

REVISTA
GEO CIENCIAS
& DATOS
INSTITUTO • GEOGRÁFICO • MILITAR



9na. EDICIÓN | abril 2021



www.geograficomilitar.gob.ec / www.geoportaligm.gob.ec

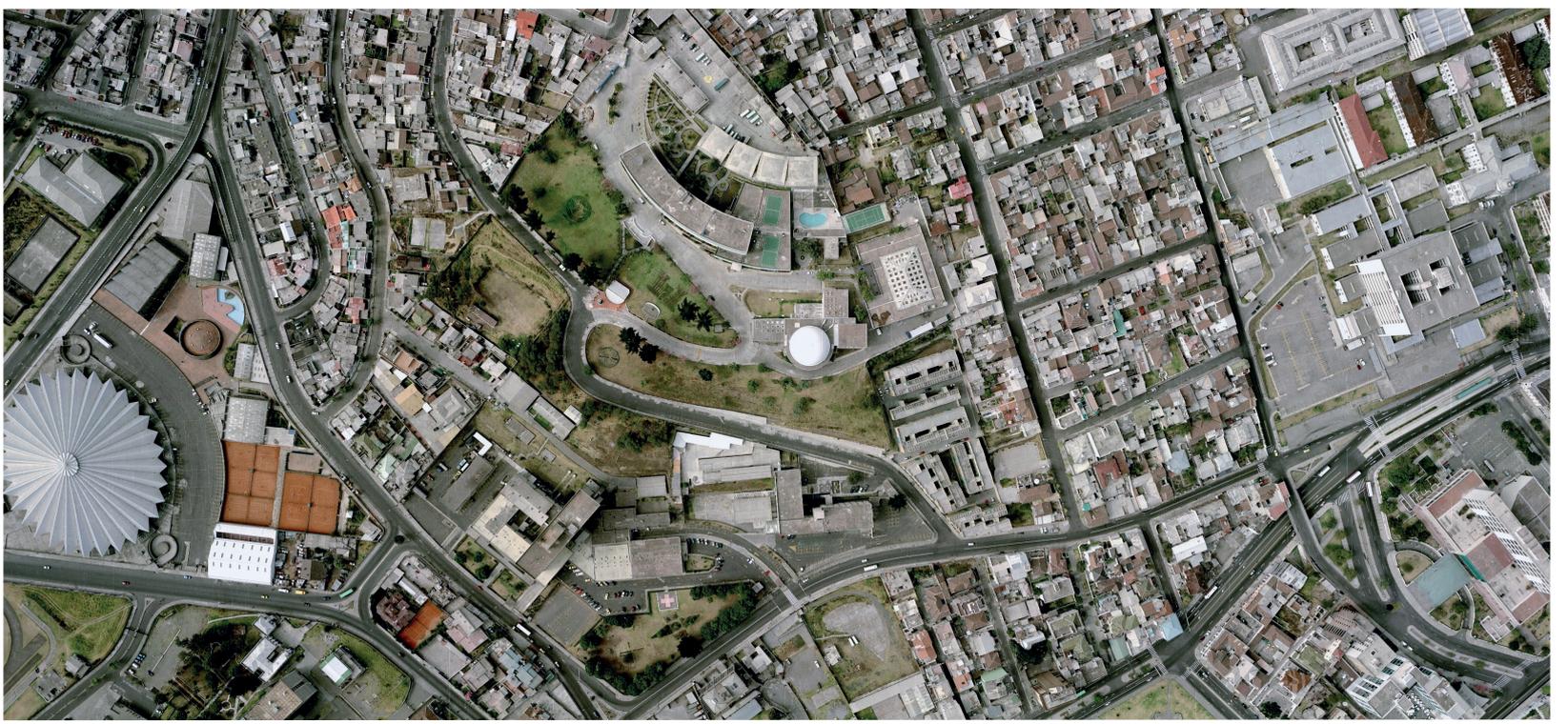


MINISTERIO DE
DEFENSA
NACIONAL



INSTITUTO
GEOGRÁFICO
MILITAR





PRESENTACIÓN



El Instituto Geográfico Militar a lo largo de sus 93 años de creación se ha mantenido alineado con las políticas de seguridad y defensa, formuladas por su ente rector, el Ministerio de Defensa Nacional, pero, además, se evidencia la entrega de la institución en apoyo al desarrollo nacional, lo que es consecuencia de su responsabilidad como ente oficial del Estado de la cartografía nacional, líder en aplicaciones geomáticas, centro de difusión geoespacial y responsable de la impresión de documentos de seguridad para el Estado.

La presente publicación técnica – científica es un medio de difusión de las investigaciones y trabajos aplicativos que realizan sus profesionales y técnicos en las ciencias geoespaciales, fruto de la aplicación óptima de los adelantos de la ciencia y tecnología implementados en nuestro Instituto. Los artículos inéditos o avances de investigación están relacionados con nuevos procesos y conocimientos implementados en las diferentes áreas de gestión, cartografía, control de calidad, aplicaciones geomáticas y de temática geográfica en general.

De esta manera, se facilita la comunicación con profesionales de otras instituciones, compartiendo experiencias, métodos, conclusiones y otros, que permitirán un mejor conocimiento y organización espacial en términos de gestión del territorio, además de su uso para investigadores, docentes y estudiantes. El proceso de selección de las temáticas en esta publicación tiene un nivel de rigurosidad en redacción, metodología, resultados y bibliografía, exigidas por toda revista técnico-científica; en esta ocasión se evidencia la visión e imagen de un Estado progresista en las ciencias de la Tierra y el aporte de la territorialización de los elementos como herramienta fundamental para la toma de decisiones de las autoridades competentes.

Por lo antes expuesto, los contenidos de la presente edición manifiestan variedad en cuanto al enfoque teórico y práctico, proporcionando descripciones resumidas de estudios y aplicaciones técnico-científicas en el campo cartográfico y geomático; espero que su publicación proporcione al lector nuevos elementos como aporte del IGM al desarrollo nacional.

“Unidos por la ciencia y el espíritu para el progreso del Ecuador”

CRNL. DE E.M.C JAIME A. NAVARRETE B.
DIRECTOR DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR

EDITORIAL



Esta publicación compila parte del trabajo técnico-científico que ha realizado el IGM durante el último año contado a partir de abril del 2020, periodo de tiempo que, como en todas partes del mundo, ha sido muy complejo de sobrellevar; el cambio en la forma de relacionarnos socialmente nos ha llevado a reinventar técnicas de comunicación diferentes a las conocidas para cumplir con las metas y objetivos encargados al Instituto Geográfico Militar.

La revista Geociencias y Geodatos aborda temáticas variadas de gran interés para la comunidad geográfica del Ecuador, en esta ocasión se incluyen temáticas cartográficas, de control de calidad y trabajos que se constituyen en referentes a nivel nacional e internacional en el campo de las geociencias.

Finalmente, me gustaría resaltar que los años de una institución se cuentan a través del impacto de su trabajo a lo largo de la historia; y en la actualidad, en base a los avances tecnológicos y su visión de futuro, la institución anhela llegar al centenario conservando el alto grado de confiabilidad que tiene, pero esta no es su única meta, por lo que, el camino se lo sigue trazando bajo los estándares técnicos más altos y usando tecnología de punta con lo más valioso de la institución que es su talento humano.

CRNL. DE C.S.M BYRON PUGA
PRESIDENTE DEL COMITÉ EDITORIAL

CRÉDITOS

Autoridades:

CRNL DE. E.M.C Jaime A. Navarrete B. / Director del IGM
CRNL DE. E.M.C Pablo A. Acosta A. /Subdirector del IGM

Comité Editorial:

CRNL. DE C.S.M Byron Puga
Dra. Martha Villagómez
Dra. Rosa Cuesta
MsC. Julio Moreno

Diseño y Diagramación:

Área de Simbolización y Diseño de la Gestión Geográfica:
Dis. Xavier Vivas
Ing. Julio Chalén

Revisión ortográfica:

MsC. Julio Moreno

Revista Geociencias & Geodatos, año 2021
Instituto Geográfico Militar – 9na. Edición
ISSN: 2477-9040

Se autoriza su reproducción con mención de la fuente.

Las ideas y opiniones contenidas en los trabajos y artículos son de responsabilidad exclusiva de los autores y no expresan necesariamente el punto de vista del Instituto Geográfico Militar.

Impresión:

Seguridad Documentaria-I.G.M

Disponible en:

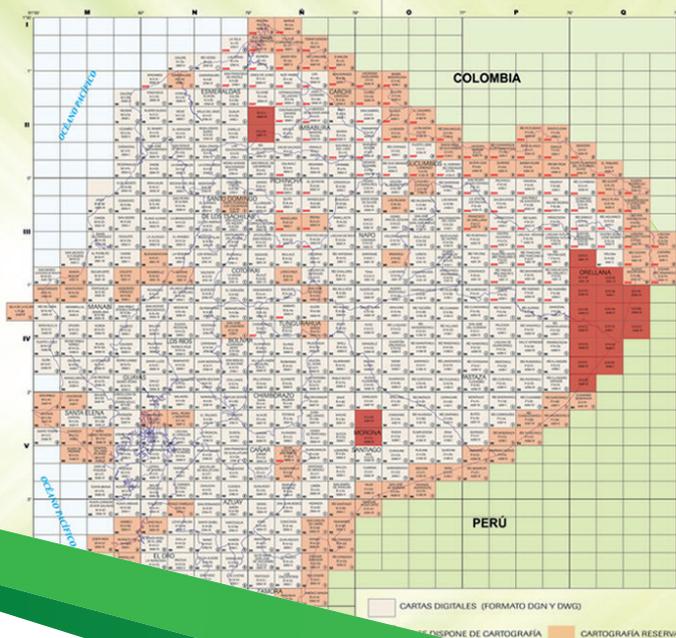
<http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/revista-geografica-igm/>

ÍNDICE

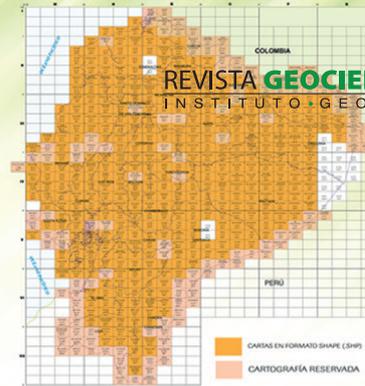
■ Determinación de las áreas geográficas históricas, sin cobertura fotográfica / cartográfica oficial a escalas medianas y grandes en Ecuador. _____	11
■ Metodología para el control de calidad y evaluación de la cartografía. _____	17
■ Importancia de la información geográfica para el análisis militar del terreno, caso de estudio: cantón Esmeraldas. _____	34
■ Funcionalidad del lenguaje Python para la automatización de tareas. _____	41
■ Generalización cartográfica para la elaboración de cartografía multiescala. _____	45
■ Metodología para verificar y actualizar la perennidad de la red hidrográfica. _____	50
■ Delimitación de cuencas hidrográficas mediante modelos automáticos. _____	56
■ Sistema de gestión de información y dashboard para el manejo de la información de la emergencia sanitaria por la COVID-19. _____	62
■ Territorialización de ODS – Los SIG como herramientas para valorar el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. _____	70
■ El uso de herramientas geoespaciales en los modelos geográficos como apoyo a la seguridad, defensa y desarrollo nacional. _____	77



CARTAS ESCALA 1:50 000



CARTAS ESCALA 1:50 000



REVISTA GEOCIENCIA & GEODATOS
INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR

GRAFÍA DIGITAL FORMATO SIG

CARTAS ESCALA 1:250 000



Guerrón Alvarado, Paulina
paulina.guerron@geograficomilitar.gob.ec

María Laura, Rubio
mrubio@uns.edu.ar

DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS GEOGRÁFICAS HISTÓRICAS, SIN COBERTURA FOTOGRÁFICA / CARTOGRÁFICA OFICIAL A ESCALAS MEDIANAS Y GRANDES EN ECUADOR

Determination of historical geographical areas, without official cartographic coverage at medium and large scales in Ecuador

RESUMEN

Mantener un cubrimiento cartográfico actualizado a nivel nacional es uno de los principales objetivos de cualquier Instituto, Servicio Geográfico o Cartográfico a nivel mundial. Esta ardua misión se encuentra delegada por el Estado ecuatoriano al Instituto Geográfico Militar (IGM), convirtiéndose en la razón de ser y su permanencia a lo largo del tiempo. El objetivo del presente estudio es analizar la evolución del cubrimiento fotográfico-cartográfico en Ecuador, a escalas medianas y grandes, para determinar las áreas geográficas históricas que no tienen cobertura fotográfica-cartográfica. Para la obtención de estas áreas se compiló y estructuró en una geodatabase la información proporcionada por el Proceso Cartográfico y de Captura de Datos (Fotografía Aérea) de la Gestión Cartográfica del IGM, correspondiente a toma de fotografía aérea del Proyecto Carta Nacional y del Proyecto de Inversión que se encuentra vigente. Posterior, se realizó un cruce de mapas en los que se determinaron cuatro áreas que carecen de fotografía aérea y, por consiguiente, de cartografía a escala mediana y grande, con un área total de 254,9 km², representando apenas el 0,1 % del territorio a nivel

nacional, que se encuentran distribuidas en las provincias de Esmeraldas e Imbabura, con el 82 %, y en Morona Santiago, con el 18 %. Se realiza, además, una descripción de las áreas obtenidas para posteriores estudios sobre métodos alternativos de obtención cartográfica.

Palabras clave: cartografía, fotografía aérea, ortofotos, áreas geográficas sin cobertura cartográfica, IGM-Ecuador.

ABSTRACT

To maintain a cartographic coverage updated at national level is one of the main objectives of any Institute Geographic or Cartographic Service worldwide. This arduous mission is delegated by the ecuadorian State to the Military Geographic Institute (IGM), becoming in the reason of being and its permanence over time. The objective of this study is to analyze the evolution of photographic-cartographic coverage in Ecuador, at medium and large scales, to determine the historical geographical areas that do not have photographic-cartographic coverage. To obtain these areas, the information provided by the Mapping and Data

Capture Process (Aerial Photography) of the IGM Cartographic Management was compiled and structured in a geodatabase, corresponding to aerial photography of the National Chart Project and the Investment Project is in force. Then a map was crossed in which were identified four areas that lack aerial photography and consequently of cartography in medium and large scale, with a total area of 254,9 km², representing barely 0,1 % of the national territory. Distributed in the provinces of Esmeraldas and Imbabura, with 82 %, and Morona

Santiago, with 18 %. Subsequently, a description of the areas obtained is made for further studies on alternative methods of mapping.

Key words: cartography, aerial photography, orthophotos, geographic areas without cartographic coverage, IGM-Ecuador.

1. INTRODUCCIÓN

La importancia de la cartografía, desde tiempos antiguos, se ve reflejada en el uso que se le ha dado a lo largo de la historia. Ha sido la partícipe de grandes travesías, ha dado la ventaja competitiva para el triunfo de batallas y ha sido parte medular en la planificación de los pueblos y naciones. “La cartografía ha dado no solo una visión del mundo sino que ayuda a conocer los distintos contextos históricos en el cual se ha llevado a cabo el análisis plasmado artísticamente en hojas de papel” (Ucha, 2013: p. 1).

La actualización y mantenimiento de las Bases de Datos Geográficas (BDG) de un país es una de las misiones imperantes de cualquier Instituto, Servicio Geográfico o Cartográfico a nivel mundial, convirtiéndose en la razón de ser y su permanencia a lo largo del tiempo. La cartografía, desde sus inicios hasta la actualidad, se ha convertido en una necesidad; su justificación e importancia en el Ecuador se encuentra enmarcada y justificada en la Ley de la Cartografía Nacional (1987) y su Reglamento (1991).

La realidad del Ecuador en cuestiones de información cartográfica, no difiere de la necesidad y problemática del resto de los países. Para comprender la evolución del cubrimiento fotográfico-cartográfico, objetivo del presente artículo, se realiza la siguiente síntesis:

Desde 1928, el IGM es la única entidad encargada por el Estado ecuatoriano para la generación de la cartografía básica oficial del país, y en estos 93 años de vida institucional, ha elaborado la Cartografía Nacional del Ecuador, siendo el pilar fundamental para la planificación del territorio en el ámbito civil y militar (IGM, 2002). En este trascurso de la historia, tres son los proyectos emblemáticos que han permitido el cumplimiento de la misión encomendada: el Proyecto Carta Nacional, que

se mantiene hasta la presente fecha, y, de manera paralela, la ejecución del Proyecto de Inversión 1 (2011-2017) “Obtención de cartografía escala 1: 5000 y generación de cartografía básica oficial escala 1: 25 000 a nivel nacional”; y el Proyecto de Inversión 2 (2018-2021) “Obtención de cartografía básica oficial actualizada del país multiescala”, que se encuentra en ejecución.

Los proyectos requirieron del insumo fotográfico para la aplicación del método aerofotogramétrico y la técnica de restitución para la generación de la cartografía respectiva, existiendo áreas geográficas en las cuales no ha sido factible su captura, aun habiéndose destinado ingentes recursos y tiempo.

El presente artículo tiene como objetivo determinar estas áreas geográficas, y analizar cuáles se han mantenido a lo largo del tiempo.

2. MÉTODO

Para la obtención de las áreas históricamente no cubiertas por fotografías aéreas se realizó una compilación de información en formato análogo y digital, correspondiente a las coberturas de fotografía aérea y cartografía obtenidas en los siguientes proyectos emblemáticos, estructurándolos en una geodatabase y aplicando la técnica de superposición.

2.1 PROYECTO CARTA NACIONAL

En este proyecto se evidencian dos períodos tanto en la técnica empleada para el cubrimiento cartográfico, como en el cubrimiento fotográfico:

Período I (1948 a 2000): Uso de las cámaras análogas RC-10 y RC-30, para la toma de fotografías blanco/negro, a escala 1: 60 000, y generación de cartografía a escala 1: 50 000, con el uso de la técnica de grabado cartográfico y restitución aerofotogramétrica (Figura 1).

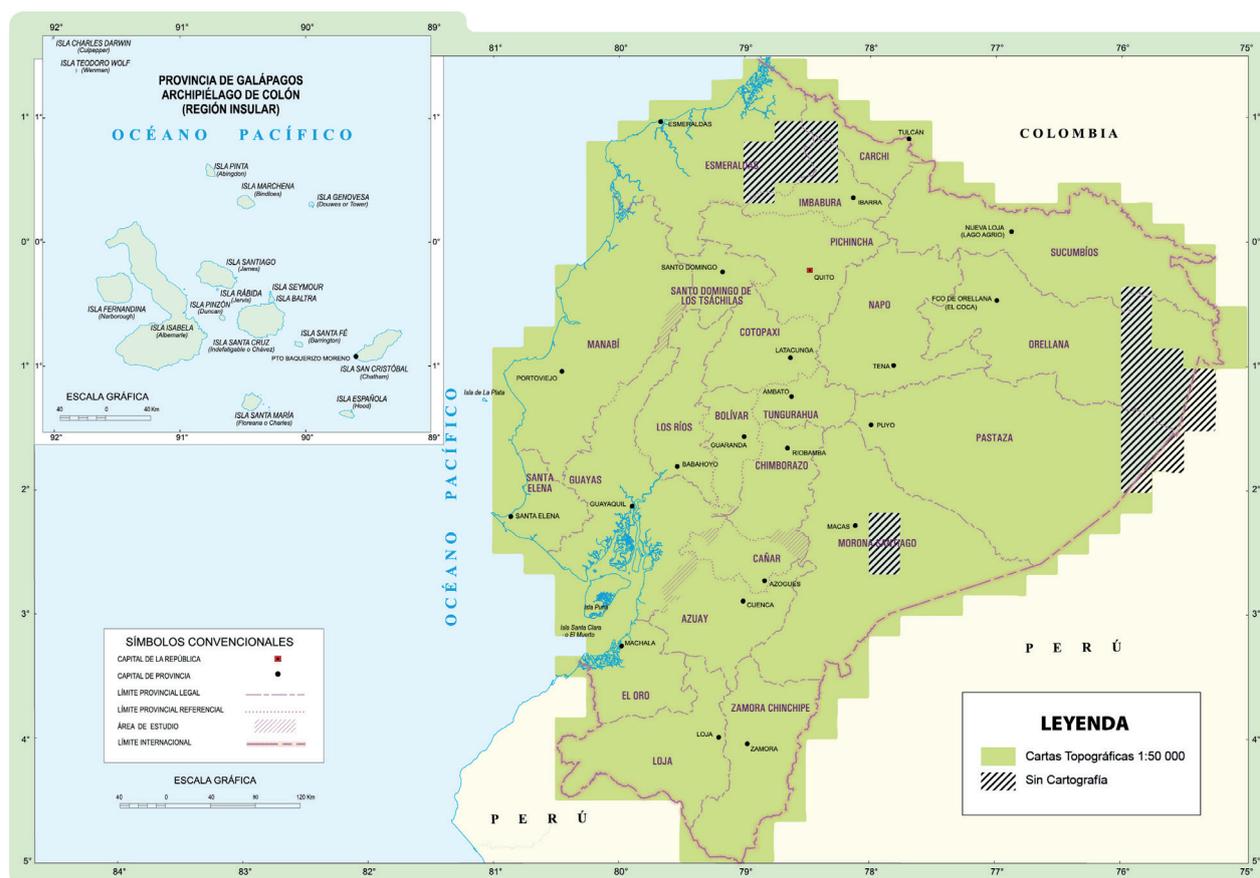


Figura 1. Cobertura de Cartografía 1: 50.000 del Proyecto Carta Nacional (Período I).

Período II (2000 a 2010): Uso de la cámara análoga RC-30 para la toma de fotografías blanco/negro y color, a escala 1: 30 000 y 1: 60 000, a partir de las cuales se realizó cartografía actualizada a escala 1: 25 000 y 1: 50 000 con la técnica de restitución aerofotogramétrica digital. En este período se obtiene la fotografía de las Islas Galápagos (Figura 2).

2.2. PROYECTOS DE INVERSIÓN: 5K, 25K Y MULTIESCALA (2011-FEB 2021)

En el año 2011, el Estado ecuatoriano requiere de cartografía actualizada para su ordenamiento territorial; ante lo cual, la Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), actual Secretaria Técnica Planifica Ecuador, solicita al IGM bajo la modalidad de proyecto de inversión 1, la obtención de la cartografía a escala 1:5000 y la generación de cartografía básica oficial a escala 1: 25 000 del Ecuador continental, mediante el empleo de fotografía aérea con un GSD¹ de 30 a 40 cm. Al finalizar el proyecto se generó un área aproximada de 210 000 km², que corresponde aproximadamente al 82 % de cobertura a nivel nacional. De esta cobertura se generalizaron las escalas siguientes: 1: 50 000, 1:100 000, 1:250 000, 1:500 000 y 1:1 000 000. (Figura 3).

En el año 2018, se aprueba y se financia un nuevo proyecto de inversión para la obtención de cartografía básica oficial actualizada del país multiescala de 100 000 km² a las escalas 1:5000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:250 000, 1:500 000 y 1:1000 000 del territorio nacional continental, para el período 2018-2021. En la Figura 3 se muestra el avance de la toma fotográfica alcanzada hasta el 08 de febrero de 2021. Este proyecto, que se encuentra en ejecución, los sectores priorizados son las áreas sin toma de fotografía aérea del primer proyecto de inversión y sectores de mayor dinamismo. La región Insular de Galápagos no fue considerado en ninguno de los dos proyectos de inversión.

¹ Ground Sample Distance: Tamaño del píxel

2.3. DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS SIN COBERTURA

Una vez determinados y analizados los proyectos emblemáticos del Instituto, se procede a la estructuración en una geodatabase con la información proporcionada en digital. La información obtenida en formato análogo fue sometida a un proceso de escaneado, georreferenciación y digitalización.

Una vez obtenidas y estructuradas las capas en la geodatabase con la información de las coberturas fotográficas y cartográficas de los diferentes proyectos, se procede con el uso de un Sistema de Información Geográfica (ArcGIS 10.3), al cruce o superposición de mapas (álgebra de mapas): con la herramienta de geoprocésamiento MERGE se ejecuta la unión de los tres mapas obteniendo uno solo; y con la herramienta DISSOLVE se procede a unificar en un solo polígono toda la información fotográfica-cartográfica que el IGM ha logrado obtener. Posterior, se procede con la herramienta

ERASE² entre el mapa obtenido y el mapa del territorio nacional a generar el Mapa de Áreas Geográficas históricas sin cobertura fotográfica y por consecuencia sin cartografía (Figura 4 y 5).

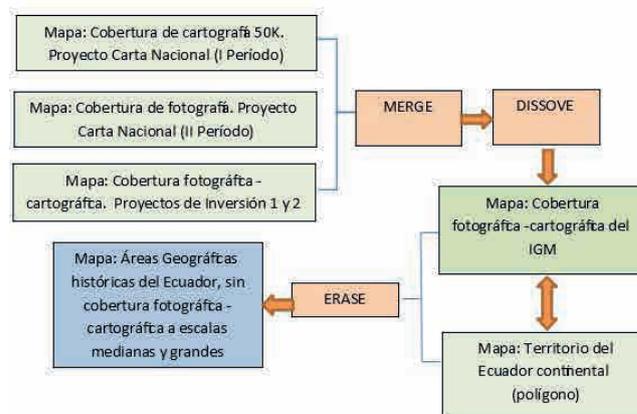


Figura 4. Procesamiento para la determinación de las Áreas Geográficas Históricas del Ecuador sin Cobertura Fotográfica-Cartográfica a escalas medianas y grandes.

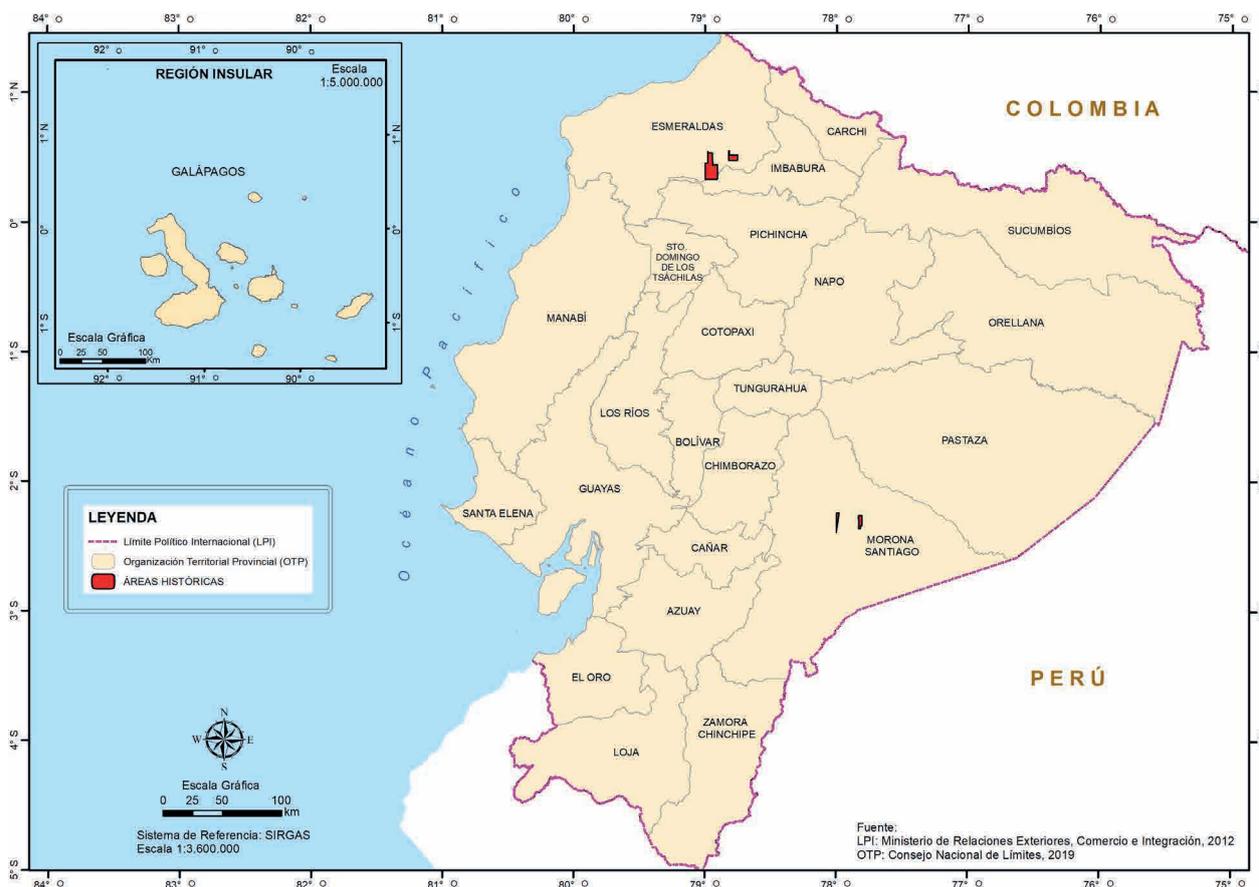


Figura 5. Áreas Geográficas Históricas del Ecuador sin cobertura Fotográfica-Cartográfica a escalas medianas y grandes.

2 Crea una nueva cobertura de salida mediante la superposición de polígonos de la cobertura de borrado sobre las entidades de la cobertura de entrada. Solo se copian en la cobertura de salida las partes de las entidades de cobertura de entrada que estén fuera de los límites exteriores del polígono de borrado (<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/coverage-toolbox/erase.htm>).

3. RESULTADOS

Como resultado se obtuvieron cuatro áreas (Figura 5): dos en la provincia de Esmeraldas e Imbabura (Figura 6), con una superficie aproximada de 209,5km², y dos en la provincia de Morona Santiago (Figura 7), con una superficie aproximada de 45,4Km².

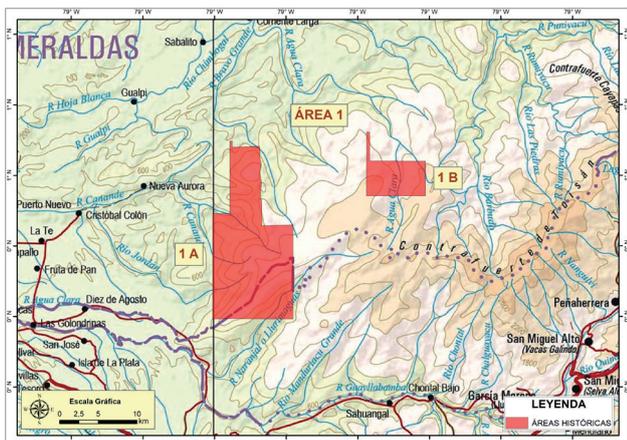


Figura 6. Área 1 ubicada en la región Costa y Sierra, en la provincia de Esmeraldas e Imbabura, cantones Eloy Alfaro y Cotacachi; 1A (parroquias: Telembí y García Moreno) y 1B (parroquias: Luis Vargas Torres y Telembí); 1A: 0°24'42,7" N, 78° 57'29,8" W; 1B: 0°29'52" N, 78°47'26,4" W (Coordenadas del centroide, Sistema de Referencia: WGS84); 1A: 172,6 km² y 1B: 36,8 km².

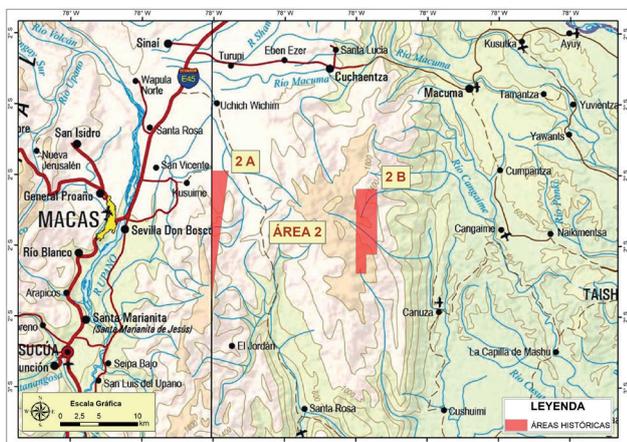


Figura 7. Área 2, ubicada en la región Amazónica, en el cantón Morona; 2A (parroquia Sevilla Don Bosco) y 2B (parroquias: Sevilla Don Bosco y Cuchaentza); 2A: 2°17'41" S, 77° 59'45,8" W; 2B: 2°18'36,5" S, 77°49'19,28" W (Coordenadas del centroide, Sistema de Referencia: WGS84); 2A: 18,51 km² y 2B: 26,90 km².

El área histórica sin cobertura fotográfica-cartográfica a escala mediana y pequeña es de 254,9 km², lo que representa el 0,1 % del territorio a nivel nacional, teniendo en cuenta que el área del territorio nacional es de 257 217,07 km² (CELIR, 2013), lo que demuestra el arduo trabajo del IGM en cumplimiento de su misión institucional.

4. CONCLUSIONES

- Cuatro son las áreas geográficas en el Ecuador que históricamente no se ha logrado tomar fotografía aérea y por consiguiente no se ha realizado cartografía a escala mediana y grande, con una superficie total de 254,9 km², que representa sólo el 0,1 % del territorio nacional, lo que demuestra el arduo trabajo del IGM, en cumplimiento de su misión institucional.
- Dos áreas se encuentran en la región Costa-Sierra (209,5 km²) y dos en la región Amazónica (45,4 km²).

BIBLIOGRAFÍA

CELIR (2013). Informe del cálculo del área de la organización territorial provincial del Ecuador. Actual Comité Nacional de Límites Internos (CONALI).

Decreto Supremo 2686-B. Registro Oficial 643 de 4 de agosto de 1978. Ley de la Cartografía Nacional. Quito, Ecuador.

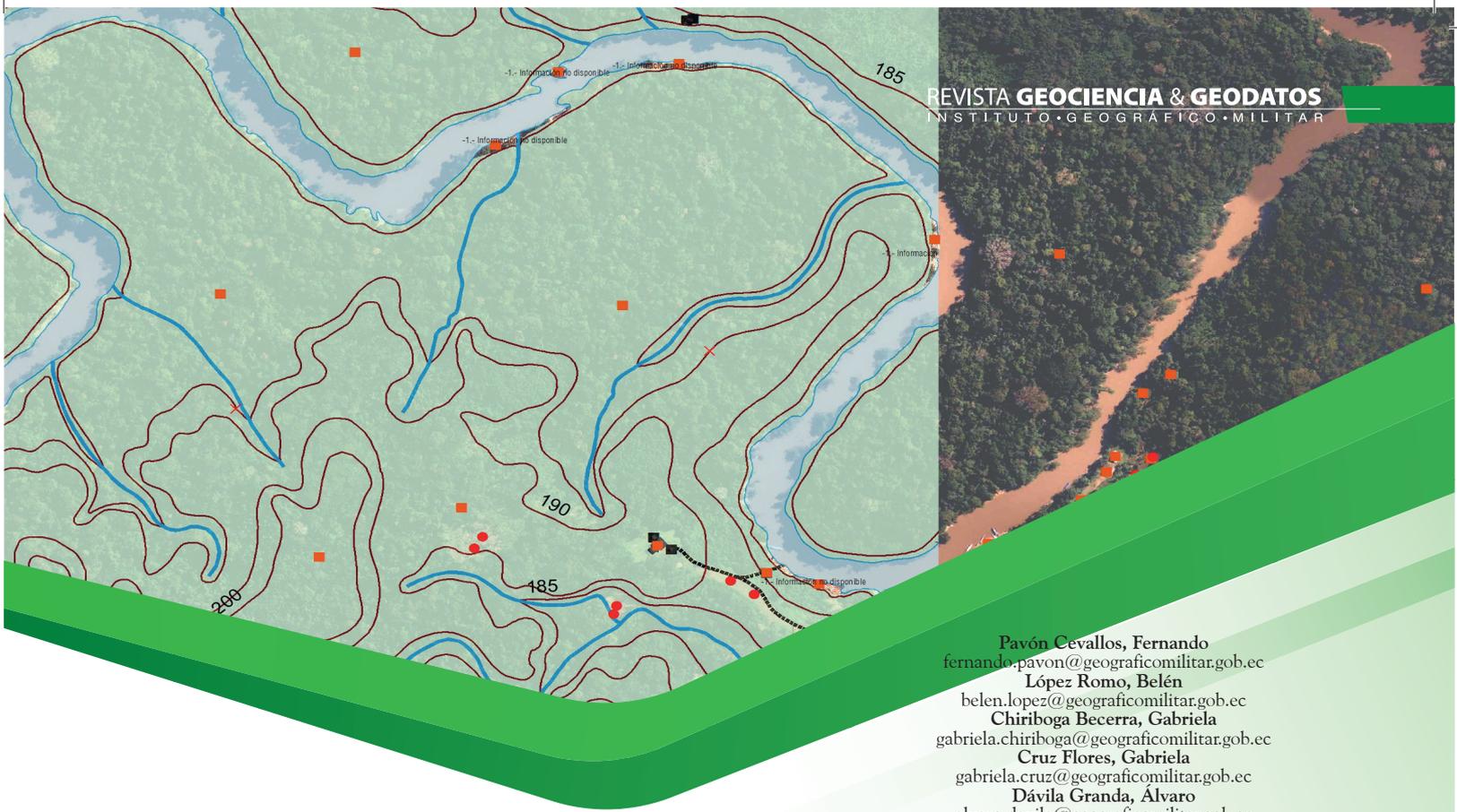
Decreto No. 2913 de 29 de noviembre de 1991. Reglamento a la Ley de la Cartografía Nacional. Quito, Ecuador.

IGM (1991). Guía cartográfica del Ecuador No. 2686-B. Quito, Ecuador. Instituto Geográfico Militar.

IGM (2002). El Instituto Geográfico Militar a través de la Historia. 75 años al servicio del Ecuador. Quito, Ecuador. Instituto Geográfico Militar.

IGM (2012). Catálogo índice de distribución de cartas. Quito, Ecuador. Instituto Geográfico Militar.

Ucha, F. (2013). Cartografía. Recuperado de <https://www.importancia.org/cartografia.php>



Pavón Cevallos, Fernando
fernando.pavon@geograficomilitar.gob.ec
López Romo, Belén
belen.lopez@geograficomilitar.gob.ec
Chiriboga Becerra, Gabriela
gabriela.chiriboga@geograficomilitar.gob.ec
Cruz Flores, Gabriela
gabriela.cruz@geograficomilitar.gob.ec
Dávila Granda, Álvaro
alvaro.davila@geograficomilitar.gob.ec

METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA

Methodology for quality control and evaluation of cartography

RESUMEN

En la actualidad los sistemas de información geográfica son una de las principales herramientas utilizadas en estructuración, generalización y control de calidad que enmarca todo proceso de elaboración de cartografía básica a diferentes escalas. El Ecuador, como muchos países de la región, no tiene estandarizado la evaluación de la cartografía o especificaciones técnicas publicadas con estándares internacionales adaptados a la realidad nacional; es por esta razón, la necesidad de tener procesos válidos cuyo objetivo primordial es transparentar la calidad de los datos ante el usuario mediante una metodología que implica la revisión de muestras seleccionadas de manera aleatoria en relación al número de hojas topográficas del proyecto. El uso de herramientas para la automatización de procesos que garanticen un correcto control de calidad de los datos geográficos permitió establecer cinco clases para la evaluación de la cartografía elaborada por el Instituto Geográfico Militar cuyo límite superior es A-1 excelente, su uso es adecuado y alcanza una ponderación desde el 90% hasta el 100% y que no requiere una revisión; mientras que, de ser el caso, la clase C-1, ubicada en el límite inferior se categoriza como inadecuada para su uso y requiere de una revisión completa que le permita una aceptación en la siguiente evaluación.

Palabras clave: Control de calidad, evaluación, cartográfica, SIG, Ecuador

ABSTRACT

At present, geographic information systems are one of the main tools used in structuring, generalization and quality control that frames the entire process of preparing basic cartography at different scales. Ecuador, like many countries in the region, has not standardized the evaluation of cartography or technical specifications published with international standards adapted to the national reality; It is for this reason, the need to have valid processes whose primary objective is to make the quality of the data transparent to the user through a methodology that involves the review of randomly selected samples in relation to the number of topographic sheets in the project. The use of tools for the automation of processes that guarantee a correct quality control of the geographic data allowed to establish five classes for the evaluation of the cartography elaborated by Instituto Geográfico Militar whose upper limit is A-1 excellent, its use is adequate and reaches a weighting from 90% to 100% and does not require a review; whereas, if it is the case, class C-1, located at the lower limit, is categorized as inappropriate for use and requires a complete review to allow acceptance in the next evaluation.

Keywords: Quality control, evaluation, cartographic, GIS, Ecuador

1. INTRODUCCIÓN

La evaluación es la fase más importante dentro de todo el proceso de producción; consiste en someter a un análisis para corregir fallas en el proceso de elaboración para verificar que la cartografía elaborada sea correcta, completa y sin errores (Atkinson et al., 2001); no obstante, para la evaluación final no serán considerados los valores que arrojen dichas revisiones; es decir, se realizará una comprobación final, principalmente cuando se trata de publicar un producto cartográfico enmarcado legalmente en la Ley de la Cartografía y su Reglamento que otorga al Instituto Geográfico Militar (IGM) todas estas atribuciones (Ley de Cartografía Nacional, 1978).

El control de la calidad y evaluación de la información cartográfica involucra la concepción preliminar de un sistema integrado de gestión de la calidad, en la que se evidencia: 1) un marco conceptual, estructural y funcional y 2) la evaluación de los productos y subproductos obtenidos. En este sentido, las etapas, procesos y normativas de implementación corresponden a la parte más importante del sistema integrado propuesto.

Los datos geográficos se constituyen en los elementos fundamentales del proceso de producción Cartográfica (Geodesia, Cartográfica, Geográfica y Nombres Geográficos) no exentos de errores e incertidumbres, que en términos de calidad deben ajustarse a estándares y normativas que permitan un mejoramiento continuo para la obtención de productos ajustados a los requerimientos de los usuarios (Atkinson et al., 2001; Mozas-Calvache & Ariza-López, 2008).

Bajo este contexto, la Gestión de Normalización del IGM ha desarrollado e implementado una metodología dirigida a la evaluación y control de calidad de la cartografía básica y/o temática, considerando las normas de la familia ISO para Información Geográfica (F. Ariza-López & García Balboa, 2008), específicamente, la norma relacionada a la calidad de los datos geográficos (ISO, 2013a), y sus predecesoras (ISO, 2002, 2003, 2011). Además, se ha tomado en consideración las normas relativas a muestreos (ISO, 1999, 2013b) que generalmente acompañan el control y evaluación de las normas anteriores (Mozas-Calvache, 2007).

En el desarrollo de la metodología propuesta se ha considerado que la información geográfica se caracteriza por tres aspectos: 1) posición espacial mediante coordenadas, 2) por sus atributos y 3) por el tiempo en el que suceden (Mozas-Calvache, 2007), que en su forma más simple justifica la generación gráfica de los datos geográficos.

Asimismo, es necesario subrayar que la información geográfica tiene propiedades muy diferentes a otros tipos de información y, por ende, las bases de datos geográficas (BDG) que se generan como modelos de dicha realidad se procura que sean lo más exactas posible; sin embargo, en su proceso de generación intervienen varias fuentes de imprecisión, por ejemplo: esquemas de clasificación, calidad de las imágenes, ejecución del control y clasificación de campo, escala del producto, generación de BDG, etc. (F. Javier Ariza-López et al., 2019) que pueden generar errores como:

Errores groseros: Este término coloquial hace referencia a los errores que se presentan en la elaboración de cartografía y que corresponden a una equivocación (desplazamiento importante de información, elementos duplicados, mala interpretación y/o catalogación; entre otros); considerando que no se debe confundir entre error de medida, producción o el provocado por el humano. Es importante considerar que deben ser eliminados previo a un análisis estadístico (Francisco Javier Ariza-López, García-Balboa, et al., 2018).

Errores sistemáticos: Corresponden a los errores constantes o funcionales que siguen una función determinada y aparecen afectando los valores reales, aunque no perturben parámetros externos. Los procedimientos que se realicen estarán afectados por un error sistemático (Francisco Javier Ariza-López, García-Balboa, et al., 2018).

Errores aleatorios: Ocurren de manera fortuita siguiendo modelos estadísticos con una distribución de Gauss por el simple hecho de generar información y deben estar dentro de un margen de error permisible para el uso del producto; considerando que todos los procesos de producción cartográfica generan este tipo de errores (Francisco Javier Ariza-López, García-Balboa, et al., 2018).

De esta manera, considerando que en el Ecuador no se encuentra normado un proceso de evaluación de la calidad de la cartografía, evidenciando la

necesidad de implementar metodologías para un control basado en métodos generados por países pioneros en la temática, utilizados en la región (F. Javier Ariza-López et al., 2019) y que sean capaces de automatizarlos y aplicarlos a la cartografía digital a diferentes escalas, se ha considerado la necesidad de plantear una metodología de control de calidad y evaluación de la cartografía digital, partiendo de especificaciones técnicas que se encuentran en proceso de validación a diferentes escalas que determinan los tamaños mínimos que deben levantarse a la escala de trabajo (IGM, 2019, 2020e,

2020f, 2020c, 2020d) y documentos generados por países de la región (IGAC, 2016; IGN, 2011).

2. METODOLOGÍA

Para la evaluación de la calidad del producto cartográfico se consideró tres niveles espaciales: El primer nivel es el país constituido por la unidad geopolítica definida por el espacio nacional continental continuo que presenta una homogenización por regiones (Costa, Sierra y Amazonía); sobre la cual se distribuyen las hojas topográficas a las diferentes escalas (Figura 1).

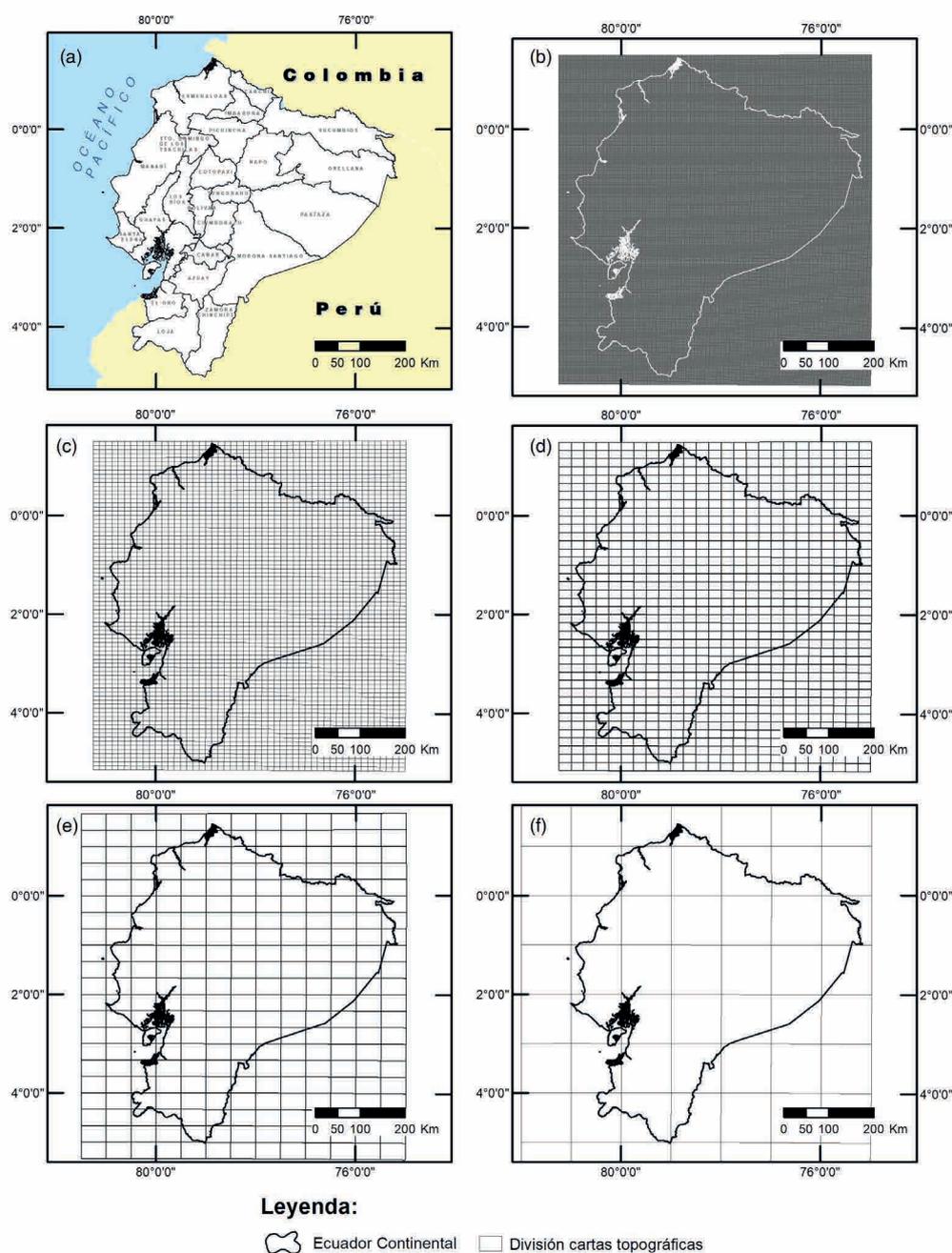


Figura 1: a) Unidad geopolítica definida por el espacio nacional continental, b) Distribución de hojas escala 1:5000, c) Distribución de hojas escala 1:25 000, d) Distribución de hojas escala 1:50 000, e) Distribución de hojas escala 1:100 000, f) Distribución de hojas escala 1:250 000

El segundo nivel corresponde a las unidades de muestreo representadas en un archivo *shapefile* que contiene los límites de los bloques fotogramétricos (Figura 2a) dentro del espacio regional homogéneo y por tal motivo, no requiere una estratificación. El tercer nivel está conformado por las hojas topográficas que se encuentran dentro de los bloques fotogramétricos; las cuales constituyen específicamente las unidades estadísticas para la evaluación cartográfica. La elección de las unidades estadísticas a intervenir se obtuvo mediante una cuadrícula de puntos (Figura 2b) que permiten espacializar tomando en cuenta toda el área que cubre la zona de estudio.

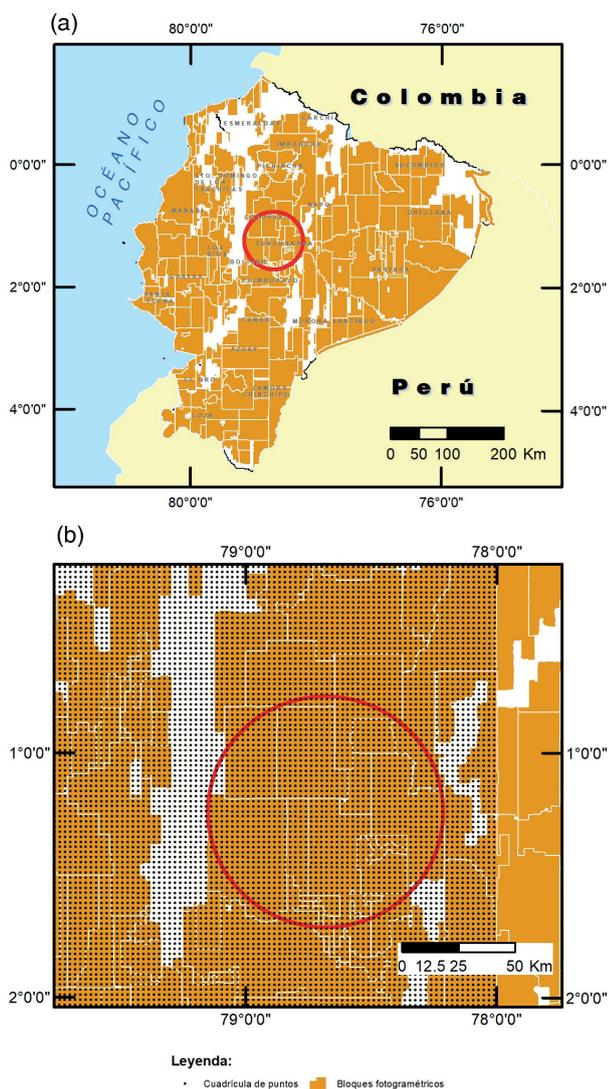


Figura 2: a) Distribución bloques fotogramétricos, b) Cuadrícula de puntos

2.1. TAMAÑO DE LA MUESTRA

El tamaño de la muestra se definió con un nivel de confianza al 90% ($Z = 1,65$) y un intervalo de confianza del 10% (error = 0,1) considerando que la distribución de los datos sigue una curva normal

(las hojas tomadas como muestras son similares al comportamiento del bloque fotogramétrico); es decir, es unimodal, en donde coinciden las medidas de tendencia central (moda, media aritmética y mediana). Es necesario mencionar que esta consideración constituye una aproximación con una probabilidad al 90%; reduciendo significativamente el número de datos a evaluar (F. Javier Ariza-López et al., 2010).

En este sentido, se utilizó la fórmula general (1) que se aplica al conocer el valor de la población total o universo (número de hojas del bloque fotogramétrico).

$$n = (NZ^2 * p * q) / ((N-1) * e^2 + Z^2 * p * q) \quad (1)$$

En donde:

- n = Tamaño de la muestra (número de hojas a evaluar)
- Z = Nivel de confianza
- p = Probabilidad de ocurrencia en la población de las características del estudio
- q = Probabilidad de no ocurrencia en la población de las características del estudio ($1 - p$)
- N = Tamaño de la población (número total de hojas)
- e = Error de estimación; es decir, la diferencia máxima que se puede aceptar entre los datos o medidas de la muestra y los datos o medidas de la población

De esta manera, la diferencia es el resultado obtenido entre los datos de la muestra y los datos en el bloque fotogramétrico que corresponde al 10% o lo que es equivalente, al suceso dentro de cada una de las unidades estadísticas; es decir, el error corresponde al resultado que se obtiene entre las medidas en los elementos con observaciones dentro de cada una de las hojas de la muestra y el total de elementos cartográficos en cada una de dichas hojas.

2.2. SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Determinado el número de muestras requeridas, mediante programación *Python* y automatización de procesos (Figura 3) que utilizan herramientas de geoprocésamiento y análisis espacial disponibles en los sistemas de información geográfica (SIG), se

determinó las hojas a evaluar dentro de los bloques fotogramétricos. Para el efecto, considerando el campo ID del archivo *shapefile*, se realizaron procedimientos para exportar la información relevante a un archivo de texto que puede ser leído en el ambiente de R- RStudio para seleccionar de manera aleatoria las hojas a evaluar (Figura 4), utilizando los parámetros de la fórmula general planteada.

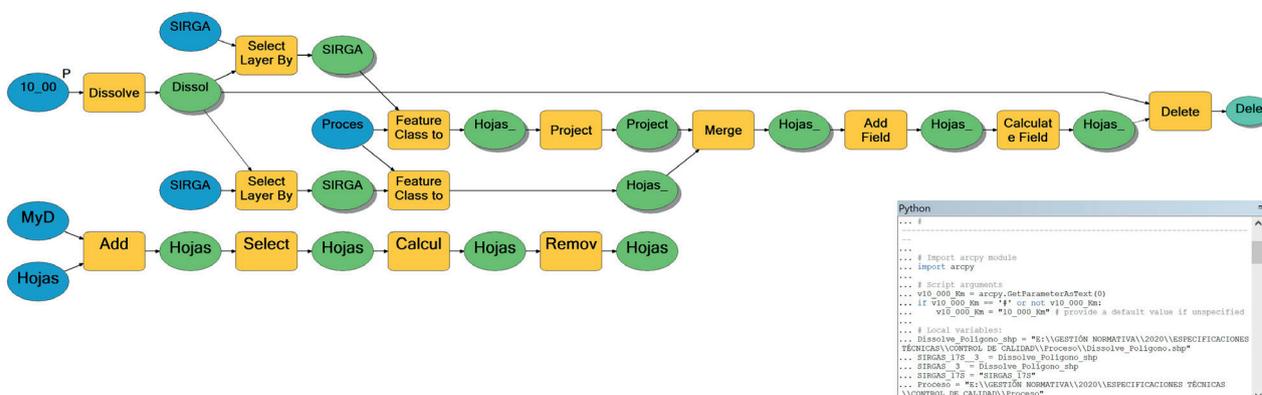


Figura 3: Automatización de procesos.

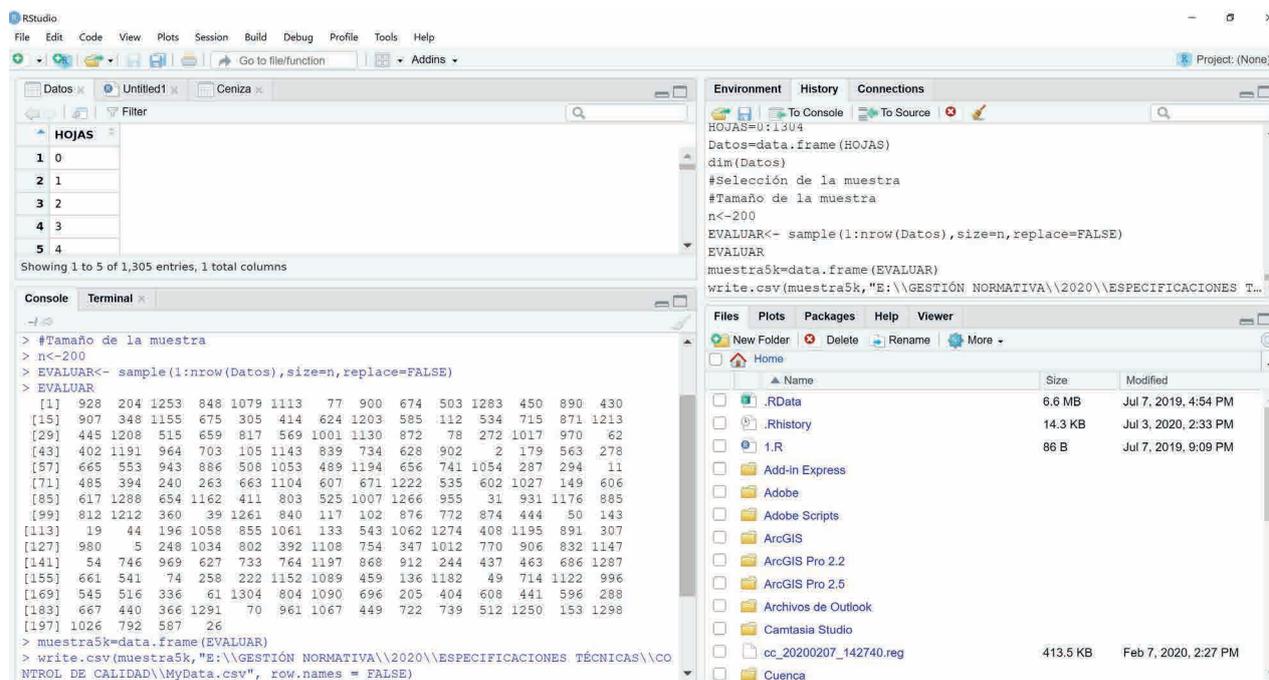


Figura 4: Selección de muestras aleatorias

Determinadas las hojas, el resultado se lo visualiza en un ambiente SIG y el número total de hojas seleccionadas multiplicando por 5,2 km² corresponde a la superficie real a evaluar de los bloques fotogramétricos (Figura 5). Si esta cantidad se divide para el número de hojas de la muestra, se obtiene el número de superficies mínimas que abarcarían todo el bloque fotogramétrico. Las cartas que se toman para la evaluación son las determinadas por los puntos de intersección de los lados de la malla de puntos. Finalmente, se asume este valor como el área de un cuadrado y al extraer su raíz cuadrada, se obtiene una longitud que representa el lado de cada celda de la malla que se genera en el programa.

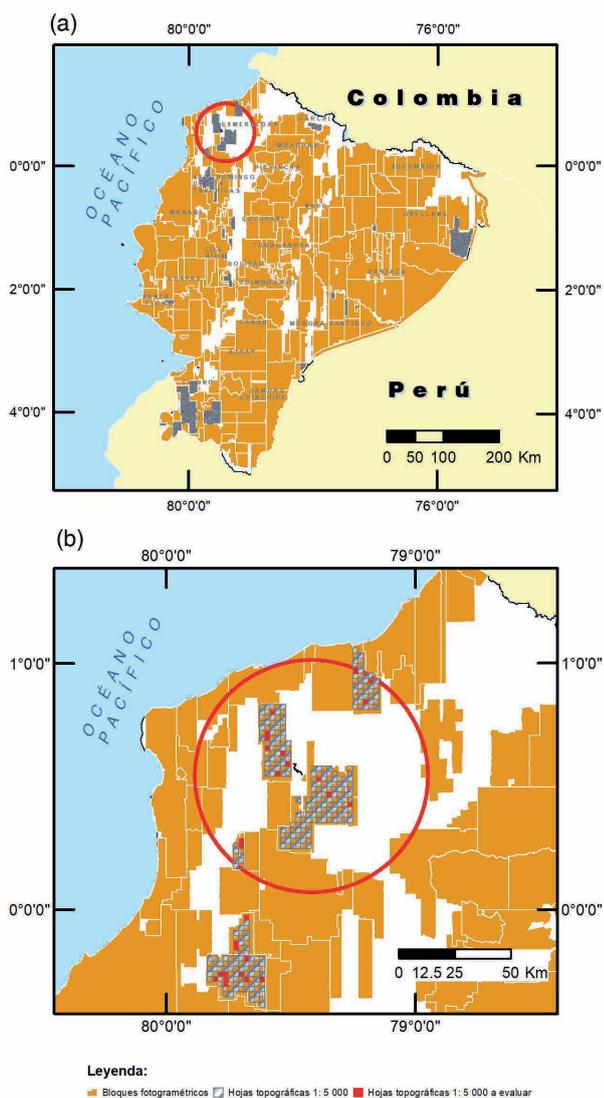


Figura 5: a) Distribución bloques fotogramétricos, b) Hojas a evaluar (en rojo)

2.3. DEFINICIÓN DEL MARCO MUESTRAL PARA LA EXACTITUD POSICIONAL (PUNTOS GPS)

Para la aplicación en la exactitud posicional, en razón de que se tiene un universo infinito de puntos de coordenadas en la hoja que a escala 1:5000 cubre un área aproximada de 5,2 km², se tomó los ejemplos que consideran los estándares de exactitud del *National Map Accuracy Standard* (NMAS), *Engineering Map Accuracy Standard* (EMAS) y *National Standard for Spatial Data Accuracy* (NSSDA) que hacen referencia a la cobertura terrestre y especifican un mínimo de 20 puntos de control (F. Javier Ariza-López et al., 2019; Francisco Javier Ariza-López, García-Balboa, et al., 2018; Atkinson et al., 2001), a diferencia de *American Society of Photogrammetry and Remote Sensing* (ASPRS) que considera los números de puntos

a tomar en función de la superficie del proyecto (ASPRS, 2015). Fuera de estas especificaciones, no existe un estándar que determine este tamaño de muestra en relación con la escala, área, precisiones, etc., más bien se puede entender que este número se toma bajo la consideración de ciertos teoremas de la estadística como el teorema central del límite o de los grandes números en los que se indica que para que una muestra sea significativa debe contener como mínimo 20 encuestas.

Igualmente, la distribución de los puntos en el terreno no está clara; sin embargo, existen ciertos criterios encaminados a ayudar a definir estos en el mapa y sus correspondientes en campo (F. Javier Ariza-López et al., 2010). Consecuentemente, en este caso, la ubicación de los puntos sobre el terreno se elegirá (igual al caso anterior) considerando la confección de una malla en el que el lado del cuadrado estará en función del área de la carta y del número de puntos GPS a tomar (25, en consideración de que existen especificaciones que recomiendan mínimo 20 puntos). Estos puntos permitirán en sus entornos más cercanos buscar preferiblemente las intersecciones de vías, aceras, bordillos o canales; así como vértices de viviendas, elementos recomendables dentro de la escala del proyecto.

2.4. BASE DE DATOS DE CONTROL DE CALIDAD Y AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS

Los elementos de calidad a evaluar han sido tomados de la norma ISO 19157 para la calidad (Figura 6); los cuales fueron estructurados en una base de datos geográfica con los respectivos dominios y campos preestablecidos (Figura 7a) que serán utilizados en cada evaluación y control de calidad por proyectos.

Los elementos han sido clasificados en cuatro grupos (hidrografía, vialidad, varios y vegetación) considerando la tabla de estructuración vigente (IGM, 2020b) y ordenados de manera alfabética para una búsqueda más efectiva al momento de utilizarla (Figura 7b), con una simbología específica para cada uno de los elementos de calidad (Figura 7c) que concuerda con la plantilla de simbolización y los elementos para la evaluación y control de calidad de la cartografía (Figura 8) acordes a la temática que facilitan la interpretación de la información y unificación de resultados; con lo cual, limita la subjetividad del proceso y diferencias de criterios entre evaluadores.

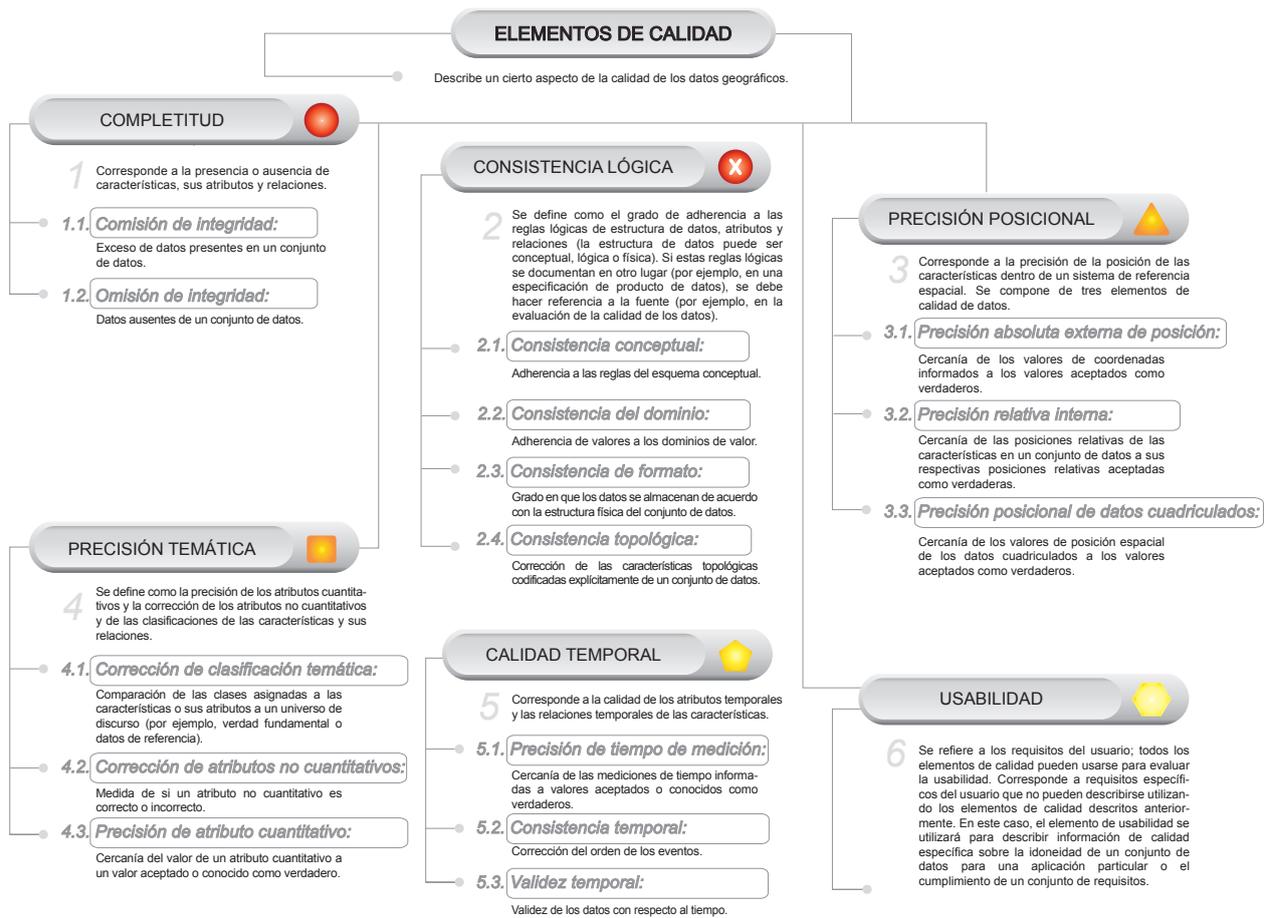


Figura 6: Elementos para la evaluación y control de calidad de la cartografía
Fuente: Adaptado de ISO (2013a)

a)

The screenshot shows a 'Domains' dialog box with a table of domain names and descriptions. Below it, 'Domain Properties' and 'Coded Values' are visible.

Domain Name	Description
1_Elementos_de_calidad	Componente que describe un cierto aspecto de la ca
2_Sub_elemento_calidad	Categorías de los elementos de calidad de los datos.
3_Hidrografia	Elementos hidrográficos disponibles en la cartografía
4_Vialidad	Elementos de la red vial disponibles en la cartografía
5_Varios	Elementos varios disponibles en la cartografía.
6_Vegetación	Cobertura vegetal disponibles en la cartografía.
7_Tipo	Geometría del elemento.

Code	Description
1	1_CD_Completitud
2	2_CD_Consistencia lógica
3	3_CD_Precisión posicional
4	4_CD_Precisión temática
5	5_CD_Calidad temporal

b)

Code	Description
1	1_acequia
2	2_acueducto canal
3	3_albufera
4	4_alcantarilla
5	5_antepaya

Code	Description
1	1_aeropuerto
2	2_control vehicular
3	3_cuneta
4	4_estación ferrocarril
5	5_estación transbordo

Code	Description
1	1_abrevadero
2	2_antena parabólica
3	3_área cuerpo agua
4	4_astillero
5	5_bocatoma

Code	Description
1	1_bosque
2	2_cultivo
3	3_desmonte
4	4_matorral
5	5_pastizal

c)

- -1_Información no disponible
- 1_CD_Completitud
- ✗ 2_CD_Consistencia lógica
- ▲ 3_CD_Precisión posicional
- 4_CD_Precisión temática
- 5_CD_Calidad temporal
- 6_CD_Usabilidad

- -1_Información no disponible
- 1_CD_Completitud
- ✗ 2_CD_Consistencia lógica
- ▲ 3_CD_Precisión posicional
- 4_CD_Precisión temática
- 5_CD_Calidad temporal
- 6_CD_Usabilidad

- -1_Información no disponible
- 1_CD_Completitud
- ✗ 2_CD_Consistencia lógica
- ▲ 3_CD_Precisión posicional
- 4_CD_Precisión temática
- 5_CD_Calidad temporal
- 6_CD_Usabilidad

- -1_Información no disponible
- 1_CD_Completitud
- ✗ 2_CD_Consistencia lógica
- ▲ 3_CD_Precisión posicional
- 4_CD_Precisión temática
- 5_CD_Calidad temporal
- 6_CD_Usabilidad

Figura 7: a) Dominios y campos preestablecidos para la evaluación y control de calidad de la cartografía, b) Estructuración cartográfica ordenada de manera alfabética, c) Simbología específica

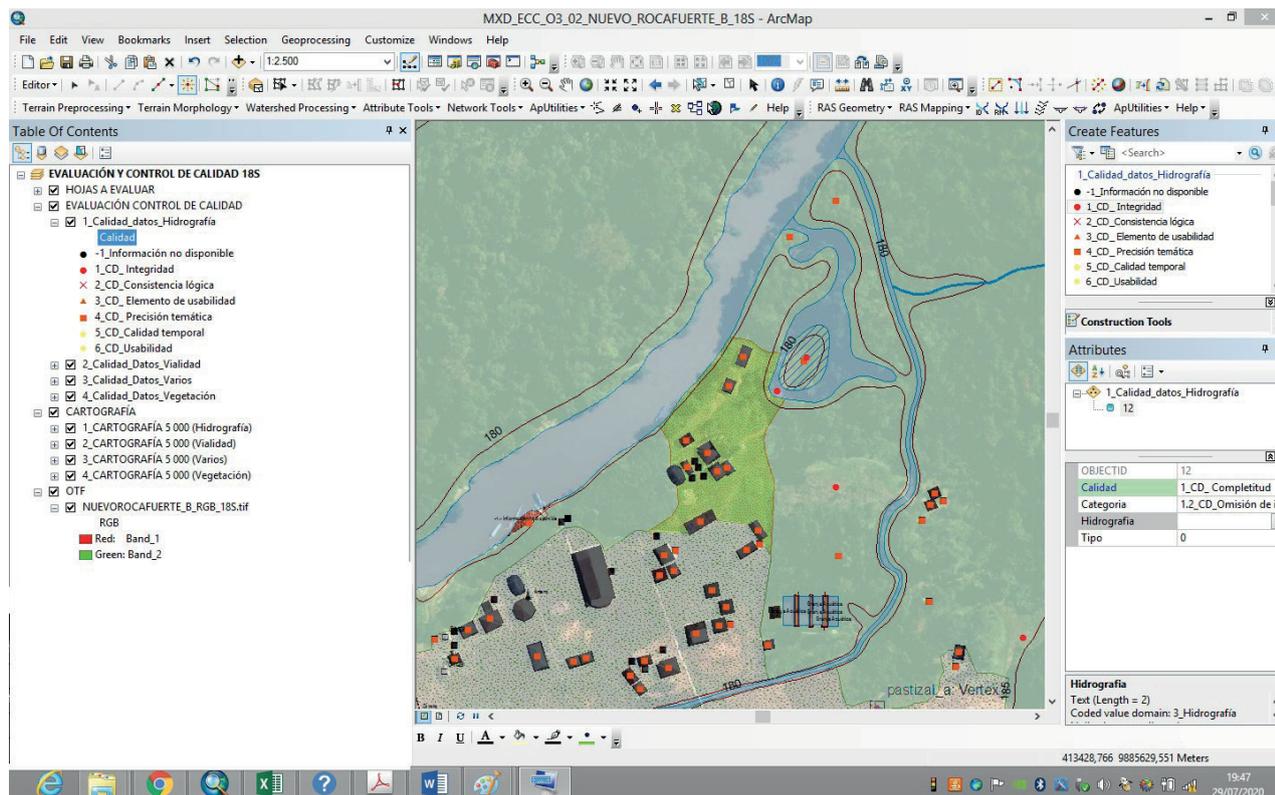


Figura 8: Plantilla de simbolización de los elementos para la evaluación y control de calidad de la cartografía

Generada la base de datos y la plantilla de simbolización, se determinó algunos procesos que son repetitivos en cada una de las evaluaciones y que pueden ser automatizados, disminuyendo el tiempo empleado en la preparación de archivos y optimizando la revisión de la información por parte del evaluador. Para lo cual, con ayuda de modelos cartográficos que pueden ejecutarse en el ambiente de los SIG, sean estos comerciales o libres mediante scripts generados en *Python*, se automatizó diez procesos para la revisión de topologías (punto, líneas, polígonos), revisión del modelo semántico (relación entre coberturas) y trazo de retornadores de las curvas de nivel (Figura 9).

- ECC_Herramientas
 - 1_ECC_Topología Líneas
 - 1_Topología_Líneas
 - 2_ECC_Topología Polígonos
 - 2_Topología_Polígonos
 - 3_ECC_Topología Modelo Semántico
 - 3_Topología_Modelo_Semántico
 - 4_ECC_Topología Puntos
 - 4_Topología_Puntos
 - 5_ECC_Retornadores curvas
 - 5_Retornadores_curvas
- Editing Tools
- Geocoding Tools
- Geostatistical Analyst Tools
- Linear Referencing Tools
- Multidimension Tools
- Network Analyst Tools
- Parcel Fabric Tools
- Schematics Tools
- Server Tools
- Space Time Pattern Mining Tools

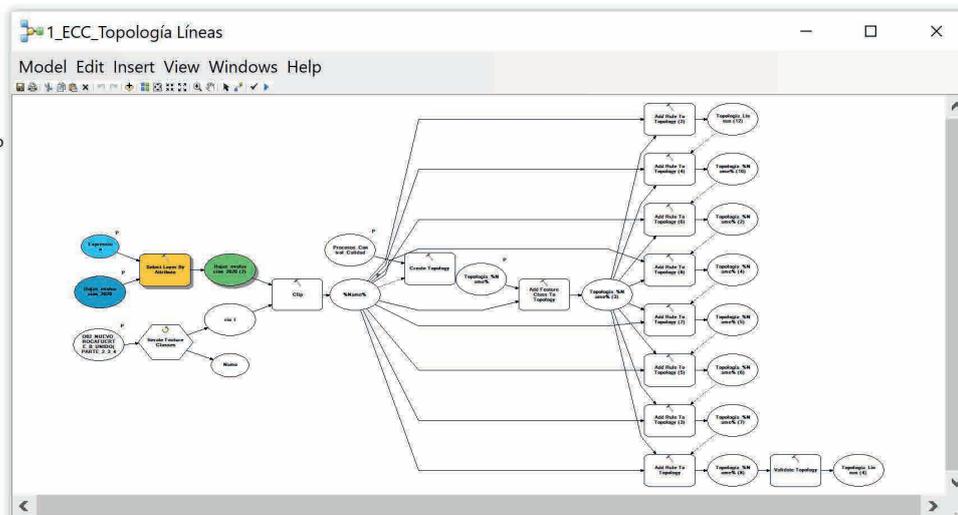


Figura 9: Automatización de procesos – Control topologías

2.5. CONTROL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA

Se generó una matriz resumen que permite evaluar de acuerdo a tolerancias de precisión e intervalos de confianza a diferentes escalas; y, jerarquizar la calidad de la información geográfica producida como parte final del proceso de elaboración de cartografía como estipula el manual de especificaciones para mapas topográficos generado por el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) (IPGH, 1978).

La revisión de errores se realiza a la información contenida en cada una de las hojas definidas en el muestreo (F. Javier Ariza-López & Atkinson, 2008), se analiza por cobertura y entre coberturas, utilizando herramientas en el ambiente de los SIG. El producto

cartográfico a evaluar, se sobreentiende que ha pasado el respectivo control de calidad en todo el proceso de elaboración de cartografía. No obstante, considerando que la evaluación se basa en la identificación de errores aleatorios; si existen inconsistencias repetitivas en las coberturas; así como también, omisiones de coberturas y objetos cuyo requerimiento sea obligatorio en el catálogo de objetos, el producto será tomado como no apto para la evaluación.

Se realizó un barrido en cada hoja seleccionada con un zoom de trabajo de 2/3 de la escala de la cartografía a evaluar. Al comprobar una inconsistencia de incumplimiento de los elementos de calidad, se generó un punto por cada error ubicándolo en el objeto geográfico correspondiente acorde a la clasificación de los elementos de calidad (Figuras 10 - 12).

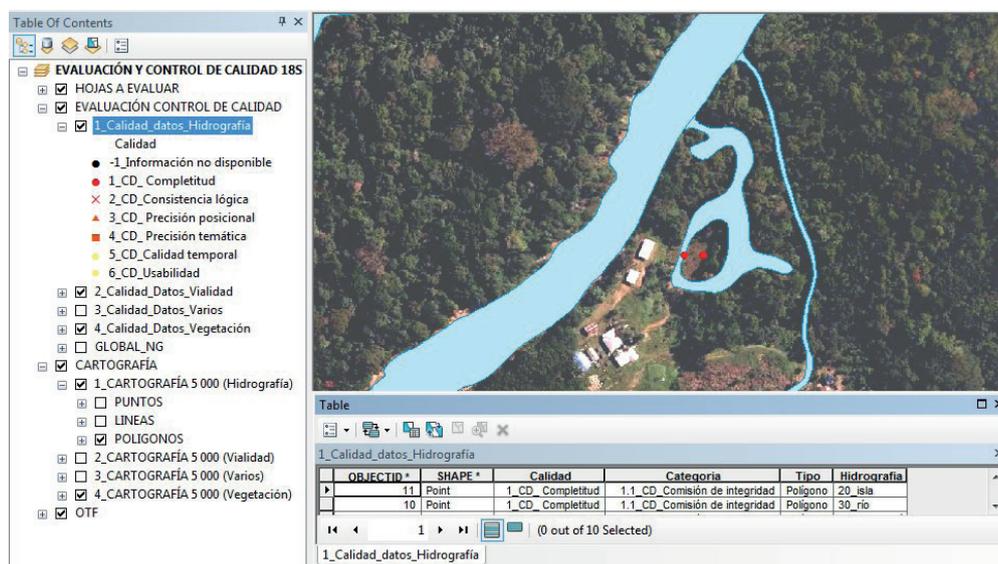


Figura 10. Plantilla de simbolización – Control de calidad hidrografia

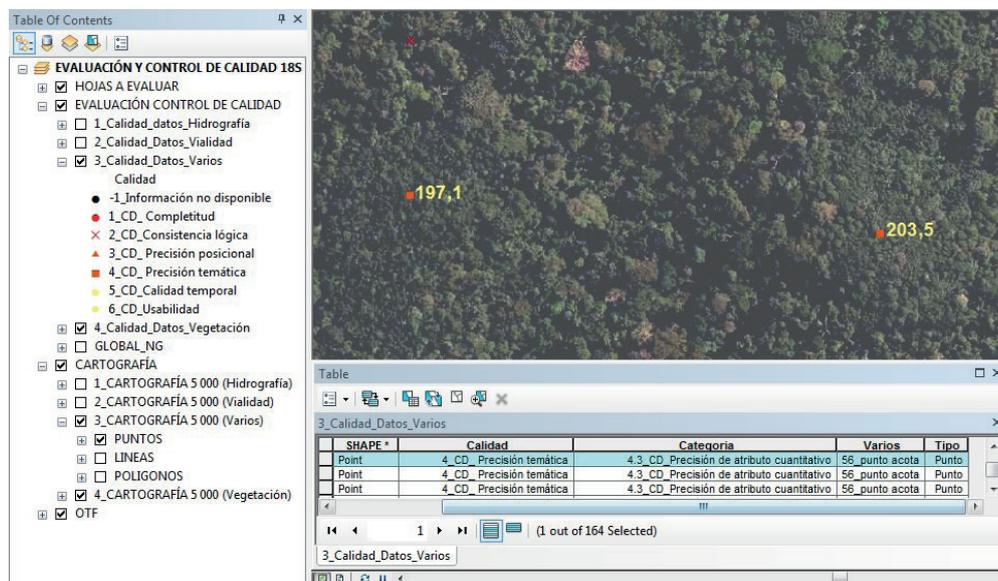


Figura 11. Plantilla de simbolización – Control de calidad puntos acotados

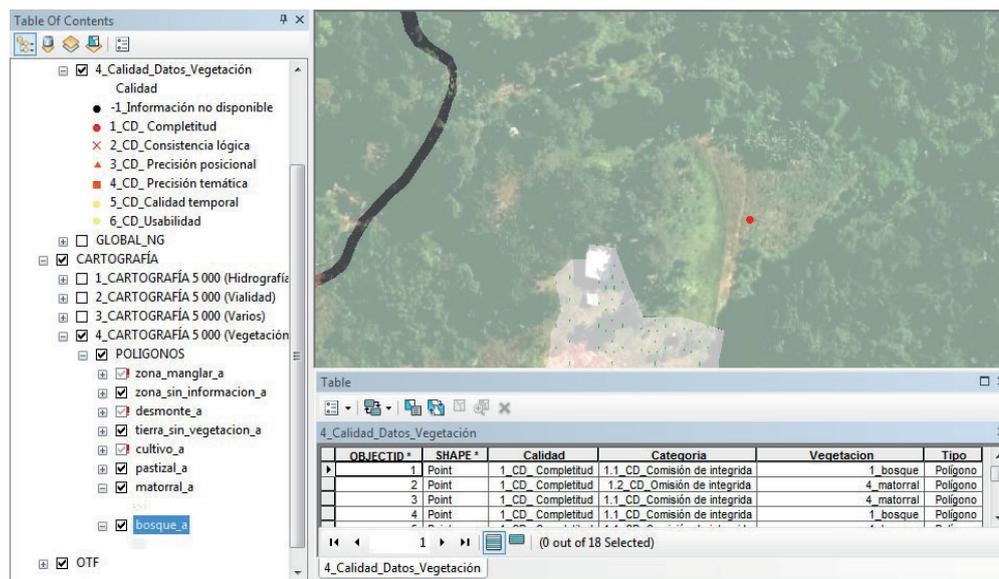


Figura 12. Plantilla de simbolización – Control de calidad vegetación

Finalizado el control de calidad de la cartografía, se cuantifica los errores encontrados en la matriz generada como producto de la evaluación (Figura 13); la misma que ha sido elaborada considerando: 1) experiencias del IGM en el proyecto denominado supervisión y fiscalización de cartografía a escala 1:1000 con fines catastrales (IGM, 2020a), 2) argumentos expuestos por las diferentes sociedades de estandarización

(ISO, 2013a), 3) información de otros institutos geográficos de la región (IGAC, 2016) y 4) publicaciones técnicas referidas a esta temática (F. Javier Ariza-López et al., 2010, 2019; F. Javier Ariza-López & Atkinson, 2008; Francisco Javier Ariza-López, Rodríguez-Avi, et al., 2018; Atkinson et al., 2001; Martínez, 2013; Mozas-Calvache, 2007; Mozas-Calvache & Ariza-López, 2008).

CANTIDAD DE ELEMENTOS EN LA (S) MUESTRA (S)	MUESTRA QIV-A1b-C3	Calidad datos hidrografía	Calidad datos vialidad	Calidad datos varios	Calidad datos vegetación	Calidad datos altimetría	Control topológico	Archivo nombres geográficos	Consistencia archivo de captura	Memoria técnica	Metadato
63	Hidrografía										
33	Vialidad										
110	Varios										
79	Vegetación										
48	Altimetría										
*	Topología										
3	Nombres geográficos										
**	Consistencia archivo de captura										
***	Memoria técnica										
***	Metadato										
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

* El proyecto no debe tener errores topológicos
 ** El proyecto debe coincidir con el archivo DGN y Ortofoto entregada
 *** El proyecto debe tener memoria técnica y metadato

Figura 13 Matriz de calidad de los datos en la (s) muestra (s)

Para la categorización de la evaluación de la cartografía, se tomó en consideración la ponderación dada a las diez variables establecidas en la matriz de porcentaje de calidad de los datos en la (s) muestra (s) (Figura 14). Esta ponderación está dada a la relación del número de objetos geográficos evaluados y cantidad de errores en las muestras por variable y deberá cuantificar el 60% del peso dividido equitativamente considerando la importancia de cada uno de los elementos en la cartografía (IPGH, 1978).

El 40% restante ha sido dividido en cinco partes; de los cuales, el 30% contempla el control topológico, nombres geográficos levantados en campo e incluidos en la base de datos y consistencia del archivo de captura (archivo en formato DGN). El 10% de la ponderación restante ha sido asignada a la disponibilidad de memoria técnica y metadato antes de la evaluación, considerando que son documentos indispensables en la elaboración de cartografía y la importancia para el usuario de disponer de información relevante y detallada del producto (Martínez, 2013).

Variables *	5					Ponderación por variable **					12
60%						10%	10%	10%	5%	5%	
	Calidad datos hidrografía	Calidad datos vialidad	Calidad datos varios	Calidad datos vegetación	Calidad datos altimetría	Control topológico ***	Archivo nombres geográficos	Consistencia archivo de captura	Memoria técnica	Metadato	
Porcentaje de errores	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Porcentaje de aciertos	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
Ponderación por variable	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00	100.00%
									A - 1	Excelente	Adecuado

* Corresponde a la clasificación de la estructuración de la información
 ** Valor asignado en función del número de archivos de estructuración de la información
 *** Porcentaje asignado en función del número de errores topológicos en las coberturas con inconsistencias

Figura 14. Matriz de porcentaje de calidad de los datos en la (s) muestra (s)

Una vez ponderada la información, se tomó como información base, todas las definiciones de la matriz de categorías y normas para evaluación de mapas presentada en el manual de especificaciones para mapas topográficos del IPGH (IPGH, 1978). No obstante, observando que esta matriz fue preparada esencialmente para mapas simbolizados e impresos, se integró los elementos de la calidad que constan en la ISO 19157 para cartografía digital y bases de datos (ISO, 2013a). Además, se suprimió la clase correspondiente a C-2 por tener igual definición que la clase C-1.

Para la definición de los intervalos correspondientes a las diferentes clases, se procedió a tomar como límite superior (Clase A-1) el valor que consta en las normas cartográficas del IGM; por ejemplo,

para la escala 1: 5 000: $\leq 0,3 \text{ m}$; $\leq 0,25 \text{ ICN}$ y para el límite inferior (Clase C-1), un valor que se encuentre en el límite de las establecidas para la siguiente escala; es decir: $< 0,6 \text{ m}$; $< 0,50 \text{ ICN}$ que corresponderían a la escala 1:10 000. El valor que pertenece a la Clase B, se encuentra en el punto intermedio de estos dos extremos.

La tolerancia (mm) es el error convencionalmente aceptado internacionalmente. No es un valor promedio, por tanto, no debe considerarse a este valor \pm un error o una dispersión, sino como un intervalo cuyo límite inferior es abierto hacia la derecha y un límite superior cerrado; por ejemplo, para el caso de la clase A-1 el intervalo es: $0 < X \leq 0,3 \text{ m}$.

Clase	Categorización	Uso	Exactitud posicional		Intervalo de confianza	Compleción		Consistencia lógica			Exactitud temática	Ponderación Total	Requiere revisión
			Planimetría (mm)	Altimetría (mm)		Comisiones	Omisiones	Mal trazo	Continuidad	Conexión			
A-1	Excelente	Adecuado	$\leq 0,3 \text{ M}$	$\leq 0,25 \text{ ICN}$	10%	$< 10\%$	$< 10\%$	$< 10\%$	$< 10\%$	$< 10\%$	$< 10\%$	90% - 100%	No
A-2	Bueno	Adecuado	$\leq 0,45 \text{ M}$	$\leq 0,38 \text{ ICN}$	10%	$< 15\%$	$< 15\%$	$< 15\%$	$< 15\%$	$< 15\%$	$< 15\%$	85% - 89%	Sí*
B-1	Bueno	Utilizable	$\leq 0,45 \text{ M}$	$\leq 0,38 \text{ ICN}$	10%	$< 25\%$	$< 25\%$	$< 25\%$	$< 25\%$	$< 25\%$	$< 25\%$	75% - 84%	Sí*
B-2	Regular	Utilizable	$< 0,6 \text{ M}$	$< 0,50 \text{ ICN}$	10%	$< 25\%$	$< 25\%$	$< 25\%$	$< 25\%$	$< 25\%$	$< 25\%$	65% - 74%	Sí*
C-1	Malo	Inadecuado	$\geq 0,6 \text{ M}$	$\geq 0,50 \text{ ICN}$	$\geq 10\%$	$\geq 25\%$	$\geq 25\%$	$\geq 25\%$	$\geq 25\%$	$\geq 25\%$	$\geq 25\%$	55% - 64%	Sí*

Figura 15. Clasificación y ponderación de la cartografía
Fuente: Adaptado de IPGH (1978) e ISO (2013a)

3. RESULTADOS

3.1. CONTROL DE CALIDAD DE LA CARTOGRAFÍA

La automatización de procesos y uso de paquetes especializados en estadística permitieron obtener de manera aleatoria la muestra a evaluar en el área de estudio; con lo cual, se evita una selección subjetiva y enfatiza la verificación de los tamaños mínimos que deben cumplir en cada escala y los elementos de calidad (compleción, consistencia lógica, exactitud posicional, exactitud temporal, exactitud temática y usabilidad) de todos los objetos geográficos que intervengan en la muestra, independientemente del evaluador; considerando los insumos requeridos (ortofoto, archivo DGN, cobertura de nombres geográficos, memoria técnica y metadato) para el control de calidad de la cartografía (Figura 16).



Figura 16. Insumos requeridos para el control de calidad de la cartografía

Los errores de cumplimiento de los elementos de calidad son generados y almacenados en la base de datos del proyecto en cada una de las coberturas y que pueden ser contabilizados y analizados de manera independiente (Figura 17). El uso de plantillas de simbolización y dominios en la base facilitó el uso y la interpretación de la información.

3_Calidad_Datos_Varios						4_Calidad_Datos_Vegetación					
OBJE	SHA	Calidad	Categoría	Var	Ti	OBJE	SHA	Calidad	Categoría	Vegetacion	Tip
1	Poin	4_CD_Preci	4.3_CD_Prec	56	Pu	1	Poin	1_CD	1.1_CD_Comisi	1_bosque	Polí
2	Poin	4_CD_Preci	4.3_CD_Prec	56	Pu	2	Poin	1_CD	1.2_CD_Omisi	5_pastizal	Polí
3	Poin	4_CD_Preci	4.3_CD_Prec	56	Pu	3	Poin	1_CD	1.1_CD_Comisi	1_bosque	Polí
4	Poin	4_CD_Preci	4.3_CD_Prec	56	Pu	4	Poin	1_CD	1.1_CD_Comisi	1_bosque	Polí
5	Poin	4_CD_Preci	4.3_CD_Prec	56	Pu	5	Poin	1_CD	1.1_CD_Comisi	4_matorral	Polí
6	Poin	4_CD_Preci	4.3_CD_Prec	56	Pu	6	Poin	1_CD	1.2_CD_Omisi	1_bosque	Polí
7	Poin	4_CD_Preci	4.3_CD_Prec	56	Pu	7	Poin	1_CD	1.2_CD_Omisi	6_tierra sin	Polí
8	Poin	4_CD_Preci	4.3_CD_Prec	56	Pu	8	Poin	1_CD	1.1_CD_Comisi	1_bosque	Polí
9	Poin	4_CD_Preci	4.3_CD_Prec	56	Pu	9	Poin	1_CD	1.2_CD_Omisi	6_tierra sin	Polí
10	Poin	4_CD_Preci	4.3_CD_Prec	56	Pu	10	Poin	1_CD	1.2_CD_Omisi	6_tierra sin	Polí
11	Poin	4_CD_Preci	4.3_CD_Prec	56	Pu	11	Poin	1_CD	1.2_CD_Omisi	6_tierra sin	Polí
12	Poin	4_CD_Preci	4.3_CD_Prec	56	Pu	12	Poin	1_CD	1.1_CD_Comisi	1_bosque	Polí
13	Poin	4_CD_Preci	4.3_CD_Prec	56	Pu	13	Poin	1_CD	1.1_CD_Comisi	1_bosque	Polí
14	Poin	4_CD_Preci	4.3_CD_Prec	56	Pu	14	Poin	1_CD	1.1_CD_Comisi	1_bosque	Polí
15	Poin	4_CD_Preci	4.3_CD_Prec	56	Pu	15	Poin	1_CD	1.1_CD_Comisi	1_bosque	Polí
16	Poin	4_CD_Preci	4.3_CD_Prec	56	Pu	17	Poin	1_CD	1.2_CD_Omisi	5_pastizal	Polí

Figura 17. Errores de cumplimiento de los elementos de calidad

3.2. VERIFICACIÓN TOPOLÓGICA DE LOS OBJETOS GEOGRÁFICOS

Al ser la consistencia topológica necesaria en la calidad de la información cartográfica, el uso de herramientas personalizadas que realizan una selección (dependiendo del bloque y número de muestras a evaluar), corte, almacenamiento y análisis topológico con todas las reglas requeridas para una correcta estructuración de la información, considerando el tipo de cobertura (punto, línea o polígono) y a su vez, manteniendo la información original sin modificarla y garantizando la omisión de errores por manipulación por parte del evaluador; el uso de estas herramientas facilitó la verificación topológica de los objetos geográficos al generar de manera automática los errores (Figura 18) y que son contabilizados una vez ingresada a la base de datos de control de calidad en el campo correspondiente (Figura 19).

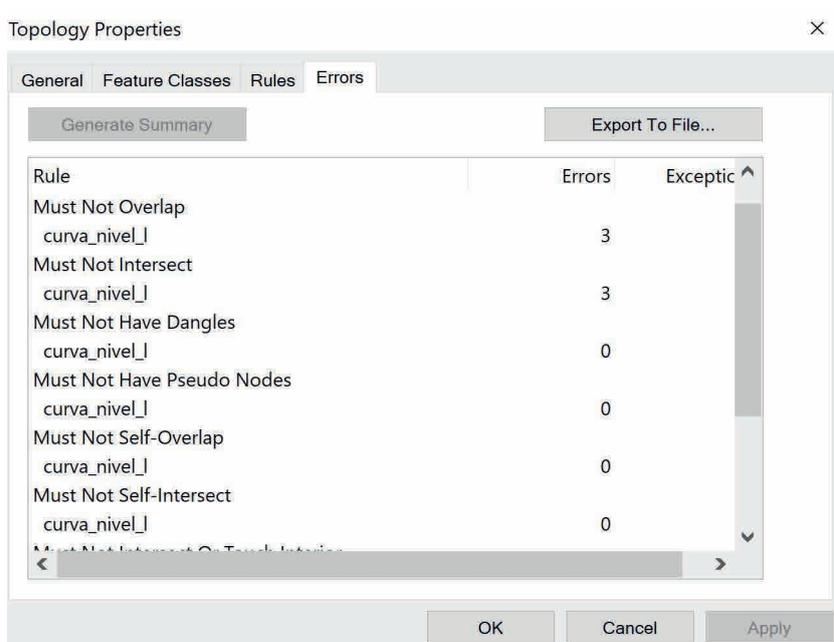


Figura 18. Reporte topológico de los objetos geográficos

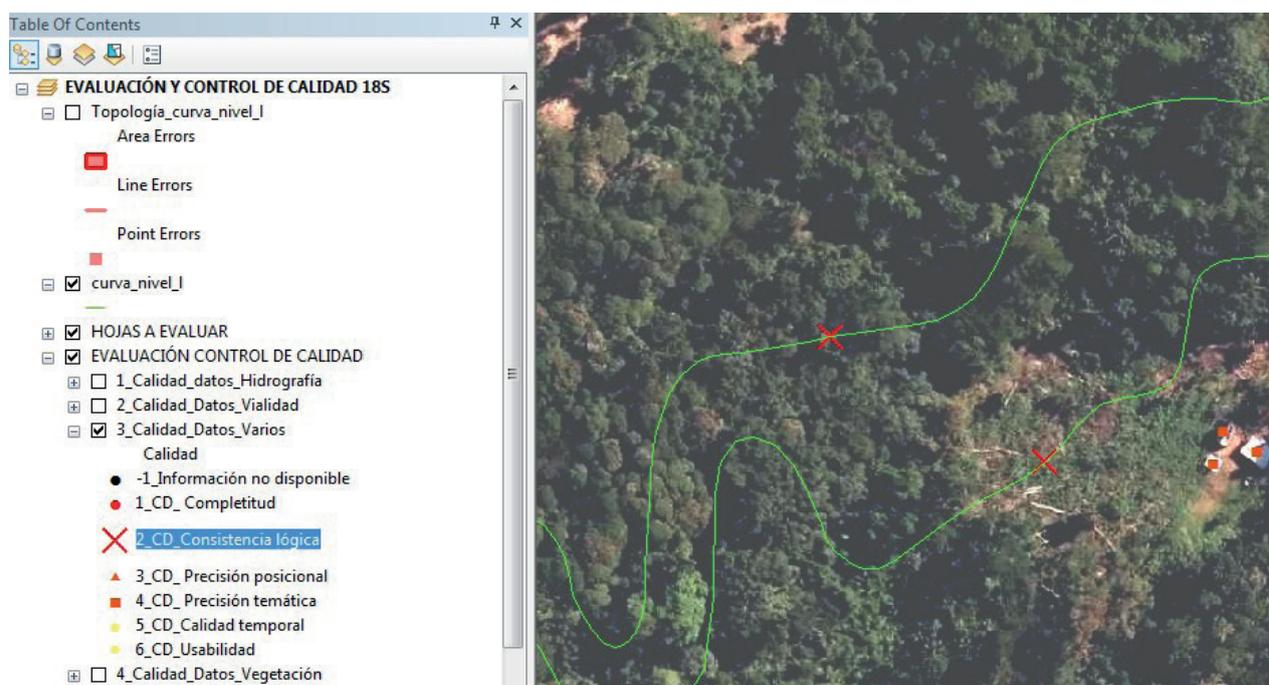


Figura 19. Errores topológicos registrados en la base de datos de control de calidad

3.3. EVALUACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA

Culminada la fase de control de calidad de la cartografía, que incluye la verificación topológica de cada una de las coberturas y entre coberturas (Figura 20); el número de errores son ingresados en la matriz de calidad de los datos en la (s) muestra (s) (Figura 21) y esta a su vez, genera de manera automática la matriz de porcentaje de calidad de los datos en la (s) muestra (s) (Figura 22); considerando la ponderación de variables en relación al número de variables (Hidrografía, vialidad, varios, vegetación, altimetría).

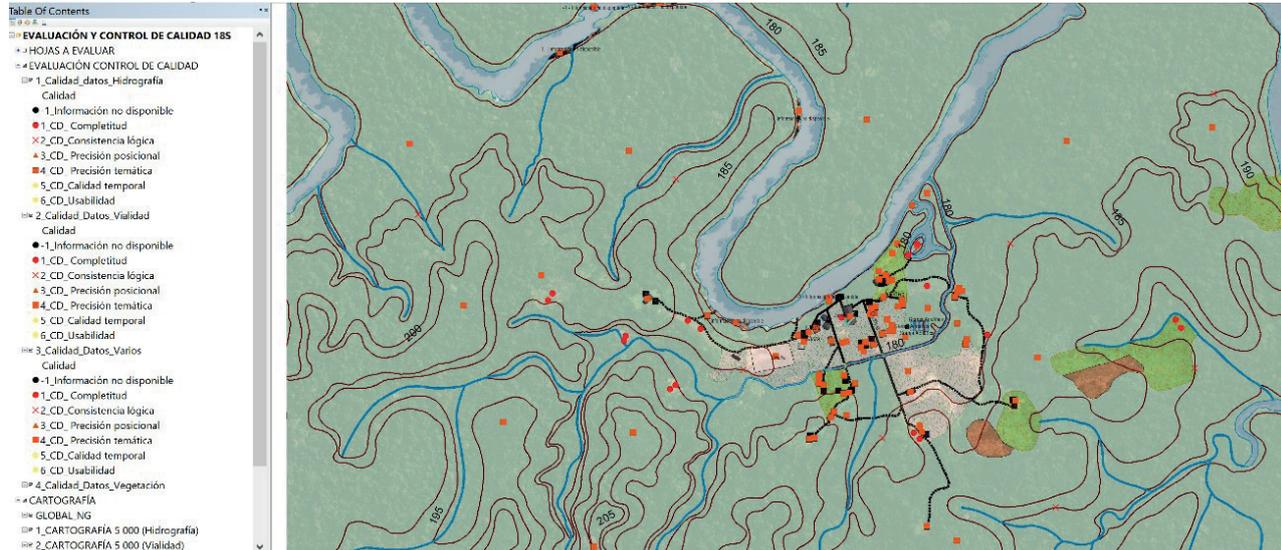


Figura 20. Errores registrados en la base de datos de control de calidad

CANTIDAD DE ELEMENTOS EN LA (S) MUESTRA (S)	MUESTRA QIV-A1b-C3	Calidad datos hidrografía	Calidad datos vialidad	Calidad datos varios	Calidad datos vegetación	Calidad datos altimetría	Control topológico	Archivo nombres geográficos	Consistencia archivo de captura	Memoria técnica	Metadato
63	Hidrografía	11									
33	Vialidad		0								
110	Varios			65							
79	Vegetación				16						
48	Altimetría					44					
*	Topología						10				
3	Nombres geográficos							3			
**	Consistencia archivo de captura								0		
***	Memoria técnica									1	
***	Metadato										1
		11	0	65	16	44	10	3	0	1	1
											151

* El proyecto no debe tener errores topológicos
** El proyecto debe coincidir con el archivo DGN y Ortofoto entregada
*** El proyecto debe tener memoria técnica y metadato

Figura 21. Errores ingresados en la matriz de calidad de los datos en la (s) muestra (s)

	VARIABLES *	5	Ponderación por variable **		12							
		60%					10%	10%	10%	5%	5%	
		Calidad datos hidrografía	Calidad datos vialidad	Calidad datos varios	Calidad datos vegetación	Calidad datos altimetría	Control topológico ***	Archivo nombres geográficos	Consistencia archivo de captura	Memoria técnica	Metadato	
Porcentaje de errores		17.46	0.00	59.09	20.25	91.67	2.25	100.00	0.00	100.00	100.00	
Porcentaje de aciertos		82.54	100.00	40.91	79.75	8.33	97.75	0.00	100.00	0.00	0.00	
Ponderación por variable		9.90	12.00	4.91	9.57	1.00	9.78	0.00	10.00	0.00	0.00	57.16%
										C - 1	Malo	Inadecuado

* Corresponde a la clasificación de la estructuración de la información
** Valor asignado en función del número de archivos de estructuración de la información
*** Porcentaje asignado en función del número de errores topológicos en las coberturas con inconsistencias

Figura 22. Matriz de porcentaje de calidad de los datos en la (s) muestra (s)

Esta clasificación genera un cuadro resumen en el cual se evidencia el número de errores por cada elemento de calidad de los datos por tipo de cobertura (Figura 23); con la cual se observa los errores registrados de acuerdo al número de objetos geográficos evaluados. Esto permite evidenciar las variables que requieren mayor atención para el cumplimiento de la calidad de los datos (Figuras 24-25); con lo cual, se puede determinar errores sistemáticos en la base de datos, corregirlos y aumentar la calidad de los datos en la siguiente evaluación, considerando que la selección de muestras debe ser aleatoria.

	Complejidad	Consistencia lógica	Precisión posicional	Precisión temática	Calidad temporal	Usabilidad	
Hidrografía	2	3	0	6	0	0	
Vialidad	0	0	0	0	0	0	
Varios	1	10	0	111	0	0	
Vegetación	16	0	0	0	0	0	
	19	13	0	117	0	0	149

Figura 23. Cuantificación de la calidad de los datos en la (s) muestra (s)

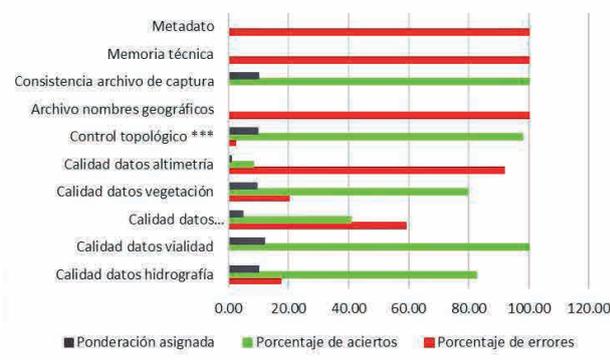


Figura 24. Calidad de los datos en la (s) muestra (s)

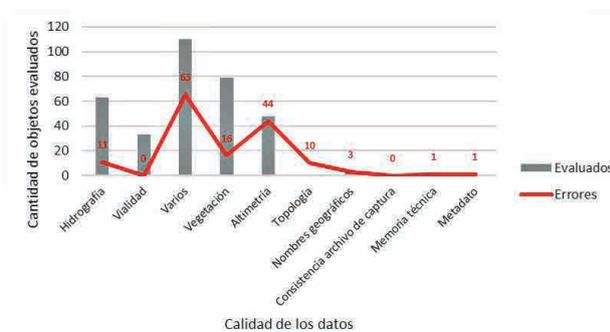


Figura 25. Matriz de porcentaje de calidad de los datos en la (s) muestra (s)

4. CONCLUSIONES

- En el Ecuador aún no se encuentra normado un proceso de evaluación de la calidad de la cartografía, evidenciando la necesidad de implementar metodologías para un control basado en métodos generados por países pioneros en la temática, utilizados en la región (F. Javier Ariza-López et al., 2019) y que sean capaces de automatizar procesos de control de calidad y aplicarlos en la cartografía digital a diferentes escalas utilizando un sustento técnico científico probado y validado.
- En el Ecuador, la Ley de la Cartografía y su reglamento ampara al IGM como organismo especializado en elaborar normativas técnicas, estándares y manuales de procedimientos así como supervisar, fiscalizar y evaluar la calidad de los trabajos de cartografía básica y de geografía aplicada (Ley de Cartografía Nacional, 1978); considerando estos puntos, es relevante y necesario la emisión de una metodología para el control de calidad y evaluación de la cartografía tomado en cuenta las normas de la familia ISO para información geográfica (ISO, 2013a) con el objetivo de regular la emisión de la geoinformación y garantizar el uso de la misma de acuerdo a su categorización.
- La metodología planteada permite un control de calidad y evaluación de manera imparcial al tener establecidos dominios de los elementos de calidad que debe tener toda cartografía digital, planteados por normas internacionales e implementados por varios países de la región y autores; con lo cual, no admite ambigüedades que pueden ser ocasionadas por la experticia del evaluador o manipulación de los archivos.
- El tamaño de la muestra se definió con un nivel de confianza al 90% y un intervalo de confianza del 10%; tomando en cuenta que los datos de las hojas son similares al comportamiento del bloque fotogramétrico. Se seleccionó de manera aleatoria utilizando *software* específico y mediante el uso de herramientas de geoprocésamiento y automatización de procesos, se espacializó las muestras y determinó la superficie total a intervenir.

- La automatización de procesos verificada facilita la operación de gran cantidad de datos espaciales y optimiza los tiempos requeridos en la preparación de archivos que deben ser empleados en la verificación de la calidad de la información geográfica mediante la selección de muestras de manera aleatoria según normas internacionales establecidas y especificaciones técnicas adaptadas a la realidad nacional por escala.
- Los errores de cumplimiento de los elementos de calidad son generados y almacenados en la base de datos por proyecto en cada una de las coberturas y permiten analizarlos de manera independiente; facilitando con esto el ingreso y análisis de las matrices planteadas para determinar porcentaje de calidad de los datos en la (s) muestra (s) que toma, como información base, todas las definiciones de la matriz de categorías y normas para evaluación de mapas, presentada en el manual de especificaciones para mapas topográficos del IPGH (IPGH, 1978) e integra los elementos de la calidad que constan en la ISO 19157 para cartografía digital y bases de datos (ISO, 2013a).
- La evaluación de la cartografía propuesta en este artículo categoriza a la información en cinco clases, donde el límite superior (Clase A-1) por ejemplo, para la escala 1:5000 toma el valor: $\leq 0,3$ m; $\leq 0,25$ ICN con una ponderación superior al 90% y para el límite inferior (Clase C-1) un valor que se encuentre en el límite de las establecidas para la siguiente escala; es decir: $< 0,6$ m; $< 0,50$ ICN que corresponderían a la escala 1:10 000 y requiere de una revisión en su totalidad para subir de categorización.
- Los resultados obtenidos en cada una de las matrices de evaluación de la cartografía planteadas, como consecuencia del control de calidad, no tiene como propósito aprobar o rechazar la cartografía; sino más bien, medir los errores establecidos en las normas ISO (ISO, 2013a) como efecto de la aplicación de las normas vigentes en la producción cartográfica que permite ubicar al producto cartográfico del IGM en una clase determinada con una calificación en función de su categorización y uso para las diferentes escalas.

BIBLIOGRAFÍA

Ariza-López, F., & García Balboa, J. L. (2008). Normas sobre Calidad en Información Geográfica (ISO 19113, ISO 19114, ISO 19138, ISO 2859 e ISO 3951). *Mapping*, 68(January), 68–82.

Ariza-López, F. Javier, & Atkinson, A. (2008). Analysis of Some Positional Accuracy Assessment Methodologies. *Journal of Surveying Engineering*, 134(2). [https://doi.org/https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9453\(2008\)134:2\(45\)](https://doi.org/https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9453(2008)134:2(45))

Ariza-López, F. Javier, Atkinson, A. D. J., García Balboa, J. L., & Rodríguez Avl, J. (2010). Analysis of user and producer risk when applying the ASPRS standards for large scale maps. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 76(5), 625–632. <https://doi.org/10.14358/PERS.76.5.625>

Ariza-López, F. Javier, Xavier, E., Chicaiza, E., & Buenaño, X. (2019). Métodos de evaluación de la calidad posicional en Hispanoamérica: análisis de la situación. *Revista Cartográfica*, 94, 89–109. <https://doi.org/10.35424/rcarto.v0i94.342>

Ariza-López, Francisco Javier, García-Balboa, J. L., Robledo Ceballos, J., Rodríguez-Avi, J., & Casanova, R. (2018). Guía general para la evaluación de la exactitud posicional de datos espaciales. Proyecto: Propuesta de adopción de metodologías y procedimientos empleados para la evaluación de la calidad de la información geográfica para los Estados Miembros del IPGH (Pr. In Instituto Panamericano de Historia y Geografía (557th ed.). <https://doi.org/10.35424/rcarto.v0i100.647>

Ariza-López, Francisco Javier, Rodríguez-Avi, J., & Alba-Fernández, V. (2018). Control estricto de matrices de confusión por medio de distribuciones multinomiales. *GeoFocus Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de La Información Geográfica*, 215–226. <https://doi.org/10.21138/gf.591>

ASPRS. (2015). ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 81(3), 1–26. <https://doi.org/10.14358/pers.81.3.a1-a26>

Atkinson, A., García, J., & Ariza, F. (2001). Los diferentes test para el control de calidad posicional en cartografía. *Grupo Topografía y Cartografía*, June, 11.

- IGAC, I. G. A. C. (2016). Especificaciones técnicas Cartografía Básica Digital. Subdirección de Geografía y Cartografía. <https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-cartografia-y-geografia>
- IGM, I. G. M. (2019). Tabla de tamaños mínimos y geometrías para cartografía base a escala 1:25 000 (Por aprobar) (1st ed.).
- IGM, I. G. M. (2020a). Especificaciones técnicas para la extracción de cartografía a escala 1:1000 con fines catastrales (Por aprobar) (1st ed.).
- IGM, I. G. M. (2020b). Guía de extracción a escala 1:5000 (Por aprobar) (1st ed.).
- IGM, I. G. M. (2020c). Tabla de tamaños mínimos y geometrías para cartografía base a escala 1: 100 000 (Por aprobar) (1st ed.).
- IGM, I. G. M. (2020d). Tabla de tamaños mínimos y geometrías para cartografía base a escala 1:250 000 (Por aprobar) (1st ed.).
- IGM, I. G. M. (2020e). Tabla de tamaños mínimos y geometrías para cartografía base a escala 1:5000 (Por aprobar) (1st ed.).
- IGM, I. G. M. (2020f). Tabla de tamaños mínimos y geometrías para cartografía base a escala 1:50 000 (Por aprobar) (1st ed.).
- IGN, I. G. N. de P. (2011). Norma técnica. Especificaciones técnicas para la producción de cartografía básica escala 1:5 000.
- IPGH, I. P. de G. e H. (1978). Especificaciones para mapas topográficos.
- ISO. (1999). ISO 2859-1: Sampling procedures for inspection by attributes — Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection.
- ISO. (2002). ISO 19 113: Geographic information — Quality principles. 2002.
- ISO. (2003). ISO 19114: Geographic information — Quality evaluation procedures. 2003.
- ISO. (2011). ISO 19138: Geographic information — Data quality measures. 2011.
- ISO. (2013a). ISO 19157: Geographic information — Data quality. 2013, 1–5.
- ISO. (2013b). ISO 3951-2: Sampling procedures for inspection by variables — Part 2: General specification for single sampling plans indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection of independent quality characteristics.
- Ley de Cartografía Nacional, Pub. L. No. Registro Oficial Nro. 643 del 04 de agosto de 1978 (1978).
- Martínez, O. L. de T. (2013). Estudio de los componentes de calidad en la cartografía digital e integración de esta información en los metadatos [Universidad de Salamanca]. <http://gredos.usal.es/xmlui/handle/10366/120157>
- Mozas-Calvache, A. T. (2007). Control de la calidad posicional en cartografía por elementos lineales. Universidad de Jaén.
- Mozas-Calvache, A. T., & Ariza-López, F. J. (2008). Principales métodos de control de posicional por elementos lineales. Comparación mediante su aplicación a líneas sintéticas. *GeoFocus Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de La Información Geográfica*, 8, 187–204.



Cachimuel Paredes, Stalin
stalin.cachimuel@geograficomilitar.gob.ec

IMPORTANCIA DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL ANÁLISIS MILITAR DEL TERRENO, CASO DE ESTUDIO: CANTÓN ESMERALDAS

Importance of geographic information for military terrain analysis, case study (canton Esmeraldas)

“Vivimos bajo el mismo cielo pero nadie tiene el mismo horizonte”

Konrad Adenauer (1876-1967)

RESUMEN

La Constitución de la República del Ecuador en el artículo 158 estipula que la misión primordial de las Fuerzas Armadas del Ecuador es la defensa de la soberanía y la integridad territorial. En el ámbito de las ciencias y en particular en el campo técnico y tecnológico militar, el empleo de herramientas tecnológicas, que permitan inspeccionar la realidad geográfica en el cual se desarrollarán los conflictos bélicos, se constituyen como la clave fundamental para la consecución de los objetivos de seguridad y defensa.

En este sentido, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se convierten en uno de los principales componentes de los Sistemas de Mando y Control, instrumento básico para el apoyo de decisiones en el campo de batalla. El objetivo fundamental de este estudio es presentar una propuesta que sirva de apoyo a los procesos de planeamiento militar que se refleja en el aprovechamiento de la capacidad de análisis geoespacial sobre grandes volúmenes de cartografía digital y la relación con herramientas geomáticas como GPS y teledetección, lo que permite planificar sobre cualquier zona geográfica las operaciones militares e

identificar con rapidez y acierto las debilidades propias y del antagonista, simulando situaciones de conflicto o amenaza, y, en forma general, dando apremio y precisión a la Geoinformación, para la toma de decisiones. La metodología se desarrolla en cuatro etapas: captura de la información, almacenamiento de la información, análisis y modelamiento de la información y resultados y representación de la información, las cuales presentan una lógica lineal en el desarrollo de la exploración, considerando que cada etapa tiene una profundización y detalle técnico mayor.

El cantón Esmeraldas es una jurisdicción territorial subnacional, perteneciente a la provincia de Esmeraldas, en el que se desarrollan actividades militares concretas, aún más por la constante amenaza de problemas fronterizos, por lo que el conocimiento del terreno es de gran trascendencia. De esta manera, las fuerzas militares tienen la necesidad de desplazarse y operar tácticamente por diferentes terrenos que nos presenta la geografía ecuatoriana, por medio de todo tipo de vehículo o incluso a pie. Finalmente, este artículo pretende incentivar a los oficiales de inteligencia y líderes militares a capacitarse en estos sistemas de información geográfica desde la

perspectiva práctica sin dejar de lado los fundamentos teóricos que los acompañan, y así implementarlas en sus unidades, capaces de planear y dirigir una operación militar desde la conceptualización de un mundo en constante cambio.

Palabras clave: Operaciones militares, Seguridad, Defensa, Geoinformación, Esmeraldas, SIG.

ABSTRACT

The Constitution of the Ecuadorian State in article 158 stipulates that the primary mission of the Armed Forces of Ecuador is the defense of sovereignty and territorial integrity. In the field of science and particularly in the military technical and technological field, employment of technological tools, that allow inspecting the geographic reality in which the war conflicts will take place, are constituted as the fundamental key to the achievement of the security and defense objectives.

In this sense, Geographic Information Systems (GIS) become one of the main components of Command and Control Systems, a basic instrument for supporting decisions on the battlefield. The main objective of this study is to present a proposal that supports the military planning processes that is reflected in the use of the geospatial analysis capacity on large volumes of digital cartography, and the relationship with geomatic tools such as GPS and remote sensing, This allows you to plan military operations over any geographic area, and quickly and accurately identify your own

weaknesses and that of the antagonist, simulating conflict or threat situations, and, in general, giving urgency and precision to Geoinformation, for the decision making. The methodology is developed in four stages: information capture, information storage, analysis and modeling of information and results and information representation, which present a linear logic in the development of the exploration, considering that each stage has a deepening and greater technical detail.

The Esmeraldas canton is a sub-national territorial jurisdiction, belonging to the Esmeraldas province, in which specific military activities are carried out, even more so due to the constant threat of border problems, so knowledge of the terrain is of great importance. In this way, the military forces have the need to move and operate tactically through different terrains that the Ecuadorian geography presents us, by means of all kinds of vehicles or even on foot. Finally, this article aims to encourage intelligence officers and military leaders to train in these geographic information systems from a practical perspective without neglecting the theoretical foundations that accompany them, and thus implement them in their units, capable of planning and direct a military operation from the conceptualization of a world in constant change.

Key words: Military operations, Security, Defense, Geoinformation, Esmeraldas, GIS.

1. INTRODUCCIÓN

La conquista de cualquier misión mediante la combinación de la información geográfica y el uso de las herramientas geomáticas ha marcado un hito en la ventaja tecnológica para la defensa nacional de los Estados. Esta realidad no es distinta para el Ecuador que por medio del Instituto Geográfico Militar brinda apoyo constante a través de las bases de datos de Geoinformación actualizadas y el contingente técnico, proporcionando información relevante para el análisis de los factores militares del terreno. De esta manera, el IGM, en el marco de su misión, encamina sus acciones a satisfacer las necesidades y requerimientos de la Defensa y Seguridad Nacional en todos los niveles de conducción militar. Para el caso de estudio se determinó el área del cantón Esmeraldas conjuntamente con la recopilación de geoinformación para planificar y ejecutar maniobras, especialmente en análisis geográfico.

Cabe indicar que en la actualidad la educación en el contexto militar se encuentra en un proceso de transformación constante y significativos cambios de paradigmas, orientado a un modelo de enseñanza activo para la toma de decisiones, que permiten al oficial de inteligencia establecer nuevas estrategias para un “aprendizaje significativo”¹ (Parra, 2003).

¹ La teoría del aprendizaje significativo fue desarrollada por David Ausubel (1918-2008), un psicólogo estadounidense que realizó importantes aportes al constructivismo. De acuerdo a Ausubel, el aprendizaje significativo surge a partir del establecimiento de una relación entre los nuevos conocimientos adquiridos y aquellos que ya se tenían, produciéndose en el proceso una reconstrucción de ambos.

La necesidad de optimizar la velocidad en las conclusiones y propuestas a los conflictos por medio de la automatización de herramientas geográficas, acceso a base de datos existentes y estructuradas, para de esta manera obtener diagnósticos y opciones a corto plazo para la toma de decisiones, hacen que de alguna manera estas necesidades den luces para suplir los requerimientos militares en el manejo de la información que en su mayoría es de ámbito territorial.

De esta manera, la geoinformación y los SIG contribuyen a la formación del oficial (Academia del Ejército Nacional) con información del terreno y un estudio detallado del área de interés² para realizar las operaciones que brindan confianza a los diferentes estrategias para la toma de decisiones sobre el análisis del terreno; a su vez, dar la facilidad de involucrar información georeferenciada y generada por las mismas tropas, con la finalidad de indicar un escenario geográfico real y su posterior accionar. Es por ello que el IGM en apoyo al Ejército Ecuatoriano en su afán de realizar anticipadamente las acciones a través de la ejecución del PMTD³ por medio del planeamiento y conducción de las operaciones militares, como proceso estructurado, metódico y detallado brinda soporte en la aplicabilidad de herramientas geográficas, como lo dice (Díaz, 2015) en su escrito “La rapidez y complejidad con que evolucionan las amenazas que ponen en riesgo la integridad y los intereses del Estado, sumado a la necesidad de los países de mantener una disuasión creíble para sostener el orden y la estabilidad interna o externa, demandan unas Fuerzas Militares capaces de afrontar adecuadamente estos retos”.

Finalmente, es así como a través de herramientas geográficas adecuadas y una metodología relacionada al ámbito militar aplicada a una prueba piloto en el cantón Esmeraldas se pretende descubrir procesos de planeamiento óptimos para la toma de decisiones y que se puedan desarrollar las operaciones militares que proyecten resultados con éxito.

2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

2.1. CAPTURA DE LA INFORMACIÓN

El estudio empieza con la definición de la unidad espacial piloto, que para el caso es el cantón Esmeraldas, provincia de Esmeraldas.

A continuación, se realiza un barrido de la información de la cartografía base oficial a nivel nacional existente para su estructuración.

- Instituto Geográfico Militar (IGM), cartografía base 1:50 000
- Información temática militar (Reservada)

El contenido de las coberturas recopiladas como insumos necesarios para la planificación militar se detalla en la siguiente tabla:

Cobertura	Modelo de Datos-Geometría	Fuente
Lago/laguna	Vector-polígono	Instituto Geográfico Militar (IGM), cartografía base 1: 50.000
Río dobles	Vector-polígono	
Río simples	Vector-línea	
Poblados	Vector-punto	
Zona urbana	Vector-polígono	
Puente	Vector-punto	
Curvas de nivel	Vector-línea	
Puntos acotados	Vector-punto	
Rodera	Vector-línea	
Sendero	Vector-línea	
Vía	Vector-línea	
División política parroquial	Vector-polígono	CONALI, 2020
División política cantonal	Vector-polígono	
División política provincial	Vector-polígono	
Áreas amanzanadas	Vector-polígono	INEC, 2010
Uso y cobertura del suelo	Vector-polígono	IGM, 2020
Insumos militares (Comandos y Grupos Operacionales, Unidades y Destacamentos Militares)	Vector-polígono, punto	Fuerzas Armadas, 2020

Tabla 1. Coberturas utilizadas de la cartografía base oficial del IGM
Fuente: Autor

2.2. ALMACENAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para este paso se generan las bases de datos que se encuentran estructuradas de dos formas tipo archivo (Figura 1.) y tipo GDB⁴ (Figura 2.) con la finalidad de organizar y estructurar de manera simple la información geográfica.

2.3. ANÁLISIS Y MODELAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

- Mapa Base del Cantón Esmeraldas

Para este apartado se realiza el mapa base del cantón Esmeraldas (Mapa 1.), proporcionando información espacial sobre la cual se va a referenciar el contenido temático. De esta manera la información marginal tendrá un esquema útil y de fácil comprensión para su lectura e interpretación (SENPLADES, 2012).

² Área de Interés se refiere al área de preocupación del Comandante, incluye las áreas de influencia, las áreas adyacentes al teatro de operaciones y se extiende dentro del territorio enemigo donde se encuentran los objetivos de las operaciones militares (López, 2019).

³ PMDT Proceso Militar Toma de Decisiones.

⁴ GDB Geodatabase/ Base de Datos Geográficos.

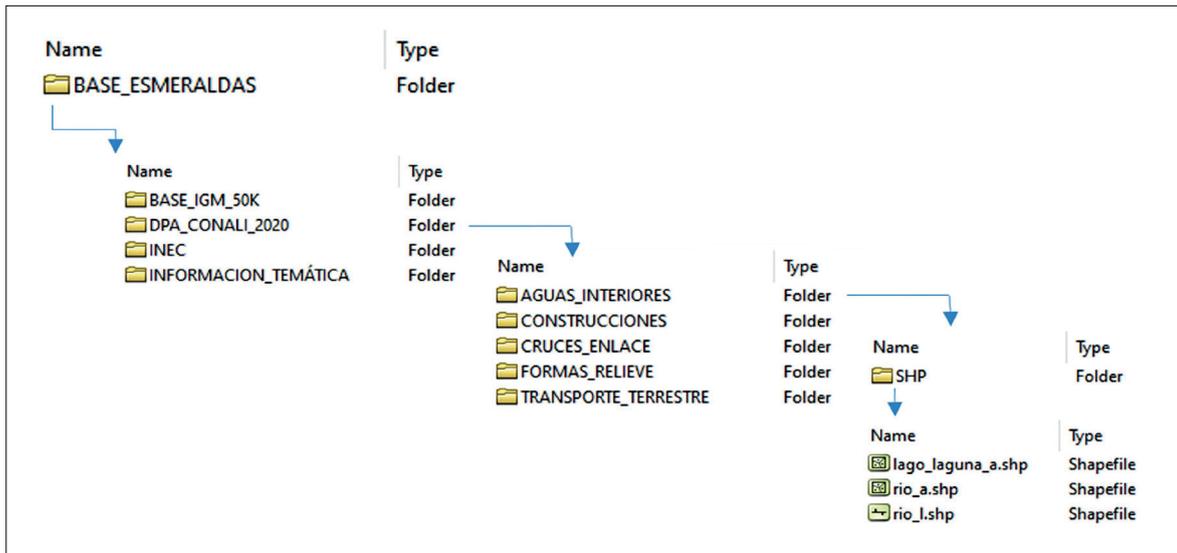


Figura 1. Base de datos de tipo archivos del cantón Esmeraldas
Fuente: Autor

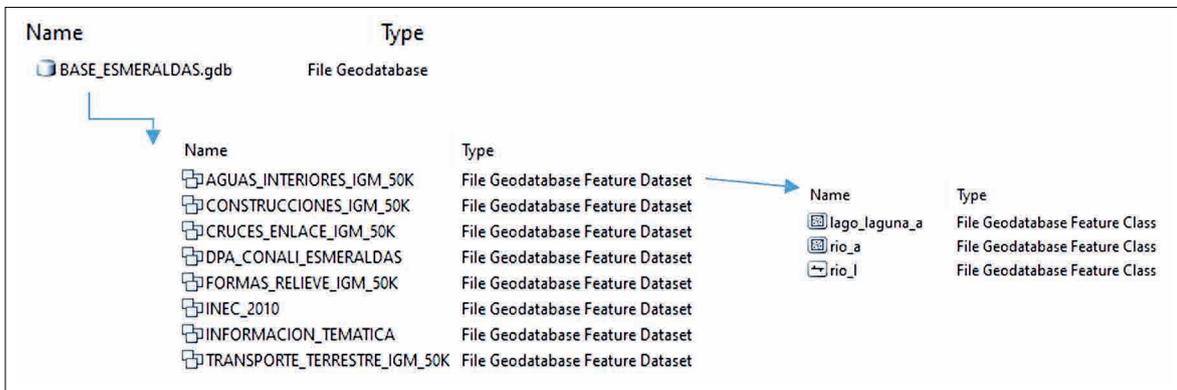
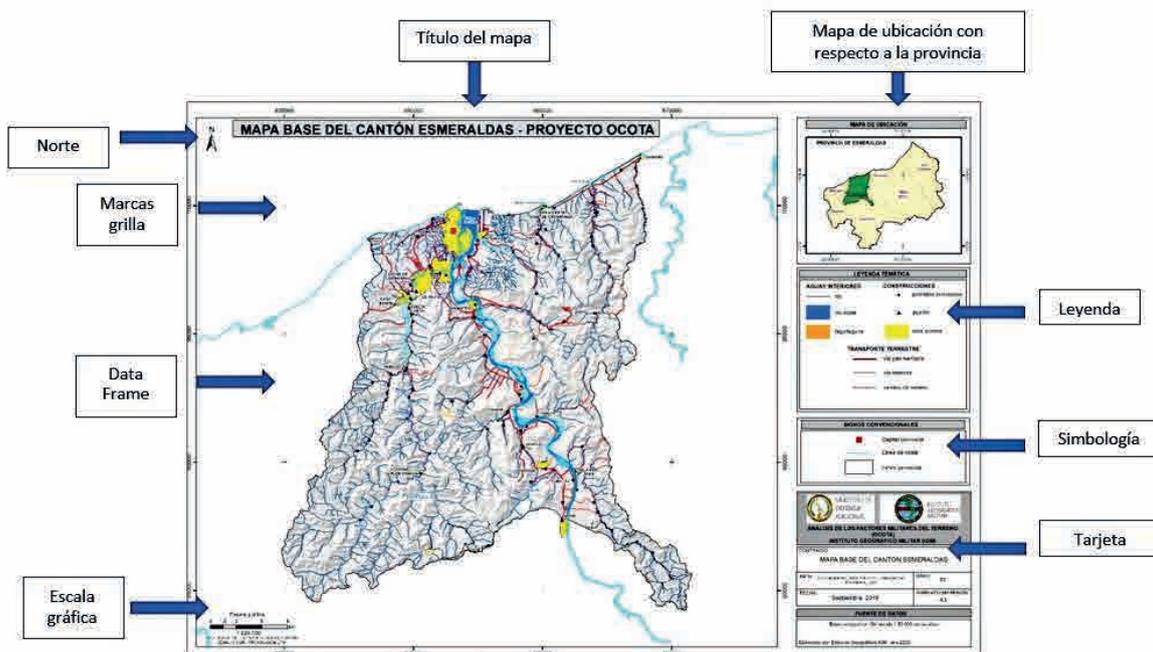


Figura 2. Base de datos de tipo GDB del cantón Esmeraldas
Fuente: Autor



Mapa 1. Mapa Base del cantón Esmeraldas
Fuente: Autor

• **Generación de Modelos Digitales del Terreno (MDT) y Mapas de Sombras (Hillshade)**

Una vez realizado el mapa base se procede a generar los Modelos Digitales del Terreno (MDT) y Mapas de Sombras (Hillshade) considerando la automatización de geoprocursos a través de herramientas de construcción de modelos (Model Builder) en la plataforma de ESRI-Arcgis, que permiten generar trabajos autónomos y secuenciales. Los modelos generados tendrán su propia caja de herramientas en la interfaz del ArcToolbox del software específico para el ámbito militar y facilidad del usuario. A continuación se presenta el flujo de trabajo parametrizado (Figura 3.) que desencadena en la ejecución de la herramienta para generar el MDT y Mapas de Sombras (Mapas 2. y 3., respectivamente).

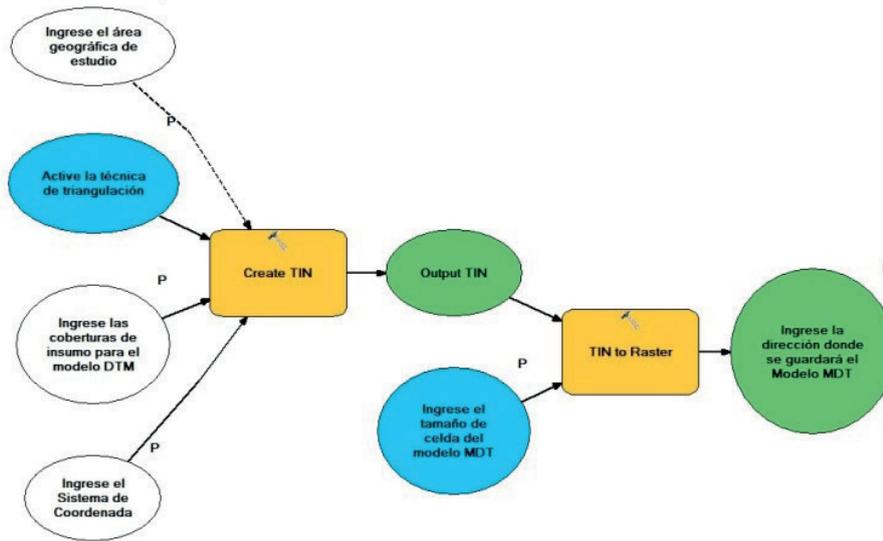
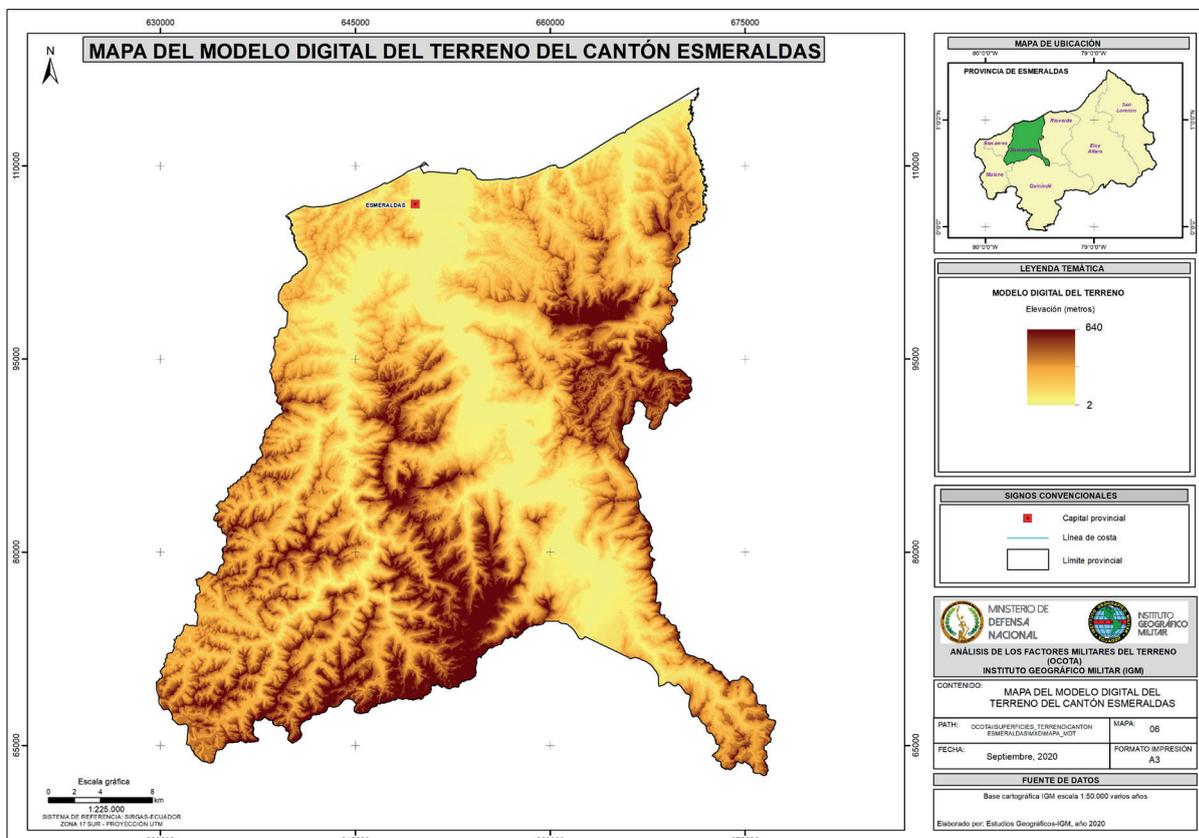
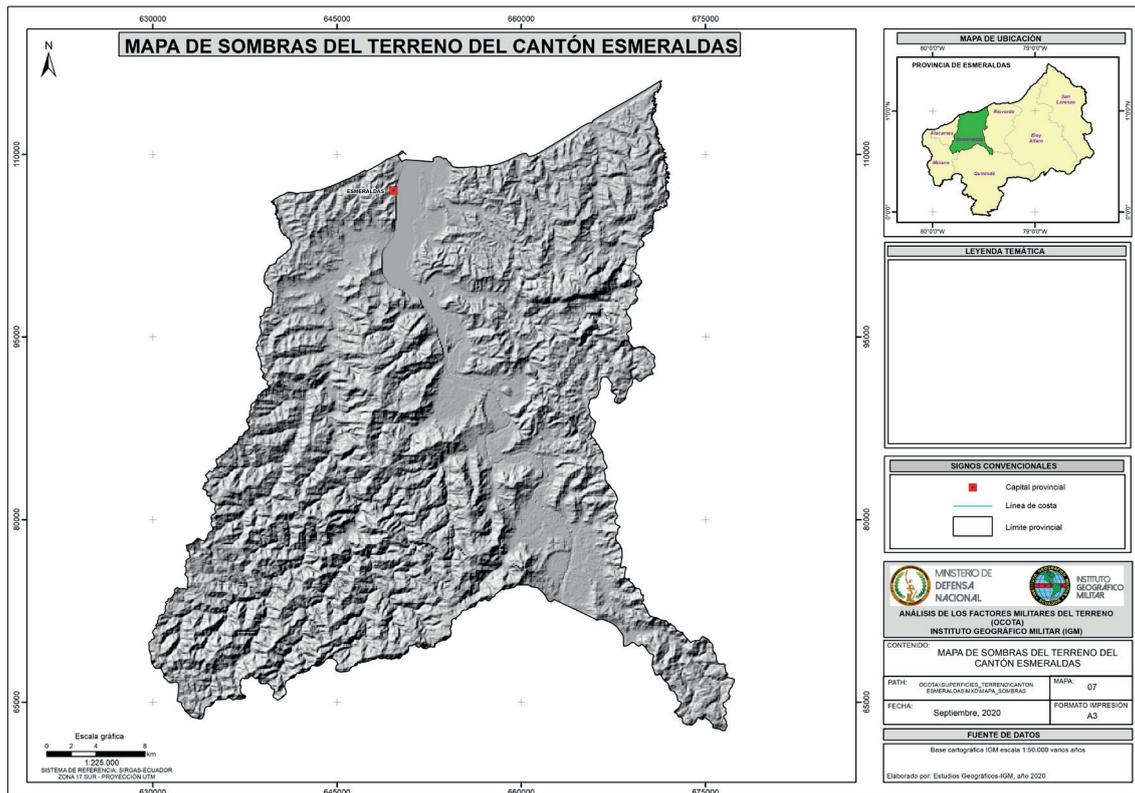


Figura 3. Diagrama de flujo del Modelo Digital del Terreno (MDT) parametrizado
Fuente: Autor



Mapa 2. Mapas del Modelo Digital del Terreno (automatizado)



Mapa 3. Relieve del cantón Esmeraldas (automatizado)
Fuente: Autor

2.4. RESULTADOS Y REPRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN

El MDT generado en el apartado anterior será el insumo principal para el análisis del terreno, en donde, el oficial de inteligencia tendrá a su disponibilidad las cuencas visuales desde una torre de observación o punto de ubicación estratégico para identificar las áreas donde una unidad es vulnerable a la observación o al enfrentamiento con el enemigo, así como también, identificar posibles áreas de aniquilamiento, evaluar las avenidas de aproximación y ayudar en la selección del lugar de

ubicación para sistemas específicos que requieren línea de mira directa (González, 2011).

Cabe indicar que la cota máxima del cantón Esmeraldas es de 640 metros, por lo que para el ejercicio se identificó el punto observador a una cota de 540 con un offset (torre de observación de 50 metros). En la siguiente figura se aprecia las zonas en que se desarrolla el análisis del terreno, mismo que servirá al oficial de inteligencia para sus respectivas maniobras. De esta manera, se observa la línea de puesto de observación y las zonas visibles y ocultas desde dicho punto. El resultado en perspectiva 3D será fundamental para la apreciación del terreno.

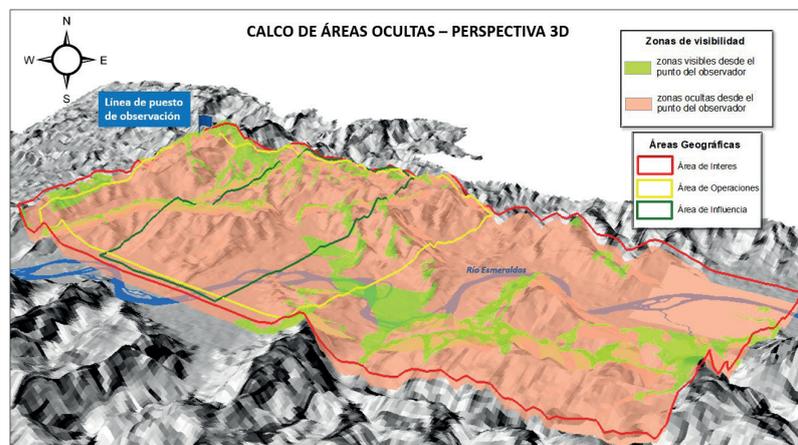


Figura 4. Zonas visibles y ocultas del área de estudio para el análisis del terreno
Fuente: Autor

3. CONCLUSIONES

- La constante evolución de la amenaza y sus distintas representaciones conllevan a que el Ejército Nacional acoja distintos mecanismos y metodologías logrando disminuir los niveles de incertidumbre del comandante para la toma de decisiones como elemento crítico al momento de dirigir sus tropas y configurar el ambiente operacional para vencer en la guerra. Como dice Clausewitz en (Díaz, 2015) “La niebla de la guerra” no nos tome por sorpresa y el conocimiento previo adquirido en la capacitación y entrenamiento sea efectivo y apoye la decisión en ciertos escenarios de capacidades cognitivas limitadas, en ausencia de información y tiempo.
- Dicho esto, se puede concluir que este artículo no pretende agotar las potencialidades del análisis vocacional de la doctrina militar, más bien es apoyar con una herramienta geoinformática e incrementar el conocimiento en esta área que pueda ser utilizada para favorecer el estudio del análisis del terreno en cualquier parte del territorio de nuestro país, adaptándose a los diferentes requerimientos. Finalmente, el Instituto Geográfico Militar, por medio del apoyo que presta a Fuerzas Armadas a través de la generación de Geoinformación y el contingente técnico como parte de su misión institucional, constituye una pieza fundamental en la Defensa y Seguridad Nacional.

BIBLIOGRAFÍA

Chiriboga, F., & Hermosa, F. (2009). Modelamiento y análisis del terreno del paso II del PICB mediante el uso de herramientas geoinformáticas del sector fronterizo de la provincia del Carchi. Sanqolquí -

Ecuador: ESPE.

Cuesta, R., Villagómez, M., Fierro, D., & León, M. (2018). Guía metodológica para el análisis de los aspectos militares del terreno mediante sistemas de información geográfica. Quito - Ecuador: IGM - Primera Edición.

Díaz, J. M. (2015). El proceso militar para la toma de decisiones y una posible propuesta para su mejoramiento - En El Poder Terrestre en el siglo XXI. Bogotá - Colombia: Ejército.

González, E. (2011). Manual de Preparación de Inteligencia en el Campo de Batalla (PICB). Quito: A.G.F.T.

López, H. R. (2019). Evolución de los Sistemas de Información Geográficos en el Ejército de Colombia. Bogotá - Colombia.

Ministerio de Defensa. (2018). Política de la Defensa Nacional del Ecuador “Libro Blanco”. Quito - Ecuador: IGM.

Parra, D. M. (2003). Manual de Estrategias de Enseñanza/Aprendizaje. Medellín - Colombia: Servicio Nacional de Aprendizaje SENA.

Radke, Y. (2014). Los Sistemas de Información Geográfica y su uso en las unidades de inteligencia. Argentina: Instituto de Inteligencia de las Fuerzas Armadas.

SENPLADES. (2012). Estándares de la Información Geográfica - Requisitos mínimos de información marginal para cartografía temática. Quito - Ecuador : Versión 3.0.

Urrego, L., & Lavado, M. (2019). Estructuración y organización de la información geográfica estratégica y operacional militar para el diseño e implementación de un SIG a nivel nacional. Bogotá - Colombia.

```

31
32 self.file = None
33 self.fingerprints = set()
34 self.logdupes = True
35 self.debug = debug
36 self.logger = logging.getLogger(__name__)
37 if path:
38     self.file = open(os.path.join(path, "requests.json"),
39                     "w")
40     self.file.seek(0)
41     self.fingerprints.update(s.request)
42
43 @classmethod
44 def from_settings(cls, settings):
45     debug = settings.getbool("debug", False)
46     return cls(job_dir(settings), debug)
47
48 def request_seen(self, request):
49     fp = self.request_fingerprint(request)
50     if fp in self.fingerprints:

```

Suango Sánchez, Verónica
 veronica.suango@geograficomilitar.gob.ec

FUNCIONALIDAD DEL LENGUAJE PYTHON PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE TAREAS

Python language functionality for task automation

RESUMEN

En el presente artículo se estudia la utilidad que poseen los scripts generados en el entorno de desarrollo PyScripter, debido a que existen tareas en SIG que son repetitivas y que pueden ser ejecutadas de manera automática para el manejo de información geoespacial. PyScripter es un entorno de desarrollo potente y ligero, que al utilizar las librerías y comprender sus funciones permitió realizar una exportación automática masiva de archivos. El script ayudó a ejecutar una tarea que anteriormente era desarrollada de manera manual e individual. Los resultados obtenidos son satisfactorios y permiten que esta actividad se desarrolle de manera automática y en menor tiempo.

Palabras clave: programación, Python, automatización, arcpy, PyScripter

ABSTRACT

This article studies the usefulness of the scripts generated in the PyScripter development environment, because there are tasks in GIS that are repetitive and that can be executed automatically for the management of geospatial information. PyScripter is a powerful and lightweight development environment that, by using the libraries and understanding their functions, performs a massive automatic export of files. The script helped to execute a task that was previously developed manually and individually. The results obtained are satisfactory and allow this activity to be developed automatically and in less time.

Keywords: programming, Python, automation, arcpy, PyScripter

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos 40 años se han desarrollado varios lenguajes de programación de alto nivel. El lenguaje de programación Python fue creado por Guido Van Rossum en 1989 y se diseñó para superar problemas de programación en cuanto a desarrollo lento, sintaxis y legibilidad complicada. Van Rossum quería desarrollar

un lenguaje que permita tener una sintaxis simple, producir resultados con menos líneas de código y que se ejecute en menos tiempo (Challenger-Pérez, Díaz-Ricardo & Becerra-García, 2014: p.3). La primera versión de Python (0.9.0) fue lanzada en 1991 siendo gratuita y de código abierto. Python es un lenguaje interpretado, que está escrito en C, es decir, que el código se ejecuta tan pronto como se convierte y se compila. Es perfecto para crear scripts, que son documentos de texto donde se coloca instrucciones escritas en un lenguaje de programación (Dobezova, 2011: p.2), que ejecuta diversas funciones en el interior de un programa de computador para automatizar tareas básicas y repetibles (Toms y O'Beirne, 2017: p.24).

Python tiene un conjunto básico de funcionalidades que se conoce como biblioteca estándar. Estas herramientas o módulos permiten realizar manipulaciones de cadenas, cálculos matemáticos, llamadas HTTP, y análisis de URL, entre otras, que se encuentran disponibles al iniciar Python. Existen además otras librerías que deben llamarse explícitamente usando la palabra clave import para que sus funciones se encuentren disponibles. Al ser de código abierto también existen módulos que han sido desarrollados por terceros y se pueden descargar e instalar con la instalación de Python según las necesidades de programación (Toms, 2015: p.23).

Para los analistas GIS Python se puede utilizar para controlar las herramientas de ArcGIS en el manejo de datos geoespaciales de manera organizada y rápida, utilizando las librerías del módulo ArcPy que es considerado como el lenguaje de scripting oficial de interacción con ArcGIS. Arcpy proporciona una manera útil y productiva de realizar análisis, conversión, administración de datos geográficos, así como para la automatización de mapas (Zhang, Yanil, et al, 2012: p.10). Para escribir y ejecutar scripts de Python también es posible utilizar un IDE (Integrated Development Environment) que es un software que funciona como editor de código (Truker, 2005: p.16). Los IDE son programas externos que facilitan la creación y ejecución de código. Una de las ventajas es que se puede programar y ejecutar gran cantidad de código al mismo tiempo. Los IDE pueden ser descargados e instalados gratuitamente.

2. METODOLOGÍA

Existen varios entornos de desarrollo que se utilizan para generar líneas de código y ejecutarlas

entre estos se encuentran: PythonWin, PyCharm, Spyder, Jupiter, PyScripter etc. El IDE utilizado en el presente estudio para la generación de código es el entorno de desarrollo PyScripter, que posee una interfaz intuitiva, utiliza diferentes colores, tabula el código y tiene predictor de escritura que facilita el trabajo y reduce la posibilidad de equivocaciones en la generación de scripts. Para la elaboración de un script se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

2.1. ELEMENTOS PARA LA ESTRUCTURACIÓN DE CÓDIGO

Variables: es un espacio para almacenar datos modificables en la memoria del computador. Existe un tipo de variable denominada constante que se utiliza para definir valores fijos que no van a ser modificados. Una variable o constante puede contener valores de diferente tipo entre estos se encuentran:

- a. Cadena de texto (string): que puede ser escrita entre comillas dobles o simples.
- b. Número entero: son números tanto positivos como negativos, incluido el cero que no contienen decimales.
- c. Numero real: son todos los números positivos que pueden contener decimales.
- d. Booleano: puede tener dos valores: True (verdadero) y False (falso).
- e. Tuplas: son variables que permiten almacenar datos inmutables, es decir, que no pueden ser modificados una vez que se han creado.
- f. Lista: es similar a una tupla con la diferencia que permite modificar los datos cuando ya han sido creados.
- g. Diccionario: permite utilizar una clave para declarar y acceder a un valor. Un diccionario siempre se escribe entre llaves.

Comentarios: un script no solo puede contener código, también debe incluir notas que indican lo que se va a realizar para poder comprenderlo mejor.

Identación: los lenguajes de programación requieren un tipo de tabulación o sangría, que indica que las estructuras indentadas o tabuladas forman parte de una misma estructura de control.

Estructuras de control de flujo: es un bloque de código que permite agrupar instrucciones de manera controlada. Existen dos tipos de estructura de control: a) condicionales, que permiten evaluar si una o más condiciones se cumplen para decidir qué acción se ejecutará -en esta estructura se utilizan los condicionales if (si), elif (sino, si) y else (sino)-; y b) iterativas, también llamadas bucles o cíclicas, que permiten ejecutar un mismo código de manera repetida mientras se cumpla una determinada condición -las estructuras cíclicas que se utilizan son el while, que se encarga de ejecutar una misma acción mientras que una condición se cumpla, y for, que permite iterar sobre una variable del tipo lista o tupla-.

2.2. IMPORTACIÓN DE LIBRERÍAS EN PySCRIPTER

PyScripter es un entorno de desarrollo gratuito y exclusivo para Windows, creado como una alternativa a entornos de desarrollo comerciales. Es un entorno de generación de códigos y scripts que pueden ser utilizados en el manejo de datos geoespaciales en ArcGIS, para lo cual es necesario importar las librerías que se utilizarán en el desarrollo del código:

- import arcpy, para importar las librerías de geoprocésamiento de ArcGIS.
- import os, permite realizar una interacción con el sistema operativo, os.path sirve para la manipulación confiable de nombres de archivos. Esta función permite analizar, construir y trabajar con nombre de archivos y rutas; os.path.join sirve para combinar varios componentes de una ruta en un solo valor.

Existen algunos criterios que se deben tener en cuenta para la generación de scripts y evitar inconvenientes al ejecutar el código, entre estos se encuentran:

- Faltas ortográficas: tomar en cuenta las letras mayúsculas y minúsculas.
- Respetar la indentación en el código generado.
- Si una ruta está separada por (\) colocar la letra (r) al inicio.
- Cuando se utilizan condicionales con el if se debe siempre usar el signo de igualdad (==)
- Cuando se asigna valor a las variables se utiliza (=)

2.3. PREPARACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Se ubica los archivos *.dxf dentro de una carpeta o espacio de trabajo (workspace) llamada DXF. Los módulos que se van a utilizar en el script son las librerías de arcpy y os.

2.4. ESCRITURA DEL SCRIPT

Para la escritura del código se realiza lo siguiente:

- Se importan las librerías arcpy y os (import arcpy, os).
- Se realiza una sobrescritura de resultados para que cada vez que se ejecute el script no se generen errores.
- Se indica la dirección en donde se encuentra los archivos *.dxf.
- Se indica la ruta de salida de los archivos convertidos.
- Se realiza una lista de los archivos con el condicional for.
- Se direcciona el archivo *.dxf de líneas.
- En el caso de que existan caracteres inválidos se reemplaza por guiones bajos.
- Se aplica un contador de los archivos de tipo línea.
- En el caso de que no exista información se aplica un mensaje.
- Si encuentra las líneas, se le da el formato de salida.
- Se imprime un mensaje que se ha exportado el archivo *.dxf de líneas.
- Con las líneas exportadas se aplica la herramienta de geoprocésamiento para que las líneas ingresen a la base de datos en un FeatureClass.

3. RESULTADOS

Se elaboró un script para la conversión de archivos *.dxf a *.gdb. Al ser un proceso repetitivo se ha visto conveniente generar un script para que esta conversión

se realice de manera automática. Los archivos *.dxf son el resultado que se obtiene al generar las curvas de nivel automáticas en el programa Inpho. En la Figura 1 se indica el código que se ha generado en PyScripter.

```
#-----
# Name: Convertir líneas dxf a un feature class de una base de datos
#-----
#Se importan las librerías de arcgis y del sistema operativo
import arcpy, os

#Se sobrescribe los resultados
arcpy.env.overwriteOutput = True

#Se declara la carpeta en donde se encuentran los archivos con extensión .dxf
arcpy.env.workspace = r"D:\ed_ret\script_ed_ret\CurvasInphoDXF"

#Se declara la base de datos donde se guardaran los archivos convertidos
capa_salida = r"D:\ed_ret\script_ed_ret\CurvasInpho.gdb\Curvas"

#Se realiza un recorrido del conjunto de datos aplicando el condicional for
datasets = arcpy.ListDatasets()
for dataset in datasets:
    filesets = arcpy.ListFiles(dataset)
    for f in filesets:
        print f

# Se busca el directorio en donde se ubican los archivos dxf de tipo línea
capa_entrada = os.path.join(arcpy.env.workspace, f, "Polyline")

#Se remueve caracteres inválidos y se aplica los condicionales if y else
Sanif = f.replace(" ", "_").replace("-", "_").replace(".", "_")

if int(arcpy.GetCount_management(capa_entrada).getOutput(0)) == 0:
    arcpy.AddWarning("- No lines")
else:
    nombre_archivo = '{}_Line'.format(Sanif)
    arcpy.AddMessage("- Exporting Line")
    arcpy.FeatureClassToFeatureClass_conversion(capa_entrada, capa_salida,
    nombre_archivo)
print "finalizado"
```

```
Intérprete de Python
>>>
*** Intérprete Remoto Reinicializado ***
limite_0_004_001_contours.dxf
- Exporting Line
finalizado
>>>
```

Figura 1. Script para exportación de archivos.

En el intérprete de Python se muestran los resultados en la ejecución del script generado.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la actualidad la automatización de procesos de análisis SIG (Sistema de Información Geográfica), a través de la generación de scripts utilizando programación, está creciendo de forma constante por su facilidad de implementación. La utilización del entorno de desarrollo PyScripter permite elaborar los scripts de manera dinámica. La generación de mensajes en el intérprete de Python mientras se ejecuta el script permite visualizar al usuario que parte del código se está procesando y si existen errores poder solventarlos.

5. CONCLUSIONES

- La elaboración de scripts en entornos de desarrollo de Python permite la automatización de tareas que ayudan a mejorar los tiempos de procesamiento de información geoespacial.

- El continuo desarrollo de software libre y la documentación contenida en los mismos permite que las tareas de programación sean cada vez más fáciles de realizar por personal que no es programador.
- El presente artículo se presenta como una alternativa capaz de realizar automáticamente tareas repetitivas.

BIBLIOGRAFÍA

Challenger-Pérez, I., Díaz-Ricardo, Y., & Becerra-García, R. A. (2014). El lenguaje de programación Python. Ciencias Holguín, 20(2), 1-13. Disponible en: <https://bit.ly/3ado9OQ>.

Dobesova, Z. (2011). Visual programming language in geographic information systems”, NAUN/IEEE.AM International Conferences, WSEAS Press, Prague, in press. Disponible en: <https://bit.ly/3jtK2u>.

Toms, S. & O’Beirne, D. (2017). ArcPy and ArcGIS. Editorial Packt Publishing Ltd. Birmingham, Reino Unido, p.24.

Toms, S. (2015). ArcPy and ArcGIS–Geospatial Analysis with Python. Editorial Packt Publishing Ltd. Birmingham, Reino Unido, p.23.

Trucker, C. (2005). Writing Geoprocessing Scripts with ArcGIS, Redlands, California, Estados Unidos: ESRI, p.16. Disponible en: <https://bit.ly/3tWAgIe>.

Zhang, Yanil, et al. (2012). Using ArcPy to Automate Making Thematic Map Books: Two Cases. GIS for Foresters. Faculty Publications. Texas, Estados Unidos, p. 10. Disponible en: <https://bit.ly/377DnD8>.



GENERALIZACIÓN CARTOGRÁFICA PARA LA ELABORACIÓN DE CARTOGRAFÍA MULTIESCALA

Cartographic generalization for the elaboration of multi-scale cartography

RESUMEN

El uso de datos geográficos en la actualidad juega un papel importante, debido a que las personas acceden a ellos de una forma tan sencilla con el solo acto de enviar una ubicación a un teléfono móvil mediante un mensaje.

La generación de cartografía para realizar un mapa a diferentes escalas es un ejercicio técnico importante que involucra alta experticia, precisión y conocimiento del manejo de la información geográfica; e implica contar con criterios adecuados para la correcta representación de las características propias de un terreno.

La generalización cartográfica se origina por la necesidad de obtener información geográfica a escalas pequeñas y con menos detalle de elementos geográficos, que permitan visualizar áreas mayores con un punto de vista más general.

Elaborar cartografía en sí es un proceso de generalización, que consiste en la supresión o eliminación de detalles específicos para concentrarse

en elementos macro de mayor relevancia; sin descuidar que existen coberturas como las de límites nacionales e internacionales que no deben sufrir alteraciones de posición ni de exactitud geométrica.

Palabras Clave: Cartografía, generalización, datos geográficos.

ABSTRACT

Nowadays, the use of geographic data plays a notable role considering the feasible access people have such as the case with sending a location by message.

The generation of cartography to make a Map at different scales is a very important technical exercise that involves high expertise, precision and management knowledge of geographic information and implies having adequate criteria for the accurate representation of land characteristics.

Cartographic generalization is originated for the necessity to obtain geographic information at small scales and with less detail of geographic elements,

which permits visualizing larger areas with a broader viewpoint .

Producing cartography is in itself a generalization process, which comprises the suppression or elimination of specific details to converge on macro elements, of greater pertinence. Without

neglecting that there are coverages such as national and international limits that must not suffer any changes in position or geometric accuracy.

Keywords: Cartography, generalization, geography data.

1. GENERALIZACIÓN CARTOGRÁFICA

La generalización cartográfica es el proceso de abstracción cuyo objetivo se centra en reducir la cantidad de información espacial de acuerdo con los objetivos específicos con relación al tema y escala del mapa (Regnauld, 2001). Es decir, a través de este método se disminuyen objetos geográficos en función de un criterio de jerarquía, tamaños mínimos y una finalidad determinada.

Se considera a la generalización cartográfica una de las técnicas más complejas dentro de la Cartografía, debido a que exige un buen manejo de tiempo y recursos, para poder aplicar varios procesos en el manejo de la geoinformación que se desea generalizar.

El objetivo principal de realizar un proceso de generalización es el producir cartografía claramente legible e interpretable a partir de una información base considerada excesivamente abundante y densa para la escala de representación o fin de la elaboración del mapa.

Al generalizar la información de un mapa se elimina la densidad mediante el cambio geometría del objeto y la depuración por tamaños mínimos, se controla con el uso de herramientas que no exista sobreposición de información ni distorsión de las características de un objeto, con la finalidad de que el mapa a la escala de representación sea comprensible en su lectura.

Antes de generalizar la cartografía es importante conocer que existe la definición de tamaños mínimos referenciales para cada escala, los cuales utilizan el principio de área mínima cartografiable, que señala coherencia en la representación espacial y la eficiencia en la lectura y utilidad del mapa. Este principio indica que, a partir de determinada área espacial, los polígonos y sus correspondientes contenidos deben ser generalizados; de lo contrario, el usuario, al momento de realizar la lectura en formato análogo, tendría dificultad en la apreciación de los elementos geográficos (Salitchev, 1979).

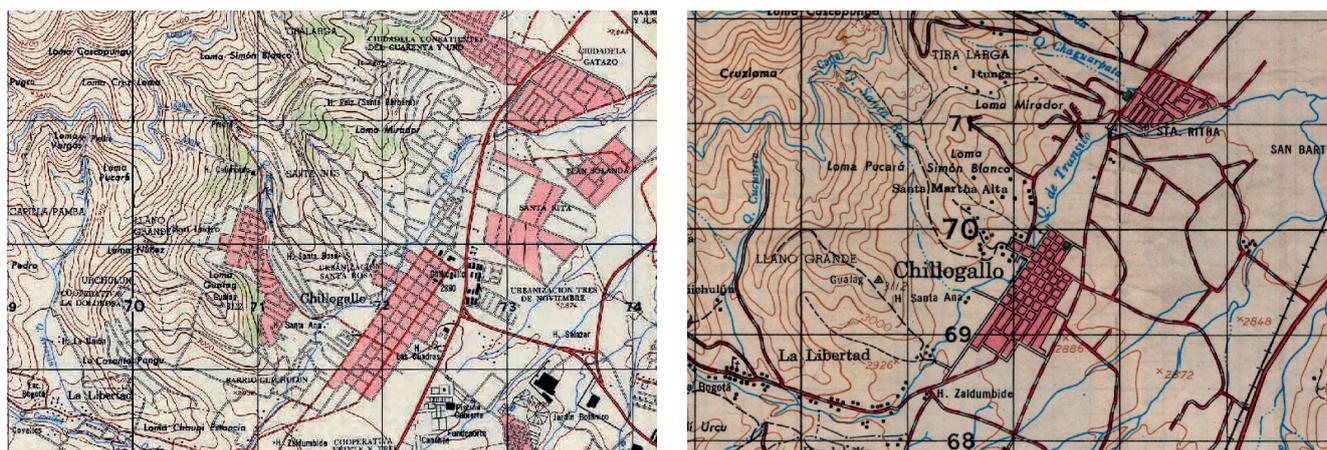
2. PROCESO DE GENERALIZACIÓN CARTOGRÁFICA DE ESCALAS MAYORES A ESCALAS MENORES

El proceso de generalización cartográfica permite obtener o desarrollar cartografía a escalas pequeñas (1:25 000, 1:50 000, 1:100 000), partiendo de una escala grande (1:1000, 1:5000) (Figura 1), tomando en cuenta parámetros técnicos, metodologías y procesos, con el fin de obtener cartografía legible que cumpla con las normas y estándares de calidad, ya que la cartografía obtenida por generalización debe cumplir con el 95% de confianza en relación a la norma de información geográfica de Calidad de datos ISO 19157:2013.

La escala de representación de un mapa juega un papel importante en la toma de decisiones sobre generalización debido a que demanda un buen manejo de insumos y recursos para optimizar los tiempos de producción de un mapa, aplicando diferentes procesos que ayuden a generar geoinformación idónea, organizada y legible para la escala que se desea representar.

Dentro de toda metodología de cambio de escala existen dos tipos de generalización complementarias, mismas que son:

- **Generalización asistida - Generalización visual:** en la que generador de cartografía discrimina los datos según su criterio y conocimiento.



Escala 1:25 000

Escala 1:50 000

Figura 1.- Disminución de detalles de un mapa por cambio de escala.

Fuente: Cartas topográficas (ÑIII-A4D) del repositorio del Instituto Geográfico Militar

- **Generalización automatizada- Generalización con herramientas SIG:** en la que el generador de cartografía ingresa parámetros para que las herramientas SIG discriminen los datos.

Una de las metodologías de generalización cartográfica más utilizadas que contiene la generalización asistida y automatizada, es la metodología del modelo digital de generalización de McMaster y Shea (1992), ya que relaciona el ¿por qué?, el ¿cuándo? y el ¿cómo? generalizar, tal como se observa en la Figura 2.

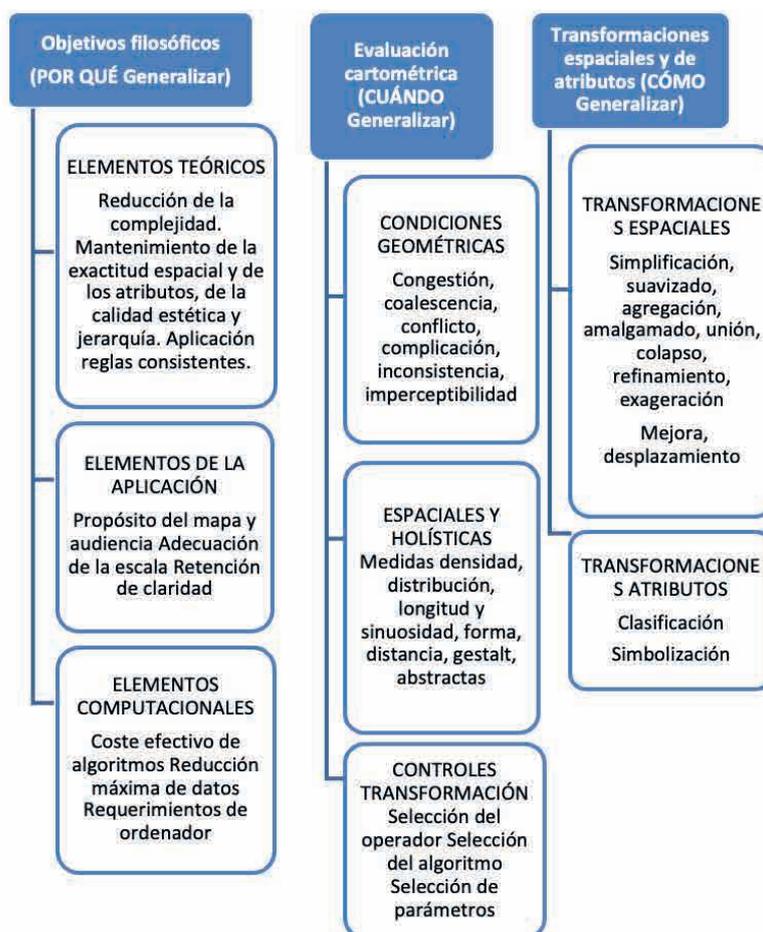


Figura 2.- Modelo de McMaster y Shea para la generalización digital.

Fuente: Generalization in Digital Cartography. Association of American Geographers.

La generalización por escala permite eliminar o cambiar las geometrías de los objetos representados según los parámetros técnicos. Por ejemplo, líneas cuya longitud son de tamaño relativamente pequeño a la escala de trabajo se suprime, es decir, en escala 1: 25 000 si un río_l de longitud menor a 250 metros, debe ser eliminado por el hecho de que será difícil identificarlo visualmente.

De la misma manera con coberturas polígono, si un edificio_a con un área menor a 156 m² en escala 1:25 000, se tendrá que transformar a punto, porque no cumple con los estándares mínimos para mantenerse como polígono. Entonces el proceso de generalización, según sea el caso de análisis, permite eliminar elementos, o a su vez, cambiar de geometría, ya sea de línea a punto, polígono a línea o polígono a punto. Como podemos observar en la Figura 3.

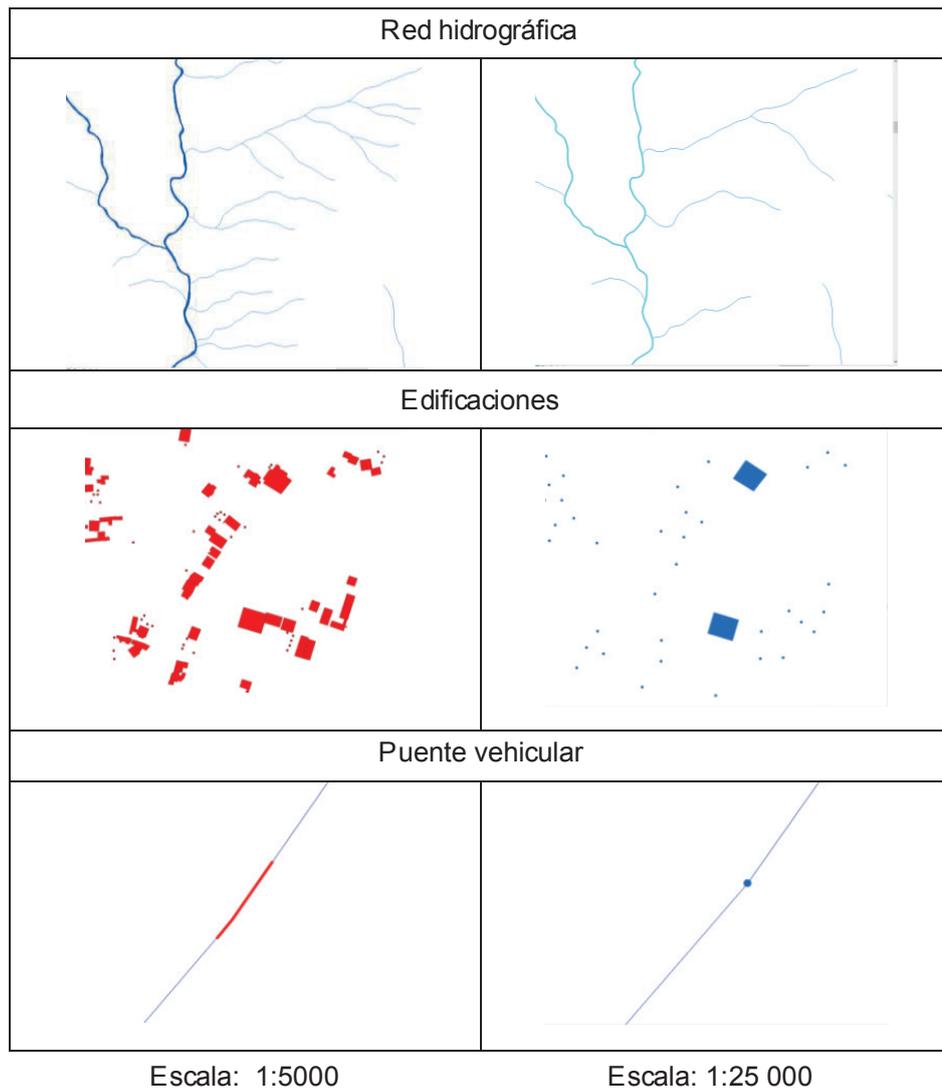


Figura 3.- Simplificación de detalles en base a generalización de cartografía.
 Fuente: La autora en base a los datos obtenidos de la cartografía generalizada.

Cabe mencionar que no todos los elementos pueden cambiar de geometría (Tabla 1), en muchos casos, si una línea no tiene la longitud mínima, o un polígono no tiene el área requerida, simplemente se los elimina, debido a que no existe una capa donde se las pueda ubicar. Por ejemplo, la cobertura que representa lago_laguna_a no tiene el área requerida, será eliminada ya que no existe la representación de geometría punto para esta cobertura.

Tabla 1.- Tabla de procesos de generalización para distinguir cambio de geometrías en objetos.

PROCESOS DE GENERALIZACIÓN	GEOMETRÍA		
	Puntos	Líneas	Polígonos
Selección	Aplica	Aplica	Aplica
Simplificación	x	Aplica	Aplica
Suavizado	x	Aplica	Aplica
Desplazamiento	Aplica	Aplica	Aplica
Agregación	Aplica	x	Aplica
Conversión a punto	x	Aplica	Aplica
Conversión a polígono	Aplica	x	x
Conversión a línea	Aplica	x	x
Segmentación	x	x	Aplica

Fuente: Generalización en cartografía convencional
Alonso 2006-02-13

Por otro lado, cuando nos referimos al criterio de distancia o densidad, se debe considerar la separación que tiene cada objeto entre ellos y con otros objetos, removiendo los elementos no representativos o de menor jerarquía, toda vez que no afecten a la composición lógica del modelo semántico. De modo que no existan elementos muy cercanos, utilizando métodos de verificación de espaciado (buffer entre otros similares), a fin de alcanzar una clara visualización y reconocer individualmente todas las capas que se encuentren en el mapa (Figura 4).

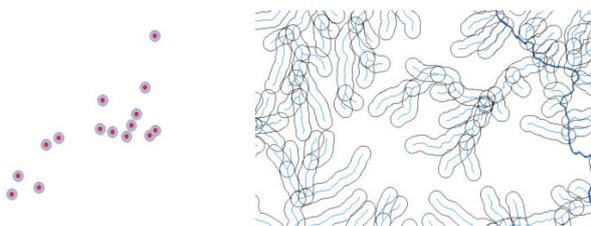


Figura 4.- Verificación del espaciado de elementos con buffer.
Fuente: La autora en base a los datos obtenidos de la cartografía generalizada.

3. CONCLUSIONES

- Todos estos parámetros y análisis, que se realizan para la generalización de la cartografía, se complementan con el apoyo de un software (SIG), ya que nos brindan herramientas que permiten revisión topológica, análisis espaciales, procesar

datos, agilizar y automatizar procesos de generalización, siempre y cuando los resultados sean supervisados por un operador. Con la finalidad de obtener cartografía generalizada de calidad y cumplir el fin de la misma.

- Es importante mencionar que en el proceso de generalización cartográfica, los métodos automatizados (modelos programados de herramientas SIG) son de gran utilidad, pero requieren necesariamente de la experiencia, tiempo, habilidad y conocimiento del técnico operador, debido a que en la generalización el operador es el responsable directo de procesar, analizar, decidir, interpretar, precisar y elegir correctamente los objetos geográficos que formaran parte de la cartografía afectada por el cambio de escala.

BIBLIOGRAFÍA

ESRI, Environmental Systems Research Institute, Inc. Automation of Map Generalization – The Cutting-Edge Technology. California, 1996. 7p.

SSC. Cartographic Generalization, Cartographic Publication Series n. 17, 2002. 121p.

TAURA, T.A, Estudio de simbología para cartas en escalas 1:2 000, 1:5 000 y 1:10 000 de mapeamiento urbano. Curitiba 2007. Trabajo de grado Maestría en Ciencias Geodésicas, Universidad Federal de Parana. 81p.

REGNAULD, N. Contextual Building Typification in Automated Map Generalization. Algorithmica, Nova York, nr. 30. 2001. p 312-333.

NALINI, V. T. Validación Cartográfica de base de datos digitales adecuada a la gestión urbana por generalización a escala de origen 1:2000. Curitiba 2005. Trabajo de grado Maestría en Ciencias Geodésicas, Universidad Federal de Parana. 98p.

KEATES, J.S. Cartographic design and production. Harlow, Grã-Bretanha: Longman. 1973. 240p.

Zúñiga, Miguel
miguel.zuniga@geograficomilitar.gob.ec

METODOLOGÍA PARA VERIFICAR Y ACTUALIZAR LA PERENNIDAD DE LA RED HIDROGRÁFICA

Methodology to verify and update the perennality of the hydrographic network

RESUMEN

Las cartas topográficas 1:50 000, Gómez Rendón, Chanduy, General Villamil y Engabao, son las más utilizadas en apoyo a los ejercicios militares, así como para planes de riego en la península de Santa Elena, por lo que requieren ser verificadas y actualizadas constantemente, en especial su red hídrica. Para la verificar la perennidad de la red hídrica en las diferentes escalas, manejadas en la Gestión Cartográfica y que son insumo para las cartas antes mencionadas, es prioritario en una primera fase, confirmar que los insumos originales provenientes de las bases restituidas (*.dgn) a escala 1:5000 (5k) con la que se encuentran generalizadas las bases de datos a 1:25 000 (25k) y que no hayan sido modificados en su perennidad en lo que respecta a su catalogación. Es así que, en esta fase, se analiza la catalogación de la perennidad entre archivos por medio de un muestreo por atributos en base a la norma NTE INEN – ISO 2859-1:2009 al 95% de confiabilidad, y así, se pudo identificar que, entre las escalas 5k y 25k, no hay cambios. En una segunda fase se compara que las bases 5k en BDD no hayan sido cambiadas con respecto al DGN original producto de la restitución, en esta fase se revisó toda el área de estudio y no se encontró ningún cambio en la perennidad. Posteriormente en

una tercera fase, se utilizó las imágenes SENTINEL 2 para determinar si esta perennidad ha sufrido algún cambio significativo desde el proyecto de inversión 2011-2017 a la fecha del estudio; es así que se llegó a la conclusión que no hubo ningún cambio en la perennidad de la red hídrica con esta metodología, lo que permite concluir lo importante que es el uso de imágenes para la actualización cartográfica a escalas grandes.

Palabras Clave: red hidrográfica, imágenes satelitales, perennidad.

ABSTRACT

The topographic charts 1:50 000, Gómez Rendón, Chanduy, General Villamil and Engabao, are the most requested for Military cartography and need to be constantly verified and updated, especially in the water network for mainly support in military exercises, as well as irrigation plans in the peninsula of St. Helen. To verify the perennality of the water network at the different scales, managed in Cartographic Management and which are input for the aforementioned charts, it is a priority in a first phase, to verify that the original inputs from the restored databases (.dgn) at a scale of 1: 5000 (5k) with which the databases are generalized*

to 1:25 000 (25k) and that have not been modified in its perennality with regard to its cataloging. Thus, in this phase, the cataloging of the perennality between files is analyzed by means of a sampling by attributes based on the NTE INEN - ISO 2859-1:2009 standard at 95% reliability, it could be identified in the analyzed samples, between 5k and 25k, there are no changes. In a second phase, it is compared that the 5k bases in BBD have not been changed with respect to the original DGN product of the restitution, in this phase the entire study area was reviewed and no change in durability was found. Subsequently, in a third phase, the Sentinel

2 images were used to determine if this perennality has undergone any significant change from the 2011-2017 investment project to the date of the study; thus, it was concluded that there was no change in the durability of the water network with this methodology, which makes it possible to highlight the importance of the use of images for cartographic updating at large scales.

Keywords: hydrographic network, satellite images, perennality.

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geográfico Militar se encuentra realizando la actualización de 100 000 km² de cartografía base 1:5000 por medio de la Gestión Cartográfica, en el marco del proyecto de inversión 2018-2021. En este contexto y en base a la información generada en el mencionado proyecto, se requiere la revisión y validación de forma periódica de la perennidad de la red hídrica para la publicación de nuevas ediciones de las cartas topográficas a escala 1:50 000, principalmente en las cartas con mayor demanda desde clientes internos y externos como son: Gómez Rendón, Chanduy, General Villamil (Playas) y Puerto de Engabao (Punta de Piedras) ubicadas en la península de Santa Elena.

La importancia de la actualización de red hídrica es fundamental para tomar acciones en la demanda de múltiples necesidades por la escases de agua, que es alarmante en la península de Santa Elena (Galarraga, 2004), así como entregar al Comando Conjunto cartografía actualizada para la realización de ejercicios militares que se efectúan en la zona. Por lo que el objetivo principal del presente estudio es realizar una metodología de validación entre bases que son insumo de las cartas del caso de estudio y actualización de perennidad con técnicas de sensores remotos.

Para la comparación de la información entre varias escalas se va a utilizar la Norma Técnica Ecuatoriana de muestreo de atributos NTE INEN – ISO 2859-1:2009, que nos permite alcanzar un nivel aceptable de calidad AQL (Límite aceptable de calidad) del 95% de confiabilidad para una inspección lote a lote (INEC, 2012), con el fin de analizar solo muestras significativas en el área de estudio.

Para la actualización de la red hídrica se utilizó imágenes satelitales. La utilización de esta fuente de información es de gran importancia en el estudio para el desarrollo de estudios multitemporales, además, la información recabada por distintos sensores es muy variada y es utilizada en estudios de monitoreo ambiental, urbano, búsqueda de recursos e incluso aplicaciones militares (Weng, 2010). En el presente estudio se utiliza el índice para detección de agua NDWI calculado según Gao (1996) para imágenes Sentinel 2.

2. METODOLOGÍA

La necesidad de contar con una red hidrográfica que conserve los atributos de perennidad desde la captura en restitución a escala 5k, hasta la generalización en escala 25k y la posterior conformación de cartas topográficas 50k, generan que se haga una comparación de la información base entre varias escalas. De esta manera se plantea la metodología de las siguientes fases de análisis en el área de estudio:

A) Primera etapa/fase.- Comparación de la catalogación de perennidad entre la cartografía 25K y la cartografía 5K, basándose en la norma de muestreo por atributos NTE INEN – ISO 2859-1:2009

Como primer paso, se procedió a contrastar la hidrografía a escala 1:25 000, con la información procedente de la cartografía del proyecto de inversión 2011-2017 a escala 1:5000, en lo que respecta a la perennidad de los ríos tipo área y tipo línea de las cartas topográficas Gómez Rendón, Chanduy, General Villamil (Playas) y Puerto de Engabao (Punta de Piedras).

Para la comparación, se utilizó una grilla de cartas a escala 5k del IGM, con el fin de identificar áreas

para muestreo y aplicar la norma NTE INEN ISO 2859-1:2009. El universo total en el área de estudio es de 275 cartas a escala 1:5000, lo que generó una inspección según la norma de 8 muestras en la grilla para una inspección normal, con un AQL 1,5 y un nivel de confianza al 95%. Las muestras fueron elegidas en zonas densas dentro del área de estudio. Para que sea aceptada la catalogación de las bases de datos geográficas respecto a la perennidad con el 95% de confianza, deben solamente ser rechazadas dos de estas muestras del total analizadas.

B) Segunda etapa/fase.- Comparación entre las Bases 5k y 25k en la con los archivos originales restituidos (dgn)

Se realiza una comparación entre los archivos originales (*.dgn) y los estructurados en CAD-SIG a escala 5k en toda el área de estudio. Para este fin se identificó los proyectos originales restituidos y su año de toma.

C) Tercera etapa/fase.- análisis con imágenes satelitales, uso de imágenes Sentinel 2, para analizar la presencia de agua basado en el cálculo del índice NDWI (Normalized Difference Water Index)

Mediante el uso de imágenes satelitales se realizó un estudio adicional para comprobar la perennidad de la red hídrica con la ayuda de imágenes Sentinel 2 del año 2019, las mismas que fueron descargadas de www.earthexplorer.usgs.gov en los meses de marzo y septiembre. Con esta información se procedió a realizar el cálculo del índice NDWI (Normalized Difference Water Index) para identificar la presencia de agua. Este índice se obtiene a partir de las bandas correspondientes al verde y al NIR (banda de infrarrojo cercano), que en el caso de las imágenes Sentinel-2 equivalen a la Banda 3 y 8, respectivamente.

La fórmula utilizada es la siguiente:

$$NDWI = (Green - NIR) / (Green + NIR) \quad (1)$$

Los resultados inferiores a cero de este índice corresponden en general a zonas terrestres, mientras que valores superiores a cero indican la presencia de agua.

3. RESULTADOS

Para la primera fase, el mapa a continuación se muestra el área de análisis en la península de Santa Elena y las muestras tomadas con la grilla al 1:5000:

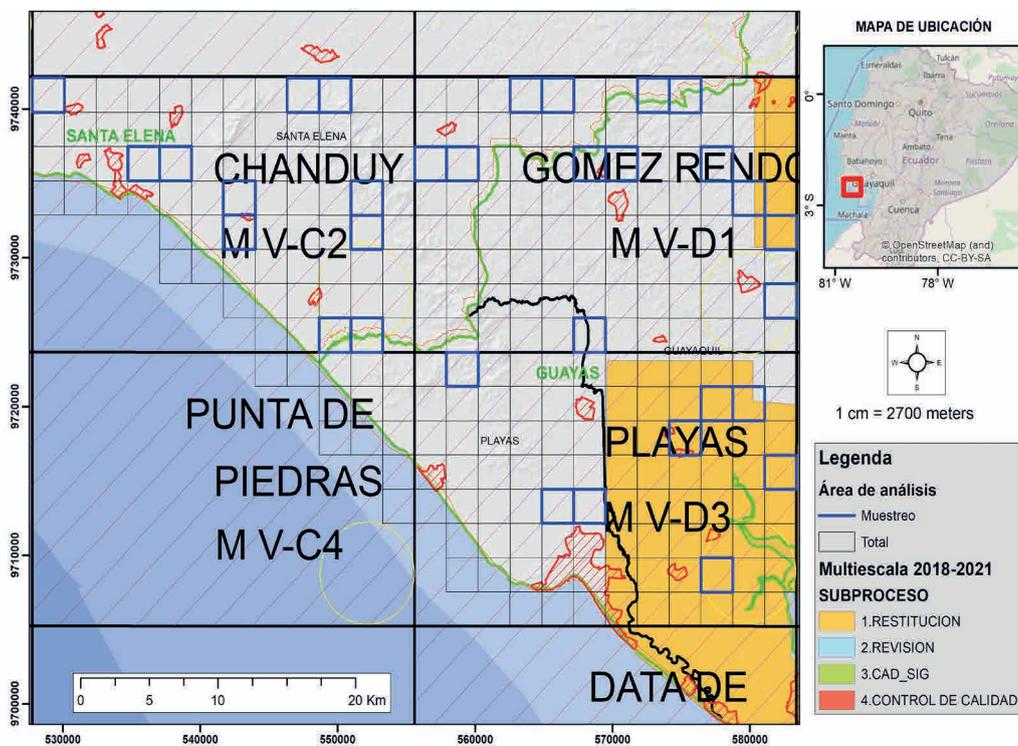


Figura 1: Revisión y validación de la catalogación del terreno

Los resultados del muestreo, en polígonos azul de la figura 1, determinaron que no existe diferencia de catalogación al 95% de confianza entre las bases a escala 25k y la 5k en lo que respecta a perennidad de los ríos dobles y ríos línea (simples). En la carta Punta de Piedras se analizó la perennidad en toda su superficie en vista, que es una carta con poco porcentaje de masa continental. El mapa a continuación muestra la similitud de perennidad entre las dos escalas:

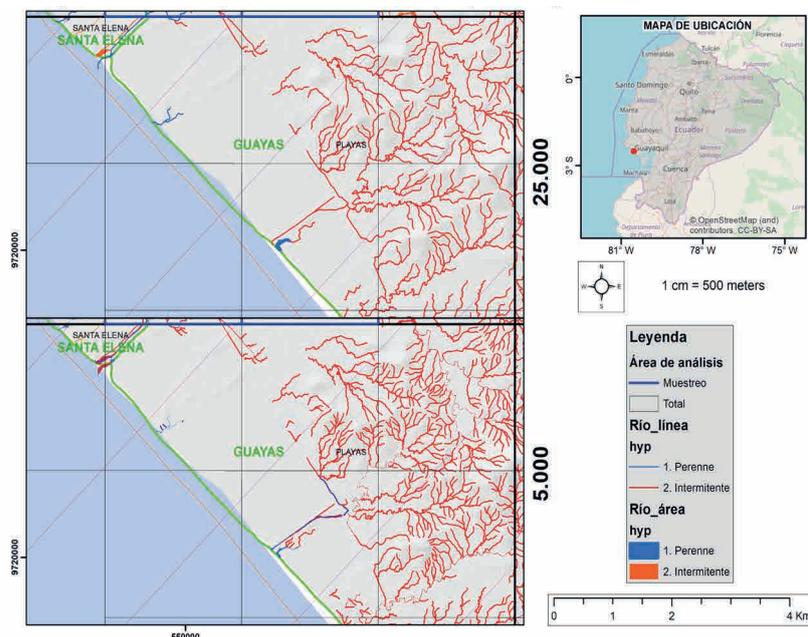


Figura 2: Perennidad de los ríos y comparación de la catalogación entre escalas 5k y 25k

A manera de conclusión de esta primera etapa, y basados en estos análisis, se determinó que no existe una variabilidad de catalogación entre la BBD 25k y la BBD 5k en el área de análisis del presente estudio.

Para la segunda fase, se comparó los proyectos restituidos en formato DGN y las BBD en escala 5k. En tonalidades de verdes se pueden identificar los proyectos restituidos entre el 2011-2017 con sus respectivos nombres para las cartas 1:50 000 del presente estudio:

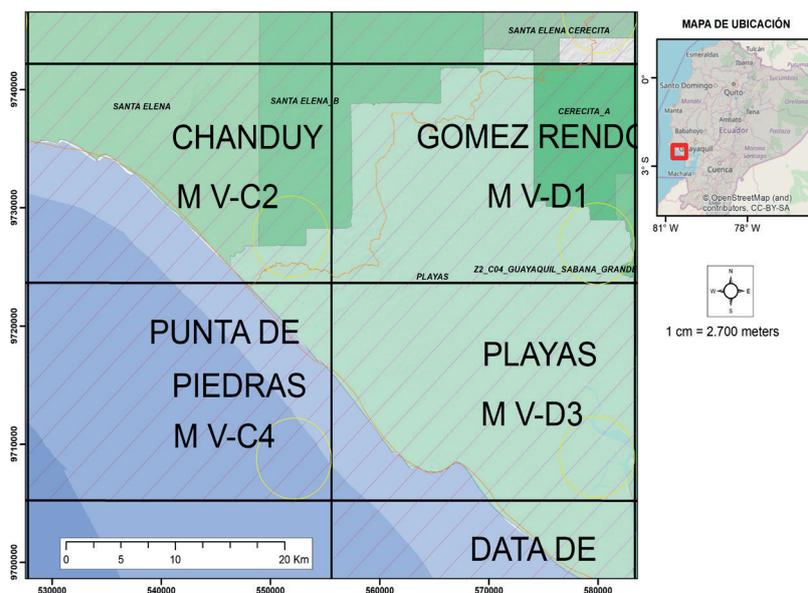


Figura 3: Proyectos 1:5.000 presentes en el área de estudio

Adicionalmente, se revisó los archivos de las fotografías aéreas de estos proyectos para identificar las fechas de toma en escala 1:5000. Se pudo constatar que la toma de fotografía fue entre el 2013 y 2016. De este modo en la figura 4 se observa que no existe variación en la catalogación de la perennidad de los dos archivos analizados en formato DGN y los estructurados en SIG.

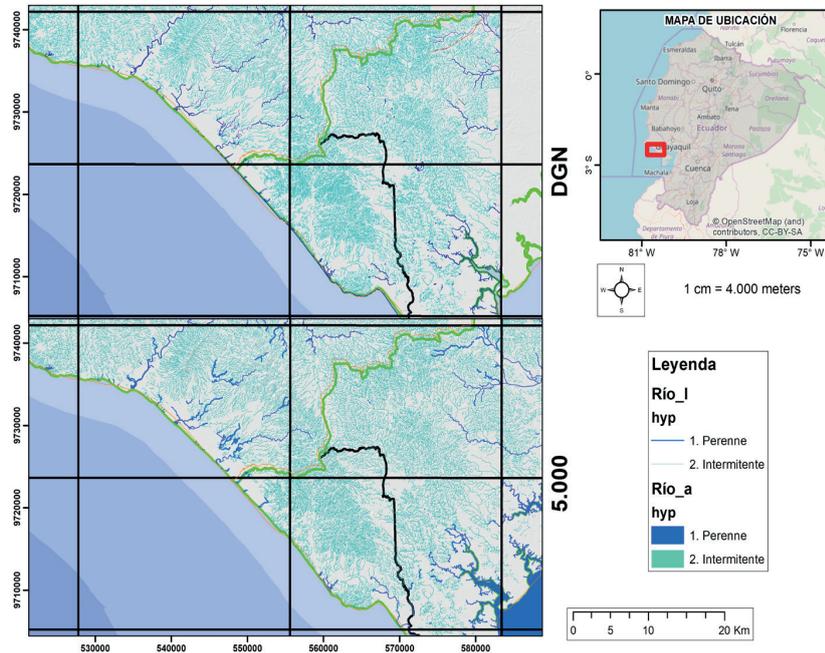


Figura 4: Comparación de Perennidad entre BBD 5k y DGNs originales

Para la tercera fase, en la figura 5 se muestra la comparación de la perennidad entre imágenes Sentinel 2 en el mes de marzo y en el mes de septiembre de 2019. Los resultados de estos análisis no identifica cambios en el área de estudio:

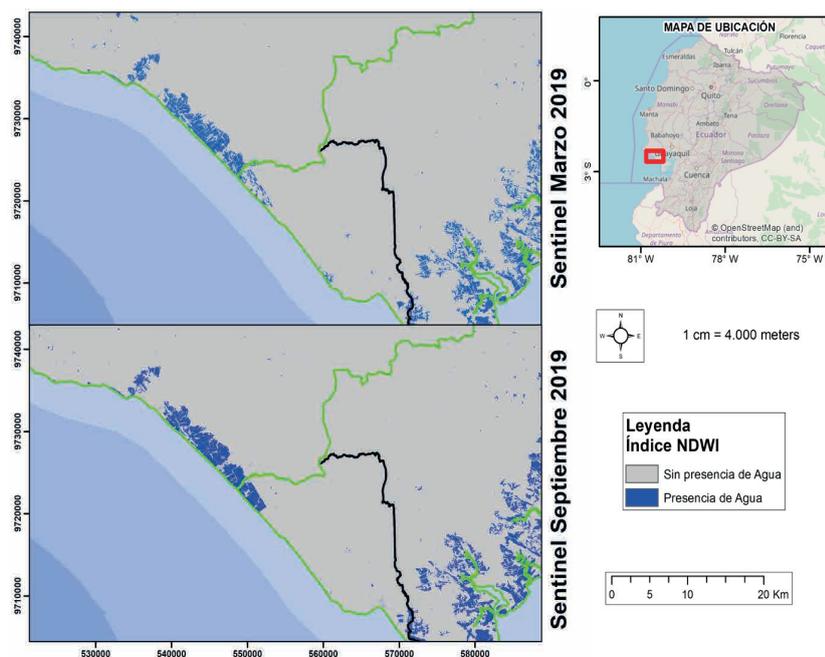


Figura 5: Comparación de Perennidad con Sentinel 2 en época lluviosa y seca.

Por lo que se puede concluir que los ríos en el área de estudio conservan su perennidad durante todo el año. Finalmente, la comparación de las imágenes con la perennidad de los ríos, presente en los archivos DGNs, no identificó cambio alguno.

4. CONCLUSIONES

- La metodología es válida para realizar una correcta comparación de la red hídrica con respecto a su perennidad en escalas 5k y 25k, en base a un muestreo basado en la Norma NTE INEN – ISO 2859-1:2009, para cumplir con el 95% de confianza de las muestras tomadas.
- Uno de los principales objetivos era la validación del insumo para las cartas 1:50 000, provenientes de las BBDs 5K y 25K, en vista que podría haber errores en la estructuración y catalogación desde el DGN original obtenido desde la restitución. Sin embargo, no se identificó un cambio en la perennidad desde los insumos originales hasta el proceso de generalización para la obtención de cartas topográficas.
- Se realizó, adicionalmente, un análisis para ratificar la perennidad de los ríos intermitentes con las imágenes Sentinel 2 en el área de estudio en dos épocas diferentes del año 2019 (período seco y lluvioso), para lo que se utilizó el índice NDWI (Normalized Difference Water Index) para identificar la presencia de agua, por lo que no se encontró cambios en la perennidad de los ríos en la cartografía original a 5k. Esta metodología además de agilizar el proceso de análisis permite cubrir mayor territorio sin realizar salidas de campo.

5. RECOMENDACIONES

- Utilizar imágenes satelitales de mejor resolución permitirán hacer óptimos análisis para la actualización de la perennidad a nivel nacional. En este trabajo se trabajó con imágenes gratuitas Sentinel 2 que cuentan con una resolución de 10 metros.

BIBLIOGRAFÍA

Galarraga, 2004, Estado y Gestión de los Recursos Hídricos en el Ecuador, Departamento de Ciencias del Agua UPN <http://tierra.rediris.es/hidrored/basededatos/docu1.html>

INEC (2012), Normas técnicas para muestreo https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/n-te_inen_iso_2859-1-C.pdf

Gao, B.C. (1996.) NDWI–A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, 58(3), 257–266.

Weng, Q. (2010) *Remote Sensing and GIS integration. Theories, Methods and Applications*. McGraw-Hills. New York. Zha, Y., Gao, J. y Ni, S. (2003). Use of normalized difference builtup index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 24(3), 583–594.

GLOSARIO

- **IGM:** Instituto Geográfico Militar
- **BBD:** Base de Datos Geográfica
- **5k:** Escala 1:5000 cartográfica.
- **CAD:** Proveniente de sus siglas en inglés: “Diseño asistido por computadora”
- **SIG:** Sistemas de Información Geográfica
- **CAD-SIG:** Subproceso de la Gestión Cartográfica del Instituto Geográfico Militar que se encarga de la importación de archivos cartográficos desde un archivo Cad a un archivo en Base de Datos Geográfica.
- **AQL:** Límite aceptable de calidad.
- **NIR:** Infrarrojo Cercano
- **NDWI:** De sus siglas en inglés (Normalized Difference Water Index), es el cálculo de Índice Diferencial Normalizado de Agua

Foto: El inmenso Pastaza-Planeta Futuro

Campoverde Campoverde, Raúl
raul.campoverde@geograficomilitar.gob.ec

DELIMITACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS MEDIANTE MODELOS AUTOMÁTICOS

Delimitation of water basins through automatic models

RESUMEN

El estudio de las cuencas hidrográficas, por su importancia estratégica dentro del manejo de los recursos hídricos, implica un análisis de varios parámetros morfométricos, entre ellos su correcta delimitación. El objetivo del presente estudio es generar un modelo automático que permita obtener el límite de una cuenca y que sea aplicable a cualquier unidad hidrográfica de la que se conozca su extensión aproximada y un punto de desfogue. La metodología aplicada se basa en el módulo Hydrology de ArcGis que ofrece herramientas que permiten trabajar con un Modelo Digital de Elevación, al mismo que en principio se le hace una corrección de posibles vacíos o gaps, luego se calculó valores de celdas que indican dirección para luego reagruparlas en otras que representen la acumulación de flujo y formen canales de drenaje. Posteriormente, se integró un número específico de celdas y se definió órdenes de corriente que permitieron delinear grupos de captación para obtener subcuencas que formarán el límite final considerando una relación de distancia entre el vector de cierre y el último píxel de la línea de acumulación de flujo.

Palabras clave: DEM, Cuenca, Modelo, Raster, pixel

ABSTRACT

The study of hydrographic basins, due to their strategic importance within the management of water resources, implies an analysis of several morphometric parameters, including their correct delimitation. The objective is to generate an automatic model that allows obtaining the limit of a basin and that is applicable to any hydrographic unit whose approximate extension and a point of discharge are known. The methodology is based on the Hydrology module of ArcGis that that allow working with a Digital Elevation Model, at the same time that in principle a correction of possible voids or gaps is made, then values of cells that indicate direction were calculated for then regroup them in others that represent the accumulation of flow and form drainage channels. After, a specific number of cells was integrated and current orders were defined that allowed the delineation of catchment groups to obtain sub-basins that will form the final limit considering a distance relationship between the closing vector and the last pixel of the flow accumulation line.

Keywords: DEM, Basin, Model, Raster, pixel

1. INTRODUCCIÓN

Las Cuencas Hidrográficas, unidades base de planificación (Bocco, 2004), han sido objeto de múltiples análisis debido a la importancia en el manejo de los recursos que alberga. Es así que los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han convertido en herramientas necesarias para el estudio de diferentes aspectos de las Cuencas, tomando en cuenta que los procesos Hidrológicos tienen relación directa con el clima, topografía, geología, uso del suelo, además del impacto por las actividades antropogénicas de la zona (Ghoraba, 2015).

El presente artículo hace énfasis en uno de los parámetros más relevantes en el estudio de las Cuencas Hidrográficas como es la delimitación de su espacio geográfico, que en efecto permite tener un escenario global del área, de sus afluentes, etc. Geraldí, Piccolo y Perillo (2010), en su estudio “Delimitación de Cuencas Hidrográficas con modelos Hidrológicos”, plantean que la delimitación de las cuencas permite un mejor cuidado de los recursos hídricos, tomando en cuenta que son sistemas abiertos que permiten la entrada y salida de materia y energía de la atmósfera. Además hay que destacar que muchos de los fenómenos hidrológicos que suceden en un espacio geográfico determinado tienen relación inherente con la unidad fisiográfica denominada cuenca, cuyos aportes hídricos naturales son alimentados exclusivamente por la precipitación y conducidos por los cauces hacia los ríos principales (Días, et al., 1999).

Sobre la base de lo descrito en los párrafos anteriores, se realizó el proceso de delimitación de Cuencas Hidrográficas mediante el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) aplicando herramientas de geoprocésamiento e integrándolas en un modelo automatizado que permita aplicar este algoritmo a otras cuencas sin tener que realizar nuevamente todo el procedimiento paso a paso. Para ello se utilizó la información de elevación de Modelos Digitales de Elevación o por sus siglas en inglés DEM (Digital Elevation Model), generados a partir de curvas de nivel y puntos acotados a escala 1:5000. En cuanto al software se aprovechó los módulos Hydrology y Model Builder de ArcGis 10.1.

2. DESARROLLO

DELIMITACIÓN PRELIMINAR DEL ÁREA DE ESTUDIO

Para obtener un mejor resultado en la delimitación de la cuenca hidrográfica es necesario generar un límite

externo de las áreas que contienen los afluentes del río principal de cada una de las cuencas hidrográficas en análisis. Esta delimitación comprende una superficie que inicia en el punto de cierre de la cuenca, que corresponde a la ubicación geográfica del proyecto hidroeléctrico que contiene, siguiendo la divisoria de aguas hasta llegar al punto de cierre de la cuenca siguiente. Para lo cual, con la utilización de la cartografía base del IGM escala 1:5 000 de hidrografía (ríos simples, dobles, lagos lagunas, curvas de nivel) se trazó un polígono que contenga toda la hidrografía del área de estudio. Posteriormente, haciendo uso del polígono resultante, se realizó un corte del DEM obteniendo un nuevo raster.

PROCESO DE OBTENCIÓN DEL LÍMITE DE LA CUENCA

Obtenido el nuevo raster de la cuenca, se procedió a realizar la corrección de depresiones y vacíos existentes en el DEM, lo cual permite tener un flujo continuo al generar la red hidrográfica y con esto lograr una superficie uniforme (Figura 1).



Figura 1. Relleno de vacíos y depresiones (Fill Sinks)

Depurado el modelo digital se determinó el flujo de dirección de la escorrentía, el cual permite obtener una grilla con valores que indican la dirección de descenso desde las celdas de origen. Está determinado como la relación entre el intervalo de elevación y la distancia ortogonal entre dos celdas contiguas, multiplicado por 100, así las nuevas celdas tendrán un valor en porcentaje que representará la proporción de flujo de salida (Figura 2).

Posteriormente, se obtuvo el flujo de acumulación de la cuenca que permite reagrupar un número determinado de píxeles en una celda en particular a partir de la malla de direcciones de flujo (Geraldí, Piccolo, & Perillo, 2010). De esta manera, en el nuevo raster se representó aquellas celdas que contenían mayor acumulación del flujo y que formaron los canales de drenaje (Figura 3).

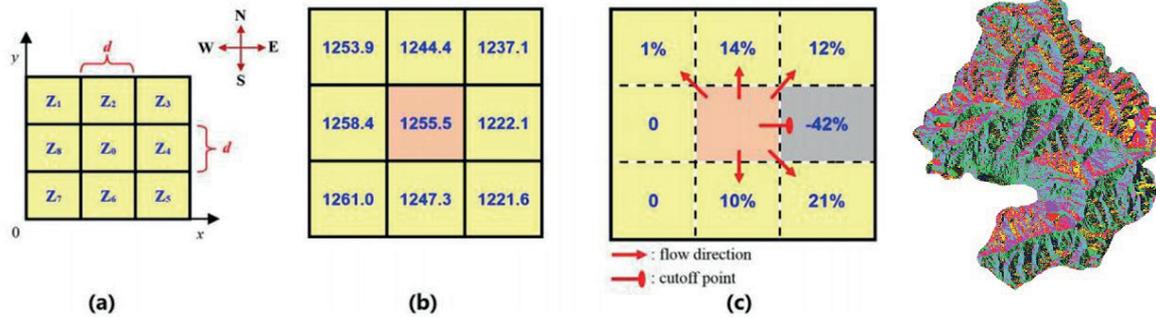


Figura 2. Flujo de dirección de corriente (Flow Direction)

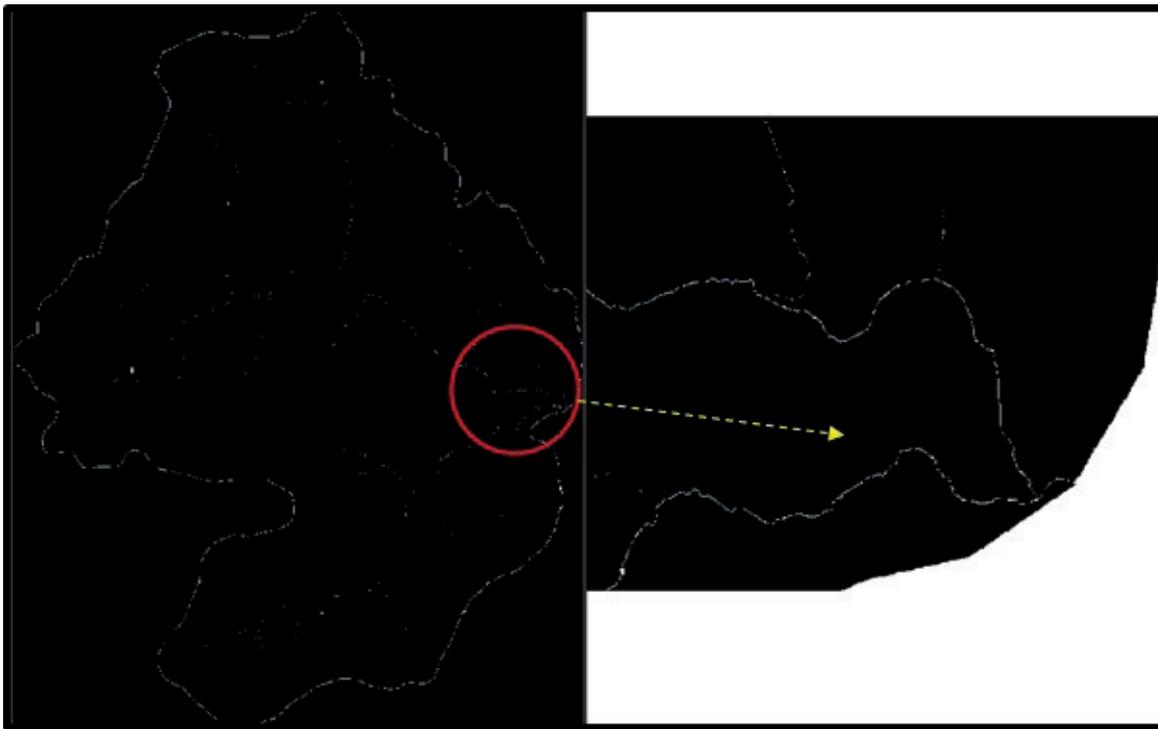


Figura 3. Flujo de acumulación (Flow Accumulation)

Obtenido el flujo de acumulación se definió el orden de corriente (Figura 4), integrando un número específico de celdas que forman el cauce, a partir de que se estableció un umbral de área de drenaje en kilómetros (Méndez-Lázaro, Norat-Ramírez, Hernández-Delgado, Cordero-Rivera, & Nieves-Santiago, 2012). El proceso siguiente es la segmentación de corrientes en donde el raster resultante forma segmentos de flujo con identificación única para cada uno de ellos representados por un color específico (Figura 5).

Una vez definidos los segmentos de flujo, se realiza el proceso de delineación de los grupos de captación de la cuenca, en donde se crea una malla en la que cada celda lleva un valor que indica a que captación pertenece.

Este proceso permite representar gráficamente la distribución de las subcuencas (Figura 6) dentro de la cuenca principal.

- Modelo raster de la distribución de las subcuencas.
- En color negro polígonos vectorizados de las subcuencas.
- En color azul vectorización de las líneas de drenaje.
- En color rojo vinculación de subcuencas segmentadas.

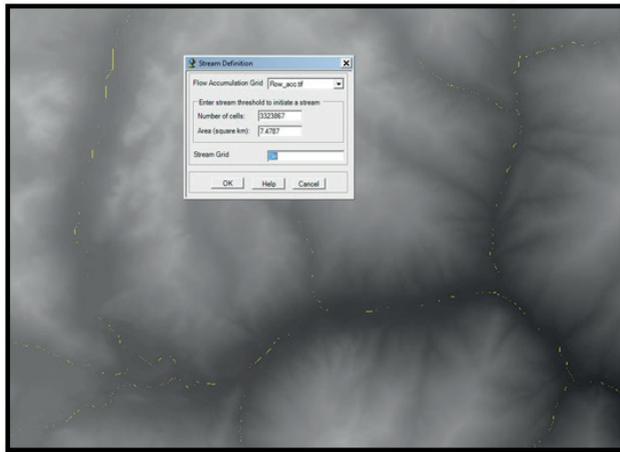


Figura 4. Definición de Corriente (Stream definition)

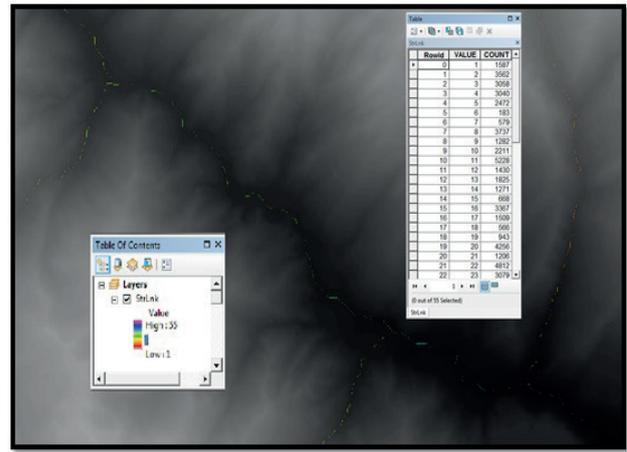


Figura 5. Segmentación de Corriente (Stream segmentation)

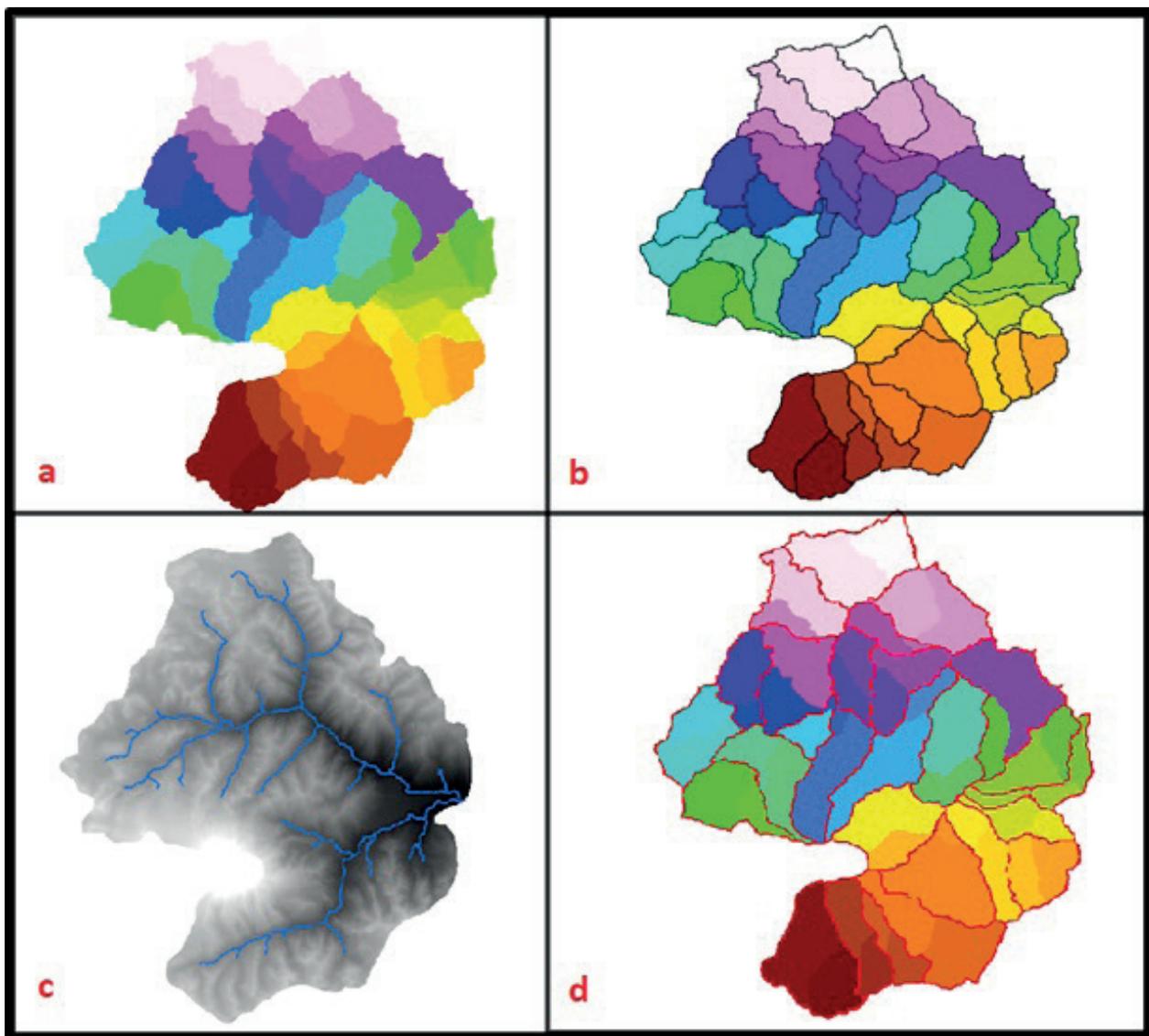


Figura 6. Definición de Subcuencas

Finalmente, utilizando un punto que tenga relación de distancia entre el punto de cierre y el último píxel de la línea de acumulación de flujo se generó el polígono final del perfil de la cuenca tal como se presenta en la figura 7, de acuerdo a los siguientes resultados.

- A la izquierda se presenta la malla de selección que relaciona el punto de cierre (punto rojo) y la línea de acumulación de flujo.
- A la derecha Producto Final: en rojo delimitación de la cuenca en contraste con el DEM utilizado en el proceso.

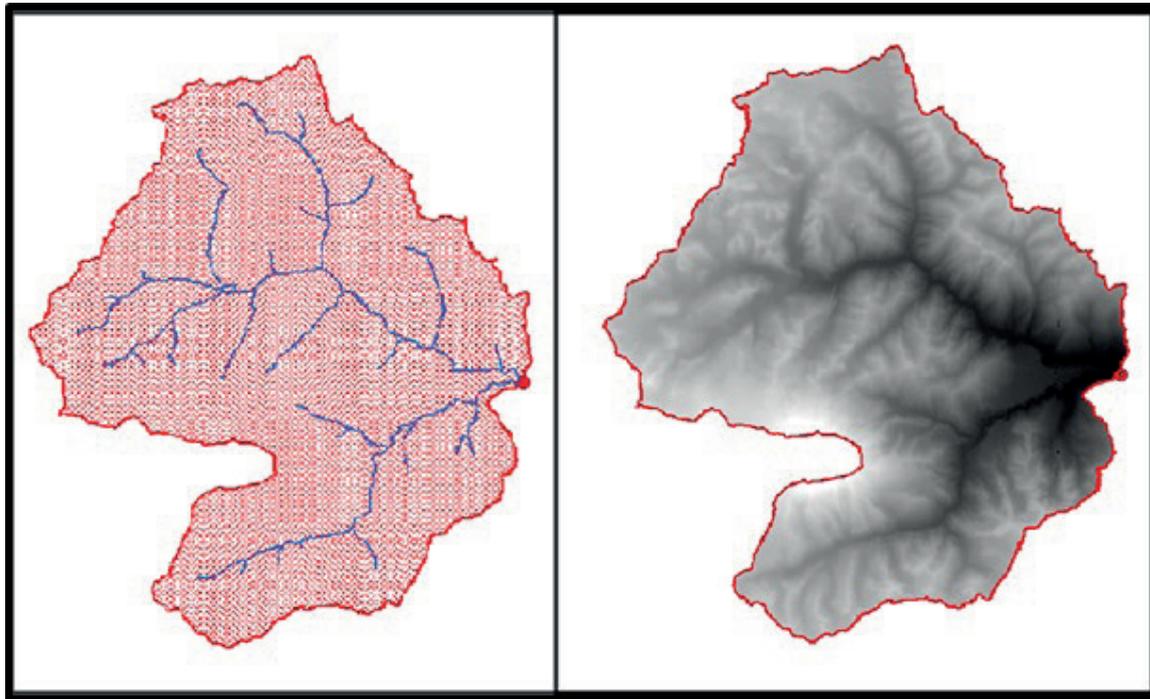


Figura 7. Delimitación final usando el punto de píxel

MODELO AUTOMATIZADO

En concordancia con los procesos mencionados y mediante la integración de herramientas de Geoprocésamiento se obtuvo un algoritmo automatizado y parametrizado que puede ser usado en la delimitación de cualquier cuenca, aprovechando una de las herramientas de Arcgis como lo es ModelBuilder, que permite realizar geoprocésos con el fin de generar modelos de trabajo a manera de un diagrama de flujo, cuya aplicación permite optimizar tiempo y recurso humano.

En la Figura 8 se puede observar el diseño final del modelo cuyos parámetros de entrada son el DEM, el punto de cierre que corresponde a un archivo vectorial y un valor de área en kilómetros cuadrados que se determina para toda la extensión de la cuenca en análisis en el proceso de definición de corriente.

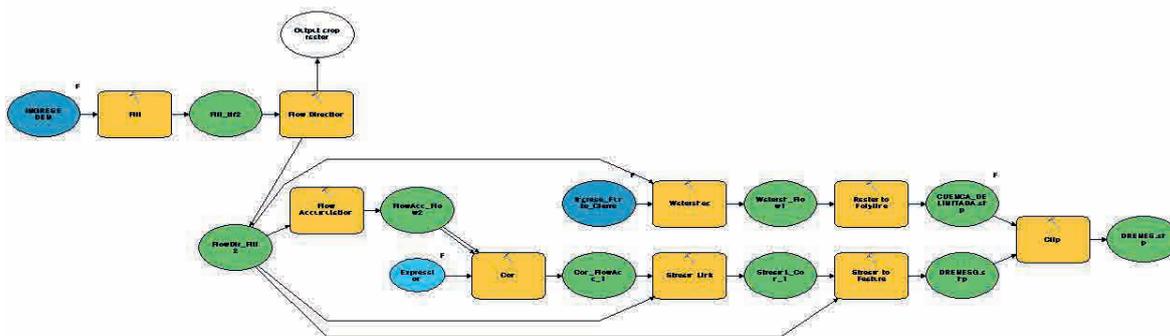


Figura 8. Modelo automatizado para delimitación de una cuenca

3. CONCLUSIONES

- Dentro de los parámetros morfométricos la delimitación de las cuencas hidrográficas constituye uno de los más importantes, considerando que los procesos involucrados permiten generar análisis de orden de corriente de los drenajes que forman los cauces, así como obtener una distribución de subcuencas lo cual serviría para otros estudios en donde se desee realizar una clasificación de las mismas en función del tipo de drenajes que las forman.
- El flujo de dirección de la escorrentía define un resultado acorde a una relación matemática expresada en un valor de porcentaje que determina las celdas que drenan a una en particular.
- El umbral de área de drenaje debe ser considerada como una relación entre el área máxima definida para la cuenca y el número total de píxeles agrupados en el proceso de flujo de acumulación.

4. RECOMENDACIONES

- El resultado de una buena delimitación de la cuenca dependerá en gran parte de la resolución del DEM que se tenga como insumo, en ocasiones es preciso realizar un proceso adicional que permita depurarlo con el objetivo de tener un flujo continuo de la red hidrográfica.
- Al momento de realizar el modelo automatizado hay que tomar atención en las funciones parametrizadas, que son el área máxima definida para la cuenca, el DEM y el punto de cierre o desfogue.

BIBLIOGRAFÍA

- Bocco, G. (2004). Cartografía y sistemas de información geográfica en el manejo integrado de cuencas. En H. Cotler, manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental (págs. 41-47). México: Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT).
- Días, C., Mamadou Bâ, K., Iturbe, A., Esteller, M., Reyna, & Francisco. (1999). Estimación de las características fisiográficas de una cuenca con la ayuda de SIG y MDT: caso del curso alto del río Lerma, Estado de México. *Ciencia Ergo Sum*, vol 6, num 2, 124-134.
- Geraldi, A. M., Piccolo, M. C., & Perillo, G. M. (2010). Delimitación y estudio de cuencas hidrográficas con modelos hidrológicos. *Investigaciones geográficas (Esp)*, núm 52, 215-225.
- Ghoraba, S. (2015). Hydrological modeling of the Simly Dam watershed (Pakistan) usin GIS and SWAT model. *Alexandria Engineering Journal*, 583-594.
- Méndez-Lázaro, P., Norat-Ramírez, J., Hernández-Delgado, E., Cordero-Rivera, L., & Nieves-Santiago, A. (2012). Técnicas de SIG aplicadas a estudios de zonas costeras y cuencas. *International Review of Geographical Information Science and Technology Geofocus*, 71-92.
- Rivera, J., Velázquez, J., & Báez, D. (2014). Sistema de información hidrológica para la cuenca del río Santiago, México. *Coordinación de Hidrología, Instituto de Tecnología del Agua*.



Arteaga, Eduardo
eduardo.arteaga@geograficomilitar.gob.ec
Bravo, Edison
edison.bravo@geograficomilitar.gob.ec

SISTEMA DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN Y DASHBOARD PARA EL MANEJO DE LA INFORMACIÓN DE LA EMERGENCIA SANITARIA POR LA COVID-19

*Information management system and Dashboard for the management of
health emergency information by COVID-19*

RESUMEN

Una vez declarada la emergencia sanitaria por la pandemia de COVID-19 en el Ecuador, se conforma dentro del COE Nacional la sala situacional conformada por varias instituciones del Estado con la finalidad de brindar información y herramientas que permitan sustentar una adecuada toma de decisiones dentro de la atención de la emergencia.

La geografía, la gestión de información y los sistemas de información geográfica se convierten en la ciencia y las herramientas que por excelencia, en general, son las que mejor se amalgaman para comprender, definir, delimitar analizar e informar diferentes fenómenos y su relación con el ser humano y en particular con la emergencia por coronavirus. Se potencian por la fuerte interrelación con las dinámicas territoriales que han afectado muchas veces de forma directa en el comportamiento del virus en el país.

Con la finalidad de apoyar la emergencia sanitaria

del coronavirus (COVID 19) a los diferentes entes del Ecuador, el Instituto Geográfico Militar (IGM), a través del área de Infraestructura de Datos Espaciales (IDE), comenzó, a finales del mes de marzo de 2020, la programación de un sistema para la gestión de información y un Dashboard o tablero de mando, empleando un metodología de desarrollo ágil para visualizar y cuantificar la información de las bases de información arrojadas por diferentes instituciones, entre ellas el Ministerio de Salud Pública, ECU911 y otras, bases de información que fueron consolidadas por El Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (MINTEL), mediante el cual se generaron varios modelos de información: series temporales, esquemas estadísticos, visores geográficos, incorporación de atlas geográficos, entre otros conforme con las necesidades del Estado para la toma de decisiones de sus autoridades.

Palabras claves: Dashboard, tablero de control, COVID-19, desarrollo de aplicaciones, Emergencia sanitaria

ABSTRACT

Once the health emergency was declared due to the COVID-19 pandemic in Ecuador, a situation room was formed within the National Emergency Operations Committee (COE Nacional - Ecuador), made up of several State institutions, to provide information and tools to support adequate decision making in the emergency response.

Geography, information management, and geographic information systems have become the science and tools par excellence that, in general, are the ones that best combine to understand, define, delimit, analyze and report different phenomena and their relationship with the human being and in particular with the coronavirus emergency. Are enhanced by the strong interrelation with the territorial dynamics that have often directly affected the behavior of the virus in the country.

To support the Coronavirus health emergency (COVID 19) to the different entities of Ecuador, the

Military Geographic Institute (IGM), through the area of Spatial Data Infrastructure (SDI), began, at the end of March 2020, the programming of a system for information management and a Dashboard, using an agile development methodology to visualize and quantify the information from the information bases provided by different institutions, including the Ministry of Public Health, ECU911 and others, information bases that were consolidated by the Ministry of Telecommunications and the Information Society (MINTEL), through which several information models were generated: time series, statistical schemes, geographic viewers, incorporation of geographic atlases, among others according to the needs of state institutions.

Keywords: Dashboard, control panel, COVID-19, application development, emergency health care, spatial data infrastructure

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de la reducción y gestión del riesgo de desastres, la gestión de la información geoespacial se ha convertido en un proceso importante para la toma de decisiones a nivel de autoridades y un recurso de información transparente para la ciudadanía en general, es así que en base a las experiencias suscitadas se ha establecido un flujo de datos e información geoespacial y estadística, que permite un manejo óptimo del desastre (y/o evento) desde el punto de vista del territorio.

La gestión de la información se la sustenta en pilares fundamentales como son: Acuerdos institucionales, Recursos (humanos, tecnológicos y económicos), Normativa, Estándares y Políticas, acordados a facilitar el acceso y uso de la información geoespacial y estadística.

Tiene el principal objetivo de generar datos e información relevante para la gestión de los desastres, apoyados en un fuerte componente tecnológico que facilite la estructuración, almacenamiento e incluso la automatización de ciertas tareas y aplicar los mecanismos de estandarización que desemboquen en servicios interoperables y estos a su vez sean el sustrato de una gran diversidad de “Productos” que permitan el óptimo entendimiento del fenómeno origen de desastre y esto conlleve a encontrar posibles soluciones para atender, mitigar el desastre (evento) incluso prevenirlo en un futuro. Esto quiere decir que la gestión de datos geoespaciales estará apoyando en todas las fases de la gestión de riesgo.

En el ámbito de la salud, la gestión de la información geográfica y los sistemas de información geográfica (SIG) facilitan la comprensión compartida de un determinado problema y el análisis de las relaciones y las interacciones de las enfermedades, el medio y los seres humanos desde un enfoque ecosistémico, permitiendo así posicionar núcleos de análisis espacial (Buzai, 2019) como herramientas teórico – metodológicas que permiten determinar “Localización (incluye ubicación en sitio y posición), Distribución espacial (incluye extensión, superficie, clasificación, límites, concentración y densidades), Asociación espacial (incluye superposición, clasificación, correlación), Interacción espacial (incluye redes, movimiento, conexión, nodos, jerarquías, fricción y circuitos), Evolución espacial (incluye dinamismo, cambio y tiempo) y Síntesis espacial (incluye la globalidad territorial y complejidad), siendo que los resultados de toda aplicación se encontrará sustentada en la combinación de estos principios” (Buzai, 2019).

El coronavirus es una gran familia de virus conocidos por causar resfriados y enfermedades más graves como el síndrome respiratorio del Oriente Próximo (MERS, por sus siglas en inglés) y el síndrome respiratorio agudo grave (SARS, por sus siglas en inglés). El SARS-CoV-2 es una nueva cepa de coronavirus que jamás se había observado en humanos y que causa la enfermedad COVID-19 (García-Ptazek & Hong, 2020).

Es importante reflexionar que la pandemia ocasionada por la COVID-19, a pesar de tratarse de un tema de Salud Pública, no puede desconocerse el alcance de desastre “natural” en el que se ha convertido pues es más que “demostrado que los desastres ocurren cuando un fenómeno, que puede ser de origen natural o tecnológico, se encuentra con una sociedad vulnerable debido a decisiones políticas, opciones económicas o formas de organización social” (Revet, 2020).

Por otro lado, la Infraestructura de Datos Espaciales, que el IGM ha desarrollado por varios años, permite operativizar la gestión de información, convirtiéndose así en la institucionalización de la gestión de la información geoespacial del Estado y en la emergencia sanitaria por COVID-19, ha permitido aportar y apoyar de forma técnica dentro de la Sala Situacional del COE – Nacional, alcanzando importantes niveles de estandarización e interoperabilidad e incluso utilizando y generando recursos de Datos Abiertos Geoespaciales (Open Data) para el manejo de desastres/eventos.

Cabe destacar que todo esto se lo ha logrado con la utilización de software libre (Open Source), y ha permitido también un importante ahorro económico para el Estado, logrando que esos recursos se canalicen de mejor manera a la atención de afectados o damnificados.

A continuación veremos un ejemplo en el que se ha aplicado de manera exitosa la gestión de datos geoespaciales enfocados a reducción y gestión del riesgo de desastres/eventos, en este caso para la atención a la emergencia por pandemia de SARS-CoV2 y enfermedad de COVID-19.

2. SISTEMA DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN POR MEDIO DE UN DASHBOARD

Se llama Dashboard a la herramienta de gestión de la información que: monitoriza, analiza y

muestra de manera visual los indicadores clave de desempeño (KPI), métricas y datos fundamentales para hacer un seguimiento del estado de una empresa, un departamento, una campaña o un proceso específico (Ortis, 2020); con la finalidad de apoyar en la toma de decisiones, a los diferentes COEs a nivel nacional, provincial y cantonal, se desarrolló un Dashboard que contiene la data de la información recopilada por MINTEL de los entes competentes en materia de salud. Los principales objetivos del sistema son:

- Facilitar la comprensión y toma de decisiones a las autoridades de control sobre el COVID19 en su jurisdicción de competencia (cantonal o provincial).
- Segmentar la información por tipo de perfil de usuario, según el nivel territorial determinado.
- Crear un visor geográfico y estadístico que facilite el acceso y uso de la información disponible de la emergencia sanitaria.

3. METODOLOGÍA

La metodología de desarrollo empleada para la construcción del Sistema se basó en un modelo de desarrollo ágil, como es SCRUM, el mismo que se caracteriza por:

- Adoptar una estrategia de desarrollo incremental, en lugar de la planificación y ejecución completa del producto, además basa la calidad del resultado en el conocimiento tácito de las personas en equipos auto organizados, que en la calidad de los procesos empleados permite el solapamiento de las diferentes fases del desarrollo, en lugar de realizarlas una tras otra en un ciclo secuencial o de cascada. (Menzinsky, López, & Palacio, 2016).

3.1. ENTORNO DE DESARROLLO

Para el desarrollo del sistema se emplearon varias herramientas de software libre como son: Framework Laravel, PHP 7, Ajax, JavaScript, HighCharts, OpenLayers entre otros; como gestor de base de datos POSTGRESQL y POSTGIS; servidor de aplicaciones Apache y Tomcat, ver figura 1.

Entorno de desarrollo del aplicativo



Figura 1: Entorno de desarrollo del aplicativo

3.2. ARQUITECTURA DE LA APLICACIÓN

En la figura 2 se muestra los diferentes componentes de la aplicación, basados en una arquitectura de software: modelo-vista-controlador (MVC), arquitectura que permitió actualizar, insertar o eliminar nuevos módulos al aplicativo, a medida que se consolida la información de otras fuentes o se cambian los esquemas de las bases de datos consolidadas por MINTEL.

4. RESULTADOS DE IMPLEMENTACIÓN

El resultado de la implementación del sistema es una serie de Dashboard (tableros de control) que contiene gráficos dinámicos de indicadores clave, con la finalidad de entregar información específica para cada COE, ya sea este nacional, provincial o cantonal, y que de esta manera, conozcan su realidad frente a la emergencia sanitaria y puedan poner en marcha diferentes planes de acción para mitigar los efectos de la pandemia en su jurisdicción.

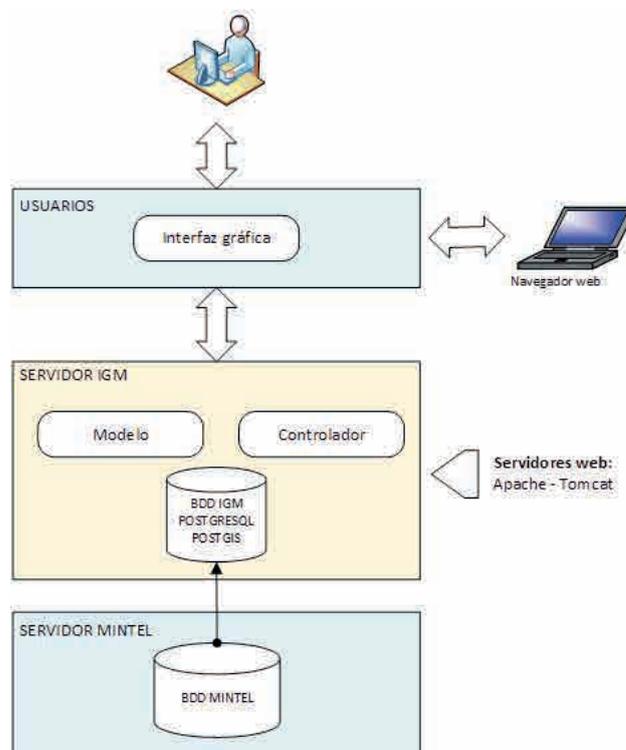


Figura 2. Arquitectura de la aplicación

La sección inicial del sistema muestra el mapa del Ecuador y el estado actual de la semaforización en los diferentes cantones del país. También se generaron secciones para publicar indicadores de salud, indicadores epidemiológicos, capacidad sanitaria, indicadores de emergencia, información de Geoanalítica y una información en la que se puede acceder a cartografía especialmente preparada para atención a la emergencia. A continuación se muestran las principales secciones:

4.1. SEMAFORIZACIÓN

Esta opción permite visualizar la semaforización de cada cantón durante la emergencia sanitaria del COVID19, a través de la utilización de: visor geográfico, esquemas gráficos y listas de información.

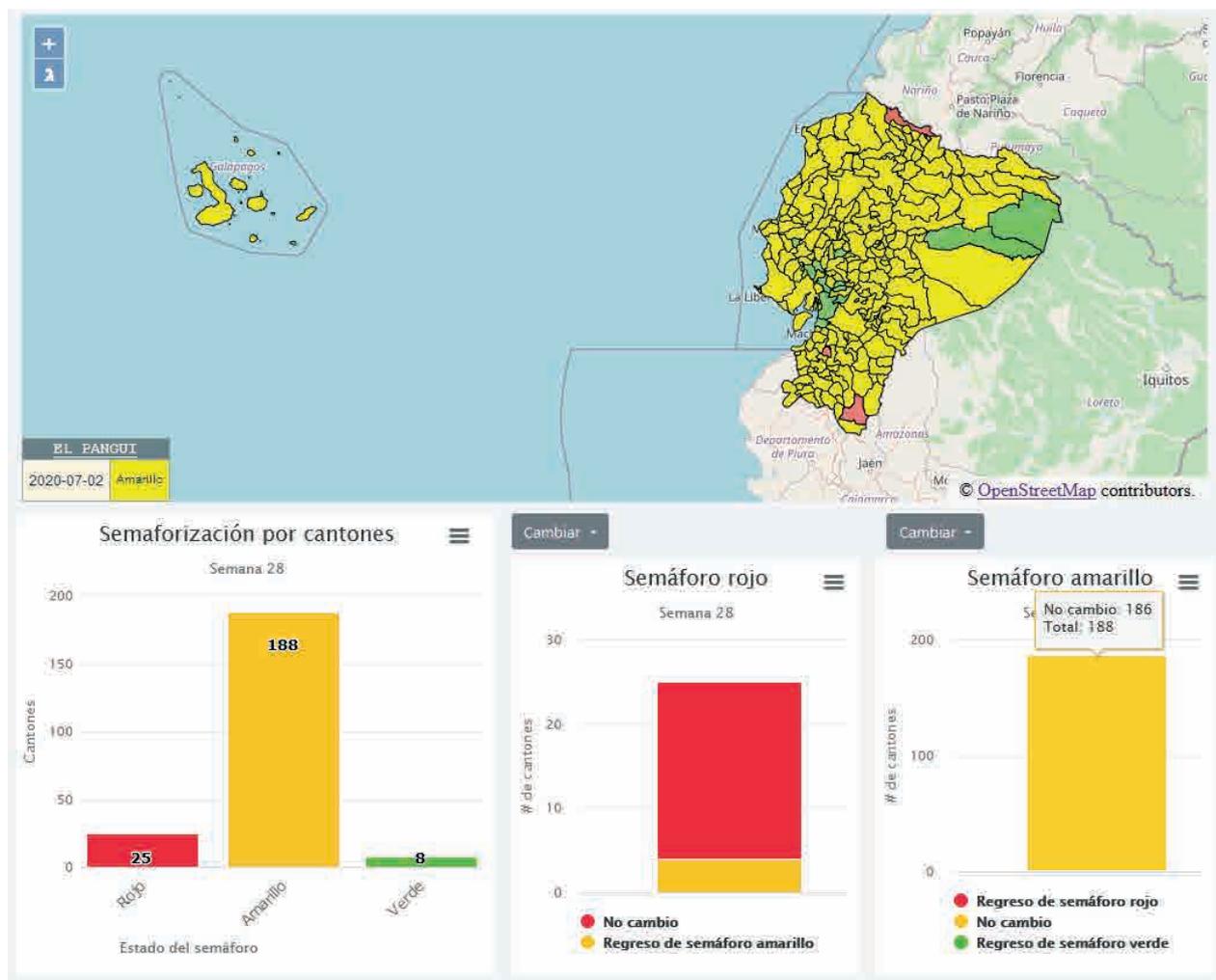


Figura 3. Semaforización cantonal

4.2. INDICADORES DE SALUD NACIONALES, PROVINCIALES Y CANTONALES

Muestra la información a nivel nacional de: casos confirmados, casos descartados, casos con sospecha, casos con alta hospitalaria, fallecidos confirmados, unidades médicas, llamadas 171, camas disponibles, utilización de app móvil y emergencias MSP, los mismos que pueden ser desglosados a nivel de provincia y cantón, ver figura 4.

4.3. CAPACIDAD SANITARIA

Muestra en esquemas gráficos el porcentaje de utilización y la disponibilidad de camas de: hospitalización, UCI, hospitalización COVID, UCI adulto COVID respecto a las semanas epidemiológicas, ver figura 5.

4.4. INDICADORES DE EMERGENCIA

Muestra en esquemas gráficos los indicadores respecto a: llamadas de emergencia 171, utilización



Figura 4. Indicadores de salud nacionales

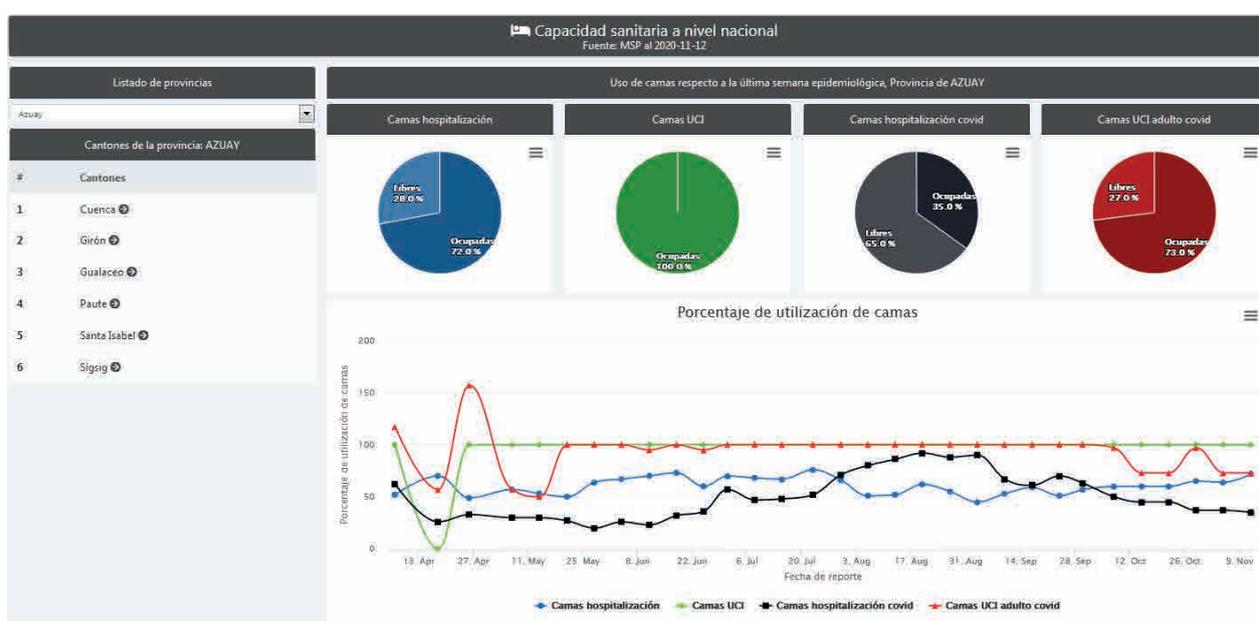


Figura 5. Indicadores de capacidad sanitaria

de la app móvil, alertas ECU 911 y emergencias MSP a nivel nacional, provincial y cantonal, ver figura 6.

4.5. INDICADORES DE MOVILIDAD

Muestra en esquemas gráficos los valores de movilidad de personas presentes en cuarentena y la estadía en horas fuera en cuarentena a nivel nacional, provincial y cantonal, ver figura 7.

4.6. INDICADORES DE GEOANALÍTICA

Permite ver la información geográfica respecto a: indicadores de salud, capacidad sanitaria, indicadores de emergencia, indicadores de movilidad, de manera que puedan ser analizados dentro de un visor geográfico, ver figura 8.

4.7. INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA TEMÁTICA

Permite descargar la cartografía temática en atención a la emergencia sanitaria COVID19 en formato digital, por cantón.

5. CONCLUSIONES

- Por lo sensible de la información, el presente aplicativo es catalogado como RESERVADO y tiene acceso RESTRINGIDO; sirve de apoyo en la gestión y toma de decisiones sobre la enfermedad a nivel nacional, provincial y cantonal, y la competencia de su publicación le corresponde al COE Nacional, por lo que no es de acceso público.



Figura 6. Indicadores de emergencia

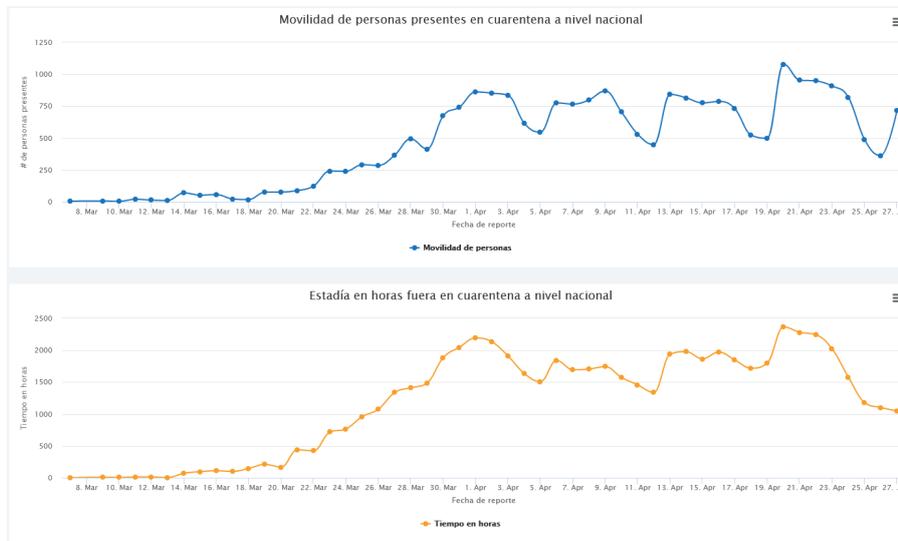


Figura 7. Indicadores de movilidad

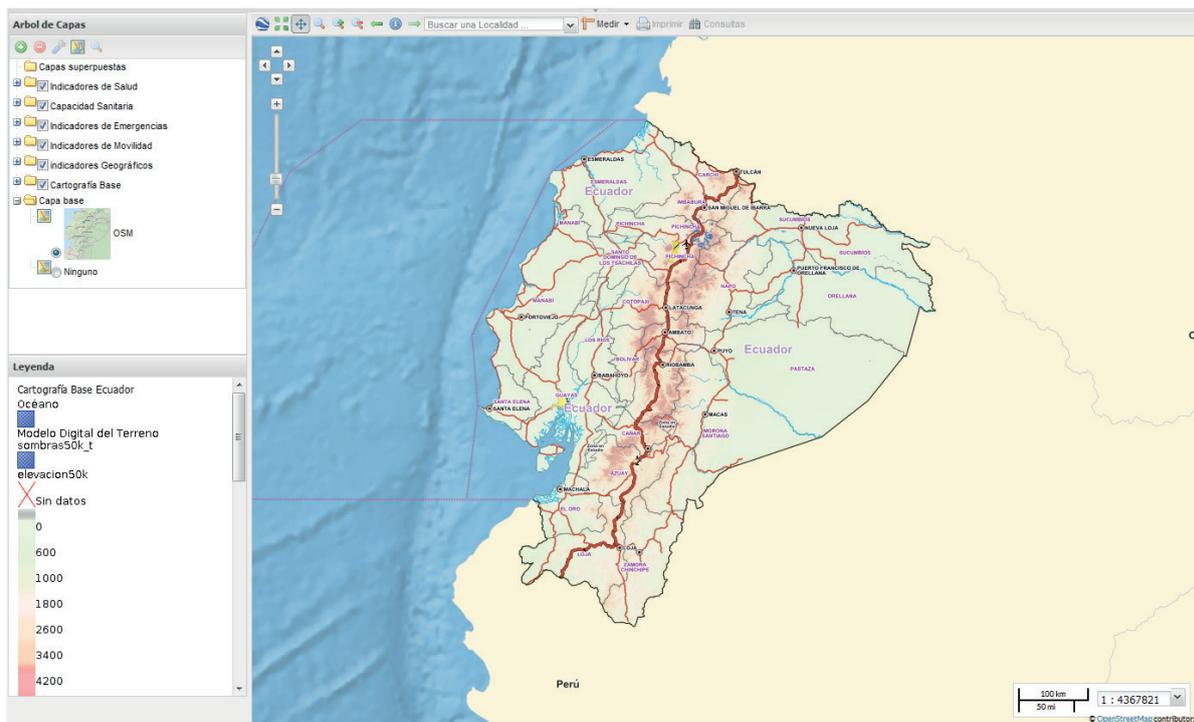


Figura 8. Indicadores de Geoanalítica

- La información estadística de este aplicativo fue proporcionada por las instituciones competentes del Estado, las mismas que son las responsables de la calidad y actualización de datos.
- Los mayores retos dentro del desarrollo del Sistema fueron: los tiempos limitados sobre los cuales se lo tenía que generar, el manejo de la información proveniente de una base de datos poco estructurada y organizada, lo que ocasionó algunos errores al momento de esquematizar la información para poder ser presentada en series temporales, visores geográficos, esquemas gráficos y otros.
- A futuro se requiere trabajar en protocolos sólidos para la gestión de información en caso de desastres de tal forma que permita acceder a una información más confiable y que sirva de principal sustento para la toma de decisiones en todas las fases de la gestión del riesgo.
- El uso de herramientas de software libre para el desarrollo del Sistema permitió que el Estado ecuatoriano ahorre recursos económicos en la gestión de la información para atención de la emergencia sanitaria por COVID19.
- El Instituto Geográfico Militar, en cumplimiento de su misión, pone a disposición el aplicativo desarrollado para el Estado y la comunidad ecuatoriana, con el firme convencimiento de mantener la filosofía de la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) que se resume principalmente en Datos Abiertos (Open Data) e Interoperabilidad, además de la utilización de Software Libre (Open Source), como tendencia mundial en la gestión de la información geográfica.

BIBLIOGRAFÍA

Buzai, G. D. (2019). Geografía de la Salud con Sistemas de Información Geográfica. Aplicaciones en el núcleo conceptual del análisis espacial. Luján. Recuperado el febrero de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/333825173_Geografia_de_la_Salud_con_Sistemas_de_Informacion_Geografica_Aplicaciones_en_el_nucleo_conceptual_del_analisis_espacial

García-Ptazek, S., & Hong, X. (2020). sen. Recuperado el 05 de 01 de 2021, de https://www.sen.es/attachments/article/2677/Manual_neuroCOVID-19_SEN.pdf

Menzinsky, A., López, G., & Palacio, J. (2016). Scrum Manager. Safe Creative nº de registro:1607208414838.

Ortis, D. (29 de 6 de 2020). cyberclick. Obtenido de <https://www.cyberclick.es/numerical-blog/que-es-un-dashboard>

Revet, S. (2020). ¿Puede la crisis de covid-19 considerarse un desastre “natural”? Recuperado el febrero de 2021, de <https://www.sciencespo.fr/cei/fr/content/puede-la-tesis-de-covid-19-considerarse-un-desastre-natural>

Secretaría General de Comunicación. (s.f.). Secretaría General de Comunicación de la presidencia. Obtenido de <https://www.comunicacion.gob.ec/se-registra-el-primero-caso-de-coronavirus-en-ecuador/>



Foto: <https://www.ree.es/en/activities/electrical-planning>

Buitrón Vinueza, César
cesar.buitron@geograficomilitar.gob.ec

TERRITORIALIZACIÓN DE ODS – Los SIG COMO HERRAMIENTAS PARA VALORAR EL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Territorialization of ODS - GIS as tools to achieve compliance with the Sustainable Development Goals

RESUMEN

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible son un conjunto de objetivos a nivel nacional para erradicar la pobreza y alcanzar un equilibrio de los recursos naturales a nivel global, motivo por el cual su medición es importante para los países permitiendo conocer el avance en cada uno de los objetivos resumidos en 230 indicadores verificables.

El objetivo del presente trabajo es la construcción de los indicadores: 11.7.1 - Superficie edificada de las ciudades correspondientes a espacios abiertos para el uso público de todos, desglosada por sexo, edad y personas con discapacidad y 9.1.1 - Proporción de la población rural que vive a menos de 2 km de una carretera transitable todo el año, mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica y geo procesamiento.

Palabras clave: Sistemas de Información Geográfica, Objetivos de Desarrollo Sostenible, Análisis Espacial, Análisis Geográfico.

ABSTRACT

The Sustainable Development Goals are a set of goals at the national level to eradicate poverty and achieve a balance of natural resources at a global level, which is why their measurement is important for countries allowing to know the progress in each of the goals summarized in 230 verifiable indicators.

The objective of this work is the construction of the indicators: 11.7.1 - Built-up area of cities corresponding to open spaces for the public use of all, broken down by sex, age and people with disabilities and 9.1.1 - Proportion of the population rural that lives less than 2 km from a passable road all year round, through the use of Geographical Information Systems and geo-processing.

Keywords: Geographic Information Systems, Sustainable Development Goals, Spatial Analysis, Geographic Analysis.

1. INTRODUCCIÓN

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son un conjunto de objetivos globales que tienen como propósito erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad, alcanzando de esta manera mejores condiciones de vida en el mundo (Chavarro et al. 2017). Como parte fundamental de los ODS, se basa en la articulación de las 3 dimensiones del desarrollo sostenible como son lo económico, social y ambiental en cada uno de los objetivos motivando a su implementación dentro de las políticas públicas a nivel mundial (Gil, 2018).

Los ODS se dividen en 17 objetivos genéricos que se subdividen en 169 metas medibles a través de 230 indicadores verificables. Sin embargo, muchas de las metas e indicadores han sido duramente criticados de parte de la academia e instituciones científicas por considerarse idealistas y visionarias junto a la dificultad de viabilidad en su obtención como lo señalado por Gil (2018), donde menciona que solo 27 metas de las 169 son alcanzables para

los países en desarrollo representando un 16% del total.

América Latina en su gran mayoría conformada por países en desarrollo el cumplimiento de los ODS se encuentran con avances poco alentadores siendo los objetivo 16 (Paz, justicia e instituciones sólidas), objetivo 10 (reducción de desigualdades) y 9 (Industria, innovación e infraestructura) entre los de menor cumplimiento (Figura 1).

En Ecuador, el avance en el cumplimiento de los indicadores ODS es bajo como lo demuestra la figura 1, donde 5 de 17 objetivos muestran un avance muy bajo en problemáticas muy preocupantes como es el caso del hambre, salud, inequidad, industria y justicia, sin mencionar los 6 objetivos que se encuentran en una categoría baja (Schmidt-Traub et al., 2017).

Gran parte del problema radica en la poca participación de las instituciones del Estado en generar mecanismos y metodologías que permitan evaluar o medir los indicadores, sumados a la poca

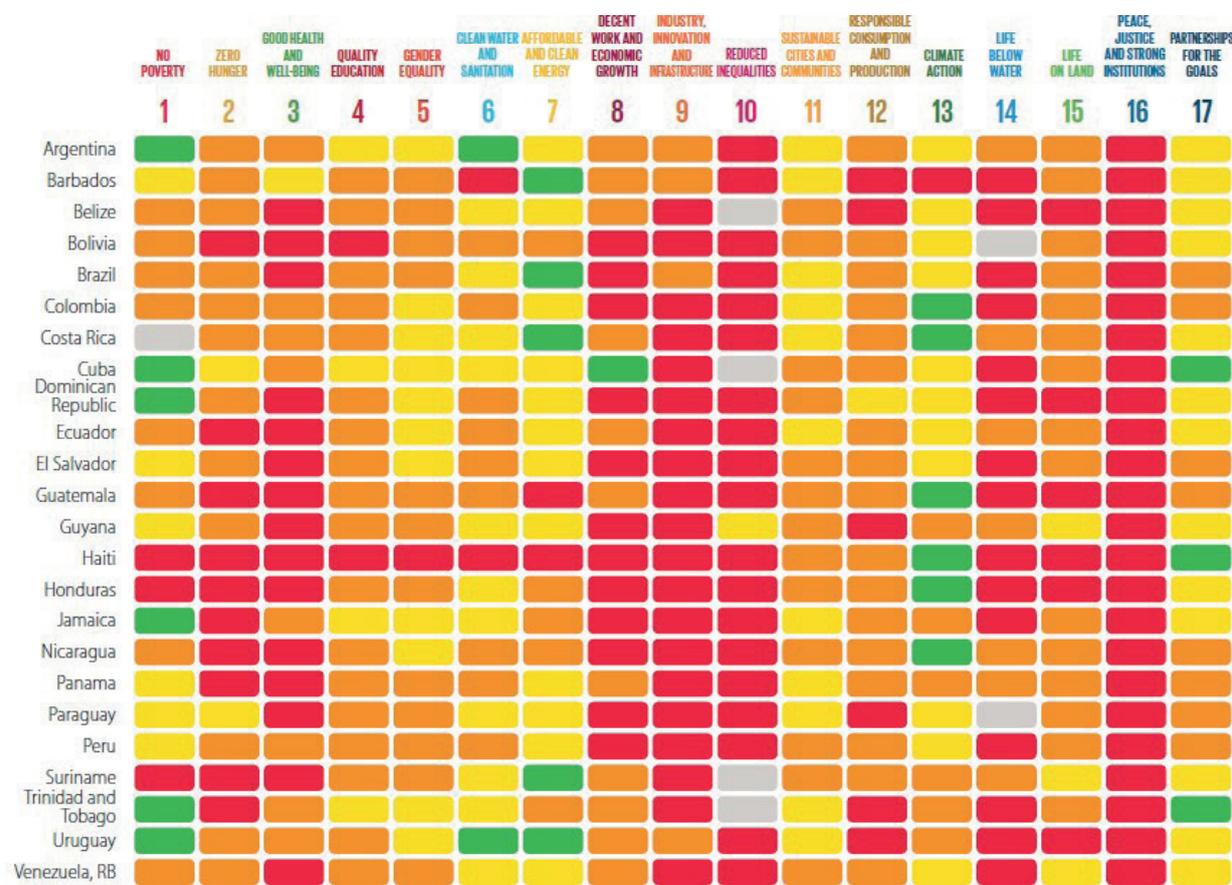


Figura 1 – Cumplimiento de ODS en América Latina
Fuente: (Schmidt-Traub et al. 2017)

viabilidad técnica de ser generados por la falta de información accesible, confiable y actualizada, especialmente lo referente a datos poblacionales los cuales están referidas técnicamente al año 2010, fecha del último censo poblacional.

Como parte de la construcción de herramientas que nos permitan medir el avance de los ODS en el país, surge los SIG que permiten un conjunto de análisis espaciales que facilita monitorear el progreso de los indicadores de forma cuantitativa y cualitativa mediante el mapeo de los recursos disponibles (Tecnológicos y de información) para una eventual toma de decisiones que nos ayude a alcanzar el cumplimiento de los objetivos.

El análisis espacial es un conjunto de técnicas estadísticas y matemáticas que permite analizar datos distribuidos sobre el espacio geográfico, motivo por el cual es relevante procurar territorializar los indicadores con el propósito de realizar la medición de los indicadores mediante este tipo de análisis y las herramientas SIG. La territorialización de los indicadores nos permite construir una geometría espacial cuyos resultados dependerán de la localización y finalmente serán visibles mediante una representación cartográfica (Buzai, 2013).

El objetivo principal del presente trabajo se fundamenta en la construcción de metodologías

mediante el uso de SIG para la territorialización de los objetivos de desarrollo sostenible a través de la generación de los indicadores 11.7.1 - superficie edificada de las ciudades correspondientes a espacios abiertos para el uso público de todos, desglosada por sexo, edad y personas con discapacidad y 9.1.1 - Proporción de la población rural que vive a menos de 2 km de una carretera transitada todo el año que puedan ser aplicados en Ecuador.

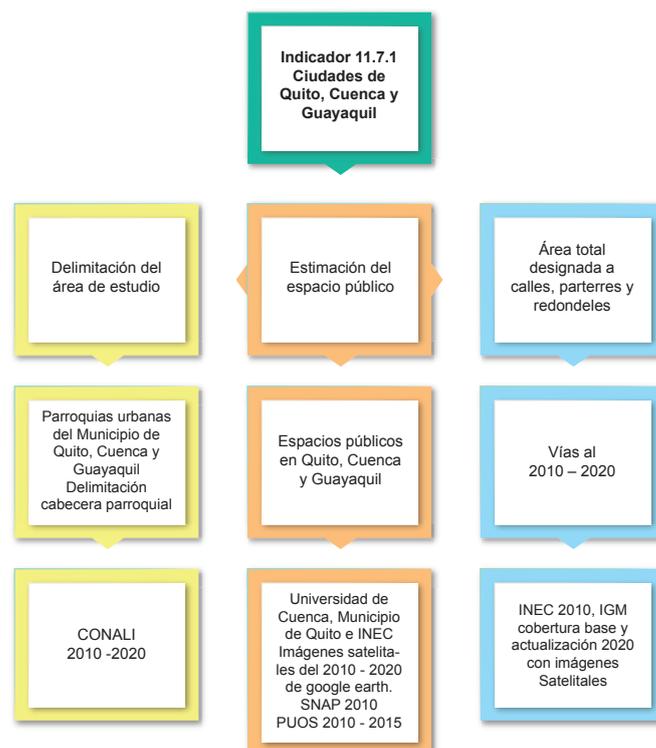
2. METODOLOGÍA

El procedimiento metodológico sigue un orden lógico de levantamiento temático y de información espacial sobre los indicadores 11.7.1 y 9.1.1 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

La metodología parte de la territorialización de las variables identificadas en los indicadores de los ODS, generando de esta manera una construcción geométrica que nos permitirá realizar procesos de geo procesamiento con el fin de alcanzar el indicador.

2.1. INDICADOR 11.7.1 - Superficie edificada de las ciudades correspondientes a espacios abiertos para el uso público de todos, desglosada por sexo, edad y personas con discapacidad.

Para la construcción del indicador territorializable se procedió a realizar el siguiente procedimiento:



La construcción del indicador se fundamenta en las 3 fases de proceso de cada una de las ciudades:

- **Delimitación del área de estudio**

La delimitación para este indicador será a nivel de área consolidada, para lo cual se ha obtenido información de sectores censales urbanos del INEC 2010 actualizados al 2020 mediante la interpretación de imágenes de satélites, además se utilizó como referencia los límites emitido por CONALI 2020 (figura 2).

- **Estimación del espacio público**

Para la determinación del espacio público se realizó la recopilación y edición de la información disponible de cada ciudad como es el caso del Plan de Uso y Ocupación del Suelo (DMQ), Sistema de Áreas Protegidas (MAE), espacios públicos (Universidad de Cuenca), entre otros. Además, se utilizó imágenes de satélite para actualizar las coberturas editadas al 2020.

- **Área de vías y espacio público vial**

Para el cálculo de esta variable se utilizó como fuente primaria la información de manzanas del INEC 2010 y el catastro al 2015, además se realizó la correspondiente actualización mediante imágenes satelitales con el fin de obtener el espacio público referido al tema de vías y recursos hídricos de cada ciudad.

- **Información de población al 2010 y 2020**

La variable población fue clasificada según grupos etarios, sexo y discapacidad la misma que está registrada según el área de análisis (parroquias urbanas) o la que corresponda según el nivel de desagregación espacial de la información.

objeto	DESCRIP_1	DESCRIP	Shape Leng	Suma de	Suma de Mu	Suma de Ho	Suma de 0	Suma de 15	Suma de 65	Suma de 1	Shape Le 1	Shape Area	area km	IND MUJ	IND HOM	IND 0 14	IND 15 64	IND 65
1	CABECERA CANTONAL	Bellavista	21422.086747	31745	16500	15245	8506	20969	2270	1367	193009.569314	832604.263639	0.832604	0.504609	0.546149	0.978843	0.397064	3.667
2	CABECERA CANTONAL	Cañanbamba	4704.461986	11867	6389	5478	2712	8051	1104	533	55467.809686	325512.777689	0.325513	0.509489	0.594218	1.200268	0.404313	2.9464
3	CABECERA CANTONAL	Ei Batán	10062.630166	22889	11959	10930	6526	15306	1057	869	128884.3198	802631.772965	0.802632	0.671153	0.734338	1.228899	0.52439	7.5934
4	CABECERA CANTONAL	Ei Sagrario	3921.924455	6773	3645	3128	1459	4513	801	243	30476.912002	143648.509777	0.143649	0.394097	0.455234	0.984568	0.318299	1.7933
5	CABECERA CANTONAL	Ei Vecino	11334.83947	29945	15375	14570	8431	19657	1857	1265	133352.304625	787231.584285	0.787232	0.512021	0.54031	0.933735	0.400484	4.2392
6	CABECERA CANTONAL	Gil Ramirez Dávalos	3315.795974	7101	3954	3147	1615	4611	875	453	26519.323017	110004.440178	0.110004	0.278211	0.349553	0.681142	0.23857	1.2571
7	CABECERA CANTONAL	Hermano Miguel	15621.816712	17385	8918	8468	5424	11139	823	821	182980.896687	962965.400848	0.962965	1.0798	1.137182	1.773379	0.864499	11.7006
8	CABECERA CANTONAL	Huaynacapac	10629.221039	15479	8233	7246	3540	10499	1440	797	136420.292252	1288097.59977	1.288098	1.564564	1.777667	3.638994	1.226976	8.9451
9	CABECERA CANTONAL	Itachiñgera	44194.882442	22193	11390	11803	6552	15320	1121	915	384465.915986	2618008.794321	2.618009	2.238515	2.218088	3.99574	1.836951	23.3542
10	CABECERA CANTONAL	Monay	11659.801887	16842	8869	7973	4392	11433	1017	710	147551.032207	1153409.72073	1.15341	1.300496	1.446545	2.626161	1.008843	11.3412
11	CABECERA CANTONAL	San Blas	5574.847408	9759	5269	4490	2217	6396	1146	497	45666.15109	267101.608037	0.267102	0.509693	0.594881	1.204788	0.417607	2.330
12	CABECERA CANTONAL	San Sebastián	20836.668185	38055	20015	19040	10751	24787	2517	1560	395253.456031	1440609.43389	1.440609	0.719765	0.798664	1.339977	0.581196	5.7235
13	CABECERA CANTONAL	Sucre	7482.889772	17133	9060	8073	3827	11720	1586	792	100397.932347	684287.235716	0.684287	0.755284	0.847624	1.788051	0.583863	4.3145
14	CABECERA CANTONAL	Totoracocha	8573.325174	30441	16129	14312	8267	20253	1921	1229	132482.581967	714248.609028	0.714249	0.442835	0.499056	0.863976	0.352663	3.7181
15	CABECERA CANTONAL	Yanuncay	18151.871202	51673	26984	24689	14560	34622	2491	2198	362902.243702	2064783.94688	2.064784	0.765168	0.836317	1.418121	0.596379	8.2889

Figura 2 –Cálculo del indicador

Para el cálculo del indicador se aplica la siguiente ecuación:

$$\text{Indicador 11.7.1} = \frac{\text{Km}^2 \text{ de espacios públicos}}{\text{Población}} * 10\ 000 \text{ hab}$$

2.2 INDICADOR 9.1.1 - Proporción de la población rural que vive a menos de 2 km de una carretera transitable todo el año. Para la construcción del indicador se procedió bajo el siguiente esquema de trabajo:



- **Delimitación del área de estudio**

La delimitación del área para el cálculo del indicador considera el nivel provincial tomando en consideración las áreas rurales tomando en cuenta el sector disperso del INEC como rural.

- **Localidades del área rural**

Usando las localidades del 2010 y la población del censo 2010 se logró obtener el número de personas por área rural (Sector Disperso).

- **Vías transitables todo el año**

Esta información corresponde a las vías transitables todo el año, la fuente de información es cartografía básica del IGM a escala 1:25 000 y 1:50 000, se utiliza como atributo para su clasificación el registrado en

el campo “WCT=1”, se realizó en ciertos sectores una actualización de la red vial utilizando imágenes satelitales.

3. RESULTADOS

ODS 11.7.1 - Superficie edificada de las ciudades correspondiente tomando espacios abiertos para el uso público de todos, desglosada por sexo, edad y personas con discapacidad.

El indicador muestra el número de kilómetro cuadrados por cada grupo social correspondiente tomando en consideración que existe un crecimiento de espacios públicos del 2010 al 2020 en las 3 ciudades. Este factor de crecimiento tiene relación con la construcción de vías en las ciudades producto del crecimiento urbano principalmente.

Tabla 1 – Indicador 11.7.1 por ciudad representado por grupos poblacionales

Ciudad / Año	Área Espacios públicos (km ²)	IND_TOTAL	IND_MUJERES	IND_HOMBRES	IND_0_14	IND_15_64	IND_65	IND_DISCAPACITADOS
Quito - 2010	48,57	3,70	7,55	7,25	14,44	5,71	61,78	550,12
Quito - 2020	576,14	3,19	6,24	6,55	17,58	4,17	49,30	209,09
Guayaquil - 2010	148,72	1,05	2,02	2,17	4,55	1,54	15,48	79,96
Guayaquil - 2020	164,43	0,73	1,79	1,67	3,79	1,27	12,79	41,67
Cuenca - 2010	14,20	0,43	0,82	0,89	1,64	0,64	6,75	46,03
Cuenca - 2020	15,84	0,35	0,75	0,81	1,49	0,58	6,25	15,52

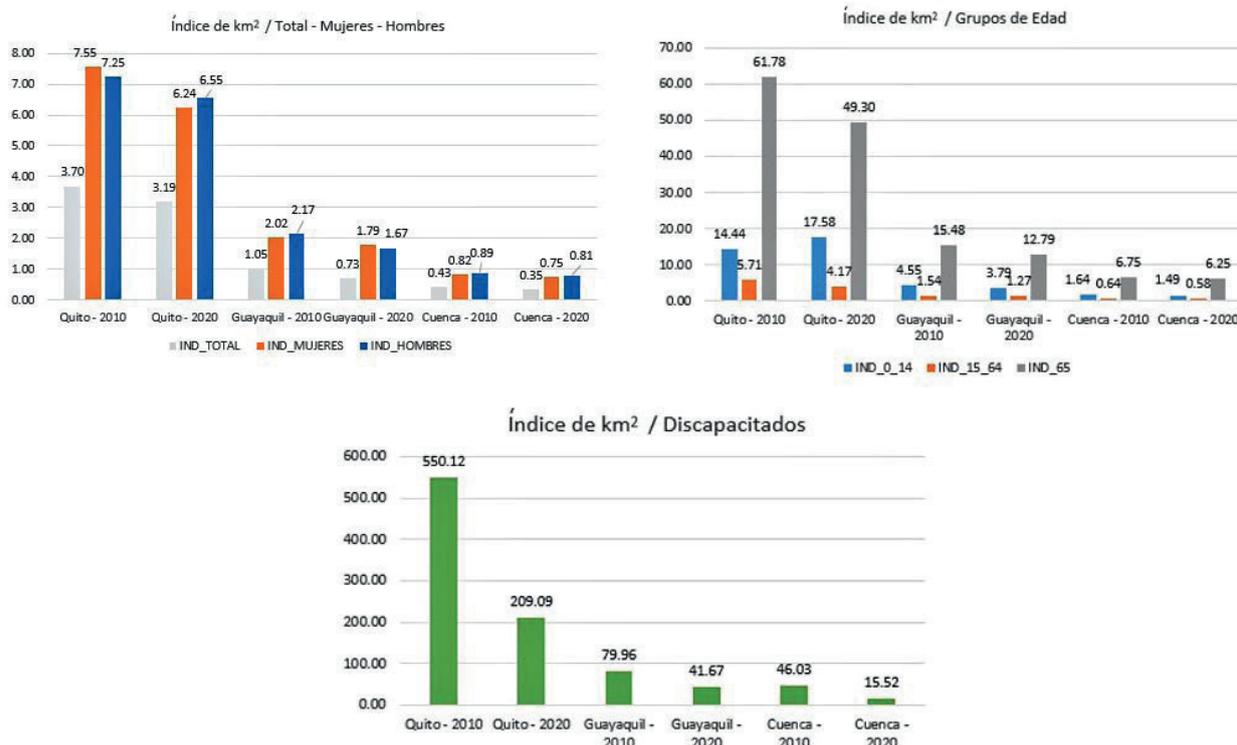


Figura 3 – Indicador 11.7.1 representado en gráficas 2010 - 2020

ODS 9.1.1 - Proporción de la población rural que vive a menos de 2 km de una carretera transitable todo el año.

El indicador busca medir la población servida por una vía transitable todo el año, para lo cual se realizó el análisis localizada en áreas rurales a 3 provincias del Ecuador: Azuay, Guayas y Pichincha generando los siguientes resultados:

Tabla 2 – Indicador 9.1.1 población

Ciudad / Año	Población 2010	Población 2020
Pichincha	229 237	288 017
Guayas	375 874	385 562
Azuay	259 738	299 711

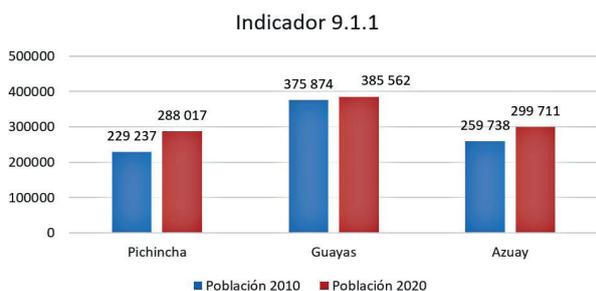


Figura 4 – Indicador 9.1.1 al 2010 – 2020

4. CONCLUSIONES

- El cumplimiento de los objetivos de desarrollo es un tema de todas las instituciones públicas de los Estados y a todo nivel de gobierno. Sin embargo, la elaboración y construcción de los indicadores que se busca alcanzar, mantiene una serie de dificultades técnicas y de información pues cabe mencionar que no todos los países cuentan con los recursos y la información disponible para su elaboración.
- Uno de los factores de mayor dificultad en la construcción de los indicadores es la información poblacional. Actualmente, se dispone de información al 2010 producto del último censo de población y vivienda, motivo por el cual la información generada puede ser en muchos casos obsoleta si se desea utilizar a la fecha actual (2021). No obstante, esta información permite generar un registro para medir el alcance de cada indicador en una escala temporal y realizar una comparación mediante una proyección de datos al 2020.
- Al ser datos territoriales de población, se da la opción de espacializar los datos

mostrando una ubicación y logrando construir el indicador a partir de técnicas de geoprocésamiento empleados por los SIG. Al ser variables geográficas, la importancia de las instituciones que generan, procesan y analizan geoinformación es fundamental ya que cuentan con los conocimientos y los datos suficientes para dar al país una herramienta que permita medir el nivel del cumplimiento de los ODS en el Ecuador.

- El indicador 11.7.1 muestra avances del espacio público en relación a los grupos de población al 2020 en cada ciudad. A pesar de mantener un avance en el crecimiento de los espacios públicos disponibles para las ciudades, el acceso a ellos ha disminuido. Este dato es relevante y se puede explicar con el aumento poblacional lo que se traduce en el hecho que a pesar de incrementar los espacios públicos, el incremento poblacional es más acelerado lo que conlleva una disminución en cuanto al acceso, si se realiza un análisis relacionado población y área disponible de espacios públicos.
- El caso del indicador 9.1.1 muestra un incremento de la población sumado a la mejora de las vías de accesibilidad todo el año, motivo por el cual en zonas rurales a nivel de población sufre un ascenso principalmente en Pichincha donde incrementa en 58 780 habitantes, seguido de Azuay en 39 973 habitantes y finalmente Guayas en 9 688 habitantes al 2020.

- Los indicadores y su construcción va a depender de 2 factores: la información disponible y las técnicas geográficas necesarias para su correcta construcción. La territorialización de las variables permitirá un avance en la medición de las metas y finalmente la valorización de todos los ODS en el país.

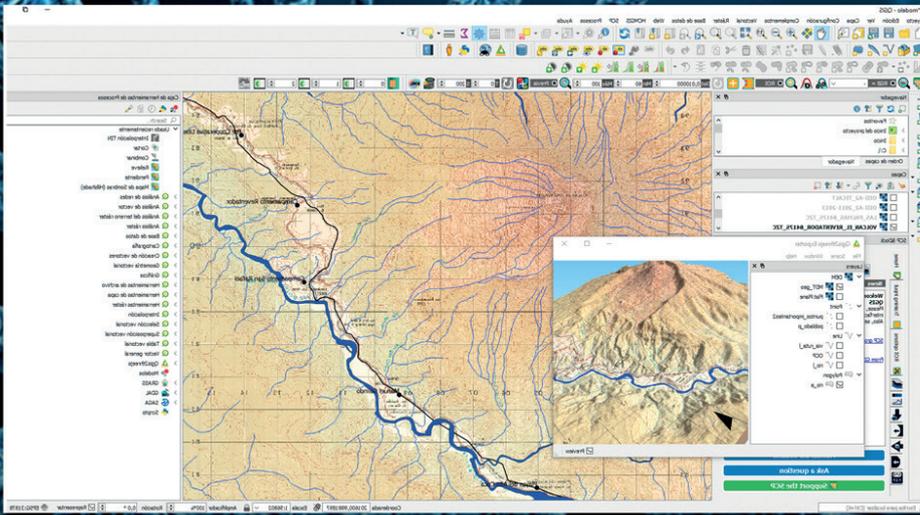
BIBLIOGRAFÍA

Buzai, Gustavo D. 2013. "Aportes del análisis geográfico con sistemas de información geográfica como herramienta teórica, metodológica y tecnológica para la práctica del ordenamiento territorial".

Chavarro, Diego, María Isabel Vélez, Galo Tovar, Iván Montenegro, Aleidys Hernández, e Alejandro Olaya. 2017. "Los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Colombia y el aporte de la ciencia, la tecnología y la innovación". Colciencias – Unidad de Diseño y Evaluación de Política s32.

Gil., Carlos Gómez. 2018. "Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): una revisión crítica". Papeles de relaciones ecosociales y cambio global No. 140:12.

Schmidt-Traub, Guido, Christian Kroll, Katerina Teksoz, David Durand-Delacre, e Jeffrey D. Sachs. 2017. "National Baselines for the Sustainable Development Goals Assessed in the SDG Index and Dashboards". Nature Geoscience 10(8):547–55. doi: 10.1038/ngeo2985.



Eraza Bucheli, Catalina
catalina.erazo@geograficomilitar.gob.ec

EL USO DE HERRAMIENTAS GEOESPACIALES EN LOS MODELOS GEOGRÁFICOS COMO APOYO A LA SEGURIDAD, DEFENSA Y DESARROLLO NACIONAL

The use of geospatial tools in geographic modeling to support security, defense and national development.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo dar a conocer las diferentes herramientas que usa la Geografía para el estudio de un problema territorial, utilizando tipos de modelos, análisis y herramientas tecnológicas. A fin de cumplir con el objetivo trazado, se realizó una revisión de autores y textos relacionados con la Geografía y su análisis, de donde se extrajo algunos conceptos que ayudarán al lector a comprender las diferentes herramientas que se utilizan para resolver problemas territoriales. Estos conocimientos van relacionados con: modelos geográficos; análisis geográfico y tecnologías de información geográfica. El Instituto Geográfico Militar pretende apoyar en la generación de análisis geográficos que apoyen la toma de decisiones, a través de la integración del conocimiento y las diferentes herramientas tecnológicas, que permiten modelar los datos generados en distintas instituciones, teniendo como resultados productos útiles para el desarrollo nacional, seguridad y defensa del país.

Palabras clave: Geografía, modelos geográficos, análisis espacial, análisis geográficos, tecnologías de la información geográfica

ABSTRACT

The objective of this paper is to present the different tools used by Geography for the study of a territorial problem, using types of models, analysis and technological tools. In order to fulfill the objective, a review of authors and texts related to Geography and its analysis was carried out, from which some concepts were extracted that will help the reader to understand the different tools used to solve territorial problems. This knowledge is related to: geographic models; geographic analysis and geographic information technologies. The Military Geographic Institute aims to support the generation of geographic analysis to support decision making, through the integration of knowledge and different technological tools, which allow modeling data generated in different institutions, resulting in useful products for national development, security and defense of the country.

Keywords: Geography, geographic modeling, spatial analysis, geographic analysis, geographic information technology

1. INTRODUCCIÓN

Por medio de una revisión sistemática de la Geografía se pudo destacar tres etapas fundamentales en su transición, desde una Geografía antigua y descriptiva hasta una Geografía Moderna y relacional. Como primera etapa se encuentra la Geografía de la segunda mitad del siglo XIX donde Humboldt, Ritter y sus sucesores empiezan a ver a la Geografía como una ciencia que estudia todo lo existente simultáneamente en un área dada. Posterior a esta, surge la Geografía vista desde Paul Vidal de La Blanche y sus sucesores en las primeras décadas del siglo XX, quienes empiezan a relacionar los aspectos físicos de un lugar con las actividades humanas; donde se menciona que: “La naturaleza es el escenario donde transcurre la vida del hombre, cuya actividad se centra, precisamente, en transformar ese escenario para adaptarlo a sus propias necesidades”.

Finalmente, se tiene la transformación de la Geografía en estudios del espacio geográfico que incluye el análisis de las condiciones de vida, transformándose en lo que ahora se llama “Geografías sin espacios”. En la cual, la globalización de las actividades humanas, y los medios de comunicación han hecho que los análisis geográficos de un lugar puntual sean modificados y empiecen a mirarse no como temas específicos, sino como temas locales, regionales y mundiales. (Higuera Arnal, 2003).

2. ¿QUÉ ES UN MODELO GEOGRÁFICO?

Un modelo puede ser una teoría, ley, hipótesis, o idea estructura. También, se lo puede considerar una función, relación o ecuación; e incluso como la síntesis de datos. Lo más importante bajo el punto de vista de la Geografía es que, si están bien desarrollados en el espacio (modelos espaciales) y en el tiempo (modelos temporales), su aplicación puede extenderse al razonamiento sobre el mundo real (Chorley & Haggett, 1967).

En sí, los modelos geográficos son una aproximación a la realidad. Tienen como finalidad hacer comprensible el problema que se está estudiando en el territorio y, al mismo tiempo, hacer que este sea representable en un espacio determinado. “Los problemas territoriales abordados demandan no sólo de ideas y conceptos sino también de técnicas de análisis, al mismo tiempo” (Zoido Naranjo, 2001).

2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS MODELOS GEOGRÁFICOS

a) Según la naturaleza de los hechos que representan y los materiales utilizados para su elaboración (Higuera Arnal, 2003):

- **Modelos iconográficos (pinturas o representaciones):** Que se utilizan mucho en el análisis de la Geografía humanística.
- **Modelos o representaciones analógicas:** Son representaciones en miniatura de la realidad, por ejemplo un mapa de relieve.
- **Modelos verbales:** o descripciones literarias.
- **Modelos esquemáticos:** gráficos.
- **Modelos basados en algoritmos:** fórmulas matemáticas.

b) Por la finalidad que persiguen: Es importante señalar que todos los modelos son explicativos en mayor o menor grado, pero la finalidad concreta que persiguen es diferente, por eso se habla de modelos descriptivos, explicativos y explorativos (Higuera Arnal, 2003).

3. ANÁLISIS ESPACIAL Y ANÁLISIS GEOGRÁFICO

El análisis espacial es una herramienta fundamental que permite realizar la evaluación de todos los elementos y factores que deben ser considerados en un estudio de planificación o en la evaluación del aspecto territorial. (Montezuma, 2009).

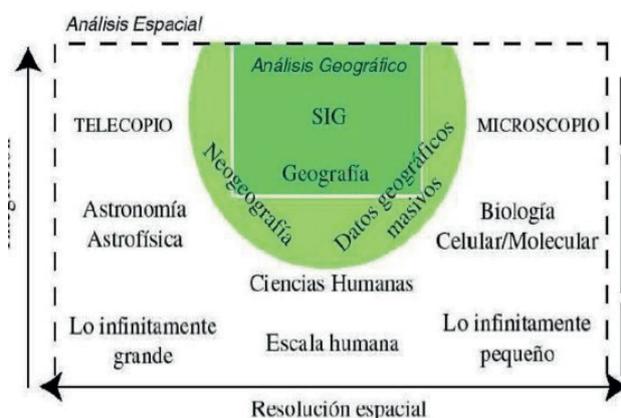


Figura 1: Análisis Espacial y Geográfico
Fuente: Buzai y Baxendale (2011)

En sí, el análisis espacial cuenta con una amplia gama de resoluciones espaciales e integraciones temáticas.

Dentro de mismo, se incorpora el análisis geográfico, que no es más que la relación entre la sociedad y su medio geográfico, analizado a través de las Tecnologías de Información Geográfica (Buzai & Baxendale, 2013).

El análisis Geográfico utiliza, como herramientas indispensables en la comprensión y solución de los diferentes problemas que tiene un Territorio, a los Sistemas de Información Geográfica y a la Teledetección, programas informáticos que ayudan en extracción de información, procesamientos, análisis y representación de los datos geográficos enmarcadas en el componente cartográfico (Secretaría de Educación Pública, 2018).

4. TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (TIG) / GEOTECNOLOGÍAS

Las tecnologías de información geográfica son todas aquellas disciplinas que permiten generar, procesar o representar información geográfica (variables a ser espacializada mediante coordenadas x,y,z) (Chuvienco, y otros, 2005).

Es decir, las TIG abarcan disciplinas que van desde la tradicional cartografía temática y topográfica, hasta los Sistemas de Información Geográfica (SIG), la Teledetección, la Cartografía digital, los GPS o la Fotogrametría (Chuvienco, y otros, 2005).

Los TIG constituyen una nueva ciencia en creciente expansión, debido a la variabilidad en su aplicación con ámbitos tan distintos como: el medio ambiente, los recursos naturales, la demografía, la gestión de servicios públicos, el urbanismo, la ordenación del territorio, la planificación del transporte, el geomarketing, etc. (Nieto Masot, 2016).

Las tecnologías de información geográfica son parte del análisis de la producción científica especializada en territorio. Actualmente, la investigación y prácticas profesionales relacionadas con la Geografía utilizan en su base a estas disciplinas instrumentales (Chuvienco, y otros, 2005).

5. EL ANÁLISIS GEOGRÁFICO APOYADO CON HERRAMIENTAS

El análisis geográfico es el fundamento de la Geografía, como bien es conocido la Geografía se define a sí misma como una disciplina de síntesis, para lo cual es indispensable el análisis de todos los elementos que conforman un problema en el

territorio interrelacionada con el ser humano.

Actualmente, las evoluciones de las geotecnologías permiten el uso de herramientas tecnológicas que manejan la información geográfica y facilitan la aplicación de los diferentes modelos. Estas herramientas facilitan el análisis y recrean, de manera práctica y rápida, los posibles escenarios de un mismo problema; lo que, después de ser evaluadas, resultan ser un apoyo en la planificación o toma de decisiones (Higueras Arnal, 2003).

Es importante tomar en cuenta que existen diferentes condicionantes que pueden influir en el análisis geográfico, mismos que pueden ser:

- Escala
- Naturaleza del hecho estudiado
- Los paradigmas y tendencias científicas del momento
- Los instrumentos de observación

El análisis geográfico utiliza metodologías cuantitativas y cualitativas como instrumentos para revelar y resolver más o menos eficazmente problemas territoriales. Ambas son complementarias, el análisis cuantitativo da precisión a los hechos, mientras que, el cualitativo los interpreta (Santos, 1984).

5.1. ANÁLISIS CUANTITATIVO

Este tipo de análisis se lo puede desarrollar a través de las siguientes técnicas (Higueras Arnal, 2003):

- **Técnicas estadísticas elementales:** Esta se utiliza para: distribución numérica de los datos, media aritmética, mediana, moda; dispersión, rango, varianza, desviación media, desviación estándar. Técnicas muy útiles para la elaboración de mapas temáticos, ya que sus resultados facilitan las comparaciones entre hechos de la misma naturaleza. Un ejemplo se puede observar en la figura 2, donde se representa la densidad poblacional del Ecuador.
- **Técnicas estadísticas complejas:** Relaciona dos o más variables. Se utiliza en el análisis multivariante, análisis factorial, análisis cluster, análisis de componentes principales y modelos gravitacionales y de potenciales. Figura 3.

MAPA 1. DENSIDADES DE LA POBLACIÓN DISPERSA, SEGÚN LOCALIDAD Y CLASE ESTADÍSTICA

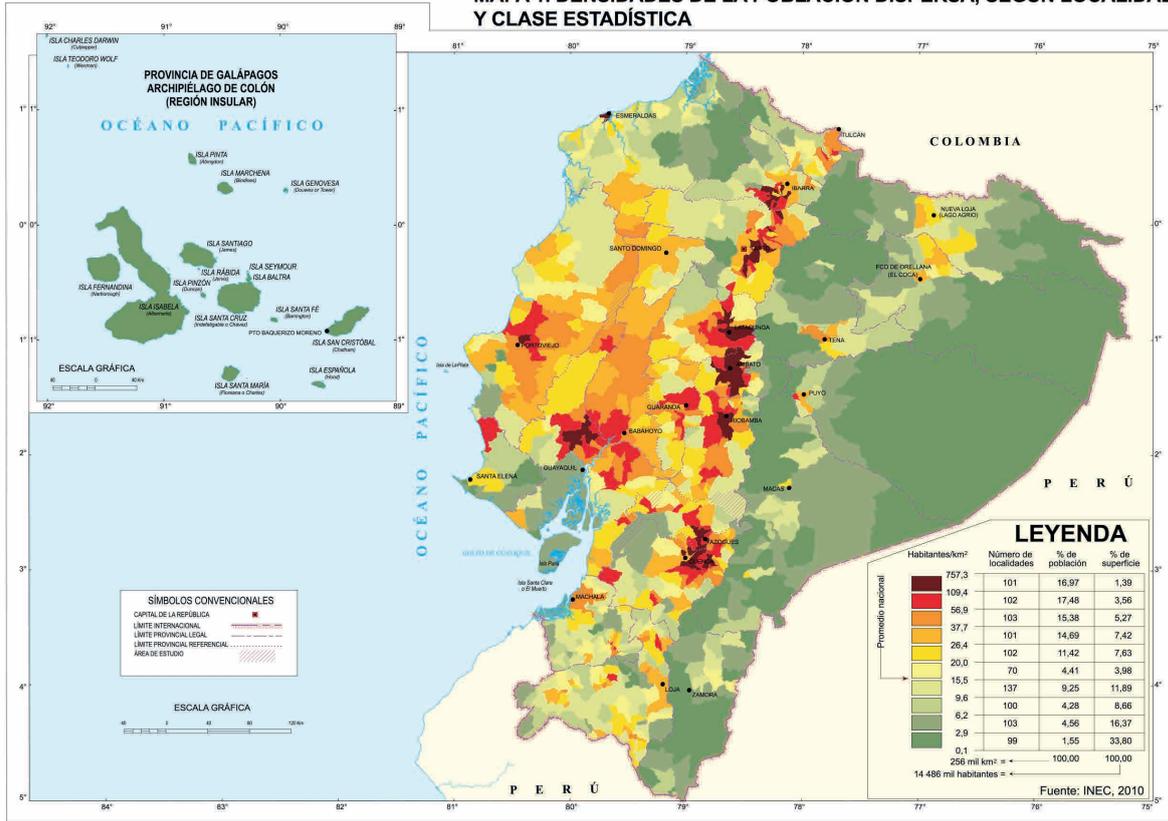


Figura 2. Mapa de densidad poblacional del Ecuador
Fuente: Datos INEC en Atlas Geográfico Nacional, 2013

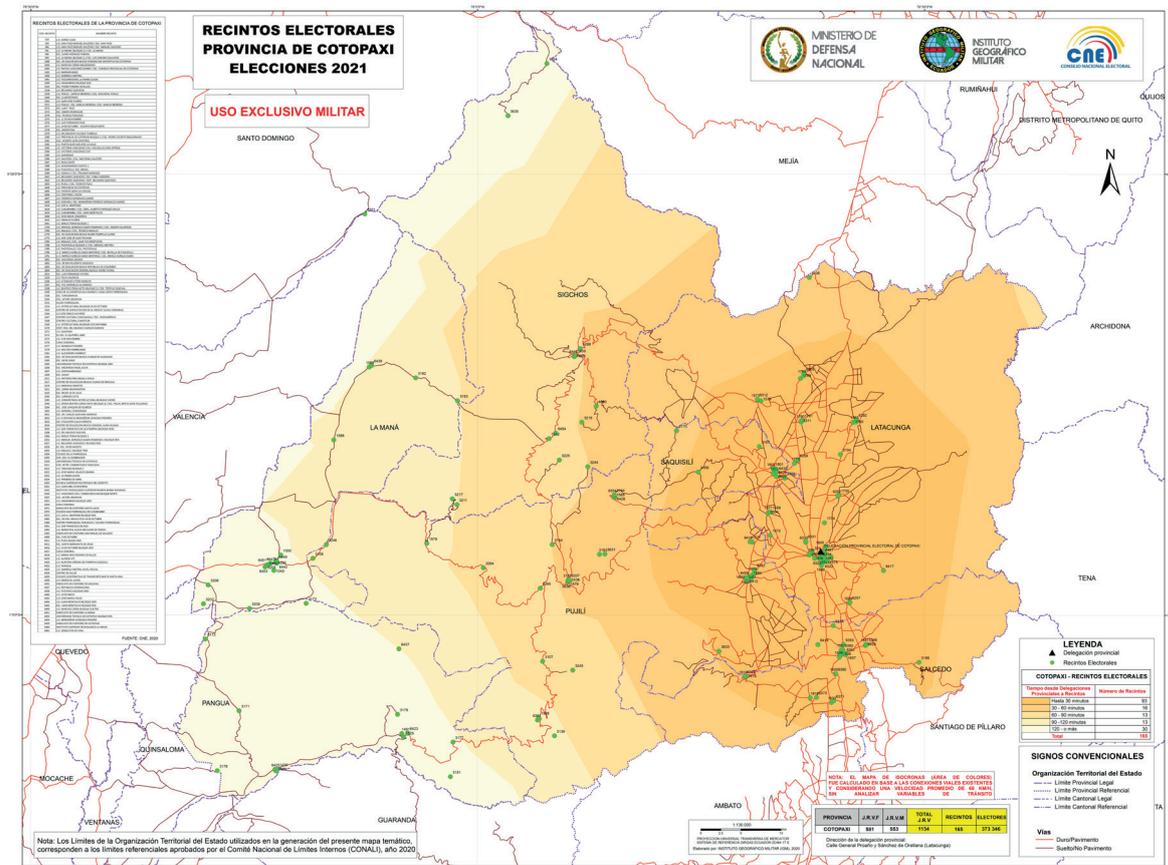


Figura 3. Mapa de Isócronas para la provincia de Cotopaxi
Fuente: Datos CNE en Instituto Geográfico Militar, 2020

- **Técnicas de análisis espacial:** Se fundamenta en la distancia entre los elementos de las estructuras espaciales, por ejemplo: cálculo de vecinos más próximo y teoría de grafos Figura 5.

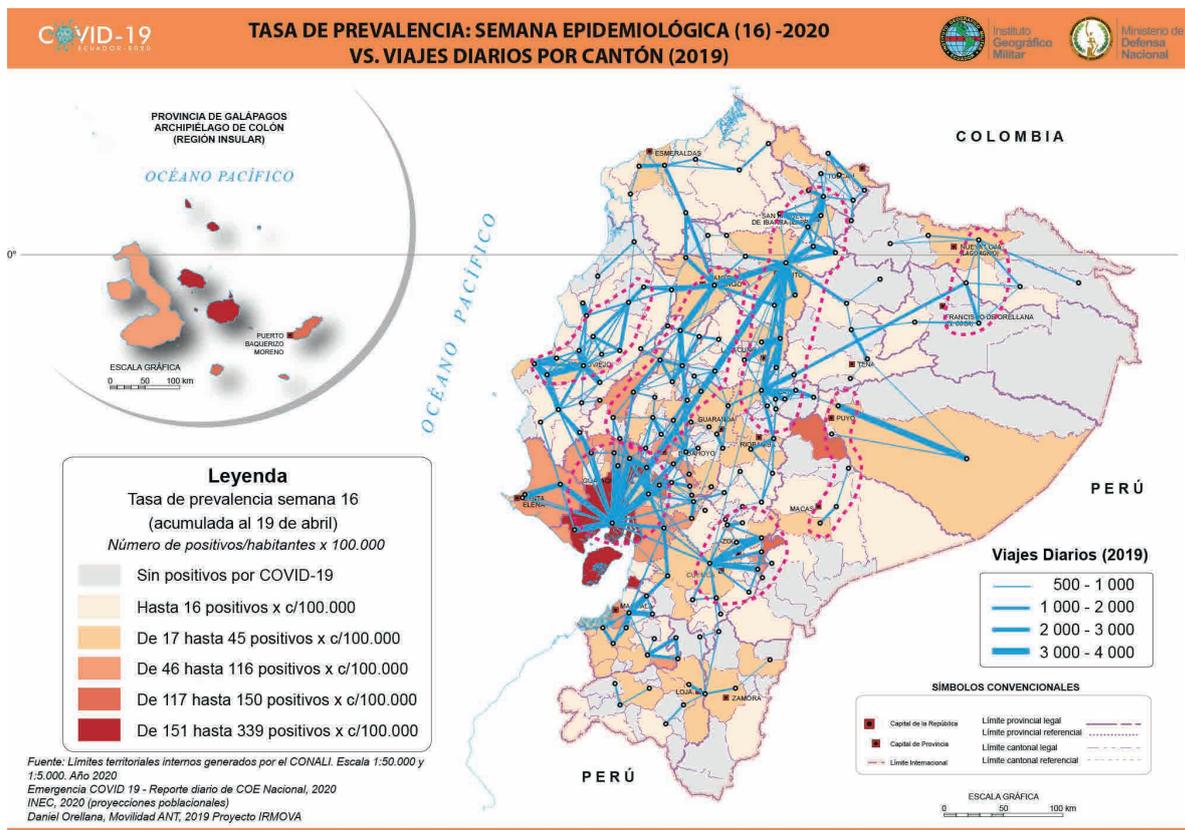


Figura 5. Mapa de prevalencia vs. viajes diarios por cantón.
Fuente: IGM, 2020

5.2. ANÁLISIS CUALITATIVO

El análisis cualitativo ayuda a la interpretación de variables difíciles de cuantificar, como es la percepción humana a través de sus estructuras mentales, que se utiliza para la organización del territorio. “El mundo real es algo más que cálculo numérico” (Denzin & Lincoln, 1994).

El cálculo cualitativo se orienta hacia la comprensión e interpretación de hechos, aunque ignore la causa que lo produce. Mientras que, el análisis cuantitativo busca explicaciones causales, es decir, pretende encontrar la causa de los fenómenos que estudia (Higueras Arnal, 2003). Los medios empleados para el análisis cualitativo son: encuestas, debates abiertos, método del caso, entrevistas, estudio de las biografías, análisis textual, entre otros.

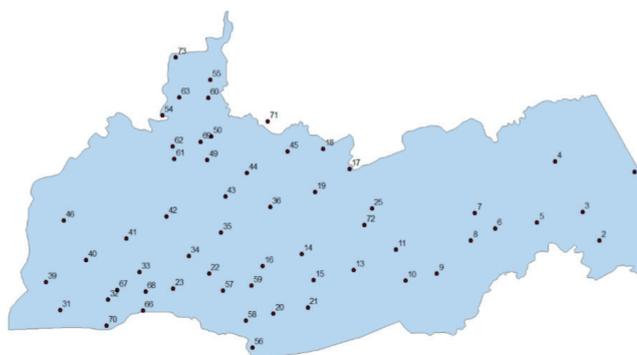


Figura 6: Mapa de distribución espacial de las encuestas en campo de la parroquia de Fátima-Pastaza.
Fuente: (Villagómez Orozco, 2019)

6. EL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR AL SERVICIO DE LAS CIENCIAS GEOGRÁFICAS

En el marco legal de la Ley de la Cartografía Nacional y su reglamento, el IGM tiene como competencia (Ley de la Cartografía Nacional, 1978):

CAPÍTULO I

Art. 1. El IGM... es de su competencia y responsabilidad la planificación, organización, dirección, coordinación, ejecución, aprobación y control de las actividades tendientes a la elaboración de la Cartografía Nacional y el Archivo de Datos Geográficos y Cartográficos...

Art. 2. Para el cumplimiento de su misión, el IGM deberá planificar y ejecutar las siguientes actividades:

Literal e) Organizar, mantener, actualizar y divulgar la información del archivo de datos y documentos geográficos y cartográficos del país.

CAPÍTULO III

Art. 52. El IGM es el organismo responsable de planificar, organizar, dirigir, administrar, actualizar y controlar el Archivo de Datos Geográficos y Cartográficos del país.

Art. 53. El Archivo de datos Geográficos y Cartográficos del país estará constituido así:

- a. Por los documentos fotográficos, cartográficos, registros obtenidos por cualquier sensor y más información geográfico-cartográfica realizada por el IGM.
- c. Por las cartas temáticas que disponen las instituciones del Estado para cumplimiento de sus fines; y,
- d. Por las publicaciones de carácter geográfico-cartográfica que se realicen en sujeción al artículo 38 del presente reglamento.

Reglamento a la Ley (**Reglamento a la Ley de Cartografía Nacional, 1991**)

CAPÍTULO I

Art 5. Levantamientos especiales.- son aquellos correspondientes a la adquisición de datos decampo, procesamiento y representación cartográfica de los mismos; se incluyen en estas actividades los levantamientos gravimétricos, sismográficos, catastrales y de otros aspectos físicos y sociales relacionados con los estudios geográficos. Podrán ser ejecutados por el Instituto Geográfico Militar y por personas naturales o jurídicas nacionales y/o extranjeras.

- Además, el reglamento se refiere a la elaboración de: Mapas, cartas oficiales y planos de ciudades que requieren de un proceso de simbolización y diseño de las bases cartográficas para su publicación.

CAPÍTULO II

Art. 13 Cartas temáticas.- el IGM podrá elaborar cartas temáticas (CTM) por su cuenta o a solicitud de los interesados, de acuerdo con las normas y simbología utilizadas internacionalmente.

- Estudios Geográficos es el área de la Gestión Geográfica encargada de la generación de modelos geográficos que desembocan en los estudios del territorio para la divulgación de la geografía a través de la gestión del Archivo de Datos Geográficos-Temáticos del país. Archivo que se visibiliza a través de publicaciones de carácter Geográfico-Cartográfico (Atlas Geográficos de diversas temáticas; Series Geográficas y estudios geográficos específicos a escala grande).
- Los Estudios Territoriales desarrollados en esta área utilizan metodologías cuantitativas y cualitativas, a través de las diferentes herramientas en SIG y Teledetección.
- Los estudios son articulados en coordinación con instituciones competentes, a fin de ser documentos oficiales en apoyo al desarrollo nacional, defensa, seguridad y gestión de riesgo.

Dentro de los proyectos desarrollados para el año 2020 se destacan:

Tabla 1. Proyectos elaborados por Estudios Geográficos en el año 2020

PROYECTOS	AREAS DE APOYO
Análisis de los factores militares del terreno (OCOTA)	DEFENSA Y SEGURIDAD
Atlas Esencial Militar a nivel de comandos operacionales	DEFENSA Y SEGURIDAD
Metodología para la elaboración de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) susceptibles a territorializar (a través de la participación del Ecuador en UNGGIM)	DESARROLLO NACIONAL
Atlas Turístico del Ecuador “ Cuatro Mundos por Descubrir”	DESARROLLO NACIONAL
Estudio de zonas susceptibles a contagio por COVID19	DESARROLLO NACIONAL
Estudios de tendencia temporo espacial del COVID19 a nivel cantonal	DESARROLLO NACIONAL
Delimitación de nuevos Comandos Operacionales	DEFENSA Y SEGURIDAD
Atlas con información temática en atención a la emergencia Sanitaria	DESARROLLO NACIONAL

Fuente: IGM, 2020

7. CONCLUSIONES

- Las diferentes herramientas que usa la Geografía, como ciencia para el estudio de un problema territorial donde se interrelaciona al ser humano y se utilizan las geotecnologías actuales, facilitan la gestión de los datos geográficos y permiten mejorar los tiempos de respuesta del análisis geográfico, sin embargo, las geotecnologías no reemplazan al conocimiento y experticia del ser humano.
- Es importante entender los conceptos sobre modelos geográficos, clases de modelos, diferencia entre análisis espacial y análisis geográfico, y clasificación del análisis geográfico; a fin de sustentar el trabajo técnico-científico que proporciona soluciones en términos de planificación, mitigación de emergencia entre otros.
- Los estudios geográficos se encaminan a la generación de análisis geográficos necesarios para la toma de decisiones, orientados, principalmente, hacia la búsqueda de visiones estructuradas a nivel nacional tanto para el

desarrollo como para la Seguridad y Defensa del país.

BIBLIOGRAFÍA

- Buzai, G. D., & Baxendale, C. A. (2013). Aporte de análisis geográfico como Sistemas de Información Geográfica como herramientas teórica, metodológica y tecnológica para la práctica del ordenamiento territorial. *Persona y Sociedad*, 113-141.
- Chorley, R., & Haggett, P. (1967). *Nuevas tendencias de Geografía*. IEAL, 11.
- Chuvieco, E., Bosque, J., Pons, X., Conesa, C., Santos, J., Guitiérrez Puebla, J., . . . Prados, M. (2005). *¿ Son las tecnologías de la información geográfica (TIG) parte del núcleo de la geografía?* Boletín de la A.G.E No. 40, 35-55.
- Denzin, N., & Lincoln, S. (1994). *Handbook of Qualitative Research*. Londres: Sage.
- Higueras Arnal, A. M. (2003). *Análisis Geográfico*. En A. M. Higueras Arnal, *Introducción al análisis*

geográfico regional (págs. 207-220). Zaragoza-España: Prensas Universitarias de Zaragoza.

Ley de la Cartografía Nacional. (17 de julio de 1978). Registro Oficial No. 613. Quito, Pichincha, País: Registro oficial.

Montezuma, D. (2009). El análisis espacial en la formulación y ejecución de las políticas públicas en Venezuela. *Terra Nueva Etapa*, vol XXV, núm. 37, 175-192.

Nieto Masot, A. (2016). *Tecnologías de la Información Geográfica en el análisis espacial- Aplicaciones en los Sectores Público, Empresarial y Universitario*. Junta de Extremadura - Consejería de Economía e infraestructura, 283.

Reglamento a la Ley de Cartografía Nacional. (9 de Diciembre de 1991). Decreto Ejecutivo 2913. Quito, Pichincha, Ecuador: Registro oficial No.828.

Santos, M. (1984). *Pour une Géographie Nouvelle*. Publication Universitaires, 171.

Secretaría de Educación Pública, M. (2018). *Licenciatura en Enseñanza y Aprendizaje de la Geografía en Educación Secundaria*. México: Dirección General de Educación Superior para Profesionales de la Educación.

Villagómez Orozco, M. P. (2019). *Incidencia ambiental de la actividad agropecuaria en la Amazonía ecuatoriana : el caso de la parroquia Fátima*. Bahía Blanca- Argentina: Universidad Nacional del Sur.

Zoido Naranjo, F. (2001). Relaciones entre formación y dedicación profesional en la geografía española. *Documents d' Análisi Geográfica*, vol 39, 37-56.



MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL



INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR

GESTIÓN CARTOGRÁFICA

GESTIÓN GEOGRÁFICA

GESTIÓN ARTES GRÁFICAS

GESTIÓN CENTRO CULTURAL



Aniversario

93

Años



Camino al Centenario...

"Unidos por la ciencia y el espíritu para el progreso del país"

www.geograficomilitar.gob.ec
www.geoportaligm.gob.ec



www.geograficomilitar.gob.ec
www.geoportalmgm.gob.ec

QUITO: Seniergues E4-676 y Gral. Telmo Paz y Miño. Sector El Dorado / GUAYAQUIL: Av. Guillermo Pareja #402
Ciudadela la Garzota / ESTACIÓN COTOPAXI: Panamericana Sur Km. 65, Páramo de Romerillos
entrada Parque Nacional de Recreación Cotopaxi

Teléfono: QUITO: 593-2 3975100 al 130 / GUAYAQUIL: 593-4 2627597 - 2627829 / COTOPAXI: 593-3 3700271