representación como punto. En la imagen de la izquierda, las zonas urbanas se simbolizan con polígonos que nos indican el tamaño y forma del área que abarcan pero con las

restricciones cuantitativas es necesario convertir los polígonos en puntos como se observa en la imagen de la derecha.

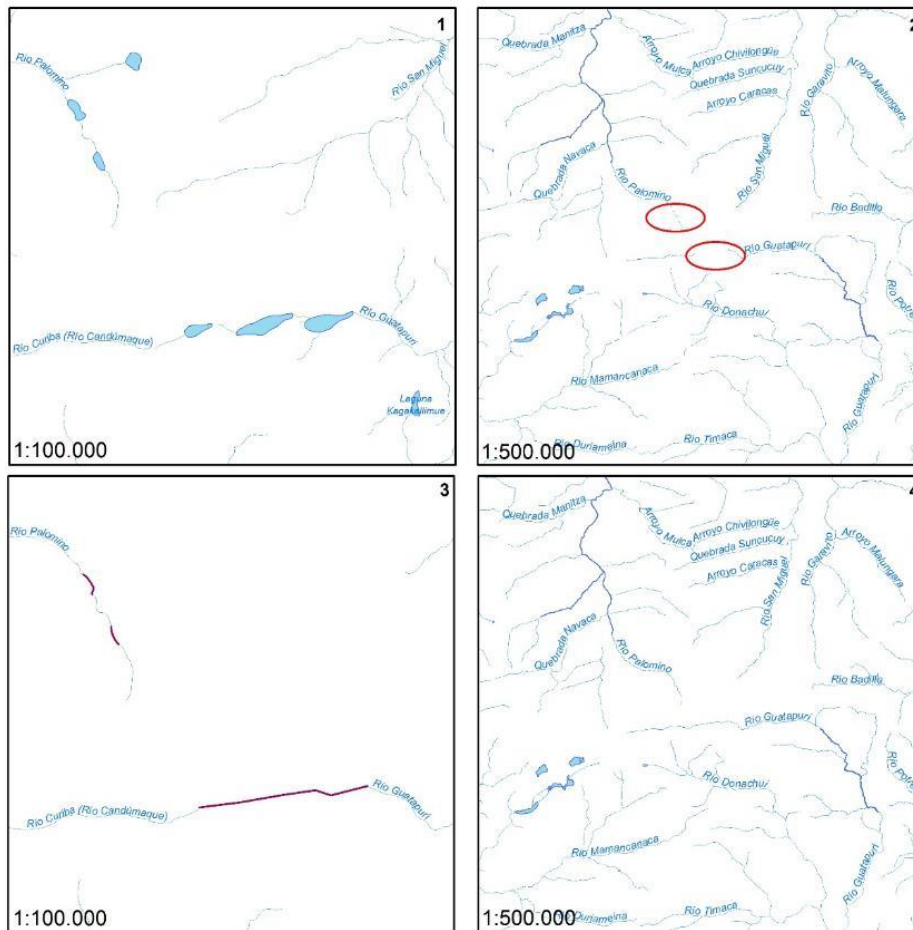
Figura 6. Visualización de elementos tipo área y punto a escala 1:500.000.



Fuente: Grupo de Estudios geográficos - IGAC, 2014.

Otro ejemplo de generalización cualitativa se da con el manejo de los cuerpos de agua como lagunas, pantanos o embalses, lo cual se puede observar en la fFigura 7.

Figura 7. Visualización de elementos tipo área y línea a escala 1:100.000 y 1:500.000.



Fuente: Grupo de Estudios geográficos - IGAC, 2014.

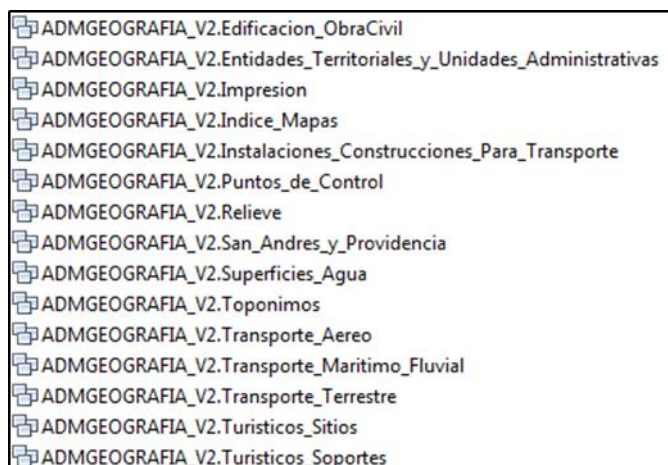
En el cuadro 1 de esta figura, se observa una zona a escala 1:100.000 donde aparecen 5 lagunas que hacen parte del sistema hídrico. En el cuadro 2 a escala 1:500.000 por restricciones de área estas lagunas no alcanzan a aparecer, pero es visible el espacio vacío entre las corrientes de agua, lo que genera una sensación visual de no continuidad. Por esto, para mejorar la visualización y a partir de información secundaria se crea una capa cartográfica que permite unir las corrientes de agua como se observa en el cuadro 3 para finalmente lograr un mapa con la continuidad requerida en el sistema hídrico como lo muestra el cuadro 4.

4. RESULTADOS

Los principales resultados obtenidos en este proyecto son los siguientes:

- Una Base de Datos File Geodatabase de ArcGis 10.0 subdividida en Feature Datasets (Figura 8) que contempla temas geográficos como Cuerpos de Agua, Transporte, Entidades territoriales, Relieve, entre otros, y a su vez en ellos Feature Classes con objetos individuales de puntos, líneas o polígonos. Esta estructura responde al modelo de datos definido por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi para el manejo de cartografía base a cualquier escala para Colombia.

Figura 8. Features datasets Base Multiescala Estudios Geográficos



Fuente: Grupo de Estudios geográficos - IGAC, 2014.

Esta base se localiza en el servidor institucional con lo que se garantiza el acceso de cualquier usuario y al mismo tiempo al desarrollar el proceso de actualización toda la información va quedando en tiempo real para el uso de los profesionales.

- Capas de información estructuradas con factor de detalle para escalas de trabajo definidas: 1:500.000, 1:750.000, 1:1.000.000, 1:1.500.000, 1:1.750.000, 1:6.500.000 y 1:7.500.000 para todo el territorio nacional y los departamentos disponibles de acuerdo con las necesidades de publicación. Igualmente se han trabajado otras zonas del país a diferentes escalas dependiendo de las necesidades del grupo lo cual ayuda a fortalecer y mejorar la información de la base.
- Capas de topónimos dinámicos de las coberturas de superficie de agua, entidades administrativas, sitios geográficos, los cuales están ligados a los elementos geométricos que representan los rasgos geográficos (línea, polígono y punto) a las escalas de trabajo. Esto favorece la visualización de los elementos de tipo texto con el fin de tener una distribución de todos los elementos.

Con esta base es posible la elaboración de cartografía a múltiples escalas de manera ágil y fundamentada en criterios lógicos de generalización que permiten una congruencia entre los diferentes niveles de información espacial manejados en los mapas de las diferentes publicaciones del Grupo de Estudios Geográficos.

CONCLUSIONES

- Con la base multiescala se mejora el despliegue de información cartográfica tanto digital como análoga, a la vez que permite suministrar elementos de la base con distintos niveles de detalle para el desarrollo de aplicaciones específicas de SIG como son portales WEB o mapas de soporte de diferentes investigaciones tanto a nivel local, regional o nacional.
- Esta base garantiza la consistencia e integridad de la información ya que no existe duplicidad de información, ni bases únicas por escala y cualquier actualización o cambios que se realicen se reflejan para todas las escalas. Otro elemento importante, es la disposición en el servidor institucional, que permite el manejo en tiempo real de la base y su acceso por cualquier usuario que requiera consultar o generar algún producto.

BIBLIOGRAFÍA

- Armstrong, M. P., "Knowledge Classification and Organization for cartographic generalization," in *Map Generalization: Making Decisions for Knowledge Representation*. Edited by B. P. Buttenfield and R. B. McMaster, (London: Longman Group, 1991) 86-102.
- Brassel, K. E.; and Weibel, R., "A Review and conceptual Framework of Automated Map Generalization," *International Journal of Geographical Information Systems*, 2 (3): 229-244 (1988).
- Buttenfield, B. P.; and McMaster, R.B., *Map Generalization: Making Rules for Knowledge Representation*, (Longman Group, 1991).
- Douglas, D.; and Peuker, T., "Algorithms for the Reduction of the Number of Points Required to Represent a Digitized Line or its Caricature," *The Canadian Cartographer*, 2 (3): 112-122 (1973).
- Kilpeläinen, T., *Multiple Representation and Generalization of Geo-Databases for Topographic Maps*, (Helsinki: Geodetiska Institutet, 1997).
- Kilpeläinen, T. *Multiple Representations and Knowledge-based Generalization of Topographical Data*, (Helsinki: Geodetiska Institutet, 1992).
- McMaster, R. B.; and Shea, K. S., "Cartographic Generalization in a Digital Environment: A Framework for Implementation," in *Geographic Information System, in Proceedings of GIS/LIS'1988*, (San Antonio, Texas, 1995).
- Müller, Jean-Claude, *GIS and Generalization*, (France: Taylor & Francis, 1995).
- Salitchev, K.A., *Cartografía (Traducción del Ruso)*, (Cuba: Editorial del pueblo, 1972).
- Töpfer, F.; and Pillewizer, F., "The principles of selection," *The Cartographic Journal*, (1966).