



# **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR**

TESIS DE DOCTOR EN GEOGRAFÍA

**PROPUESTA DE UN PROCESO DE ACTUALIZACIÓN  
CARTOGRÁFICA EN ECUADOR, CON LA APLICACIÓN DE  
MÉTODOS ALTERNATIVOS DE INSUMOS NO FOTOGRÁFICOS  
EFECTIVOS**

PAULINA ALEXANDRA GUERRÓN ALVARADO

BAHÍA BLANCA

ARGENTINA

2022

## **PREFACIO**

Esta Tesis se presenta como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Doctor en Geografía, de la Universidad Nacional del Sur y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad u otra. La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en el Instituto Geográfico Militar de Ecuador, adscrito al Ministerio de Defensa Nacional del Ecuador durante el período comprendido entre el 3 de diciembre de 2014 y el 26 de noviembre de 2021, bajo la dirección de la Dra. María Laura Rubio de la Universidad Nacional del Sur.

Ing. Paulina Guerrón. MSc.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR  
Secretaría General de Posgrado y Educación  
Continua

La presente tesis ha sido aprobada el ..../..../..... , mereciendo la  
calificación de .....(.....)

## **Dedicatoria**

El presente trabajo va dedicado a mi familia, que son el pilar fundamental de mi vida, y son por quienes lucho día a día por ser mejor; ♥Dehivi, Jhoel y Nathaly♥, mi esposo y mis hijos adorados, el esfuerzo, la dedicación y la constancia, es el mejor ejemplo y herencia que les puedo dejar, los amo con todo mi corazón.

A mi mami Rosita, a mi papi Patricio, mis hermanos Andrés e Israel, mi cuñada Yesi y mis sobrinos Camilo y Mateo, por siempre estar conmigo y apoyarme incondicionalmente en cualquier nuevo reto que afronto en la vida, su amor y comprensión es el alimento de mi espíritu y alma.

A mi familia política por brindarme el cariño, la comprensión y siempre tenderme la mano cuando lo necesito.

A mis amigos de colegio, universidad, trabajo y de barrio, inclusive aquellos que prematuramente se fueron, aunque no estemos siempre juntos, sé que puedo contar con ustedes y este nuevo logro académico en mi vida, es un logro de todos.

## **Agradecimientos**

Soy una mujer inmensamente agradecida de Dios nuestro creador, que gracias a sus bendiciones he logrado tantos triunfos en la vida, le agradezco de todo corazón lo que me ha dado.

Un agradecimiento muy especial a la Dra. María Laura Rubio, sus conocimientos, paciencia y enseñanzas han sido la guía para la culminación de la investigación.

Un reconocimiento y homenaje póstumo a la Dra. Silvia Santarelli, su trayectoria y contribución hacia las ciencias geográficas, es un ejemplo a seguir de las nuevas generaciones.

Agradezco al Instituto Geográfico Militar, casa del Ingeniero Geógrafo, por permitirme desarrollarme como profesional, sin su apoyo y colaboración, este trabajo no hubiese sido posible.

Un agradecimiento a las gloriosas Fuerzas Armadas, trabajar día a día por ustedes, me ha enriquecido como profesional y me enorgullece poder aportar con un granito de arena en su sacrificada labor.

## **RESUMEN**

La aplicación de métodos alternativos para la actualización cartográfica, es una actividad común en los Institutos y/o Servicios Geográficos-Cartográficos. Sin embargo, no se evidencian investigaciones sobre la determinación del grado de efectividad de estos insumos, para cada escala y objetos geográficos que las componen (planimetría: vialidad, hidrografía, poblados, misceláneos, nombres geográficos; y altimetría: puntos acotados y curvas de nivel).

Se considera en el presente estudio como método alternativo, todo aquel que considera un insumo diferente al insumo fotográfico requerido en el método aerofotogramétrico con la aplicación de la técnica de restitución; y, cuya adquisición sea gratuita. A continuación, se enlista los métodos alternativos aplicados y evaluados en la investigación: 1. Compilación de información geográfica de otras entidades del Estado, 2. Obtención de información de objetos geográficos a través de imágenes satelitales, 3. Obtención de información de objetos geográficos a través de servicios de mapas web, 4. Obtención de información de objetos geográficos a través navegadores (GPS) y 5. Generalización cartográfica. Técnicas empleadas: recopilación, revisión, validación y aplicación de los insumos (edición cartográfica, fotointerpretación, tratamiento digital de imágenes, interpretación visual y operaciones cartográficas digitales), análisis de resultados y estructuración topológica. Geotecnologías de apoyo: SIG, Teledetección y GPS, en conjunto con programas, aplicaciones, herramientas y plugins tecnológicos.

En particular, esta investigación se centra, en definir un proceso de actualización cartográfica de las BDG oficiales del país a las escalas 1:250 000, 1:500 000 y 1:1 000 000, en sectores que corresponden al 12,5 % del territorio nacional continental del Ecuador, los cuales presentan una problemática (situaciones meteorológicas adversas) para la toma de fotografía aérea; y, que son requeridas para la promulgación de los nuevos mapas oficiales del país. Esta propuesta considera un procedimiento validado, con el uso combinado de los insumos no fotográficos de los métodos alternativos analizados, en función de la efectividad determinada.

Con la determinación de la efectividad (eficacia + eficiencia) de cada insumo, se concluye que, para la actualización cartográfica de los objetos geográficos de cada componente a cada escala, se requiere de una combinación de los insumos de los diferentes métodos

investigados, un método o dos son los más efectivos y el resto puede servir de apoyo o referencia.

Como resultado de la investigación, se dispone de un proceso de actualización cartográfica efectivo, que permite mantener actualizadas las bases cartográficas oficiales del país, a escalas pequeñas. Lo realizado proporciona un aporte significativo en esta área del conocimiento, pudiendo ser replicable en los demás Institutos y/o Servicios Geográficos-Cartográficos.

## **ABSTRACT**

The application of alternative methods for cartographic updating is a common activity in Geographic-Cartographic Institutes and / or Services. However, there is no evidence of research on the determination of the degree of effectiveness of these inputs, for each scale and geographical objects that compose them (planimetry: roads, hydrography, towns, miscellaneous, geographical names; and altimetry: bounded points and contour lines).

It is considered in the present study as an alternative method, anyone who considers a different input to the photographic input required in the aerial photogrammetric method with the application of the restitution technique; and, whose acquisition is free. The alternative methods applied and evaluated in the research are listed below: 1. Compilation of geographic information from other State entities, 2. Obtaining information on geographic objects through satellite images, 3. Obtaining information on geographic objects from through web map services, 4. Obtaining information on geographic objects through navigators (GPS) and 5. Cartographic generalization. Techniques used: compilation, review, validation and application of inputs (cartographic editing, photointerpretation, digital image processing, visual interpretation and digital cartographic operations), analysis of results and topological structuring. Support geotechnologies: GIS, Remote Sensing and GPS, in conjunction with programs, applications, tools and technological plugins.

In particular, this research focuses on defining a process of cartographic updating of the official BDGs of the country at the scales 1: 250,000, 1: 500,000 and 1: 1,000,000, in sectors that correspond to 12.5% of the continental national territory of Ecuador, which present a problem (adverse meteorological situations) for taking aerial photography; and, which are required for the promulgation of the new official maps of the country. This proposal considers a validated procedure, with the combined use of the non-photographic inputs of the alternative methods analyzed, depending on the effectiveness determined.

With the determination of the effectiveness (efficacy + efficiency) of each input, it is concluded that, for the cartographic update of the geographic objects of each component at each scale, a combination of the inputs of the different investigated methods is required, a method or two are the most effective and the rest can serve as support or reference.

As a result of the research, an effective cartographic update process is available, which allows the official cartographic databases of the country to be kept up-to-date, at small scales.

What has been done provides a significant contribution in this area of knowledge, and can be replicated in other Institutes and / or Geographical-Cartographic Services.



## Tabla de contenido

### Primera Parte

Introducción.....	20
Problema objeto de estudio.....	22
Justificación, originalidad y factibilidad de la propuesta .....	24
Breve reseña de los antecedentes sobre el tema .....	28
Objetivos.....	31
General .....	31
Específicos.....	31
Hipótesis de estudio.....	32
Hipótesis 1 .....	32
Hipótesis 2 .....	32
Métodos y técnicas de investigación utilizadas en el contexto del estudio .....	32
Estructura de la tesis .....	34
Capítulo 1. Marco teórico.....	35
1.1 Marco conceptual.....	37
1.2 Marco histórico y legal .....	41
1.3 Conceptos orientadores.....	54
Capítulo 2. Evolución de la cartografía básica en el Ecuador.....	62
2.1 Primer período (1492-1690): inicios históricos de la cartografía en América-Ecuador.....	63
2.2 Segundo período (1691-1927): cartografía del Ecuador.....	65
2.3 Tercer periodo (1928-1960): creación del Servicio Geográfico Militar y su categorización a Instituto.....	76
2.4 Cuarto período (1961-1989): la implementación de la tecnología informática en el Instituto Geográfico Militar.....	82
2.5 Quinto Período (1989-2000): avance hacia la era digital .....	86

2.6	Sexto período (2001-2021): evolución y democratización de la información geográfica .....	90
Capítulo 3. Proceso de generación de cartografía básica oficial en el Ecuador .....		98
3.1	Etapa 1: consideraciones geodésicas, cartográficas y técnicas .....	98
3.1.1	Consideraciones geodésicas .....	98
3.1.2	Consideraciones cartográficas .....	99
3.1.3	Consideraciones técnicas de precisión .....	100
3.2	Etapa 2: levantamiento fotogramétrico .....	101
3.2.1	Selección de equipos .....	101
3.2.2	Planificación de vuelo .....	102
3.2.3	Toma de fotografía aérea .....	103
3.3	Etapa 3: apoyo del vuelo fotogramétrico, obtención de puntos de apoyo o control .....	104
3.3.1	Planificación, selección y distribución de puntos de control .....	104
3.3.2	Toma de puntos en campo .....	105
3.4	Etapa 4: aerotriangulación digital/cálculo y ajuste del bloque .....	106
3.5	Etapa 5: restitución fotogramétrica .....	107
3.5.1	Estructuración de la cartografía base en el archivo Diseño Asistido por Computador (DGN) .....	107
3.5.2	Edición cartográfica .....	108
3.6	Etapa 6: clasificación de campo .....	108
3.7	Etapa 7: migración Diseño Asistido por Computador (DGN)/ Base de Datos Geográfica y estructuración de la Base de Datos Geográfica .....	110
3.8	Etapa 8: cartografía o productos derivados .....	110

## **Segunda Parte**

Capítulo 4. Zona de estudio .....		112
4.1	Determinación de la zona de estudio .....	1133
4.2	Características geográficas de la zona de estudio .....	118

4.2.1	Ubicación.....	118
4.2.2	Características físicas .....	119
4.3	Bases de Datos Geográficas de la zona de estudio .....	123
4.3.1	Consideraciones generales.....	123
4.3.2	Consideraciones específicas .....	125

### **Tercera Parte**

Capítulo 5.	Criterios metodológicos y procedimiento.....	132
5.1	Fases metodológicas .....	133
5.2	Selección y agrupación de los objetos geográficos.....	134
5.3	Determinación de la muestra .....	135
5.3.1	Criterios de selección de las áreas de muestreo.....	135
5.3.2	Determinación de la unidad de análisis .....	135
5.3.3	Determinación de las áreas de muestreo por cada región geográfica.....	137
5.3.4	Descripción general de las áreas de muestreo .....	140
Capítulo 6.	Desarrollo y tratamiento del insumo no fotográfico de cada método alternativo .....	158
6.1	Método: compilación de información geográfica de otras entidades del Estado	159
6.2	Método: obtención de información de objetos geográficos a través de imágenes satelitales .....	167
6.2.1	Fundamentos teóricos .....	167
6.2.2	Consideraciones técnicas .....	173
6.3	Método: obtención de información de objetos geográficos a través de servicios de mapas web .....	192
6.4	Método: obtención de información de objetos geográficos a través de navegadores (GPS) .....	199
6.4.1	Fundamentos técnicos.....	200
6.4.2	Consideraciones técnicas .....	203
6.5	Método: generalización cartográfica.....	206

6.5.1	Fundamentos y consideraciones técnicas .....	206
6.6	Estructura Topológica / Revisión de las BDG actualizadas con la aplicación del insumo no fotográfico de los métodos alternativos .....	220

### **Cuarta Parte**

Capítulo 7.	Determinación de la efectividad del insumo no fotográfico de los métodos alternativos y definición de una propuesta de proceso de actualización cartográfica .....	224
7.1	Consideraciones para la determinación de variables .....	226
7.2	Determinación de variables.....	227
7.2.1	Determinación de la variable de eficacia.....	227
7.2.2	Determinación de la variable de eficiencia.....	233
7.2.3	Determinación de la variable de efectividad .....	240
7.3	Determinación de un proceso y procedimiento de actualización cartográfica con la aplicación de métodos alternativos de insumos no fotográficos, efectivo.....	244
7.3.1	Procedimiento general de cada método alternativo .....	245
7.3.1.1	M1.....	245
7.3.1.2	M2.....	245
7.3.1.3	M3.....	245
7.3.1.4	M4.....	245
7.3.1.5	M5.....	245
7.3.2	Propuesta de un proceso de actualización cartográfica con la aplicación de métodos alternativos de insumos no fotográficos, para las BDG a escalas 1:250 000, 1:500 000 y 1:1 000 000 .....	249
Capítulo 8.	Conclusiones y Recomendaciones .....	252
8.1	Conclusiones .....	252
8.2	Recomendaciones .....	257
9	Bibliografía.....	259
10	Anexos.....	275

## Lista de tablas

Tabla 1 Trabajos cartográficos relevantes del cuarto período .....	86
Tabla 2 Plataformas aéreas y sensores que dispone el IGM.....	101
Tabla 3 Porcentaje de ocupación de la zona de estudio por cada provincia del Ecuador .	118
Tabla 4 Porcentaje de ocupación de la zona de estudio, por región geográfica del Ecuador .....	120
Tabla 5 Estructura del catálogo de objetos de la BDG a escala 1:250 000 .....	126
Tabla 6 Estructura del catálogo de objetos de la BDG a escala 1:500 000 .....	127
Tabla 7 Estructura del catálogo de objetos de la BDG a escala 1:1 000 000 .....	129
Tabla 8 Clasificación de los objetos geográficos por componentes y por escalas .....	134
Tabla 9 Características de las cartas topográficas a escala 1:250 000, 1:100 000 y 1:50 000 .....	136
Tabla 10 Número de cartas topográficas a escala 1:50 000, 1:100 000, 1:250 000 en las que se encuentra distribuida la zona de estudio por región geográfica del Ecuador .....	136
Tabla 11 Número de cartas topográficas a escala 1:50 000, 1:100 000, 1:250 000 con una ocupación de al menos un 70 % de la zona de estudio [población (N)].....	137
Tabla 12 Número de cartas de muestreo obtenido por cada región geográfica del Ecuador .....	138
Tabla 13 Representación del área de muestreo, para cada escala impresa.....	140
Tabla 14 Métodos alternativos empleados para la actualización de cartografía básica, con insumos no fotográficos.....	159
Tabla 15 Utilidad del insumo información geográfica de otras entidades del Estado, en la actualización de los objetos geográficos de las áreas de muestreo a escala 1:250 000.....	163
Tabla 16 Utilidad del insumo información geográfica de otras entidades del Estado, en la actualización de los objetos geográficos de las áreas de muestreo 1:500 000 .....	164
Tabla 17 Utilidad del insumo información geográfica de otras entidades del Estado, en la actualización de los objetos geográficos de las áreas de muestreo 1:1 000 000 .....	165
Tabla 18 Componentes y objetos geográficos que pueden ser actualizados con el insumo del método compilación de información de otras entidades del Estado.....	166

Tabla 19 Sensores remotos y sus características para la elaboración de trabajos cartográficos .....	175
Tabla 20 Comparación de los geoservicios de imágenes satelitales analizados en las áreas de muestreo.....	185
Tabla 21 Comparación de las fuentes recopiladas y validadas del método de empleo de imágenes satelitales .....	188
Tabla 22 Utilidad del insumo de imágenes satelitales, en la actualización de los objetos geográficos de las áreas de muestreo a escala 1:250 000 .....	189
Tabla 23 Utilidad del insumo de imágenes satelitales, en la actualización de los objetos geográficos de las áreas de muestreo a escala 1:500 000 .....	190
Tabla 24 Utilidad del insumo de imágenes satelitales, en la actualización de los objetos geográficos de las áreas de muestreo a escala 1:1 000 000 .....	190
Tabla 25 Componentes y objetos geográficos que pueden ser actualizados con el uso de imágenes satelitales .....	192
Tabla 26 Obtención de información de cada componente, a partir de cada servicio de mapas web (vectorial).....	195
Tabla 27 Utilidad del insumo de los servicios de mapas web, en la actualización de los objetos geográficos de las áreas de muestreo a escala 1:250 000 .....	196
Tabla 28 Utilidad del insumo de los servicios de mapas web, en la actualización de los objetos geográficos de las áreas de muestreo a escala 1:500 000 .....	197
Tabla 29 Utilidad del insumo de los servicios de mapas web, en la actualización de los objetos geográficos de las áreas de muestreo a escala 1:1 000 000 .....	198
Tabla 30 Componentes y objetos geográficos que pueden ser actualizados con el insumo de la información cartográfica de los servicios de mapas web .....	199
Tabla 31 Características técnicas navegadores.....	204
Tabla 32 Utilidad del insumo obtenido con el navegador (GPS), en la actualización de los objetos geográficos de las áreas de muestreo a escala 1:250 000 .....	205
Tabla 33 Utilidad del insumo obtenido con el navegador (GPS), en la actualización de los objetos geográficos de las áreas de muestreo a escala 1:500 000 .....	205

Tabla 34 Utilidad del insumo obtenido con el navegador (GPS), en la actualización de los objetos geográficos de las áreas de muestreo a escala 1:1 000 000 .....	205
Tabla 35 Componentes y objetos geográficos que pueden ser actualizados con el insumo obtenido de navegadores (GPS) .....	205
Tabla 36 Tamaños mínimos y geometría para cartografía base a escala 1:250 000 .....	209
Tabla 37 Tamaños mínimos y geometría para cartografía base a escala 1:500 000 .....	211
Tabla 38 Tamaños mínimos y geometría para cartografía base a escala 1:1 000 000 .....	212
Tabla 39 Aplicación de las herramientas de simplificación geométrica y suavizado a los objetos geográficos en las escalas en estudio .....	215
Tabla 40 Utilidad del insumo obtenido de generalización cartográfica, para la actualización de los objetos geográficos de las áreas de muestreo a escala 1:500 000 .....	218
Tabla 41 Utilidad del insumo obtenido de generalización cartográfica, para la actualización de los objetos geográficos de las áreas de muestreo a escala 1:1 000 000 .....	219
Tabla 42 Componentes y objetos geográficos que pueden ser actualizados con el insumo del método de generalización cartográfica .....	219
Tabla 43 Reglas topológicas que se aplican a los elementos lineales y poligonales .....	220
Tabla 44 Eficacia del insumo no fotográfico de los métodos alternativos aplicados en los objetos geográficos de las escalas 1:250 000, 1:500 000 y 1:1 000 000 .....	228
Tabla 45 Determinación de la eficacia del insumo no fotográfico de cada cada método alternativo (normalizado a 1), en las escalas 1:250 000, 1:500 000 y 1:1 000 000 .....	235
Tabla 46 Actividades generales que se desarrollan en las etapas de ejecución de los métodos alternativos de insumos no fotográficos .....	235
Tabla 47 Matriz de valoración de los indicadores de la variable de eficiencia en las etapas de ejecución de los métodos alternativos, para cada escala en estudio .....	237
Tabla 48 Costos (USD) del indicador de recurso humano en cada método alternativo para cada escala en estudio .....	238
Tabla 49 Determinación de la efectividad del insumo de cada método alternativo para cada objeto geográfico a cada escala en estudio .....	240

## Lista de figuras

Figura 1 Clasificación de datos geográficos marco e instituciones responsables .....	49
Figura 2 Estructura del catálogo nacional del Ecuador por categorías y subcategorías .....	51
Figura 3 El Gran Río Marañón o Amazonas (1707) .....	66
Figura 4 Carta de la Provincia de Quito y sus adyacentes/ ampliación (1756).....	68
Figura 5 Mapa que comprende todo el distrito de la Audiencia de Quito (1779).....	69
Figura 6 Carta General de las Provincias del Quito Propio (1789).....	69
Figura 7 Carta Corográfica República del Ecuador (1858).....	71
Figura 8 Carta Geográfica del Ecuador (1892) .....	72
Figura 9 Mapa Geográfico-Histórico de la República del Ecuador (1906).....	74
Figura 10 Carta Geográfica de la República del Ecuador (1922).....	75
Figura 11 Mapa del Ecuador (1950).....	80
Figura 12 Mapa Geográfico de la República del Ecuador (1957).....	81
Figura 13 Mapa Geográfico de la República del Ecuador (1979).....	85
Figura 14 Mapa Político de la República del Ecuador (1990) .....	87
Figura 15 Mapa Geográfico de la República del Ecuador (1993).....	88
Figura 16 Mapa Físico de la República del Ecuador a escala 1:1 000 000 (1999) .....	90
Figura 17 Mapa Físico de la República del Ecuador (2008).....	93
Figura 18 Mapa Político de la República del Ecuador (2008) .....	93
Figura 19 Mapa Geográfico de la República del Ecuador (2012).....	94
Figura 20 Etapas de la producción de la cartografía básica oficial del país .....	98
Figura 21 Esquema de la planificación del vuelo aerofotogramétrico .....	103
Figura 22 Áreas cubiertas con fotografía aérea del primer proyecto de inversión.....	113
Figura 23 Áreas cubiertas con fotografía aérea del segundo proyecto de inversión .....	115
Figura 24 Áreas cubiertas con fotografía aérea del primer y segundo proyecto de inversión, con su área sobrelapada .....	116
Figura 25 Esquema con las operaciones digitales efectuadas para la obtención de la zona de estudio.....	117



Figura 26 Zona de estudio .....	117
Figura 27 Mapa Físico de la República del Ecuador a escala 1:4 000 000, del sector continental .....	119
Figura 28 Zona de estudio y las regiones geográficas del Ecuador.....	120
Figura 29 Áreas de muestreo por cada región geográfica del Ecuador .....	139
Figura 30 Áreas de muestreo de la zona de estudio .....	139
Figura 31 C1: Santa Rita .....	141
Figura 32 C2: Gualpi .....	143
Figura 33 C3: Chilla .....	145
Figura 34 S1: Tufiño.....	147
Figura 35 S2: Santo Domingo de los Colorados .....	149
Figura 36 S3: Pancho Negro.....	151
Figura 37 O1: La Bonita.....	152
Figura 38 O2: Cuyabeno.....	154
Figura 39 O3: Cerro de Ayapungu .....	155
Figura 40 O4: Zumba .....	157
Figura 41 Componentes de un Sistema de Teledetección .....	169
Figura 42 Espectro Electromagnético.....	169
Figura 43 Estructura y visualización de las imágenes satelitales .....	171
Figura 44 Ejemplos de servicios de mapas WEB: OpenStreepMap, Google Maps, Bing Mapas, Yahoo Maps .....	193
Figura 45 Esquema del funcionamiento del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) .	201
Figura 46 Propuesta de un proceso general de actualización cartográfica, con la aplicación de los insumos no fotográficos, de métodos alternativos .....	249

## **Lista de anexos**

Anexo 1. Descripción de los objetos geográficos de las bases cartográficas oficiales a escalas: 1:250 000, 1:500 000 y 1:1 000 000, de acuerdo con el Catálogo de Objetos Nacional e Institucional 1:5000 .....	275
Anexo 2. Áreas de muestreo cortadas, de las BDG disponibles de las escalas en estudio para ser actualizadas con insumos no fotográficos.....	275
Anexo 3. Áreas de muestreo actualizadas, con la aplicación de métodos alternativos de insumo no fotográfico, para el nuevo Mapa Geográfico del Ecuador a escala 1:500 000....	275

### Siglas o acrónimos

<b>BDG</b>	Base de Datos Geográfica / Bases de Datos Geográficas
<b>CONAGE</b>	Consejo Nacional de Geoinformática
<b>CONALI</b>	Consejo Nacional de Límites (anterior CELIR)
<b>CONGOPE</b>	Consortio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador
<b>GPS</b>	Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global)
<b>GVis</b>	Visualización Geográfica o Geovisualización
<b>IDE</b>	Infraestructura de Datos Espaciales
<b>IEE</b>	Instituto Espacial Ecuatoriano
<b>IEDG</b>	Infraestructura Ecuatoriana de Datos Geoespaciales
<b>IG</b>	Información Geográfica
<b>IGM</b>	Instituto Geográfico Militar
<b>INOCAR</b>	Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada del Ecuador
<b>IPGH</b>	Instituto Panamericano de Geografía e Historia
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization
<b>MAE</b>	Ministerio del Ambiente
<b>MAGAP</b>	Ministerio de Agricultura y Ganadería
<b>MDE</b>	Modelo Digital de Elevaciones
<b>PEM</b>	Perfil Ecuatoriano de Metadatos
<b>REGME</b>	Red GNSS de Monitoreo Continuo del Ecuador (red activa)
<b>RENAGE</b>	Red Nacional GPS del Ecuador (red pasiva)
<b>SGM</b>	Servicio Geográfico Militar
<b>SIG</b>	Sistema de Información Geográfica
<b>SIRGAS</b>	Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas
<b>SNI</b>	Sistema Nacional de Información
<b>SENPLADES</b>	Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (actual Secretaría Técnica Planifica Ecuador)
<b>TIC</b>	Tecnologías de la Información y Comunicación
<b>WMS</b>	Web Map Service

## **PRIMERA PARTE**

### **Introducción, Marco Teórico y Cartografía básica oficial en el Ecuador**

## Introducción

A finales del siglo XIX y principios del XX se crean e incrementan los organismos públicos encargados de la realización y difusión del material cartográfico oficial en todo el mundo. La representación espacial de los elementos planialtimétricos del terreno alcanza un papel preponderante, no sólo, como instrumento fundamental de estrategia militar, sino que también, se convierte en una herramienta imprescindible para la planificación y gestión de cualquier propuesta de reforma o reorganización territorial, bien sea a escala local, regional o nacional.

En esta línea, el estado ecuatoriano creó, en 1928, el Servicio Geográfico Militar para el levantamiento y la elaboración de la Carta Geográfica Militar, y, posteriormente, en 1947, esta institución fue elevada a la categoría de Instituto Geográfico Militar (IGM). Cabe mencionar que Ecuador se ubica al noreste de América del Sur y es cruzado por la línea equinoccial o Ecuador (de donde adquiere su nombre), lo que divide al territorio en dos hemisferios: norte y sur. Al norte, limita con Colombia; al sur y este, con Perú y al oeste, con el Océano Pacífico. La superficie del territorio nacional es de 257 217,07 km<sup>2</sup>, conformado por 248 983,96 km<sup>2</sup> en el continente y 8233,11 km<sup>2</sup> en la región insular de Galápagos (Comité Nacional de Límites Internos [CONALI], 2013).

La importancia y accionar de la cartografía en Ecuador se encuentra enmarcada y justificada en la Ley de la Cartografía Nacional (Decreto Supremo 2686, 1978) y su Reglamento a la Ley de Cartografía Nacional (Decreto Ejecutivo 2913, 1991).

El IGM, de acuerdo con lo estipulado en la Ley, tiene “[...] a su cargo y responsabilidad la planificación, organización, dirección, coordinación, ejecución, aprobación y control de las actividades encaminadas a la elaboración de la Cartografía Nacional y del Archivo de Datos Geográficos y Cartográficos del País” (art. 1). En este mismo sentido, el artículo 11 del Reglamento establece que el IGM “[...] elaborará mapas geográficos (MG), en base a cartas fotográficas o compilaciones obtenidas de otras fuentes de información, empleándose escalas 1:1’000.000 hasta menores de 1:250.000”. A la par, en su artículo 9, establece como Cartas y Mapas Oficiales:

“[...] aquellos documentos obtenidos por métodos analógicos y/o digitales que representen la realidad física y/o política del país, en las escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000, 1:250.000, 1:500.000 y 1:1’000.000, [...] La cartografía básica

nacional será editada a escala 1:50.000. Las cartas a escalas mayores, a 1:50.000 serán editadas bajo requerimiento de las entidades públicas y privadas.”

Asimismo, el artículo 16 del Reglamento señala que “[...] El Instituto Geográfico Militar actualizará la cartografía oficial, de acuerdo con las exigencias que la planificación y el desarrollo del país lo demanden”.

En cumplimiento con lo dispuesto por la citada Ley de Cartografía Nacional y su Reglamento, el IGM generó hasta el 2010, la cartografía básica oficial del territorio continental a escala 1:50 000, con el insumo fotográfico a escala 1:60 000, con lo que se obtuvo un 96 % de cobertura; y, la cartografía a escala 1:25 000 de la Región Insular de Galápagos fue generada en el 2008. De igual forma, durante este tiempo, el instituto elaboró bases cartográficas a escalas pequeñas con el 100 % de cobertura a nivel nacional, las cuales fueron generadas por diversos métodos y técnicas cartográficas.

En 2011, el Estado ecuatoriano ratifica la importancia de las representaciones geospaciales y demanda la producción de cartografía actualizada para la elaboración de los Planes de Ordenamiento Territoriales; los cuales, de acuerdo con Lorenzo M. (1993, citado en Camargo, 2011, p.2), “engloba un conjunto de actividades planificadoras, dentro de un espacio geográfico determinado [...]”; y según Camargo (2011), es “en donde se requieren de manera previa y prioritaria la obtención de mapas que plasmen la realidad geográfica” (p. 2).

### **Problema objeto de estudio**

Para dar cumplimiento a la actualización cartográfica, el Estado<sup>1</sup> financia el primer proyecto de inversión<sup>2</sup>, el cual se inició en 2011 y cuyo propósito fue la obtención de la cartografía a escala 1:5000 y la generación de cartografía básica oficial a escala 1:25 000 del 100% del Ecuador continental. Al finalizar este proyecto, en 2017, pese a los ingentes esfuerzos y recursos destinados para este objetivo, sólo se había generado un área aproximada de 210 000 km<sup>2</sup>, que corresponde al 84 % de cobertura a nivel nacional, debido a la dificultad de la toma de fotografías aéreas de algunos sectores por las condiciones meteorológicas adversas.

---

<sup>1</sup> A través de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), actual Secretaría Técnica Planifica Ecuador.

<sup>2</sup> IGM, 2017a

La información cartográfica resultante, a escala 1:5000, fue la base para la generación de las Bases de Datos Geográficas (BDG) de las escalas menores. A través del método de generalización cartográfica se lograron elaborar las siguientes bases: la escala 1:50 000 en 2017; la 1:100 000, en 2018; la 1:250 000, en el 2019; y las escalas 1:500 000 y 1:1 000 000, en 2020. A estas BDG, se adicionó la información disponible de las Islas Galápagos, a escala 1:25 000 de 2008, la cual, también fue generalizada y añadida a cada escala. Es importante destacar que, durante la vida institucional del IGM, es la primera vez que se parte de una escala grande, como la escala 1:5000 y se llega hasta la escala pequeña 1:1 000 000, mediante procesos de generalización cartográfica, lo que ha permitido una secuencia lógica y una concatenación en cada escala cartográfica generada.

En 2018, ante la problemática de no haber cubierto el 100% del territorio, se aprueba y financia un segundo proyecto de inversión<sup>3</sup>, para la obtención de cartografía básica oficial actualizada del país para el período 2018-2021. Este proyecto forma parte de aquellos priorizados por el Plan Geográfico Nacional (Consejo Nacional de Geoinformática [CONAGE], 2017) y se encuentra en ejecución, con un trámite de ampliación hasta el 2025. Los sectores que tienen prelación son las áreas sin toma de fotografía aérea del primer proyecto de inversión y las que presentan un alto dinamismo.

En ambos proyectos, el IGM generó BDG a escala 1:5000, a través del proceso convencional cartográfico, el cual requiere la toma de fotografía aérea con un GSD (Ground Sample Distance) de 30 a 40 cm, el control de apoyo fotogramétrico, la aerotriangulación, la restitución fotogramétrica, y la estructuración de archivos CAD (Computer Aided Design) a SIG (Sistema de Información Geográfica). Cabe añadir que la Región Insular de Galápagos no es considerada en ninguno de los dos proyectos de inversión. En el tema de nombres geográficos (topónimos) levantados en campo, el primer proyecto no lo tuvo considerado; motivo por el cual, utilizó la toponimia disponible; y, el segundo proyecto de inversión lo consideró para la escala 1:25 000.

Sin embargo, la cartografía obtenida durante el primer proyecto y los avances del segundo, hasta diciembre de 2019, no logran cubrir 31 111 km<sup>2</sup>, debido a la imposibilidad de obtener insumos fotográficos para ejecutar el proceso cartográfico convencional. Por lo tanto, no se puede cumplir con el requerimiento del estado de actualizar la cartografía del

---

<sup>3</sup> IGM, 2017b

100% del territorio continental por el método convencional. Problemática que sustenta la investigación de esta tesis.

Por otro lado, en el 2019, el CONALI remite bajo la consideración de uso oficial, el archivo digital con los nuevos límites administrativos internos<sup>4</sup>. La actualización de estos datos genera la necesidad de una nueva edición de los mapas oficiales nacionales para su publicación y difusión, sea en impreso o digital, como es el caso del Mapa Físico y Político de Ecuador a escala 1:1 000 000 (versión 2008) y el Mapa Geográfico de la República de Ecuador a escala 1:500 000 (versión 2012). Asimismo, el CONGOPE ha requerido la publicación de una nueva edición de las cartas y mapas provinciales, a escala 1:250 000 (versión 2013) con los nuevos límites. De acuerdo a Camargo (2011):

“La posibilidad de mantener una cartografía actualizada de algún lugar ó de la toma de imágenes aéreas de un sitio en específico, lo más reciente posible con una alta resolución; es uno de los grandes problemas que se encuentran empresas proyectistas, ayuntamientos, oficinas de catastro y hasta los Institutos Cartográficos, debido a su alto coste y el momento adecuado para la captura de las imágenes aéreas. [...]” (p. xxvii)

Para dar respuesta a la problemática planteada priorizando los requerimientos citados, se seleccionan como escalas de estudio la 1:250 000, 1:500 000 y 1:1 000 000 (BDG continuas y completas<sup>5</sup>).

### **Justificación, originalidad y factibilidad de la propuesta**

La propuesta de esta tesis apuntala su justifiación en tres ejes específicos: la importancia de la cartografía en la geografía, su actualización mediante el uso de insumos obtenidos a partir de geotecnologías y, la necesidad del país de publicar una nueva edición de los mapas oficiales nacionales, ante la entrega de nuevos límites. Bajo este contexto, a continuación, se realiza una breve síntesis de lo indicado.

La presente investigación tiende a vincular la geografía con la cartografía y el aprovechamiento de la basta información disponible a través de la tecnología, que desde hace varios años ha ido en continua evolución, como lo indicó Dobson (1983) al hacer referencia a la geografía automatizada que integra todas las nuevas técnicas como la cartografía por computadora, la teledetección digital, los sistemas de infomación geográfica,

---

<sup>4</sup> Se encuentra en trámite de aprobación la “Ley para la Fijación de Límites Territoriales Internos”

<sup>5</sup> Cartografía vectorial con cubrimiento del 100 % a nivel nacional, que se encuentre empalmada y estructurada topológicamente.



entre otras; posteriormente denominadas geotecnologías. Adicionalmente, se toma como referente lo manifestado por Buzai (2006): “Las relaciones interdisciplinarias entre la Geografía y el resto de las ciencias que comienzan a ver las ventajas de considerar la variable espacial a través de la automatización de las tareas geográficas se presenta como nuevo ámbito de reflexión [...]” (p. 591). En ese sentido, en palabras de Ucha (2013):

“La representación geográfica de la tierra en una superficie plana, actividad de la cual se ocupa con exclusividad la cartografía, marcó un avance fenomenal para la humanidad: para los que gustan o viven de los viajes, para los ávidos de conocimiento en esta materia, y para el desarrollo económico, entre otros órdenes.” (párr. 6)

Como se indica, desde tiempos antiguos, la importancia de la cartografía se ha visto reflejada en el uso dado a lo largo de la historia; esta ha sido la partícipe de grandes travesías, ha brindado la ventaja competitiva para el triunfo de batallas y ha sido parte medular en la planificación de los pueblos y las naciones. En síntesis, “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, párr. 2)

La información cartográfica es la base fundamental para la ejecución de proyectos de toda índole: proyectos de desarrollo; estudios censales, estadísticos, geográficos, planificación y ordenamiento territorial; planificación de operaciones de seguridad y defensa; entre otros ámbitos. La diversidad de aplicaciones que actualmente tiene la información cartográfica, enlazada con el avance de la tecnología y su uso más frecuente en los dispositivos móviles, ha generado un nuevo reto para los institutos geográficos o cartográficos a nivel mundial: mantener actualizadas las bases cartográficas en todas las escalas, en tiempos cada vez más exigentes. Este requerimiento viene desde hace varios años, como lo sostuvo Recio (2009), “A lo largo de los últimos años ha aumentado el interés y la necesidad de disponer de una información de usos y coberturas del territorio fiable y actualizada [...]” (p. I).

Por lo expuesto, se destaca la relevancia de la cartografía, su oportuna actualización y mantenimiento; es por este motivo, considerada como una de las misiones imperantes de cualquier instituto o servicio Geográfico - Cartográfico, lo que la convierte en la razón de ser y su permanencia a lo largo del tiempo. Así, se hace pertinente agregar:

“[...] La importancia de publicar información oficial del territorio nacional va más allá de la elaboración de un mapa, es una cuestión de soberanía, identidad y pertenencia de

la población de un país, su representación permite evidenciar los cambios que ha tenido el territorio ecuatoriano a lo largo de su historia y aprender de ellos para el futuro.”  
(Pullas, 2021, p. 31)

De la problemática anteriormente expuesta, nace la necesidad y justificación de incorporar en el proceso de actualización el uso de métodos alternativos cuyos insumos no sean fotográficos. La aplicación de métodos alternativos es una actividad común en los Institutos y/o Servicios Geográficos-Cartográficos; sin embargo, no se evidencian investigaciones sobre la determinación del grado de efectividad de estos insumos, para cada escala y objetos geográficos que las componen [planimetría: red hidrográfica,<sup>6</sup> red vial,<sup>7</sup> misceláneos<sup>8</sup>, cobertura vegetal, con sus respectivos nombres geográficos<sup>9</sup> (topónimos); y, altimetría<sup>10</sup>: puntos acotados y curvas de nivel], orientados a la actualización cartográfica básica oficial de un país.

Es en este punto, donde se destaca la originalidad de la investigación, ya que aporta con esta metodología para la determinación de la efectividad (eficacia + eficiencia) de los insumos no fotográficos por cada objeto geográfico, con el objetivo de establecer un proceso de actualización cartográfica validado, con el uso combinado de los insumos de acuerdo a su grado de efectividad.

La factibilidad de la investigación y su posterior aplicación se sustenta en el empleo de métodos alternativos de insumos no fotográficos con máxima efectividad; lo cual considera insumos que puedan ser obtenidos de manera gratuita, sin la erogación de recursos económicos para su adquisición.

La presente investigación considera como método alternativo, todo aquel que difiere del método aerofotogramétrico con el insumo de fotografía aérea; motivo por el cual, no es considerado el método alternativo de uso de drones. De igual forma, tampoco se considera

---

<sup>6</sup> “Son los datos indispensables para definir gráficamente la red de escurrimiento superficial del agua; comprenden los cuerpos de agua superficiales y los cauces naturales” (SENPLADES, 2013b, p. 21).

<sup>7</sup> “Son los datos que se relacionan con el conjunto de elementos integrados que permiten el funcionamiento de vías para el transporte” (SENPLADES, 2013b, p. 21).

<sup>8</sup> Toda la información que complementa la cartografía básica: poblados, zonas edificadas, infraestructura (comercial, turística, eléctrica, petrolera) entre otros.

<sup>9</sup> “Es el nombre propio actual con el que se designa una entidad geográfica, relativamente permanente del paisaje terrestre, marino o aéreo, natural o artificial, que tiene una identidad propia dentro de un contexto cultural. Con frecuencia está formado por un término genérico y un término específico” (SENPLADES, 2013b, p. 21).

<sup>10</sup> “Es la medición de las diferencias de nivel o de elevación entre los diferentes puntos del terreno, las cuales representan las distancias verticales medidas a partir de un plano horizontal de referencia [...]” (SENPLADES, 2013b, p. 20).

el método de levantamiento topográfico, debido a la erogación de recursos económicos que conlleva el trabajo de campo; y, sobre todo, que este método es utilizado para la elaboración de planos a escalas grandes (mayores a la escala 1:1000), y las escalas en estudio son pequeñas.

A continuación, se enlistan y presentan los métodos alternativos de insumos no fotográficos analizados en la investigación:

1. Método de compilación de información geográfica de otras entidades del Estado.
2. Método de obtención de información de objetos geográficos a través de imágenes satelitales.
3. Método de obtención de información de objetos geográficos a través de servicios de mapas web.
4. Método de obtención de información de objetos geográficos a través de navegadores. Sistema de Posicionamiento Global (GPS)
5. Método de Generalización cartográfica.

Como parte de la factibilidad, también, cabe mencionar que la aplicación y tratamiento de todos los insumos de los métodos alternativos es realizado con el apoyo de técnicas geomáticas (geotecnologías), como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), al considerarlas como herramientas que fueron creadas por la necesidad de manejar, cruzar y gestionar una gran cantidad de información georreferenciada con mayor exactitud y/o precisión, de una manera ágil y simple (Chaparro Mendivelso, 2002). Asimismo, se utiliza el software ArcGIS, como una tecnología que permite en un solo ambiente, el manejo de datos raster<sup>11</sup> y vector<sup>12</sup>. Según Buzai (2006), existían algunas posibilidades geométricas para la representación de los datos espaciales, pero en la práctica el modelo raster y el modelo vectorial quedaron establecidas como estructuras básicas. La teledetección, a través de la fotointerpretación y tratamiento digital de imágenes satelitales, y la información obtenida de dispositivos GPS (navegadores). De igual forma, la investigación usa programas, aplicaciones, herramientas y/o plugin tecnológicos.

---

<sup>11</sup> “modelo de datos para el almacenamiento de imágenes constituido por una matriz de columnas y filas, donde cada celda de la matriz (pixel) es referenciada por sus coordenadas y se une a uno o más valores de atributos” (IGM, 2007, p. 28).

<sup>12</sup> “(formatos vectoriales orientados al análisis SIG), han sido diseñados para almacenar las geometrías de los objetos y la información textual asociada a los mismos en bases de datos. Las geometrías (puntos, líneas, polígonos y textos) no se pueden mezclar en un único archivo.” (IGM, 2007, p. 11)

El IGM se encuentra constantemente en un proceso de mejora continua, mediante la ejecución de procesos de investigación aplicada, orientados a mejorar y hacer más eficientes los procesos de producción cartográfica. Desde este contexto y para dar cumplimiento a la misión institucional de mantener las bases cartográficas actualizadas del país, se genera la presente investigación, orientada a determinar un proceso de actualización cartográfica con el empleo de métodos alternativos de insumos no fotográficos validados, que conduzcan al cumplimiento de este objetivo.

### **Breve reseña de los antecedentes sobre el tema**

La cartografía ha recorrido una larga trayectoria, desde sus inicios como simples trazos sobre diferentes materiales, hasta llegar a una era digital de mapas, aplicaciones y servicios web, en donde la representación del espacio geográfico se encuentra cada vez más al alcance de la mano. Esta evolución en sus procesos, métodos y técnicas de generación se ha dado ante hitos importantes tanto del conocimiento como del avance tecnológico. El apareamiento y desarrollo de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación), en especial con las geotecnologías (SIG, teledetección y GPS), ha hecho que la cartografía se convierta en la base sobre la cual el resto de disciplinas pueden plasmar sus estudios. Como lo indicó Moreira (2001):

“La eclosión de nuevas tecnologías de la información relacionadas con el análisis territorial, [...] han supuesto, en ámbitos restringidos por ahora y deberían suponer en la generalidad del análisis geográfico, una revolución en la propia definición, concepción y aceptación de disciplinas que como la Geografía o la Cartografía ahora sí pueden crear datos e informaciones propias obtenidas con procedimientos y herramientas que desde otras disciplinas son aceptados [...]. Pero hay que añadir, además, que estas nuevas tecnologías no son sólo unas herramientas que permiten obtener datos geográficos de calidad, sino que son la plasmación misma del objetivo de la Geografía, la explicación de fenómenos y variables a través de la interrelación en el espacio y el tiempo de los recursos naturales y la actividad humana.” (p. 14)

Ante la importancia de la cartografía, los países vieron la necesidad de crear una institución en la estructura del Estado que tenga como misión su generación, mantenimiento y actualización. En el Ecuador, desde 1928, esta competencia recae en el IGM, en el marco de la Ley de la Cartografía Nacional de 1978 y su Reglamento de 1991. El proceso de generación de cartografía básica a través del método aerofotogramétrico y la técnica de restitución es comúnmente utilizado por los institutos o servicios Geográficos -

Cartográficos; sin embargo, la dificultad y el costo de la adquisición del insumo de fotografía aérea que requiere método, impulsa la investigación de otros denominados alternativos, cuyos insumos no sean fotográficos, que posibiliten el cumplimiento de la misión encomendada.

De este modo, el presente estudio analiza, compara y evalúa cinco métodos alternativos de insumos no fotográficos, apoyados en las geotecnologías con el objetivo de obtener un proceso de actualización cartográfica validado, que permita la actualización cartográfica de las escalas pequeñas (1:250 000, 1:500 000 y 1:1 000 000) y publicar una nueva edición de estos productos cartográficos oficiales que requiere el país.

Al respecto, existe una extensa bibliografía sobre los métodos de generalización cartográfica, el uso de imágenes satelitales y dispositivos GPS. De manera más amplia, se encuentra suficiente literatura sobre las geotecnologías, pero en su mayoría, enfocada al contexto teórico conceptual y otros hacia una aplicación específica, como el análisis y ordenamiento territorial, la obtención de cartografía temática y los estudios geográficos, entre otros. Así,

“El desarrollo de métodos efectivos de actualización automática de la información espacial se ha convertido en un objetivo de gran interés para la comunidad cartográfica internacional y son muy numerosas las investigaciones, publicaciones y grupos de trabajo dedicados a este fin.” (Recio, 2009, p. 86)

A pesar de ello, no se encuentra bibliografía directamente relacionada con la obtención de cartografía básica, sino por sus componentes u objetos geográficos de forma individual, como lo indicó Recio (2009):

“La actualización cartográfica automática de todos los elementos presentes en una base de datos espacial es un proceso sumamente complejo [...], las distintas aproximaciones a la solución del problema se están realizando, dividiendo el conjunto de datos a actualizar según su tipología y buscando metodologías adecuadas para cada una de estas tipologías, ya sean edificios, carreteras, parcelas, etc.” (p. 87)

En la fase de investigación, no se encuentra información específica sobre análisis comparativos realizados a insumos no fotográficos, con el objeto de generar cartografía básica; por tal motivo, el presente estudio brinda un aporte significativo en este ámbito del conocimiento. A continuación, se presentan las experiencias de otros institutos geográficos sobre la temática del aprovechamiento de los insumos provenientes de los nuevos avances

tecnológicos; y, las referencias bibliográficas consultadas sobre las diferentes temáticas abordadas que permitieron dar un sustento al estudio, tanto en lo conceptual como en la fase aplicativa.

Para empezar, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) expidió la Resolución 471 de 2020, “Por medio de la cual se establecen las especificaciones técnicas mínimas que deben tener los productos de la cartografía básica oficial de Colombia” (IGAC, 2020a, p. 1). A partir de dicha resolución;

“Con esta nueva normativa, el IGAC se adapta a los nuevos avances de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) y promueve la innovación en el sector a través de su incorporación en los procesos de producción de la información geográfica del país. Para afrontar este nuevo escenario, los lineamientos de esta resolución se orientan a garantizar que el producto final cumpla con ciertas características específicas, permitiendo el uso de diferentes tecnologías o métodos para llegar a él.

[...] El principal cambio con respecto a la Resolución 1392 de 2016 se centra en proporcionar flexibilidad al proceso de producción cartográfica, ya que la nueva permite la utilización de cualquier sensor, método o tecnología siempre que el producto final garantice el cumplimiento de las especificaciones técnicas de referencia contenidas en esta.

Desde una perspectiva amplia, la propuesta recogida en esta resolución resalta la importancia del producto final, mientras que la de 2016 ponía su atención en el proceso de generación del producto cartográfico.

Resulta evidente la evolución tecnológica que se está viviendo en los procesos de producción cartográfica por parte de las diferentes agencias productoras a nivel mundial. [...]

Precisamente, la resolución anterior tenía varias limitaciones dentro de la cadena de producción, específicamente, estaba enfocada a vuelos tripulados con avión y no permitía la utilización de otro tipo de tecnologías. Por eso, esta nueva resolución permite el uso de diferentes plataformas como *Remotely Piloted Aircraft* (RPAS), es decir, aeronaves pilotadas a distancia; satelital, o cualquier otra que aparezca en el sector o que pueda presentarse en un futuro.” (IGAC, 2020b, párr. 3-11)

De igual forma, se encuentra el Plan Cartográfico Nacional 2017-2020 de España (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana [MITMA], 2020), el cual consideró

en su Programa Operativo Anual 2020 el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), cuyo objetivo:

“[...] la obtención de ortofotografías aéreas digitales con resolución de 25 o 50 cm y modelos digitales de elevaciones (MDE) de alta precisión de todo el territorio español, con un período de actualización de 2 o 3 años, según las zonas.” (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana [MITMA], 2020, p. 20)

En ese mismo sentido, el Plan Nacional de Teledetección (PNT) se ha propuesto la

“Descarga y puesta a disposición [...] la cobertura Copernicus de muy alta resolución del año 2018 (Copernicus VHR2018) [...]y la] Descarga y procesado de imágenes gratuitas de media resolución del satélite Landsat 8 y Sentinel 2 de toda España para la generación de productos de valor añadido.” (MITMA, 2020, p. 21)

Para finalizar, se tuvieron en cuenta diversos autores que sirvieron como base para los planteamientos de la presente investigación; entre los cuales se destacan: Aldana, Maldonado y Matos (2011); Bosque Sendra, J., y Zamora Ludovic, H. (2002); Buzai (2006); Camargo (2011); Campos (2013); Castro-Díaz y Zamboni (2018); Chaparro Mendivelso (2002); Chuvieco; Flores y Aldana (2000); Franco, Pardo y López-Davaillo (2011); Galvis (2007); Gómez Piñeiro (1995); Guerrero y Hernández (2017); Jaramillo (2006); Lencinas y Siebert (2009); Marquina y Mogollón (2018); Montaner García (2004); Moreira (2001); Moreno, Torres, Menchaca, Quintero y Guzmán (2011); Oñate y Bosque (2007); Palomar (2001); Palomar y Pardo (2004); Peñafiel y Zayas (2001); Pérez Álvarez (2001); Pérez y Mas (2009); Porro (2011); Prieto (2015, 2016); Puente (2007); Recio (2009); Rojas (2005); Santamaría y Sanz (2011) y Sevilla Pérez (2013).

De igual forma, se deben considerar las publicaciones realizadas por el IGM, la SENPLADES y el CONAGE, las cuales regulan las actividades cartográficas en el país y cuyos lineamientos son de uso de obligatorio para todas las entidades del Estado que generan geoinformación.

## **Objetivos**

### **General**

Determinar una propuesta de un proceso de actualización cartográfica básica oficial a escalas pequeñas en Ecuador, con la aplicación de métodos alternativos de insumos no fotográficos, en base a su efectividad.

***Específicos***

- Desarrollar el vínculo de la geografía con la cartografía.
- Desarrollar la importancia de la cartografía en el Ecuador a través del tiempo, su aplicación y las formas de generación y actualización en función del avance del conocimiento y la tecnología.
- Desarrollar el proceso de generación de cartografía básica oficial en el Ecuador.
- Determinar la zona de estudio y realizar un análisis del porcentaje de ocupación de esta zona por provincias y regiones geográficas.
- Determinar las fases metodológicas de la investigación y las áreas de muestreo de la zona de estudio.
- Recopilar, revisar, validar y aplicar los insumos no fotográficos de los métodos alternativos investigados, sobre las áreas de muestreo.
- Determinar la efectividad (eficacia + eficiencia) de los insumos no fotográficos de los métodos alternativos analizados, para cada objeto geográfico, de cada escala.
- Determinar una propuesta de un proceso de actualización cartográfica con su procedimiento, mediante el empleo de los insumos no fotográficos de los métodos alternativos analizados, de acuerdo a la efectividad determinada; para el mantenimiento y actualización de las bases cartográficas oficiales a escalas 1:250 000, 1:500 000 y 1:1 000 000 del Ecuador.

**Hipótesis de estudio*****Hipótesis 1***

Los métodos alternativos de insumos no fotográficos aplicados en el proceso de actualización cartográfica, permiten alcanzar un cubrimiento cartográfico del 100 % a nivel nacional, en las escalas oficiales 1:250 000, 1:500 000 y 1: 1 000 000 del país.

***Hipótesis 2***

Los métodos alternativos de insumos no fotográficos aplicados en el proceso de actualización cartográfica, son más efectivos que el proceso convencional que utiliza el método aerofotogramétrico, con la técnica de restitución fotogramétrica.



## **Métodos y técnicas de investigación utilizadas en el contexto del estudio**

La metodología utilizada se describe a detalle en el Capítulo 6 y abarca cinco fases metodológicas. Para el desarrollo del contexto de toda la investigación y de las fases mencionadas, se empleó la siguiente técnica:

**Recopilación de información:** búsqueda exhaustiva de bibliografía relacionada con el tema de investigación, lo que permite fundamentar el marco teórico y conceptual generado. Se recopilan las fuentes que proveen información valiosa para el desarrollo de la investigación, en los temas concernientes a la vinculación de la cartografía con la geografía; la importancia de la cartografía y su evolución a través del tiempo en el país; el proceso de generación de cartografía básica oficial en el Ecuador, la determinación de la zona de estudio, las consideraciones generales, específicas y técnicas de las BDG de las escalas en estudio; el desarrollo de las fases metodológicas de la investigación; y la determinación de la efectividad del insumo de los métodos analizados. De igual forma, se investigaron todas las fuentes que proveen de insumos no fotográficos a los métodos alternativos.

En la fase dos se utilizó un método estadístico para la determinación de la muestra; y, en la fase tres y cuatro, se analiza, valida, compara y determina la efectividad del insumo no fotográficos de métodos alternativos para la actualización cartográfica, los cuáles tienen sus propios desarrollos, fundamentos y consideraciones, con el empleo de sus técnicas específicas y el apoyo de las geotecnologías, como se muestra en resumen a continuación:

**Tipo de investigación:** Aplicada.

**Enfoque:** Mixto cuantitativo y cualitativo.

**Instrumentos de recolección de información:** Aplicación de métodos alternativos de insumos no fotográficos para la actualización cartográfica.

**Técnicas de análisis de información:** Recopilación, revisión, validación, aplicación (edición cartográfica, fotointerpretación, tratamiento digital de imágenes, interpretación visual, operaciones cartográficas digitales), análisis, estructura topológica.

**Tecnologías de apoyo:** SIG, Teledetección, GPS, programas / aplicaciones / herramientas / plugin.

La presente investigación utilizó los siguientes tipos de información:

**Información oficial:** los generados por el IGM y otras entidades del estado que tienen la competencia, como la cartografía oficial de diferentes proyectos y a diversas escalas, ortofotos, datos de geodesia y documentación como informes, revistas, catálogos, publicaciones, entre otros.

**Información referencial:** información de imágenes satelitales, geoservicios de imágenes satelitales y vectoriales, Modelos Digitales de Terreno (DEM), de GPS (realizado en un trabajo de campo), obtenida de otros organismos oficiales o que se encuentren disponibles de manera gratuita en internet.

### **Estructura de la tesis**

La estructura de esta tesis está organizada en cuatro partes bien diferenciadas donde se distribuyen ocho capítulos, y tres anexos.

La tesis se encuentra organizada en cuatro partes, distribuidas en 8 capítulos. La primera parte, denominada: Introducción, Marco Teórico y Cartografía básica oficial en el Ecuador; se compone de la Introducción, el Capítulo 1: Marco teórico, el Capítulo 2: la Evolución de la cartografía básica en el Ecuador y el Capítulo 3: Proceso de generación de cartografía básica oficial en el Ecuador.

En la Introducción se puntualizan el problema objeto de estudio, la justificación, originalidad y factibilidad de la propuesta. Asimismo, se realiza una breve reseña de los antecedentes sobre el tema, y se plantean los objetivos – general y específicos– como así también las hipótesis de estudio y una síntesis de los métodos de investigación utilizados.

En el primer Capítulo, se desarrolla el marco teórico, donde se describe el marco conceptual, y el marco histórico legal. Se efectúa una referencia de la vinculación de la geografía con la cartografía, una descripción de los conceptos orientadores que son requeridos para apuntalar la investigación.

En el segundo Capítulo, se desarrolla una evolución de la generación de cartografía base en el Ecuador, dividida en períodos, con un análisis del cambio tecnológico y los hitos representativos ocurridos a nivel nacional e internacional, sin dejar de lado su importancia y los productos generados en cada período. Este capítulo se encuentra apoyado con figuras y tablas.

En el tercer Capítulo, se realiza una descripción del proceso cartográfico convencional que emplea el IGM para la generación de cartografía básica oficial del país, la cual es realizada en 8 etapas. Este capítulo se encuentra apoyado con figuras y tablas.

La segunda parte de la tesis, denominada: Zona y Escalas en estudio; abarca el Capítulo 4: Zona de estudio, el cual considera la determinación de esta zona, realizada sobre las áreas sin cartografía a escala 1:5000 del primer y segundo proyecto de inversión (hasta diciembre de 2019); se analiza el porcentaje de ocupación de esta zona en las provincias y regiones geográficas del país; para lo cual, se ejecuta una síntesis de las características físicas de las regiones, como topografía y clima, variables que pueden explicar la complejidad de estas zonas geográficas para la toma de fotografía aérea y su posterior generación cartográfica.

Luego, se realiza un análisis de las BDG disponibles de la zona de estudio, con sus respectivas consideraciones generales y específicas para cada escala, 1:250 000, 1:500 000 y 1:1 000 000, con una compilación de la información disponible, los objetos geográficos que las componen y las especificaciones técnicas. Este capítulo se encuentra apoyado con figuras y tablas, en las cuales se visualiza de mejor manera el análisis espacial realizado.

La tercera parte de la tesis, denominada: Criterios metodológicos y aplicación de los insumos no fotográficos de cada método alternativo; considera el Capítulo 5: Criterios metodológicos y procedimiento; y, el Capítulo 6: Desarrollo y tratamiento del insumo no fotográfico de cada método alternativo. Estos capítulos se encuentran apoyados con figuras y tablas.

En el quinto Capítulo, la investigación propone una redefinición de las etapas 2, 3, 4 y 5 del proceso cartográfico convencional, al incorporar insumos no fotográficos y su respectivo tratamiento. De lo expuesto, se establecen cinco fases metodológicas para la investigación, en este capítulo se desarrollan las dos primeras fases que corresponden a la agrupación de objetos geográficos por componentes de acuerdo a su naturaleza y la determinación de la muestra.

El sexto Capítulo contempla, la tercera fase metodológica con el desarrollo y tratamiento de los insumos de los métodos alternativos: compilación de información de otras entidades del Estado, empleo de imágenes satelitales, servicios de mapas web, navegadores (GPS) y la generalización cartográfica, con sus respectivos fundamentos y consideraciones técnicas/teóricas (en el caso de los métodos que utilizan imágenes satelitales, dispositivos navegadores (GPS) y generalización cartográfica). En esta fase se ejecutan los siguientes

pasos: recopilación, revisión, validación y aplicación del insumo; el análisis de resultados obtenidos y la correspondiente estructura topológica de una BDG.

La cuarta parte de la tesis, denominada Resultados y Conclusiones; contempla el Capítulo 7: Determinación de la efectividad del insumo no fotográfico de los métodos alternativos; y, el Capítulo 8: Conclusiones y Recomendaciones.

El séptimo Capítulo considera, la cuarta y quinta fase metodológica relacionada a la determinación de la efectividad del insumo no fotográfico de los métodos alternativos y la definición de una propuesta de proceso de actualización cartográfica, el cual comprende la determinación de indicadores para las variables de eficacia y eficiencia que permiten la determinación de la efectividad del insumo de cada método alternativo para la actualización cartográfica de las escalas 1:250 000, 1:500 000 y 1:1 000 000. Esto se realiza a través de una tabla, en la cual, se colocan las variables de eficacia y eficiencia obtenidas de los indicadores estandarizados y normalizados a uno (1), para cada objeto geográfico por escala, lo que posibilita la determinación del grado de efectividad de los diferentes insumos aplicados. Con estos resultados, se realiza una propuesta de proceso de actualización cartográfica y un procedimiento validado en función de la efectividad determinada. Este capítulo se encuentra apoyado con tablas.

El octavo Capítulo de la tesis, se encuentra conformado por las conclusiones y recomendaciones, las cuales se orientan a sintetizar el trabajo de investigación, se da contestación a las hipótesis generadas, se muestra el cumplimiento del objetivo general y específicos planteados y se define un proceso y procedimiento validado que agrega valor al proceso productivo cartográfico en el IGM. En síntesis, esta investigación permite abrir nuevas líneas hacia las escalas más grandes.

## Capítulo 1. Marco teórico

En el marco teórico de esta tesis se considera el marco conceptual, de manera conjunta el marco histórico legal y los conceptos que orientan el desarrollo de la investigación realizada.

### 1.1 Marco conceptual

La consideración de la geografía como ciencia y el estudio de la teoría de esta disciplina han ocasionado varios debates. Así, las diferentes corrientes filosóficas, enfoques y tendencias a lo largo del tiempo han complicado su definición. Sin embargo, si es analizada desde su epistemología, conduce a un entendimiento más claro de la geografía como ciencia. Al respecto, Rojas (2005) afirmó:

“Entender a la geografía en su compleja realidad de ciencia que estudia las relaciones sociedad-naturaleza con su fundamento espacial, dada por aquellas teorías de localización y distribución de los hechos que conforman la superficie terrestre, implica tener una visión clara de lo que constituye la teoría de la misma, si por teoría se entiende la serie de ideas y leyes que permiten analizar y relacionar determinado orden de fenómenos [...]”. (pp. 142-143)

En este contexto, Campos (2013), expone que la epistemología de la geografía de acuerdo a la definición de Venturini (1977) puede ser estudiada a través de su naturaleza, sus límites y su validez como ciencia o disciplina. El análisis de la naturaleza comprende las referencias históricas, objeto y objetivos, y la metodología; los cuales pueden ser analizados en los cuatro grandes períodos de la historia de la geografía: Edad Antigua, Edad Media, Edad Moderna y Edad Contemporánea. La determinación de los límites, hace referencia al vínculo que la geografía tiene con las otras ciencias, de modo que se debe considerar el método básico o principal que:

“[...] en el caso de la geografía se refiere a su localización y distribución, con un enfoque lógicamente territorial, corológico. [...] El método geográfico, como reflexión de categoría del espacio, es muy amplio en el sentido que resulta difícil nombrar una ciencia específica que ignore completamente la localización de sus objetos de estudio en la superficie terrestre [...]”. (Rojas, 2005, pp. 153-154)

En este sentido, Humboldt (1845, citado en Vargas Ulates, 2012, p. 1) “consideraba la geografía como una ciencia sintética, que trabaja con fenómenos diversos, pero teniendo por objeto la localización”.

En lo referente al abordaje de la validez se tienen en cuenta tres criterios:

“[...] la neutralidad u objetividad de la disciplina, su valor como ciencia que aporta soluciones a los problemas de la sociedad y la definición de algunos valores intrínsecos de la geografía que también contribuyen a precisar el objetivo y método de la misma.”

(Rojas, 2005, p. 155)

Entorno a este argumento, cabe señalar que la presente investigación aborda a la cartografía como un valor intrínseco de la geografía; por lo que se define en los siguientes términos:

“[...] como el lenguaje más claro y objetivo de expresar el objeto de estudio ‘el espacio’.

En este sentido, un mapa base, es un instrumento en el cual se reflejarán las características, hechos y procesos que definen ese espacio representado. ¿Por qué se considera al mapa un valor intrínseco de la geografía si otras disciplinas también usan este instrumento? La diferencia radica en que estas últimas lo utilizan generalmente como expresión de localización de los fenómenos estudiados, mientras que la geografía lo convierte en instrumento para analizar la base espacial de hechos relaciones y procesos que tienen lugar en la superficie terrestre. [...]” (Rojas, 2005, p. 159)

De lo expuesto, se evidencia que, el análisis de los tres componentes de la epistemología de la geografía conduce a un entendimiento más claro de la teoría de la geografía como ciencia y su interrelación con la cartografía. De igual manera, como toda ciencia, se encuentra conformada por enfoques que “responden a concepciones, teorías, doctrinas, filosofías o ideologías que –solos o agrupadas– hacen una erupción exitosa dentro de un contexto socio-cultural hasta su aceptación como ‘paradigma/s’ por parte de un conjunto de campos disciplinares o la totalidad de ellos.” (Cuadra, 2014, p. 4)

Por otro lado, la definición del objeto de estudio de la geografía, centrado en el espacio geográfico, ha sido examinado desde diferentes enfoques:

“[...] las geografías neopositivistas asimilaron un espacio de sesgo abstracto; las geografías histórico hermenéuticas, un espacio subjetivo; las geografías críticas, un espacio social y el actual eclecticismo geográfico, un espacio local globalizado. [...] Se trata de un concepto epistemológico que responde a una necesidad teórica de construir una herramienta intelectual para identificar, analizar y explicar la configuración física que ofrece la sociedad y que responde a su propio desarrollo social. Sirve, por tanto, para localizar objetos con independencia de su naturaleza.” (Checa-Artasu, 2006, pp. 60-61)

Asimismo, Oropeza y Díaz (2007), consideran que la evolución del pensamiento geográfico ha permitido conocer las nuevas formas de ver el espacio geográfico, con lo que se ha llegado a la geografía de hoy, en la que predomina la aplicación de tecnologías computacionales integradas, representadas por la geotecnología o geoinformática, tema discutido entre los geógrafos en cuanto a si deben ser tratadas con una postura paradigmática o una herramienta tecnológica. Ante esto, concluyen lo siguiente:

“[...] la geotecnología puede ser considerada un paradigma y no simplemente una herramienta tecnológica, ya que no toma las herramientas en forma neutra, sino que está ligada a conceptos de otros paradigmas que le dan sustento, permite revalorizar la dimensión espacial de forma generalizada y más aún, tal y como lo expresa Buzai, aparece no como un paradigma de la geografía, ya que no es exclusivo de ella, sino un paradigma geográfico debido a que está abierto a otras ciencias.” (p. 93)

Para la presente investigación, se asume el espacio como objeto de investigación de la geografía, sin dejar de lado otros conceptos importantes. El concepto de espacio tiene tres grandes acepciones: espacio topológico, de la percepción y geográfico. La cartografía se encuentra más relacionada con el primero y tercero; ante lo cual, la presente investigación alude al espacio topológico descrito por Rojas (2005) como:

“[...] rama de la matemática ligada con el orden, contigüidad y posición relativa de los objetos percibidos por el individuo, por lo tanto el objetivo del estudio del espacio topológico será alcanzar una conceptualización que reproduzca al espacio de manera fiel y exacta, rescatando su heterogeneidad. Esta forma de concepción del espacio ha permitido en la geografía sustentar a la estructuración de la Teoría de los Grafos, al permitir una aproximación al espacio real mediante configuraciones teóricas que tratan de reconocer irregularidades en los patrones de distribución espacial, en los límites de los espacios y en los de movilidad.” (p. 145)

De igual forma, el espacio geográfico, es indicado por Gómez Piñeiro (1995) de la siguiente manera:

“La cartografía debe ser considerada como un lenguaje racional, técnico, operativo, universal y de expresión global. Tiene que ser incluida dentro de un conjunto más amplio, el de la expresión gráfica. Se nos presenta como un medio eficaz y sencillo de tratar y presentar la distribución general y parcial de determinados fenómenos. Es, por lo tanto, un instrumento imprescindible para el trabajo del geógrafo. [...]; por lo tanto, la cartografía permite la representación del espacio geográfico. [...]” (párr. 5-9)

De lo expuesto, se puede indicar que el espacio es el objeto de investigación de la geografía y la cartografía es la representación del mencionado espacio en un mapa, carta o plano, como lo expuso Giraldo Restrepo (2015):

“La palabra cartografía se refiere al arte, las técnicas y la tradición en la representación gráfica de la Tierra por medio del mapa, también es la ciencia encargada de estudiar los métodos y sistemas que permiten representar en un plano una parte o la totalidad de la superficie terrestre. [...]” (p. 4)

Consecuentemente, en palabras de Chaparro Mendivelso (2010) cuando interpreta a Crampton (2001) se puede añadir que:

“[...] los desarrollos recientes en la cartografía delinean una ruptura epistemológica, ya que representan formas del poder del conocimiento y no simplemente permiten la comunicación sino también la visualización, entendida como la capacidad de los mapas, gráficos e imágenes de hacer visibles relaciones espaciales. Estos desarrollos favorecen el encuentro entre la cartografía, recurrente y erróneamente caracterizada como atórica, y la geografía humana crítica, aprovechando las convergencias de tecnologías orientadas al uso de información espacial y a los hipermedios como posibilidad para su distribución. [...]” (párr. 8)

De acuerdo con lo indicado, la cartografía requiere profundizar su base teórica o cuerpo de conocimiento para no ser considerada tan solo una herramienta tecnológica más en el contexto de las ciencias de la información geográfica. Por lo tanto, requiere un análisis de carácter epistemológico desde una perspectiva de la ciencia social. Esta situación se denota sobre todo en los últimos sesenta años, en donde se puede referir de una cartografía con carácter moderno (con una perspectiva científica, establecida y consolidada) y de la ruptura del enfoque cartográfico postmoderno (de carácter crítico).

Dicha transformación de corte paradigmático se debe al cambio de la concepción del mapa –entendido como forma de conocimiento–, su desarrollo y la cartografía en su conjunto, lo cual responde a un contexto y unas concepciones epistemológicas como toda ciencia social que permite el entendimiento de la realidad (Azócar-Fernández, 2017). En este sentido,

“[...] la concepción del lenguaje como un modelo de la realidad ha permitido establecer una relación con el lenguaje cartográfico usado en los mapas. [...] Es de importancia destacar que cuando la concepción del mapa es enmarcada en las



coordenadas epistemológicas wittgensteinianas,<sup>13</sup> se está haciendo referencia a la noción del mapa científico, es decir, aquel producto cartográfico con características de exactitud, precisión, objetividad y neutral en términos valóricos. En otras palabras, el mapa y a su vez la cartografía misma como formas de conocimiento se encuadran bajo coordenadas positivistas y neopositivistas y/o analíticas. En este sentido, dicha concepción del mapa responde a los planteamientos que Wittgenstein formula en su primera filosofía o filosofía inicial.” (Azócar-Fernández, 2017, p. 130)

Sin embargo, según lo analizado por Azócar-Fernández (2017), la segunda filosofía de Wittgenstein se refiere a la cartografía crítica o posmoderna, la cual no considera la disciplina cartográfica como un saber técnico, sino como una doctrina que posee un fundamento epistemológico relevante en su carácter de ciencia social.

Ante la evolución constante de las tecnologías de la información, tanto para la generación de cartografía como su explotación en los diferentes ámbitos de acción, estas no deben ser consideradas como simples herramientas, puesto que aportan hacia un nuevo enfoque geográfico y deben verse como gestoras de la información y los datos geográficos que integran su captura, tratamiento, análisis, interpretación, difusión y almacenamiento; a partir del empleo de la teledetección con el uso de los sensores remotos para la explotación y el análisis de las imágenes satelitales, el amplio desarrollo alcanzado con los SIG y GPS, como complemento a una creciente disponibilidad de información para el estudio del territorio (Castro-Díaz y Zamboni, 2018). Todo esto posibilita la incorporación de métodos alternativos para la generación o actualización cartográfica, cuyo insumo no sea la clásica fotografía aérea, lo que conduce a la creación de nuevas metodologías.

Según Moreira (2001), “El mapa ha dejado de ser una mera representación de elementos territoriales seleccionados por un cartógrafo, para convertirse en origen y destino de múltiples tipos de informaciones geográficas que interactúan sobre un territorio” (pp. 13-14).

Desde inicios de este siglo, la cartografía como ciencia, ha ido reformulado sus conceptos y asumido diferentes tendencias y perspectivas, como los paradigmas de la comunicación

---

<sup>13</sup> Obra de filosofía contemporánea realizada por Wittgenstein, quien publicó el Primer Wittgenstein en 1923: *Tractatus lógico-philosophicus* y el Segundo Wittgenstein en 1953, con un cambio de perspectiva y paradigma en su estudio filosófico del lenguaje: *Las investigaciones filosóficas* (Azócar-Fernández, 2017).

cartográfica, entre los cuales se encuentra la visualización de la cartografía o Geovisualización (GVis); en el cual, los mapas funcionan como una herramienta para la comprensión de los fenómenos espaciales, y “Las nuevas tendencias que pueden expresarse mediante los siguientes conceptos: Mapas en Internet, [o] WEBMapping, Cartografía Multimedia e Hipermedia [y los] Ambientes Virtuales y Realidad Aumentada, [... que actúan] como nuevas vías para comunicar información espacial” (Bosque Sendra, J., y Zamora Ludovic, H., 2002, p. 66).

Así también, al pasar el tiempo surgen nuevos conceptos como la geoicónica, creada con el fin de integrar la cartografía, la geoinformática, los sensores remotos y las ciencias adyacentes (Berlyant, 2005). Igualmente, la vinculación y aplicación de conceptos y métodos de otros campos del conocimiento, como la “Lingüística, Semiótica, Psicología, Cognición, Computación, Modelización, Tecnologías de visualización, Diseño Gráfico, etc.” (Aldana et al., 2011, p. 169); las cuales respaldan la producción de imágenes cartográficas para cumplir una o varias funciones dentro de un contexto tecnológico en permanente innovación. De manera similar, conforme con el avance tecnológico a lo largo de la historia, la cartografía ha ido en constante evolución de los instrumentos, procesos, metodologías, métodos, técnicas y procedimientos para su obtención y representación.

De lo expuesto, se precisa que esta investigación toma la consideración de la noción del mapa científico y se apoya en el uso de las geotecnología que se encuentran en continua evolución, con el fin de determinar el insumo no fotográfico más efectivo para la actualización de la cartografía base oficial del Ecuador, a las escalas 1:250 000, 1:500 000 y 1:1 000 000; las cuales deben considerar las especificaciones técnicas para cada escala, de modo que proporcionen información cartográfica-geográfica oficial al país, con la exactitud y precisión que cada escala requiere.

De igual forma, se consideran los métodos alternativos de insumos no fotográficos; ante lo cual, se conceptualizan como método al “[...] medio utilizado para llegar a un fin. [...] (Pérez y Gardey, 2008, párr. 1); en otras palabras, un método “[...] es un procedimiento que elegimos para obtener un fin predeterminado” (Raffino, 2020, párr. 2). Lo anterior implica actuar de una forma ordenada y calculada, a través de pasos que se deben seguir para la consecución del objetivo. El método se relaciona, con las herramientas de recolección de los datos o con lo que se denomina técnicas (Núñez, 2014), que son el modo de realizar esos pasos y son esencialmente instrumentales.

Por lo tanto, el método se efectiviza a través de las técnicas y, por eso, es un concepto con mayor alcance que estas. En la investigación, cada método alternativo emplea las técnicas<sup>14</sup> de recopilación, revisión, validación y aplicación del insumo (edición cartográfica, fotointerpretación, tratamiento digital de imágenes, interpretación visual y operaciones digitales), análisis de los resultados con su respectiva estructura topológica, apoyados del uso de geotecnologías.

## 1.2 Marco histórico y legal

Al considerar el objetivo de la investigación, se aborda en conjunto el marco histórico y legal; para lo cual, se realiza una breve reseña histórica complementada por las leyes, reglamentos y normativas, que rigen la competencia de generación cartográfica oficial por parte del IGM, desde sus comienzos hasta la actualidad. El contexto, para abordar de manera sintética la historia de la cartografía, se puede indicar lo establecido por Moreira (2001):

“Las primeras representaciones del espacio mediante itinerarios desde un lugar conocido hasta otro desconocido (una dimensión), fueron sustituidas, con el pasar de los siglos y el descubrimiento de principios físicos y matemáticos que dieron lugar a la invención de instrumentos de precisión para la navegación, por portulanos y cartas náuticas en dos dimensiones. Por otra parte, la invención de la imprenta facilitaba la difusión, aún restringida, de los trabajos cartográficos. Las formulaciones matemáticas del siglo XVI sobre la esfericidad de la Tierra abrieron un tímido camino hacia el uso de la tercera dimensión en la Cartografía, que sólo se consolidará en el siglo XVIII, con los primeros trabajos de triangulación y, posteriormente, con la representación del relieve mediante curvas de nivel.” (p. 4)

De manera similar y complementaria, se puede traer a colación lo manifestado por Giraldo Restrepo (2015):

“[...] La cartografía emerge en el siglo XVIII como disciplina científica con el desarrollo de las ciencias especializadas de la Tierra, las cuales se independizan de la geografía. La fidelidad en la representación cartográfica de la Tierra ha estado ligada a los avances y los retrocesos científicos de cada época. Existen dos enfoques de la cartografía: el enfoque geométrico y el tecnológico: el primero busca la exactitud en la elaboración del mapa, lo esencial es la minuciosa recogida de información y tratarla

---

<sup>14</sup> “La técnica es un conjunto de saberes prácticos para obtener un resultado (conjunto de acciones secuenciadas que se enmarcan en un método). [...]” (Núñez, 2014, párr. 1)

precisamente para representar con fidelidad la realidad; el segundo, busca la eficacia del mapa en la transmisión de la imagen del espacio y no la precisión geométrica.” (p. 4)

Con el pasar del tiempo, cada país o Estado empezó a generar una institucionalidad que permitiese su elaboración de una manera oficial; tal como lo indicó Montaner García (2004):

“[...] a mediados del siglo XIX empezaron a organizarse en España los institutos cartográficos modernos, la disciplina geográfica se había alejado de la cartografía. Fueron otros cuerpos profesionales, más dedicados a las disciplinas matemáticas que exigía la cartografía, especialmente la topográfica, los que tomaron las riendas de la realización de mapas y los que nutrieron de personal a las instituciones oficiales. [...]” (p. 251)

Mientras tanto, en el Ecuador, en el Gobierno de Gabriel García Moreno, en 1859, se dio una expansión de las ciencias y los estudios técnicos, la cual estableció la Universidad Politécnica y reclutó a un grupo de profesores jesuitas y europeos, quienes llegaron al país a partir de agosto de 1870. Este arribo coincidió con la reanudación de las negociaciones con respecto a la frontera sur con el Perú; situación que exigió un requerimiento urgente de la agrimensura y los levantamientos topográficos. En 1875, la universidad cerró luego del asesinato de García Moreno; empero, el entrenamiento de cartógrafos, matemáticos y dibujantes impulsó el desarrollo de estos estudios durante el resto del siglo (Capelo, 2010).

Así, en el Ecuador, aconteció una situación muy similar a la española con la creación de lo que actualmente es el IGM. Luego de la Primera Misión Geodésica Franco-Española (1735-1744) y la Segunda Misión Geodésica Francesa (1901-1906) realizadas en el país, cuyo objetivo era la medición del arco en la zona ecuatorial, se produjo una evolución técnica y geográfica (IGM, 2002), que “Con la llegada de la Misión Militar Italiana, en mayo de 1922, se dio inicio al proyecto de modernización del Ejército Ecuatoriano a través de la organización de diversos cursos de capacitación y perfeccionamiento [...]” (Bravo, 2018, p. 57). Este panorama concluyó en la creación de la Escuela de Oficiales Ingenieros en 1922, en donde se impartieron los primeros conocimientos en temas geográficos y topográficos.

Al disponer de personal militar con conocimientos de geografía provenientes de la Escuela de Oficiales Ingenieros y ante la necesidad del país de tener mapas y cartas para conocer fehacientemente el territorio y analizar los problemas de la Patria, el Estado decidió establecer “[...] un Organismo que afronte convenientemente el trabajo y sea el responsable directo de la ardua tarea de producir la Carta Nacional” (IGM, 2002, p. 42). Así, el 11 de abril de 1928 se creó el Servicio Geográfico Militar (SGM), por la importancia del

levantamiento de la Carta Geográfica Militar para el país. Como lo mencionó Salvador Lara (2002):

“[...] Pese a la grave inestabilidad política de los años 30, que tanto afectó a la suerte de país hasta el extremo de incapacitarle para una eficiente defensa de su derecho territorial, el SGM llevó a cabo en esos difíciles años, no obstante la escasez de medios, una plausible labor orgánica para su estructuración y una reducida pero importante tarea de levantamiento topográfico. [...]” (p. 9)

Mientras tanto, en 1936, la Escuela de Oficiales Ingenieros se convirtió en la Escuela de Artillería, para luego denominarse Escuela Técnica de Ingenieros en 1948. De sus aulas, surgieron los primeros militares ingenieros que contribuyeron con su contingente al SGM como directivos y técnicos (Bravo, 2014). El 15 de agosto de 1947, se eleva al SGM a la categoría de IGM, con personería jurídica y autónoma, en lo concerniente a su funcionamiento técnico administrativo (Vaca, 1998). En términos de Salvador Lara (2002):

“[...] Desde entonces comenzó su verdadero desarrollo, su trascendental obra, su modernización y avance con tecnología de punta, tarea que continuó con la colaboración de entidades científicas de países amigos, con el Inter American Geodetic Survey (I.A.G.S.) de los Estados Unidos de América y la ORSTOM, de Francia.” (p. 9)

Posteriormente, el 6 de agosto de 1960 se promulgó la Ley del Mapa Índice, en la que se establecieron las bases técnicas para la reestructuración del proceso de levantamiento de la Carta Nacional, con el uso de sistemas modernos. De esta forma, determinó dos clases: la Carta Geográfica (CG) y la Carta Topográfica (CT), que deben cumplir con los requisitos y detalles técnicos recomendados por el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), (IGM, 2002).

Luego, el 18 de julio de 1963 se expidió la Ley de la Cartografía, al considerar que el país necesitaba de forma urgente la cartografía como insumo para la planificación de su desarrollo económico, su defensa y progreso general. Los artículos de esta Ley se enfocaron en la aprobación y el control de todos los trabajos cartográficos necesarios para la confección de la Carta Nacional, declaró al IGM como el único organismo autorizado para efectuar trabajos de levantamiento de mapas y cartas oficiales del territorio nacional, determinó que se utilizara la cartografía del IGM como base para la elaboración de cartas especiales y reguló todas las publicaciones cartográficas (IGM, 2002).

En 1964, la Escuela Técnica de Ingenieros creó la carrera de Ingeniería Geográfica, la cual fue la primera en el país relacionada a la formación de profesionales en la rama de la ciencia geográfica. Después de ocho años, proporcionó al país y a las Fuerzas Armadas la primera promoción de oficiales ingenieros geógrafos, cuya formación era en el campo de la geodesia, topografía, cartografía y fotogrametría. En 1973, se dio la apertura para el ingreso de personal civil a sus carreras y en 1977, se convirtió en la Escuela Politécnica del Ejército ESPE, actual Universidad de Fuerzas Armadas ESPE (Bravo, 2014). Más adelante, el 17 de julio de 1978 se expidió la Ley de la Cartografía Nacional, la cual llenó los vacíos de la Ley de 1960 y ajustó sus propósitos en el marco de la seguridad y defensa, como se indica en IGM (2002), esta nueva Ley se enfoca en:

“[...] centralizar los trabajos cartográficos en un solo organismo del Estado, para evitar la dispersión de esfuerzos y unificar los métodos y tecnologías [...] se establecieron las relaciones de la entidad con otros organismos del Estado, así como su estructura orgánica y funcional, organización, niveles operacionales y más disposiciones para el cumplimiento de su actividad.” (p. 105).

Enseguida, el 29 de noviembre de 1991 se promulgó el Reglamento a la Ley de Cartografía Nacional:

“[...] en el que se determina con mayor detalle, las actividades que debe realizar el IGM en los campos: toma de fotografía aérea, geodesia, elaboración de la cartografía oficial, catastros y levantamientos especiales, así como los procedimientos que deben considerar las personas naturales y jurídicas, que requieren elaborar cartografía, [...]” (IGM, 2002, p. 117)

La expedición de la Ley (1978) y su Reglamento (1991) constituyó un hito trascendental en la vida institucional del IGM y del país, debido a que este marco legal se encuentra vigente hasta la actualidad y norma el accionar del instituto como único organismo autorizado por el Estado para la planificación, organización, dirección, coordinación, ejecución, aprobación y el control de las actividades encaminadas a la elaboración de la Cartografía Nacional y del Archivo de Datos Geográficos y Cartográficos del país. En este sentido, el Reglamento estableció las definiciones y determinó las escalas oficiales de la cartografía básica en el Ecuador, como se muestra a continuación:

#### “CAPITULO I: DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR Y SU MISIÓN

Art. 4: MAPAS Y CARTAS OFICIALES. - Son aquellos que cumpliendo con los requisitos de la Ley de la Cartografía Nacional y su Reglamento, representan

oficialmente la realidad geográfica del país. Serán ejecutados únicamente por el Instituto Geográfico Militar tomando en cuenta los aspectos de seguridad nacional y el desarrollo del país, así como las recomendaciones técnicas de los organismos científicos internacionales.

## CAPÍTULO II: DE LAS CARTAS Y MAPAS

Art. 9: CARTAS Y MAPAS OFICIALES. - [...] se clasifican como cartas y mapas oficiales a aquellos documentos obtenidos por métodos analógicos y/o digitales que representan la realidad física y/o política del país, en las escalas 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000, 1:250.000, 1:500.000 y 1:1'000.000, los mismos que deben ser elaborados por el Instituto Geográfico Militar. La Cartografía elaborada a escala 1:10.000 será aquella que sirva de base para el Sistema de Información Catastral del país, en áreas rurales.

La cartografía básica nacional será editada a escala 1:50.000. Las cartas a escalas mayores, a 1:50.000 serán editadas bajo requerimiento de las entidades públicas y privadas.

La cartografía catastral, elaborada por instituciones públicas o privadas, personas naturales o jurídicas, estará ajustada a la Red Geodésica Nacional.

Art. 11: MAPAS GEOGRÁFICOS. - El Instituto Geográfico Militar elaborará mapas geográficos (MG), en base a cartas fotográficas o compilaciones obtenidas de otras fuentes de información empleándose escalas 1:1'000.000 hasta menores de 1:250.000.

Art. 12: CARTAS TOPOGRÁFICAS. - El Instituto Geográfico Militar elaborará las cartas topográficas (CT) mediante un levantamiento regular, en las que se incluirán accidentes naturales, artificiales y curvas de nivel a escalas comprendidas entre 1:250.000 y 1:25.000, de acuerdo con las siguientes características:

- a) Las cartas topográficas a escala 1:250.000 tendrán un formato de un grado de latitud (1 lat.) por un grado de longitud (1 long);”.

En este orden, la presente investigación se enfoca en la actualización de la cartografía a escala 1:250 000, 1:500 000 y 1:1 000 000 con métodos alternativos de insumos no fotográficos. Mencionadas escalas son consideradas como oficiales para el país, pues con la cartografía a escala 1:250 000 se generan cartas topográficas y con la cartografía a escala 1:500 000 y 1:1 000 000 se crean los mapas geográficos, de acuerdo con lo que estipula el Reglamento expuesto.

Ante los avances de la tecnología y la demanda creciente de las instituciones del Estado, la academia y los usuarios en general, con el propósito de acceder a la información geográfica en el Ecuador, el 11 de noviembre de 2004 se creó el Consejo Nacional de Geoinformática (CONAGE), a partir del Decreto Ejecutivo 2250 (2004), como un organismo técnico dependiente de la Presidencia de la República. Con ello, se buscó impulsar la creación, el mantenimiento y la administración de la Infraestructura Ecuatoriana de Datos Geoespaciales (IECG).

El CONAGE se conforma por el Comité de Coordinación, el cual es regido por la Secretaría Técnica Planifica Ecuador y el Comité Técnico; este último se compone por representantes de las instituciones generadoras de información geográfica del país que forman parte del CONAGE y tiene como funciones controlar y supervisar las actividades geoespaciales relacionadas con datos fundamentales; estándares; metadatos<sup>15</sup>; geoinformación en línea; políticas de información geográfica; demandas de información nacional; cooperación interinstitucional nacional e internacional; propiedad intelectual y licencias; promoción y difusión.

Para un adecuado manejo y estructura de la información geográfica levantada por las diferentes instituciones del Estado, el CONAGE clasifica todos los datos generados como Datos Geográficos Marco y considera cuáles son los mínimos necesarios para construir conjuntos de información geográfica coherente, mientras que los otros los complementan. Con base en este criterio, se clasifica en tres grandes grupos: datos fundamentales,<sup>16</sup> datos básicos<sup>17</sup> y datos de valor agregado o temáticos.<sup>18</sup>

En la Figura 1, se muestra la clasificación de los datos geográficos marco e instituciones responsables (SENPLADES, 2013b) y pone de manifiesto que el IGM es la institución competente y generadora de los datos fundamentales con respecto a la referencia geodésica del país, la altimetría, las redes hidrográficas –en conjunto con el INOCAR–, nombres geográficos como competencia y apoyada por otras instituciones que también los producen.

---

<sup>15</sup> (CONAGE, 1010b)

<sup>16</sup> “Se constituyen en la estructura de datos de alcance nacional y son aquellos que no deben faltar, con los cuales es posible construir estructuras de información lógica, consistente, exacta, racional e intercambiable. [...]” (SENPLADES, 2013b, p. 20)

<sup>17</sup> “Son datos que complementan a los datos fundamentales hasta formar los componentes que permiten obtener grupos de información completa como plataforma para cualquier tema específico.” (SENPLADES, 2013b, p. 20)

<sup>18</sup> “Estos datos se distinguen por ser adicionales a los fundamentales y básicos, además de ser de interés y uso específico para diversos usuarios y productores [...]. Tienen un amplio espectro de detalle temático y de cobertura territorial.” (SENPLADES, 2013b, p. 20)



En lo concerniente a la infraestructura vial, el trazado del límite internacional continental y los límites administrativos, el instituto es considerado como una institución de apoyo; todos estos elementos componen la cartografía básica oficial del país.

Figura 1

### Clasificación de datos geográficos marco e instituciones responsables

Datos	Institución Competente <sup>25</sup>	Institución Generadora	Institución de Apoyo
<b>Datos Fundamentales</b>			
Referencia Geodésica	IGM	IGM	
Límite internacional continental	MMRREE	MMRREE, IGM	
Límite marítimo internacional	MMRREE	MMRREE, INOCAR	
Límite provincial	CELIR	CELIR	INEC, IGM
Límite cantonal	CELIR	CELIR	INEC, IGM
Límite parroquial	CELIR	CELIR, MUNICIPIOS	INEC, IGM
Altimetría	IGM	IGM	
Batimetría	INOCAR	INOCAR	
Datos de sensores remotos	CLIRSEN, IGM, FAE	CLIRSEN, IGM, FAE	
Infraestructura vial	MTOP, CONSEJOS PROV.	MTOP, CONSEJOS PROV.	IGM
Redes hidrográficas	IGM, INOCAR	IGM, INOCAR	
Nombres geográficos	IGM	INEC, IGM, MINISTERIO COORD. DE PAT. NAT.Y CULT.	
<b>Datos Básicos</b>			
Geostatísticos	INEC	INEC	MINISTERIOS COMPETENTES
<b>Recursos Naturales</b>			
Geología, geomorfología, recursos minerales	INIGEMM	INIGEMM, CLIRSEN	
Hidrología	SENAGUA, INAMHI, INOCAR	SENAGUA, INAMHI, INOCAR	
Meteorología	INAMHI	INAMHI, INOCAR, DAC	
Hidrogeología	SENAGUA, INAMHI, INIGEMM	SENAGUA, INAMHI, INIGEMM, CLIRSEN	
Edafología	MAGAP	MAGAP, CLIRSEN	
Uso de la tierra	MAGAP	MAGAP, CLIRSEN	
Cobertura vegetal	MAE	MAE, CLIRSEN	
Cuenca hidrográfica	SENAGUA	SENAGUA	
Sistema Nacional de Áreas Protegidas	MAE	MAE	
Biodiversidad	MAE	MAE	MUSEO DE CIENCIAS NATURALES
<b>Catastro</b>			
Catastro urbano	MIDUVI, MUNICIPIOS	MUNICIPIO	AME
Catastro rural	MUNICIPIOS, JUNTAS PARROQUIALES	MUNICIPIOS, JUNTAS PARROQUIALES	MAGAP SIGTIERRAS
Amenazas	SNGR	IGM, INOCAR, INIGEMM	
<b>De Valor Agregado</b>			
Educación			
Salud			
Cultura			
Turismo			
Vivienda			
Espacio aéreo y marino			
Entre otros			

Fuente: SENPLADES, 2013b.

*Nota.* Institución competente: hace referencia a la institución que está amparada legalmente para efectuar dicha competencia.

Para operativizar las diferentes temáticas, fueron creados los grupos de trabajo, los cuales han creado la documentación técnica que permite normar y regular el accionar de la generación de geoinformación en el país. De esta forma, el primero de septiembre de 2010 fue la emisión de las Políticas Nacionales de Información Geoespacial, cuyo objetivo general es:

“Garantizar la generación, procesamiento, disponibilidad, intercambio, actualización, difusión y uso de información geoespacial, generada a nivel nacional, para proveer el marco general que impulse la creación, mantenimiento y administración de la Infraestructura Ecuatoriana de Datos Geoespaciales (IEDG) y el fortalecimiento del Sistema Nacional Descentralizado de Planificación Participativa (SNDPP)” (CONAGE, 2010, p. 11).

Estas políticas son de uso obligatorio para todas las instituciones del Estado y las entidades privadas que utilicen recursos del Gobierno para generar geoinformación. El artículo 33 del Código de Planificación y Finanzas Públicas (Registro Oficial No. 306, 2018), del 19 de octubre de 2010, estableció a través de la Secretaría Técnica Planifica Ecuador, la gestión del Sistema Nacional de Información (SNI), que “[...] constituye el conjunto organizado de elementos que permiten la interacción de actores con el objeto de acceder, recoger, almacenar y transformar datos en información relevante para la planificación del desarrollo y las finanzas públicas” (Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas, art. 33, 2010).

Una vez que se constituyeron las competencias por cada institución en el país, se requirió una estructura que permitiese estandarizar la información generada. Esto se consiguió a través del Grupo de Trabajo Catálogo de Objetos, el cual publicó en 2013 el Catálogo Nacional de Objetos Geográficos versión 2.0, que corresponde a un estándar nacional de información geográfica de uso obligatorio en el país; para su elaboración, se tomaron como referencias las Normas Internacionales ISO/TS 19110:2005 “Geographic information-Methodology for feature cataloguing” e ISO 19126:2009 “Geographic information-Feature concept dictionaries and registers”. Este documento se orienta a la organización y catalogación de objeto geográficos, sus atributos y dominios, con el propósito de facilitar la estructuración de una BDG para su almacenamiento, procesamiento, disponibilidad, intercambio, actualización y difusión de datos geoespaciales a nivel nacional (SENPLADES, 2013a).

Para la elaboración de este estándar nacional, se utilizó como base el catálogo de objetos de la cartografía básica a escala 1:5000, elaborado por el IGM, proveniente de la información levantada en el primer proyecto de inversión. El catálogo de objetos contiene definiciones y descripciones de los tipos de objetos geográficos, atributos del objeto geográfico y asociaciones de objetos geográficos que ocurren en uno o más conjuntos de datos geográficos; junto con cualquier operación de objetos geográficos que se pueda aplicar, sirve para estandarizar el contenido, la estructura y el comportamiento de objetos, atributos y dominios, con el fin de facilitar su manejo e intercambio (SENPLADES, 2013a).

El catálogo nacional se encuentra conformado por objetos geográficos que se agrupan de acuerdo con la temática en subcategorías<sup>19</sup> y estas, a su vez, en categorías;<sup>20</sup> cada una tiene sus atributos<sup>21</sup> de objeto y los correspondientes valores de dominio (valores de atributos) asociados. Todos los tipos de objetos geográficos y atributos están identificados por un nombre único dentro del catálogo y pueden tener un alias; las definiciones están en lenguaje natural y se han identificado con un solo código alfanumérico como se muestra en la Figura 2 (SENPLADES, 2013a). Así, cada objeto geográfico tiene los atributos correspondientes, como un nombre, definición y valores de dominio asociados a él. Este código responde a estándares internacionales, en primera instancia, o a las iniciales de las palabras que componen el nombre del atributo. La definición se encuentra en lenguaje natural y un tipo de datos específicos para los valores del atributo.

De lo expuesto, se concluye que el instituto tiene la competencia, genera y apoya el mayor porcentaje de datos fundamentales del país, los cuales se encuentran conformados por objetos geográficos que están estandarizados ante una estructura denominada Catálogo de Objetos Nacional –que es de cumplimiento obligatorio para todas las instituciones del Estado–, cuya finalidad se enmarca en el desarrollo de la IEDG.

Toda la geoinformación que se genera, como es el caso de las BDG oficiales del país, a escalas 1:250 000, 1:500 000 y 1:1 000 000, deben cumplir con la normativa emitida por el CONAGE para su posterior liberación a través del geoportal institucional y el SNI.

---

<sup>19</sup> “es una categoría que pertenece a otra categoría de orden superior. En el caso del Catálogo Nacional de Objetos, indica la pertenencia lógica de un grupo de objetos geográficos de acuerdo con la categoría correspondiente establecida previamente según su temática.” (SENPLADES, 2013a, p. 15)

<sup>20</sup> “comparten algunas características comunes y por lo tanto reciben un nombre identificativo de tipo en un dominio particular de discurso.” (SENPLADES, 2013a, p. 14)

<sup>21</sup> “característica de un objeto geográfico (*feature*). Un atributo de objeto geográfico tiene un nombre, un tipo de datos y/o un dominio de valores asociados a él. [...]” (SENPLADES, 2013a, p. 14)

Figura 2

## Estructura del catálogo nacional del Ecuador por categorías y subcategorías

Código	Categoría	Código	Subcategoría
<b>A</b>	<b>INFRAESTRUCTURA DE INDUSTRIAS Y SERVICIOS</b>	<b>AA</b>	EXTRACCIÓN
		<b>AB</b>	FABRICACIÓN / PROCESAMIENTO
		<b>AC</b>	AGROPECUARIA
		<b>AD</b>	ELÉCTRICA
		<b>AE</b>	COMUNICACIONES / TRANSMISIÓN
		<b>AF</b>	ALMACENAMIENTO
		<b>AG</b>	GESTIÓN DE RESIDUOS
		<b>AH</b>	ESTRUCTURA ASOCIADA A LA INDUSTRIA
<b>B</b>	<b>GEOGRAFÍA SOCIOECONÓMICA</b>	<b>BA</b>	ASENTAMIENTOS HUMANOS
		<b>BB</b>	ASOCIADO A ASENTAMIENTOS HUMANOS
		<b>BC</b>	COMERCIO
		<b>BD</b>	EDUCACIÓN
		<b>BE</b>	SALUD
		<b>BF</b>	RECREACIÓN
		<b>BG</b>	CIENCIA Y TECNOLOGÍA
		<b>BH</b>	CULTURA
		<b>BI</b>	TURISMO
<b>C</b>	<b>INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE</b>	<b>CA</b>	TRANSPORTE TERRESTRE
		<b>CB</b>	TRANSPORTE AÉREO
		<b>CC</b>	AYUDAS PARA LA NAVEGACIÓN
		<b>CD</b>	TRANSPORTE FLUVIAL Y MARÍTIMO
		<b>CE</b>	ASOCIADO A TRANSPORTACIÓN
		<b>CF</b>	REDES DE DISTRIBUCIÓN
<b>D</b>	<b>HIDROGRAFÍA Y OCEANOGRAFÍA</b>	<b>DA</b>	AGUAS INTERIORES
		<b>DB</b>	CONDICIONES DEL AGUA
<b>E</b>	<b>FISIOGRAFÍA</b>	<b>EA</b>	HIPSOGRAFÍA
		<b>EB</b>	GEOLOGÍA
		<b>EC</b>	HIDROGEOLOGÍA
		<b>ED</b>	EDAFOLOGÍA
		<b>EE</b>	RECURSOS MINERALES
		<b>EF</b>	ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS
		<b>EG</b>	VULCANISMO
		<b>EH</b>	SISMICIDAD
		<b>EI</b>	PROCESOS GEODINÁMICOS EXTERNOS
		<b>EJ</b>	GLACIARES
<b>EK</b>	GEOMORFOLOGÍA		

<b>F</b>	<b>COBERTURA DE LA TIERRA</b>	<b>FA</b>	TIERRA AGROPECUARIA
		<b>FB</b>	TIERRA ARBUSTIVA Y HERBÁCEA
		<b>FC</b>	TIERRA FORESTAL
		<b>FD</b>	TIERRA SIN COBERTURA VEGETAL
<b>G</b>	<b>BIOTA</b>	<b>GA</b>	FAUNA
		<b>GB</b>	MICROORGANISMOS
		<b>GC</b>	FLORA
		<b>GD</b>	HONGOS
		<b>GE</b>	UNIDAD AMBIENTAL
<b>H</b>	<b>DEMARCACIÓN</b>	<b>HA</b>	ORGANIZACIÓN TERRITORIAL DEL ESTADO
		<b>HB</b>	NIVELES ADMINISTRATIVOS DE PLANIFICACIÓN Y PRESTACIÓN DE SERVICIOS
		<b>HC</b>	LÍMITES DE ÁREAS NATURALES
		<b>HD</b>	LÍMITES HIDROGRÁFICOS
		<b>HE</b>	ÁREA DE COMPETENCIA DE GOBIERNOS AUTÓNOMOS DESCENTRALIZADOS MUNICIPALES
		<b>HF</b>	ASOCIADO A DEMARCACIÓN
<b>I</b>	<b>SEGURIDAD</b>	<b>IA</b>	INFRAESTRUCTURA PARA DEFENSA Y OPERACIONES
		<b>IB</b>	ÁREAS Y/O LÍMITES RESTRINGIDOS
		<b>IC</b>	OPERACIONES Y/O EVENTOS MILITARES
<b>J</b>	<b>METEOROLOGÍA Y CLIMA</b>	<b>JA</b>	PARÁMETROS METEOROLÓGICOS
		<b>JB</b>	ZONAS Y REGIONES CLIMÁTICAS
		<b>JC</b>	MONITOREO
<b>K</b>	<b>NOMBRES GEOGRÁFICOS</b>	<b>KA</b>	NOMBRES
		<b>KB</b>	DESIGNACIONES

Fuente: SENPLADES, 2013a.

*Nota.* No se publican objetos en la categoría de Seguridad, debido a restricciones relacionadas a Seguridad Nacional, sujetas a la autorización del Ministerio de Defensa (MIDENA).

El 16 de noviembre de 2011:

“Se adscribe al Ministerio de Defensa Nacional los institutos de investigación pertenecientes a las Fuerzas Armadas del Ecuador: Instituto Oceanográfico de la Armada –INOCAR–, e Instituto Geográfico Militar –IGM– como institutos generadores de geoinformación y servicios especializados, en los ámbitos de defensa de la soberanía e integridad territorial, apoyo al desarrollo nacional, cooperación con organismos del estado e internacionales.” (Decreto Ejecutivo 940, 2011)

Continuando con el recuento histórico de la legislación pertinente, se trae a colación el 9 de diciembre de 2016, cuando se expidió el Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación que rige el accionar de los Institutos Públicos de Investigación (IPI) del país (Primer Suplemento No. 899, 2016). El 7 de junio de 2017, se expidió el Reglamento a este Código y en el artículo 12 “de los institutos públicos de

investigación”, en el numeral 8, se consideró al IGM como parte de ellos (Decreto Ejecutivo 1435, 2017).

Años más tarde, el 11 de abril de 2019 se suprimió el Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE) y todas las competencias, atribuciones, funciones y delegaciones fueron asumidas por el IGM en los siguientes campos: investigación espacial y geoespacial, desarrollo tecnológico e innovación y transferencia tecnológica (Decreto Ejecutivo 714, 2019). El siguiente año, el 8 de mayo de 2020, en la primera Disposición Reformatoria y Derogatoria del Decreto 1038, se excluyó al IGM de los institutos públicos de investigación.

Actualmente, el IGM se encuentra en un proceso de reestructura institucional, la cual debe considerar la normativa legal vigente y las nuevas competencias asumidas del IEE. Esta situación particular ha fortalecido la presente investigación, puesto que se incorpora al instituto, el insumo y la experticia en el manejo de las imágenes satelitales que realizaba el IEE, lo que posibilita analizar esta técnica como un método alternativo con fines de actualización cartográfica.

### 1.3 Conceptos orientadores

El marco teórico especificado anteriormente sustenta la definición de los conceptos seleccionados acorde al enfoque de la investigación.

**Actualización cartográfica:** “proceso de revisión y modificación de la información gráfica y temática, con el fin de que la cartografía recoja los cambios habidos en el tiempo en el territorio que representa” (IGM, 2007, p.1). Al respecto, Ramírez (2005, citado en Recio, 2009) indicó que la actualización cartográfica “se puede considerar bien como un proceso continuo, o bien, como un proceso cíclico” (p. 87).

“La actualización continua se realiza cada vez que se tiene conocimiento de un cambio. [...] Este sería el caso ideal, y al mismo tiempo real en algunas situaciones, en el que los responsables de un cambio lo comunican directamente al responsable de realizar la actualización de la cartografía. En la actualización de la cartografía catastral, por ejemplo, son los propietarios de los inmuebles en los que se ha producido un cambio los que tienen la obligación de comunicarlo. [En contraposición] La variación de la línea de costa o los cambios en el trazado del cauce de un río sólo pueden ser detectados mediante su comparación en instantes separados [en] un periodo grande de tiempo.

La actualización cartográfica cíclica se basa en la premisa que los datos geoespaciales deberían ser revisados cada un cierto número de años. Este intervalo de tiempo sería el

ciclo de revisión y está en función de la naturaleza de las áreas cartografiadas, urbanas, agrícolas, forestales, etc.” Ramírez (2005, citado en Recio, 2009, p. 87)

En ese sentido, la competencia de mantener actualizada la cartografía de cada país por parte de los Institutos y/o Servicios Geográficos-Cartográficos, sobre todo de las bases cartográficas a nivel nacional, recaen en un tipo de actualización cartográfica cíclica. El intervalo de tiempo depende de los requerimientos y las necesidades del cada Estado y de los recursos que se dispongan para dicha actividad. El proceso de actualización puede ser a nivel nacional, hacia sectores cuyo dinamismo lo requiera o sitios específicos que, por algún evento natural o antrópico, sea solicitado. El presente estudio, requiere la actualización cartográfica de las BDG nacionales a escalas 1:250 000, 1:500 000 y 1:1 000 000, las cuales son realizadas después de ocho, nueve y trece años respectivamente, ante la entrega de nuevos límites territoriales.

**Base cartográfica:** “es un producto cartográfico que sirve como referencia espacial (planimétrica y/o altimétrica) para la información temática generada en un proyecto o entidad. La base cartográfica garantiza la coherencia y correspondencia en la posición de una determinada entidad geográfica” (IGM, 2007, p. 5).

**Base de datos geográfica:**

“la base de datos contiene información de diversos rasgos geográficos temáticos de una región, dentro de aspectos biofísicos, ambientales, sociales, económicos. Ésta maneja un nivel de abstracción del mundo real en capas temáticas, que conlleva cierto nivel de dificultad, que implica trabajar con primitivas básicas de dibujo, de tal forma que toda la complejidad de la realidad ha de ser reducida a puntos, líneas o polígonos; luego existen las relaciones espaciales entre los objetos que el sistema no puede obviar, la topología, que en realidad es el método matemático-lógico usado para definir las relaciones espaciales entre los objetos. La base de datos geográfica maneja varios niveles de resolución espacial, temporalidad; así como varios formatos y formas de almacenamiento de los datos sea en vector o raster.” (IGM, 2007, p. 5)

**Cartografía:**

“Es la ciencia, arte, y tecnología que interviene para representar la superficie terrestre y/o otros cuerpos celestes, de manera convencional en un plano para expresar en forma cualitativa o cuantitativa los fenómenos físicos y socioespaciales que se producen en ella.” (SENPLADES, 2013b, p. 18)

**Carta:** “Es la representación diseñada específicamente para navegación marítima, aérea o terrestre” (SENPLADES, 2013b, p. 18).

**Catálogo nacional de objetos geográficos:**

“[...] versión 2.0, al igual que en su primera versión, ha tomado como referencia las normas ISO/TS 19110:2005, Geographic information - Methodology for feature cataloguing e ISO 19126:2009 Geographic information - Feature concept dictionaries and registers; documentos que permiten la catalogación de objetos geográficos, sus atributos y dominios, con la finalidad de construir una base de datos geográfica, que facilite el almacenamiento, procesamiento, disponibilidad, intercambio, actualización y difusión, a nivel nacional.” (SENPLADES, 2013a, p. 11)

**Catálogo de objetos geográficos:**

“contiene definiciones y descripciones de los tipos de objetos geográficos, atributos del objeto geográfico, y asociaciones de objetos geográficos que ocurren en uno o más conjuntos de datos geográficos, junto con cualquier operación de objetos geográficos que se pueda aplicar.” (SENPLADES, 2013a, p. 14)

**Cartas topográficas:** “son mapas que contienen detalles planimétricos y altimétricos del terreno con información para navegación” (IGM, 2007, p. 7).

**Cartografía básica:**

“es aquella realizada de acuerdo con las normas cartográficas, se obtiene por procesos directos de observación y medición de la superficie terrestre. Es de uso común generalizado y obligatorio para la representación gráfica del territorio, pues por ser información sobre las entidades físicas del paisaje (relieve, hidrografía, vegetación etc.) así como de los elementos culturales humanos (infraestructura, vías, etc.). Sirve de base y referencia para los procesos de ordenamiento y planeación del territorio [...]” (IGM, 2007, p. 7)

**Cartografía digital:**

“este tipo de cartografía se sirve del uso de hardware y software especializado para la realización de una gran variedad de productos cartográficos, a partir de los principios del diseño asistido por computador (CAD) y las técnicas cartográficas para la creación de mapas, permitiendo desplegar y manipular los elementos cartográficos directamente en un computador.” (IGM, 2007, p. 7)

**Dato geográfico o geoespacial:**



“El dato geográfico es toda información obtenida y requerida como parte de operaciones científicas, administrativas o legales, que permite conocer lo que ocurre (qué), en una determinada posición del espacio (dónde), de una determinada manera (cómo) y en un tiempo determinado (cuándo)” (SENPLADES, 2013b, p. 18).

### **Datos fundamentales:**

“Se constituyen en la estructura de datos de alcance nacional y son aquellos que no deben faltar, con los cuales es posible construir estructuras de información lógica, consistente, exacta, racional e intercambiable. Deben permitir el análisis y ser capaces de aceptar sobreposición de grupos de datos de cualquier tipo, a condición que cumplan con las normas y especificaciones [...]” (SENPLADES, 2013b, p. 20)

**Efectividad:** los conceptos de eficacia, eficiencia, efectividad y la relación que mantienen son abordados en el Capítulo 7, para una mejor comprensión.

### **Escala:**

“[...] relación matemática entre la dimensión de un elemento de la realidad (o terreno) y su representación en la carta (o papel), por lo que puede ser considerada como el número de veces que la realidad ha sido reducida. Se expresa por medio de una relación fraccionaria que consta de dos términos denominados: unidad (1) y denominador de la escala (d). En este sentido, debe entenderse como una fracción  $1/d$ , o como una razón  $1:d$ .” Errázuriz y González (1992, citado en Marquina y Mogollón, 2018, p. 46)

### **Generalización cartográfica:**

“El término generalización procede de la palabra latina *generalis*, que significa relacionado con todo, general. Desde el punto de vista cartográfico, se ha definido la generalización como la selección de lo principal, lo más importante orientado hacia un objetivo y su generalización, teniendo en cuenta la realidad en sus rasgos principales y típicos, de acuerdo con el tema y la escala. [...]” (Moreno et al., 2011, p. 4-xx)

En este orden de ideas, según Galvis (2007):

“Sólo en escalas y resoluciones más grandes, la representación puede ser más aproximada a la realidad. La elaboración de un mapa requiere de unas especificaciones técnicas que dependen de la escala. Así, el mapa a escala grande tiene mayor exigencia de precisión y exactitud que uno de escala pequeña. Por esto, en los procedimientos cartográficos, sólo es posible generalizar, es decir, disminuir la escala y el nivel de resolución.

Al generalizar se desplaza de un nivel de resolución detallado a uno más general o menos detallado. Como se observa, los límites de resolución de los mapas están conectados a la escala y a la habilidad para representar ciertos rasgos en un mapa. Más allá de estos límites los rasgos deben ser generalizados, desplazados o abstraídos para permitir un mapa legible y estéticamente agradable. [...]” (p. 211)

En apoyo a este proceso, la potencialidad de los SIG para la automatización de las operaciones de generalización, debido a las herramientas que ofrece el software, queda definida por Moreno et al. (2011) como un “[...] proceso relacionado con la aplicación de un conjunto de algoritmos a los datos geográficos, con el fin de controlar la representación óptima de los fenómenos geoespaciales en un rango de escalas o niveles detalle [...]” (p. 3-xx-4-xx).

**Geoinformación:** “gráficos y atributos georeferenciados, almacenados en Bases de Datos orientados a proveer y cumplir las necesidades del usuario bajo ciertas normas técnicas (ISO, OGC)” (IGM, 2007, p. 17).

**Información geoespacial:** “Información de un objeto en relación con su posición de acuerdo con un estándar de referencia” (SENPLADES, 2013b, p. 16).

**Información geográfica:** “Conjunto de datos, símbolos, y representaciones organizadas para conocer y estudiar las condiciones del territorio” (SENPLADES, 2013b, p. 18).

**Mapa:** “Es la representación convencional de la superficie terrestre o parte de ella sobre un plano y generalmente a escala” (SENPLADES, 2013b, p. 18). Una definición ampliada y con una diferenciación de los productos por la escala es la determinada por Gómez Piñeiro (1995):

“El mapa es una representación geométrica plana, simplificada y convencional, de toda o parte de la superficie terrestre, con una relación de similitud proporcionada, a la que se llama escala. El término plano se utiliza cuando se considera que no hay problemas de curvatura de la Tierra, lo que solo puede hacerse en superficies muy reducidas y por lo tanto usando escalas muy grandes. El término carta sólo debe emplearse en los mapas que sirvan para la navegación aérea y marítima. El término planisferio se refiere a un desarrollo plano del conjunto del globo terráqueo. Un mapamundi es una representación plana del globo, en forma de dos hemisferios acoplados [...]. La cartografía hace intervenir la componente espacial representada por el fondo geográfico del mapa [...]” (párr. 3-4)

**Objeto geográfico (*feature*):** “abstracción de fenómenos del mundo real. Un objeto se puede presentar como un tipo de instancia” (SENPLADES, 2013a, p. 15).

**Objeto geográfico (*geographic feature*):** “representación de un fenómeno del mundo real asociado con una localización en relación con la Tierra” (SENPLADES, 2013a, p. 15).

### Topología:

“[...] permite encontrar *geometrías* coincidentes o comunes tanto en entidades de *puntos*, *líneas* y *polígonos*, así como comprobar la integridad de la información y la validación de la veracidad en la misma. Describe las relaciones entre *puntos*, *líneas* y *polígonos* que representa los objetos espaciales de una *región geográfica*. [...] La estructura topológica de una cobertura respalda tres conceptos topológicos principales:” (Alonso, 2019, párr. 4-6):

#### Conectividad:

“Los arcos se conectan entre sí en los nodos. [...] La conectividad se define a través de la topología arco-nodo.

En la estructura de datos *arco-nodo*, un arco es definido por dos extremos: el nodo de inicio que indica donde comienza el *arco* y un *nodo* de destino que indica donde termina, esto se denomina topología de *arco-nodo*.” (Alonso, 2019, párr. 4-9)

#### Definición de área:

“Los arcos que se conectan para circundar un área definen un polígono.

[...] Un área esta representada en el modelo vectorial mediante el límite o los límites que definen un polígono [...]

[...] La estructura arco-nodo representa el polígono como una lista ordenada de *arcos* (en la imagen) en lugar de un bucle cerrado de *coordenadas* X, Y. Esto se denomina **topología** arco-polígono.” (Alonso, 2019, párr. 4-11)

#### Contigüidad:

“Los arcos tienen dirección y lados izquierdo y derecho.

[...] La **topología** de polígono define la *contigüidad*, los polígonos son contiguos entre sí si tienen un *arco* en común.

Los *nodos* de inicio y de destino definen el *arco*. Esto indica la dirección de un *arco* para que se puedan determinar los polígonos que están a la izquierda y a la

derecha. La **topología** izquierda-derecha hace referencia a los polígonos que se encuentran del lado izquierdo y del lado derecho de un *arco*, [...]

Dos entidades *geográficas* que comparten un límite se denominan *adyacentes*, tomando la *contigüidad* como concepto *topológico* que determina la *adyacencia*.” (Alonso, 2019, párr. 4-14)

**Proceso:** “[...] es un conjunto de actividades relacionadas entre sí que se llevan a cabo para generar un resultado o producto” (Chen, s.f., párr. 1). De esta manera, “Se denomina proceso técnico [a] la serie de procedimientos o tareas sistematizadas, organizadas en el tiempo por etapas sucesivas, que son necesarias para la elaboración de un bien o producto” (Significados, 2017, párr. 1). La investigación realiza una propuesta de un proceso técnico de actualización cartográfica con métodos alternativos de insumos no fotográficos, el cual se encuentra definido en etapas.

**Procedimiento:** “[...] es un método compuesto por pasos claros y objetivos que deben seguirse para completar la tarea” (Chen, s.f., párr. 2). El procedimiento es la descripción detallada de una serie de tareas que se llevarán a cabo (Chen, s.f.). La investigación realiza una propuesta de procedimiento para la actualización cartográfica de las escalas en estudio, con el uso combinado de los insumos no fotográficos de los métodos alternativos, en base a su efectividad.

**SIG:** “[...] Conjunto de programas, equipamientos, metodologías, datos y personas (usuarios), perfectamente integrados, de forma que hace posible la recolección, almacenamiento, procesamiento y el análisis de datos georreferenciados, como así la producción de información derivada de su aplicación” Teixeira et al. (1995, citado en Buzai, 2006, p. 587).

En la actualidad, el impacto de las aplicaciones computacionales abarca todos los ámbitos; la relación que se genera entre la informática y la geografía apoya la aparición de nuevas visiones de la realidad y el desarrollo de las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG), como afirmó Buzai (2006):

“La transformación del mundo real en un modelo digital posible de ser trabajado mediante procedimientos computacionales exige una serie de transformaciones que finalizan al nivel de byte. Mediante esta fragmentación y estandarización, todo objeto geográfico puede definirse a través de una geometría particular (*punto, arco, polígono, raster o x-tree*), una localización precisa en el espacio absoluto (*x-y o geográficas*), una

serie de atributos (campos de información o capas temáticas – *layers*) y su existencia en un momento histórico (instante de realización de las mediciones). Concretar estos aspectos mediante medios computacionales se logra a través de la generación de bases de datos alfanuméricas y bases de datos gráficas.” (p. 584)

## Capítulo 2. Evolución de la cartografía básica en el Ecuador

La historia de la cartografía a nivel mundial abarca un extenso escenario espacio temporal, “Ya los pueblos primitivos dibujaban en la arena esbozos de mapas para orientarse y buscar una ruta, en lo que puede ser el precedente de la cartografía [...]” (Prieto, 2016, párr. 4). Asimismo, Porro (2011) sostuvo que “Desde la antigüedad más remota el hombre sintió la necesidad de elaborar croquis y mapas como un medio válido para reflejar o transmitir información sobre la realidad física de su mundo [...]” (p. 54).

A partir de estas consideraciones, a lo largo del tiempo, la cartografía ha acompañado e impactado la evolución de los pueblos; de modo que su uso ha permitido alcanzar ventajas competitivas y estratégicas para las campañas de conquista y conflictos bélicos, ha sido un instrumento de la navegación y una herramienta fundamental de la planificación y el desarrollo de los territorios, entre otras funciones.

En particular, la evolución de la cartografía básica oficial en el Ecuador se encuentra estrechamente vinculada a la historia del IGM, al ser el organismo oficial responsable de su generación. Para tener un panorama de su desarrollo en el tiempo, se realiza una cronología dividida en períodos,<sup>22</sup> donde se describe el avance de la tecnología, la producción cartográfica e hitos importantes ocurridos en el país y el mundo:

- Primer período 1492-1690 (inicios históricos de la cartografía en América-Ecuador).
- Segundo período 1691-1927 (inicios de la cartografía del Ecuador).
- Tercer período 1928-1960 (creación del SGM y categorización a instituto).
- Cuarto período 1961-1985 (la implementación de la tecnología informática en el IGM).
- Quinto período 1986-2000 (avance hacia la era digital).
- Sexto período 2001-2020 (evolución y democratización de la información geográfica).

Con base en esta periodización, se realiza un compendio de la cartografía de Ecuador a escala 1:1 000 000, 1:500 000 y 1:250 000, al ser las escalas en estudio. Las fuentes consultadas para cumplir con este propósito las constituyen principalmente los mapas

---

<sup>22</sup> Se toma como referencia la periodización realizada en los cortes establecidos por el IGM, en la publicación *El Instituto Geográfico Militar a través de la historia. 75 años al servicio del Ecuador* (IGM, 2002).

históricos de Ecuador, obtenidos en la Mapoteca del IGM, del Ministerio de Relaciones Exteriores, la Casa de la Cultura Ecuatoriana Benjamín Carrión; y, las publicaciones oficiales del Instituto de 1960, 1968, 1974, 1983, 1988, 1991, 2002, 2013 y 2018.

## **2.1 Primer período (1492-1690): inicios históricos de la cartografía en América-Ecuador**

En América y por consiguiente en el Ecuador, el origen de la cartografía comienza con el descubrimiento de este continente en 1492, por parte del marino y cartógrafo Cristóbal Colón, quién se aventuró a la mar con sus propias cartas geográficas. Pocos años después, en 1500, el cartógrafo español Juan de la Cosa, quien habría sido parte de las expediciones de Colón, elaboró un mapamundi donde se mostró por primera vez el continente americano; por sus características e información, corresponde a una carta náutica. Al respecto, es oportuno mencionar la siguiente descripción de López (2006):

“Las costas están perfectamente definidas. Todos los accidentes costeros, tales como bahías, cabos o golfos, están dibujados. Además, la línea del litoral está plagada de topónimos correspondientes a las ciudades y puertos, escritos en negro o rojo, reservando este último para facilitar la localización de los lugares de mayor importancia. Aparecen dispuestos de forma perpendicular a la costa y en el interior, a excepción del continente americano y las islas de pequeño tamaño donde se hace por fuera, debido a que el primero está policromado de verde y en las islas no hay cabida para la escritura.”  
(p. 12)

Posteriormente, en 1507, en el mapamundi realizado por Waldseemüller, se plasmó una masa de tierra en el hemisferio occidental, la cual se identificó por primera vez con el apelativo “América”, nombre inspirado en el navegante florentino Américo Vespucci (Urroz, 2010), y se describieron “[...] las dimensiones continentales de las tierras recién descubiertas [...]” (Urroz, 2010, p. 138). Años más tarde, en 1529, el cosmógrafo Diego Ribero, quien se encontraba a órdenes del Rey de España, elaboró un mapamundi, en el cual incorporó los descubrimientos, las revisiones y las correcciones más recientes realizadas; lo que posibilita proporcionar una delimitación más precisa y actualizada del mundo conocido, en concreto, “[...] América se representa con la totalidad de la costa atlántica ya explorada, [...] y las costas de Centroamérica y del Mar del Sur hasta Perú, [...]” (Castillo, 2018, p. 60).

También, existen otros mapas en donde se visualiza la costa ecuatoriana, entre ellos el mapamundi realizado en 1544 por Sebastián Cabot o Caboto; el planisferio *Theatrum Orbis*

Terrarum en 1570 de Abraham Ortelius, el cual es considerado “[...] el primer atlas moderno [...]” (Carrera, 2021, párr. 2). Asimismo, cabe destacar que, como parte de este trabajo, se encuentra la primera carta que incorpora las Islas Galápagos con el nombre “Ins(ula) de los Galopegos” (Gómez, 2015, p. 245).

En el siglo XVII, se destacaron numerosos mapas de América, como el publicado por Antonio Herrera y Tordesillas en la “Descripción del Audiencia del Quito”, en 1601 (Sanderus, s.f.); el de Arnaldo di Arnoldi, en 1602; los editados por Cornelius Wytfliet, en 1603; los del cartógrafo Joannes de Laet, en 1625, como parte de su obra *Historia del Nuevo Mundo*; el mapa “America Meridionalis” del atlas Mercator-Hondius, editado por el cartógrafo Jodocus Hondius, en 1630; y el mapa “America Meridionale” de alta precisión del cosmógrafo Vincenzo Maria Coronelli, en 1691, quien tuvo acceso a los informes de los navegantes y esto le permitió mejorar la cartografía del continente americano y obtener un trazado de América del Sur muy preciso, en comparación con sus predecesores y contemporáneos (Prieto, 2015).

Los mapas mencionados fueron generados ante la necesidad de plasmar y evidenciar el descubrimiento del nuevo continente; los conocimientos científicos para su creación y desarrollo estuvieron en constante evolución, a la par de los descubrimientos. Los croquis, esbozos y dibujos artísticos dan paso a documentos cartográficos más técnicos, con mayor precisión en sus trazados, por lo que son una representación más fiel del espacio geográfico, como lo indicaron Franco et al. (2011): “El mapa como representación de la realidad” (p. 31).

A partir de este enfoque, se desarrolla la presente investigación, cuyo interés se encuentra en la cartografía generada desde especificaciones técnicas en base a las escalas de trabajo, lo que permite mediciones precisas en los trazados. Este tipo de cartografía se encuentra estrechamente relacionada con la evolución de la geodesia, de modo que el avance técnico de los métodos de medición y el desarrollo de los instrumentos geodésicos se constituyen como un hito relevante.

En 1617, se inició una nueva era de la geodesia cuando el holandés Snellius inventó la triangulación para el levantamiento de áreas grandes, como regiones o países. “Una definición clásica de la geodesia: [...] es la ciencia que estudia la forma, el tamaño, y el campo de gravedad de la tierra” (IGAC, 2020c, párr. 1). En complemento, se puede indicar que el desarrollo de la geodesia con fundamento científico nace y se engrandece en Francia,



durante los siglos XVII y XVIII, con las contribuciones de Picard, Cassini, Clairaut, Delambre, entre otros (Chiriboga y Ángel, 1936).

En esta misma línea de desarrollo, en 1666, se fundó la Academia de Ciencias en París dedicada al desarrollo de la ciencia. Mientras tanto, en el continente europeo, España era considerada la descubridora del Nuevo Mundo, mientras que Francia e Inglaterra tenían la hegemonía de la ciencia cartográfica, en donde se debatía el dilema de la redondez de la tierra:

“París ya era el centro del mundo científico y casi todos en la academia confiaban en poder demostrar la superioridad de la ciencia francesa. Para concluir los debates bastaba con determinar el valor de un grado de meridiano en dos latitudes diferentes y comparar sus medidas. Si eran iguales, la Tierra sería esférica; si por el contrario eran diferentes se podría averiguar cuál era el eje achatado, así como su magnitud. [...]” (Lafuente, 1995, p. 2)

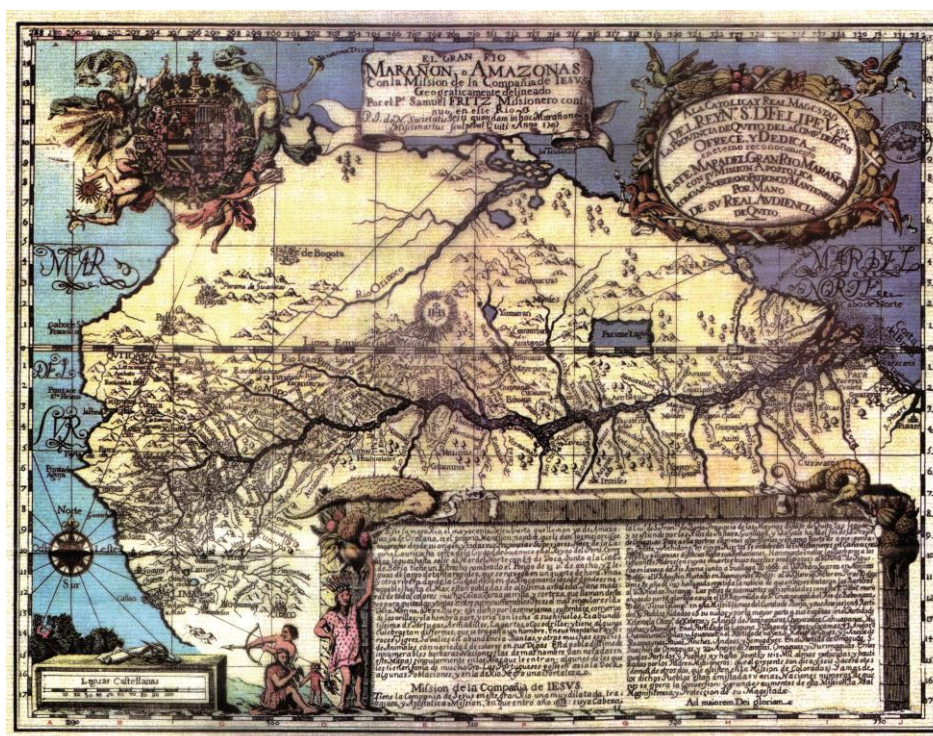
Los acontecimientos mencionados iniciaron la planificación y posteriormente la ejecución de las Misiones Científicas Geodésicas, las cuales tuvieron como objetivo determinar la forma y las dimensiones del elipsoide terrestre; por lo que se requirieron dos medidas de un arco meridiano calculadas en regiones extremas y con la precisión máxima (Chiriboga y Ángel, 1936). La Primera Misión Geodésica se llevó a cabo por medio de dos expediciones: una dirigida a las cercanías del círculo polar ártico, con dirección a Laponia, región de la Unión Soviética, y la otra hacia colonias hispanas, en lo que actualmente es el Ecuador, entonces virreinato del Perú. En particular, cabe mencionar, que esta misión geodésica indirectamente constituye el propulsor de la generación cartográfica de manera científica en el Ecuador.

## **2.2 Segundo período (1691-1927): cartografía del Ecuador**

A principio de este tiempo, se destaca la obra del padre jesuita Samuel Fritz, quien elaboró en 1691 el Mapa Geográfico del Río Marañón o Amazonas. Dicho mapa fue grabado en 1707 con la denominación “El Gran Río Marañón o Amazonas”, ambos fueron el resultado de un trabajo notable no solo por la “[...] calidad del levantamiento cartográfico sistemático, a lo largo del río Amazonas, sino también por la valiosísima información etnográfica contenida en sus cartas y refrendada por su lucha en defensa de los grupos étnicos amazónicos frente a las incursiones portuguesas” (Gómez, 2015, p. 245). Como se aprecia en la Figura 3:

Figura 3

## El Gran Río Marañón o Amazonas (1707)



Fuente: Bravo, K., 2018.

Durante las primeras décadas de 1700, el territorio ecuatoriano fue protagonista de una de las más grandes controversias científicas: la relacionada con la forma de la tierra<sup>23</sup>, dado que fue elegido por la Academia de Ciencias de París como escenario para realizar las mediciones que dieron respuesta a este debate. Luis XV de Francia y Felipe V de España auspiciaron el desarrollo de estas operaciones y fomentaron la participación de famosos geodestas, como M. Louis Godin, M. Charles de la Condamine y M. Pierre Bouguer. Con esta finalidad, en mayo de 1735, parte del puerto francés de la Rochelle, la Misión Geodésica franco-española, la cual arriba el 29 de mayo de 1736 a la capital de la Real Audiencia de Quito (Chiriboga y Ángel, 1936). La medición del arco de meridiano fue hecha en dos fases bien diferenciadas:

“[...] la geodésica, entonces denominada geométrica, básicamente consistía en triangular una distancia de unos 400 Kms. a lo largo del corredor interandino, aprovechando las cordilleras occidental y oriental para la instalación de los puestos de observación. La distancia, equivalente a más de 3° de latitud, era suficiente para el fin

<sup>23</sup> Teoría de Newton: forma de la tierra elíptica (redonda con achatamiento polar); teoría de Cassini, forma de la tierra esférica

que se proponían y las medidas de la base de comprobación, [...]” (Lafuente, 1995, pp. 2-3)

Como línea base, fue considerada la llanura de Yaruquí, en donde se estableció el primer fundamento para la triangulación geodésica; luego, la medición triangular desde Cochasquí hasta la planicie de Tarqui. La segunda fase fue la medición astronómica en grados, minutos y segundos, que comprende esencialmente la medida de las latitudes de las estaciones extremas del arco, latitudes cuya diferencia da su amplitud en el mismo espacio de Quito y Cuenca. Al respecto, se destaca:

“La comparación de los resultados del Ecuador [desde 1735 a 1744] con los de Laponia [arco meridiano polar] y con la meridiana de Francia, comprobada por Cassini de Thury y La Caille (1739-1740) consagró el triunfo de la teoría newtoniana” (Chiriboga y Ángel, 1936, p. 20).

Mientras tanto, en 1734, el presidente de la Real Audiencia de Quito, el historiador y geógrafo madrileño don Dionisio Alcedo y Herrera, mandó a realizar el plano panorámico de Quito (Justo, 2010) y el compendio histórico de la provincia de Guayaquil, en 1741; obras que aún no aplican los avances geodésicos de la época. Recién en 1750, los aportes científicos de la misión geodésica se vieron plasmados en la obra de Pedro Vicente Maldonado<sup>24</sup> (ver Figura 4), de este trabajo cartográfico es preciso mencionar lo indicado por Gonzáles Suárez:

“[...] a quien debemos la mejor Carta geográfica que en la antigua presidencia de Quito y hoy República del Ecuador se haya levantado hasta ahora. Varios mapas de nuestra República se han trazado después, pero el de Maldonado continúa siendo todavía, sin disputa, el más completo, el más exacto, el más fiel, el mejor trazado. La Condamine lo tuvo como documento precioso por la geografía descriptiva de América, y Humbolt lo elogió, calificándolo de una de las mejores cartas geográficas que de las posesiones europeas ultramarinas se tenían entonces [...]” (Ortíz, 2002, p. 38).

---

<sup>24</sup> Matemático, astrónomo, geógrafo y cartógrafo ecuatoriano.

Figura 4

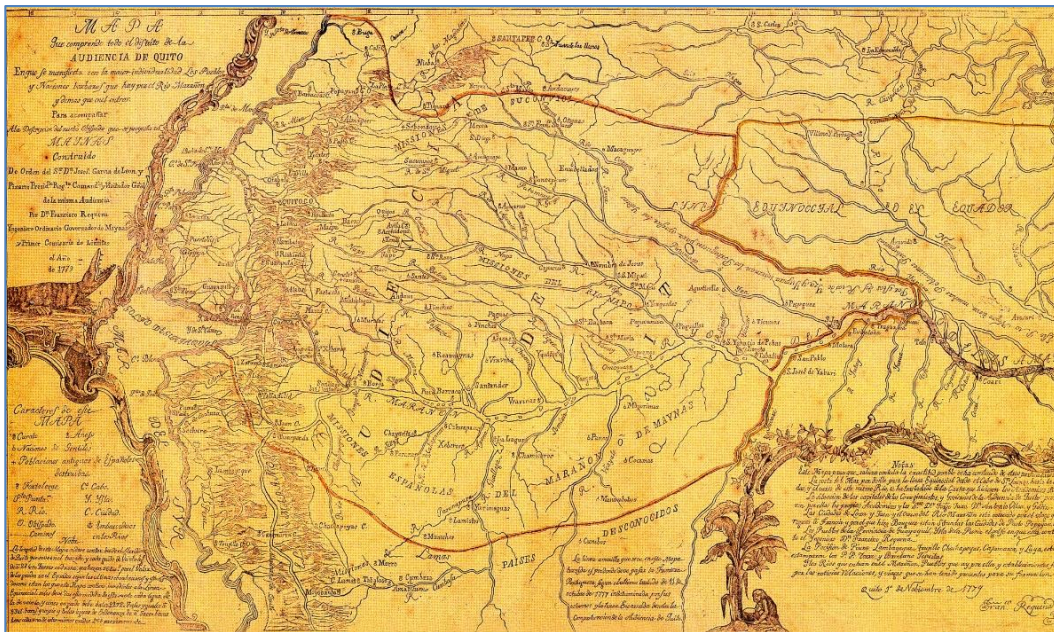
**Carta de la Provincia de Quito y sus adyacentes/ ampliación (1756)**

Fuente: Bravo, K., 2018.

Más adelante, durante la segunda mitad del siglo XVIII, se elaboraron distintos documentos cartográficos, como el mapa que comprende todo el distrito de la Audiencia de Quito, realizado por Francisco de Requena en 1779 (Figura 5) y la carta general de las provincias del Quito Propio, delineada por el Padre Juan de Velasco en 1789 (Figura 6). Ambos trabajos no presentan el nivel de detalle del realizado por Maldonado en décadas anteriores.

Figura 5

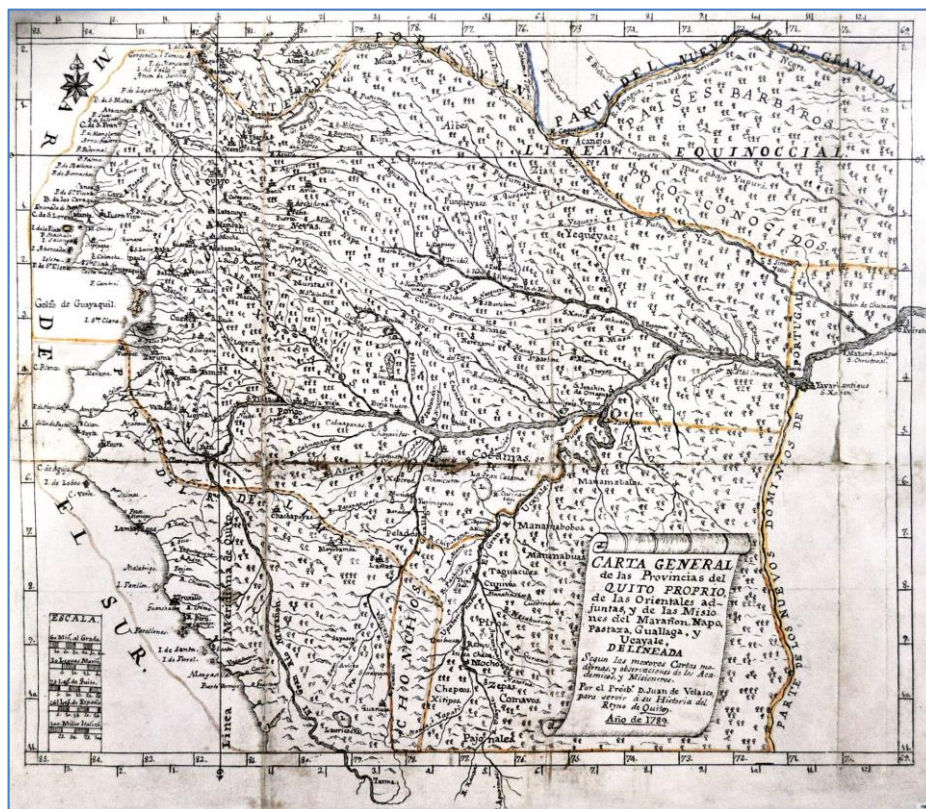
Mapa que comprende todo el distrito de la Audiencia de Quito (1779)



Fuente: Bravo, K., 2018.

Figura 6

Carta General de las Provincias del Quito Propio (1789)



Fuente: IGM, 2002.

Luego, tras el triunfo obtenido en la Batalla de Pichincha, el 24 de mayo de 1822, las provincias que pertenecían a la Real Audiencia de Quito se independizan de España y pasaron a formar parte de la Gran Colombia, denominándose Distrito del Sur, conformada por tres departamentos: Departamento de Ecuador, Departamento del Azuay y Departamento de Guayaquil. Años más tarde, el 13 de mayo de 1830, el Departamento de Ecuador se retiró de la Gran Colombia y pasó a formar parte de un Estado independiente, con el nombre de República del Ecuador; el 19 de mayo se adhirieron los otros dos departamentos; el 14 de agosto del mismo año se convocó la primera Asamblea Constituyente en Riobamba, y se expidió la Constitución que dio nacimiento al Ecuador presente (Avilés, 2000).

En la elaboración del primer mapa de la nueva República del Ecuador en 1858, se entrelazaron la ciencia y el nacionalismo en manos del médico quiteño Manuel Villavicencio, como lo mencionó Sevilla Pérez (2013): “[...] la figura de Villavicencio evidencia un punto de transición entre dos momentos cruciales en el desarrollo de la ciencia en el Ecuador; la migración de la ciencia desde el ámbito privado hacia el espacio público [...]” (p. 35).

Este mapa, pese a haber sido financiado en el ámbito privado, fue el instrumento oficial de instrucción pública por más de treinta años. Esta situación puso de manifiesto cómo el conocimiento científico se articula a la administración estatal como una herramienta de gobierno. Con una escala aproximada de 1:1 350 000, fue utilizado como un documento de defensa ante los conflictos limítrofes con los países vecinos durante las primeras décadas del siglo XX. Para su elaboración, se tomó como base dos tipos de fuente: las observaciones, mediciones y descripciones realizadas en diversos viajes por el autor u otros científicos viajeros e información menos precisa que tenía de fundamento leyendas e imaginación de todo lo que no se conoce (Sevilla Pérez, 2013), como se aprecia en la Figura 7.

Figura 7

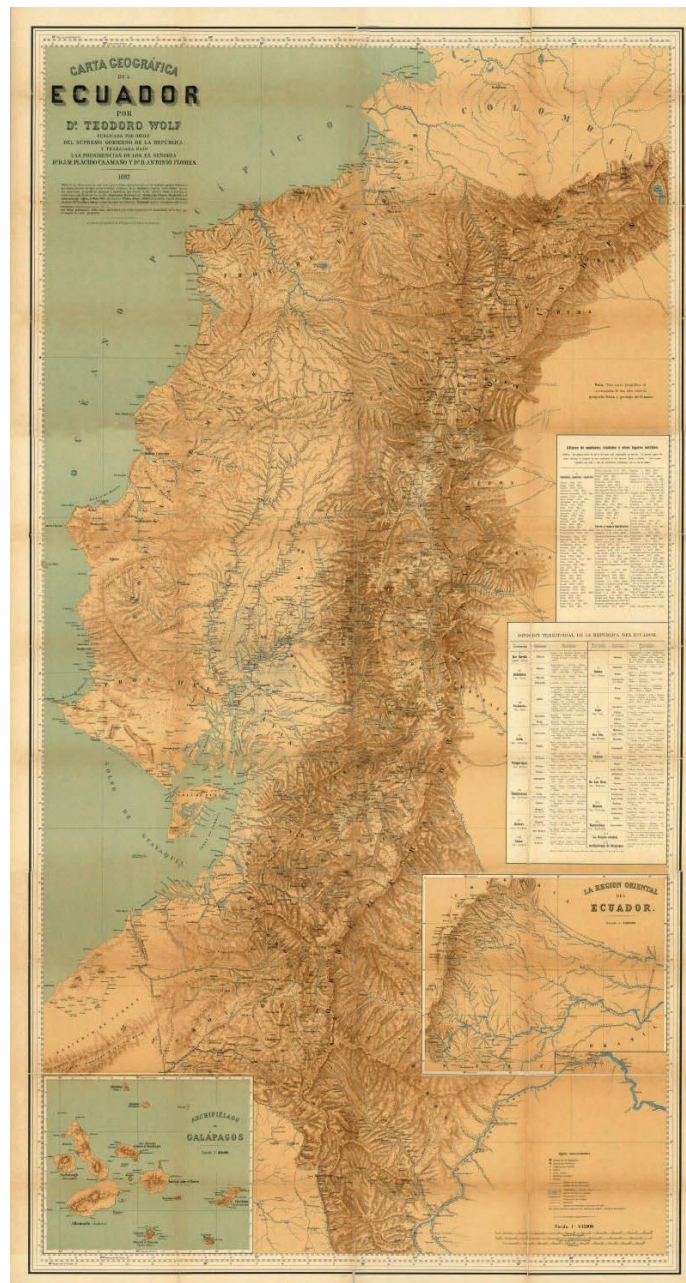
**Carta Corográfica República del Ecuador (1858)**

Fuente: Bravo, K., 2018.

Años más tarde, en 1892, el geógrafo y geólogo Teodoro Wolf elaboró un mapa actualizado del Ecuador, el cual reemplazó la obra de Villavicencio y lo descalificó, pues lo consideró un trabajo acientífico y de poca rigurosidad científica (Sevilla Pérez, 2013).

Este mapa es visto como una joya en la historia cartográfica (Figura 8), dado que representa las regiones de la Costa, Sierra y Galápagos con un realismo territorial irrepetible; el oriente lo describe de forma indirecta, dado que no conocía esta región; así utilizaron “[...] instrumentos de tecnología limitada: un teodolito para las triangulaciones terrestres y observaciones astronómicas; una brújula para orientar los itinerarios y un barómetro para determinar las altitudes” (Bravo, 2018, p. 43).

Figura 8  
**Carta Geográfica del Ecuador (1892)**



Fuente: Bravo, K., 2018.

Mientras tanto, la geodesia enfrenta nuevos desafíos ante el gran avance tecnológico y científico alcanzado a mediados del siglo XIX. En 1898, durante la conferencia general de Stuttgart, la Asociación Geodésica Internacional expuso la necesidad de medir nuevamente los arcos de Laponia y de la zona ecuatorial al replantear el problema de la precisión de los métodos utilizados en la Primera Misión. Para llevar a cabo este nuevo proyecto, Rusia y Suecia asumieron la medición del arco del Polo (tarea realizada de 1899 a 1902); mientras



Francia se compromete para la medición del arco en la zona ecuatorial, a través de su Servicio Geográfico del Ejército (Chiriboga y Ángel, 1936).

La Segunda Misión Geodésica Francesa arribó a tierras ecuatorianas el 1 de junio de 1901, con un contingente con formación técnica en topografía y provistos de los equipos científicos más avanzados de aquella época. Esta permaneció en el país hasta 1906. Los trabajos geodésicos se iniciaron en Riobamba, con la medición de la base desde el vértice Aguaisacte, para lo cual llevaron a cabo triangulaciones geodésicas para la cadena de medición del arco meridiano y, luego, continuaron sus labores hacia el norte en Tulcán y el sur, en Paita.

Para las mediciones, se utilizó la regla bimetálica Brunner y para la comprobación, un equipo sencillo conformado con hilos metálicos de invar marca Jaderi. Posteriormente, se realizaron nivelaciones geodésicas de precisión, desde la localidad de La Libertad, en la costa del Océano Pacífico. A partir de mediciones astronómicas, se determinó las latitudes en los vértices Panecillo y Loma de Quito, el azimut de los vértices a través del método de observaciones meridianas, así como también se llevaron a cabo numerosas observaciones sobre la medición de la gravedad y la longitud del péndulo.

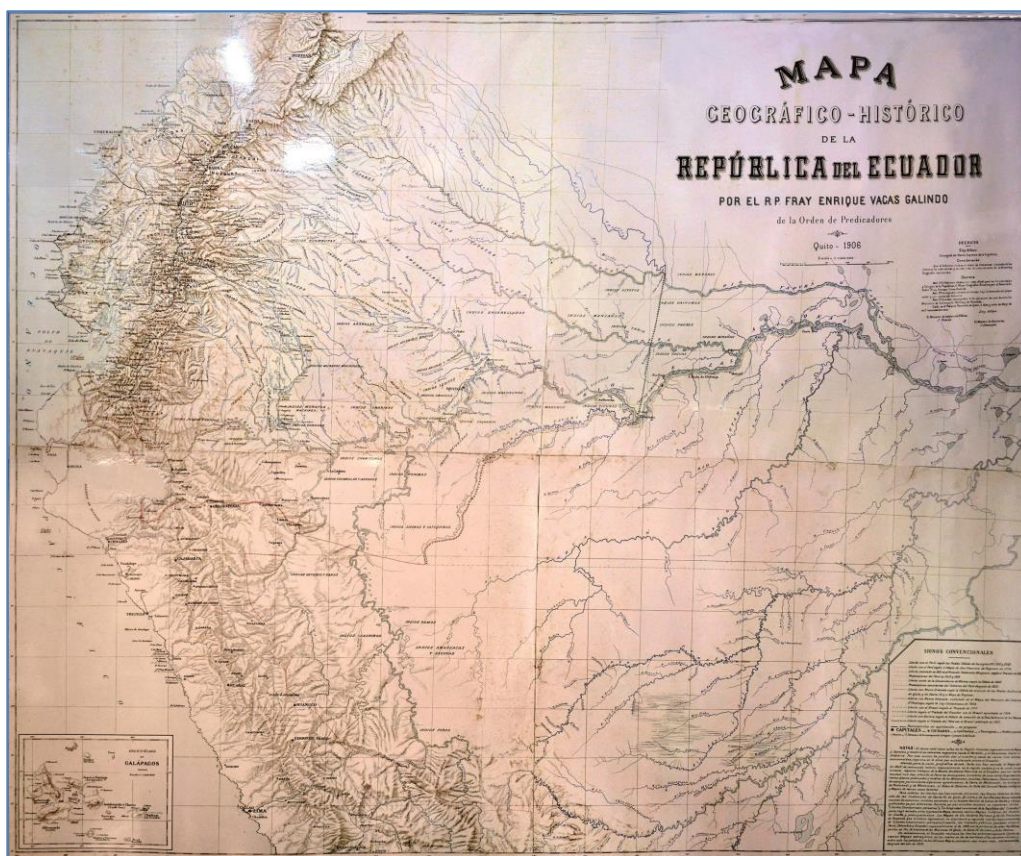
Entre los trabajos realizados por esta misión, cabe destacar la medición de un arco de  $5^{\circ}53'34''$  comprendido entre Tulcán al norte y el puerto peruano de Paita en el sur, con más de 52 estaciones geodésicas de observación, la construcción de 15 vértices geodésicos y 3 estaciones astronómicas. Asimismo, se destacan los conocimientos científicos proporcionados por el General Georges Perrier y su aporte a la cartografía nacional, entre ellos, los datos relativos a las coordenadas geográficas de la base de Riobamba y el coeficiente de refracción terrestre en cada una de las zonas situadas en el callejón interandino del Ecuador (Chiriboga y Ángel, 1936).

Estos antecedentes impulsaron las ciencias geográficas y cartográficas en el país, con lo que se valorizó la importancia de la geodesia en el campo científico y técnico; en consecuencia, el levantamiento topográfico de la carta nacional que impacta en el desarrollo geográfico del país. En coincidencia con la finalización de la Segunda Misión Geodésica en 1906 y la corroboración de la forma de la tierra como una elipse de revolución, con achatamiento en los polos, el padre dominico Enrique Vacas Galindo publicó el Mapa geográfico-histórico de la República del Ecuador. El clérigo pasó varios años en la selva ecuatoriana y luchó para que el Gobierno ecuatoriano se ocupase de esta vasta zona olvidada. Dicho mapa reemplazó catorce años después al mapa de Wolf, que pese al rigor científico

con el que fue realizado, no representa a la región oriental en su magnitud y, ante un nuevo conflicto armado por temas limítrofes, no servía como instrumento de representación público del país (Sevilla Pérez, 2013), como se aprecia en la Figura 9. Según Moreno Proaño (2012), historiador y miembro de la Academia Nacional de Historia, menciona que ese mapa “[...] es una verdadera joya cartográfica y uno de los argumentos más válidos de nuestros derechos sobre la Cuenca Amazónica” (p. 152).

Figura 9

### Mapa Geográfico-Histórico de la República del Ecuador (1906)



Fuente: IGM, 2002.

Pese a la existencia de otros mapas durante este período, los de Villavicencio en 1858 (Figura 7), Wolf en 1892 (Figura 8) y Vacas Galindo en 1906 (Figura 9) fueron los primeros mapas que cronológicamente se proyectan a nivel nacional. Cada uno con sus propios objetivos, ideas sobre el rol de la ciencia y la producción del conocimiento geográfico, como la propuesta de Villavicencio, quien apeló a la ciencia y nación, Wolf recurrió a la ciencia y al Estado; y, Vacas Galindo vinculó el territorio con la Nación, por lo que dejó de lado el debate sobre la ciencia y consideró el mapa como un hecho legal (Sevilla Pérez, 2013).

En 1922, se publicó la Carta Geográfica de la República del Ecuador, realizada por el Ingeniero Gualberto Pérez, a escala 1:1 000 000. Este mapa fue el primero del país en el que se especificó a esta escala e incluyó en un recuadro al Archipiélago de Colón (Galápagos) a escala 1:1 500 000, junto con la División Territorial de la República (Guerra, 2018), como se aprecia en la Figura 10. Así, la distinción más sobresaliente de esta nueva carta fue la representación de la Amazonía (Capelo, 2010).

Figura 10

### Carta Geográfica de la República del Ecuador (1922)



Fuente: Pérez, G., 1922.

Los problemas territoriales que el Ecuador ha mantenido desde hace algunos años con Perú, generan en el país la necesidad de representar su territorio con precisión en un mapa, carta o plano y, a la vez, de crear un organismo que asumiera esa competencia de manera oficial. Con este objetivo y el deseo del mando militar de mejorar y modernizar la organización del ejército y obtener un perfeccionamiento técnico, el Gobierno contrató una Misión Militar Italiana en 1922, la cual debía contar con la presencia de una sección de ingenieros; que desde su llegada empezaron a impartir cursos intensivos destinados a la especialización (Lloret-Orellana, 2015).

Como lo indicó Lloret-Orellana (2015), “Con visión de futuro y ante la indispensable necesidad de disponer de una Carta Militar del país” (párr. 32), en enero de 1923, el ejército ecuatoriano organizó en el Estado Mayor las secciones necesarias para el levantamiento de la carta topográfica militar. A mediados de 1926, el capitán Ingeniero Giacomo Rocca (1926, citado en IGM, 2002) se pronunció sobre “El Problema Topográfico en la República del Ecuador”, con lo que refirió lo siguiente:

“[...] en los países civilizados se impone la necesidad de una carta topográfica por razones de índole política, militar, técnica y económica. En la política, el Gobierno tiene frecuentemente que resolver cuestiones de límites y derecho internacional. Por lo mismo, el Ministerio de Relaciones Exteriores debe tener a su alcance una carta de esta naturaleza. En lo militar, el uso de dicha carta es incuestionable, ya que con ella, el Ministerio del Ramo y el Estado Mayor General podrá atender con mayor acierto y eficiencia a la seguridad y a la defensa de la integridad del Estado. Técnicamente sirve al Ministerio de Obras Públicas para el estudio de la construcción de vías de comunicación, implantación de grandes industrias, etc. Y en la parte económica facilita grandemente al Ministerio de Hacienda con la formación de catastros y otras obras especulativas.” (p. 42)

Con los antecedentes expuestos, el 25 de junio de 1927 el Gobierno creó la primera comisión técnica para el levantamiento de la Carta Topográfica Nacional, bajo el auspicio del Estado Mayor General. Esta comisión elaboró un excelente plan sintético de las operaciones que deben ser llevadas a cabo e impulsó la capacitación del personal civil en los ámbitos de la cartografía y topografía.

### **2.3 Tercer periodo (1928-1960): creación del Servicio Geográfico Militar y su categorización a Instituto**

La experiencia y transferencia de conocimientos por parte de la Segunda Misión Geodésica, así como el aporte de la Misión Militar Italiana, han promovido la transformación de la sección topográfica a Servicio Geográfico Militar (SGM), la cual fue llevada a cabo el 11 de abril de 1928.<sup>25</sup> Así, el SGM se creó con todas las facultades y atribuciones para el levantamiento y la elaboración de la Carta Geográfica Militar, estableciéndose la siguiente estructura organizacional: dirección general, división geodésica, división topográfica y división cartográfica (Vaca, 1998). Por su parte, Capelo (2010) mencionó que “[...] Bajo el

---

<sup>25</sup> Decreto Ejecutivo No. 163 de 11 de abril de 1928, con el carácter de dependencia oficial del Estado, como un departamento adjunto al Estado Mayor del Ejército

auspicio del entonces llamado Servicio Geográfico Militar, la cartografía se convirtió en un instrumento de control territorial” (p. 97).

Para cumplir con la misión establecida, se inició el desarrollo de las operaciones geodésicas (División Geodésica) y topográficas (División Topográfica). Para lo cual, en primera instancia, se ejecutó un diagnóstico del estado de las bases de la red triangular, medidas por la Misión Geodésica Francesa. Del estudio realizado, se recomienda el inicio de los trabajos en la zona de Riobamba, al encontrarse en buenas condiciones la base fundamental y sus pirámides, de igual manera, se disponía de trabajos de nivelación de precisión.

Ante lo indicado, en julio de 1928, salió la primera comisión hacia la ciudad de Riobamba y volvieron a medir la base (Vaca, 1998). Luego, procedieron a realizar una ampliación de la base geodésica, lo que conforma un triángulo definido por los vértices: Loma de Quito, Aguaisacte e Igualata. De esta manera, se realizaron operaciones de extensión de control, lo que permitió formar la red triangular y proporcionar los elementos necesarios para que se realizaran las mediciones y los cálculos por parte de la División Topográfica, quien ejecutó los levantamientos topográficos (IGM, 2002).

De forma paralela y complementaria, se llevaron a cabo las labores de cartografía (División Cartográfica). Así, se elaboraron nueve cartas topográficas de la zona de Riobamba y sus alrededores, a escala 1:20 000, con la utilización de la técnica de fotogrametría terrestre, autogrametría o restitución en autógrafo y relleno topográfico, con el proceso de taquimetría y el uso de la plancheta. El proceso de dibujo y grabado es realizado por el SGM y la impresión en Turín-Italia, al no disponer de equipamiento para impresión. El trabajo se desarrolló con todos los cánones técnicos por aproximadamente dos años, hasta septiembre de 1930 (IGM, 2002).

Entre 1930 y 1932, se dejó a un lado la elaboración de cartas a escala 1:20 000 y se inició el levantamiento del mapa topográfico del Ecuador a escala 1:25 000, dividido en hojas de formato normalizado de cuatro minutos de longitud por cinco minutos de latitud. El proceso, las técnicas y los instrumentos usados para su generación fueron similares a las utilizadas en las cartas a escala 1:20 000. Las hojas topográficas levantadas con ese procedimiento son denominadas “planchetas” y se elaboraron diez con una superficie de 680 km<sup>2</sup>, se realiza el levantamiento del plano de la ciudad de Quito a escala 1:1 000 y 1:20 000 y el establecimiento de mareógrafos en la costa de Esmeraldas (IGM, 2002).

Debido a una delicada crisis económica y social, agravada por una situación internacional inestable con el vecino país de Perú, hasta 1940, se redujeron las actividades cartográficas generadas por parte del SGM, al igual que el presupuesto asignado. Ante este panorama, se priorizaron los trabajos cartográficos en la frontera sur, en las provincias de El Oro y Loja, lo que significó el desarrollo de varios croquis viales y topográficos a escala 1:200 000 (Bravo, 2018). Sin embargo, estos no permitieron al mando militar, elaborar un eficiente plan de operaciones y defensa, y, de esta manera, la ausencia de cartografía en las zonas fronterizas se convirtió en una de las causas que conllevan, a una inadecuada planificación en la guerra con el Perú, en julio de 1941 (IGM, 2002).

A partir de este acontecimiento, el personal técnico del SGM pasó a formar parte de la Comisión Mixta con el Perú, a fin de dar cumplimiento al Protocolo de Paz, Amistad y Límites de Río de Janeiro conocido como Protocolo de Río de Janeiro, con la materialización de los límites binacionales a través de la colocación de hitos de concreto (Bravo, 2018).

Ante los hechos suscitados, el Ecuador ratificó la importancia de disponer de cartografía base del territorio nacional, que no solo sea útil para la defensa del territorio, como lo indicó Gómez Piñeiro (1995), la cartografía se convierte en una base fundamental para la elaboración de estudios geográficos, trabajos de ordenación del territorio, planificación y gestión urbanística.

Como parte de la labor del SGM, se destaca la participación en las tareas previas al primer censo de población, con la creación de la cartografía censal, el inicio del enlace con las triangulaciones geodésicas de Colombia y Perú y la finalización de las líneas de nivelación de la cota norte de la base de Riobamba, hasta el nivel medio del mar. En 1934, la sección de reproducción de cartas, posteriormente llamada Imprenta General, inició sus labores y, en 1946, ya contaba con dos prensas tipográficas (IGM, 2002).

Más adelante, el 15 de agosto de 1947, ante la participación alcanzada en el conflicto bélico, la posterior demarcación del territorio en la frontera mediante hitos y el apoyo hacia las actividades del desarrollo nacional (IGM, 2002), el Estado ecuatoriano eleva al Servicio Geográfico Militar (SGM) a la categoría de Instituto Geográfico Militar (IGM).<sup>26</sup> La

---

<sup>26</sup> Decreto presidencial No. 1578 del 15 de agosto de 1947. Se coloca en los considerandos como finalidades: el Levantamiento de la Cata Nacional, la investigación científica y el aprovechamiento de las riquezas naturales del país.

creación del IGM aconteció en un escenario de grandes avances tecnológicos y conceptuales en el ámbito cartográfico, con el apoyo de Estados Unidos.

Este apoyo hacia el país se enmarcó en el siguiente contexto: al finalizar la Segunda Guerra Mundial, Estados Unidos emprendió un apoyo a países latinoamericanos y centroamericanos, a través del programa del Servicio Geodésico Interamericano (en inglés *Inter American Survey*, con sus siglas IAGS). Principalmente, el objetivo de este programa radicó en la realización de cursos de capacitación acerca del nuevo método de levantamiento cartográfico denominado aerofotogrametría que habían desarrollado, el cual revolucionó la cartografía mundial de la época (IGM, 2002).

Por su ubicación geográfica, el Ecuador es considerado por Estados Unidos como el lugar con mayores garantías para la defensa estratégica del Canal de Panamá, en caso de ser atacado por Japón o Alemania, de acuerdo con lo indicado por Lauderbaugh (2011, citado en Bravo, 2018). Esto motivó la firma de un convenio binacional para el asesoramiento técnico entre el Gobierno ecuatoriano, a través del IGM, y el Gobierno de Estados Unidos a través del IAGS. Este convenio, desarrollado entre 1947 y 1968, tuvo como objetivos: realizar el enlace geodésico internacional, la relación del control geodésico con el trabajo cartográfico, la implementación del empleo de la fotografía aérea y la ayuda técnica y logística por parte del IAGS (IGM, 1968 y Bravo, 2018). Esta colaboración, según Capelo (2010) “[...] tuvo un efecto significativo en las labores geográficas ecuatorianas [...]” (p. 10).

Así, el insumo de fotografía aérea requerido por la aerofotogrametría se consiguió con el apoyo de la Fuerza Aérea de Estados Unidos, quienes sobrevolaron gran parte del territorio nacional. En el sector del Divortium Acuarum,<sup>27</sup> señalado en el Protocolo de Río de Janeiro<sup>28</sup>, se ejecutó el procedimiento de fotointerpretación y se llevaron a cabo vuelos de reconocimiento del sector, lo que evidenció la existencia del Río Cenepa, entre los ríos Zamora y Santiago; esta información representó la realidad de la frontera Ecuador-Perú en ese sector, lo que permitió al Gobierno del Ecuador, en 1949, solicitar la inejecutabilidad del mencionado Protocolo (IGM, 2002).

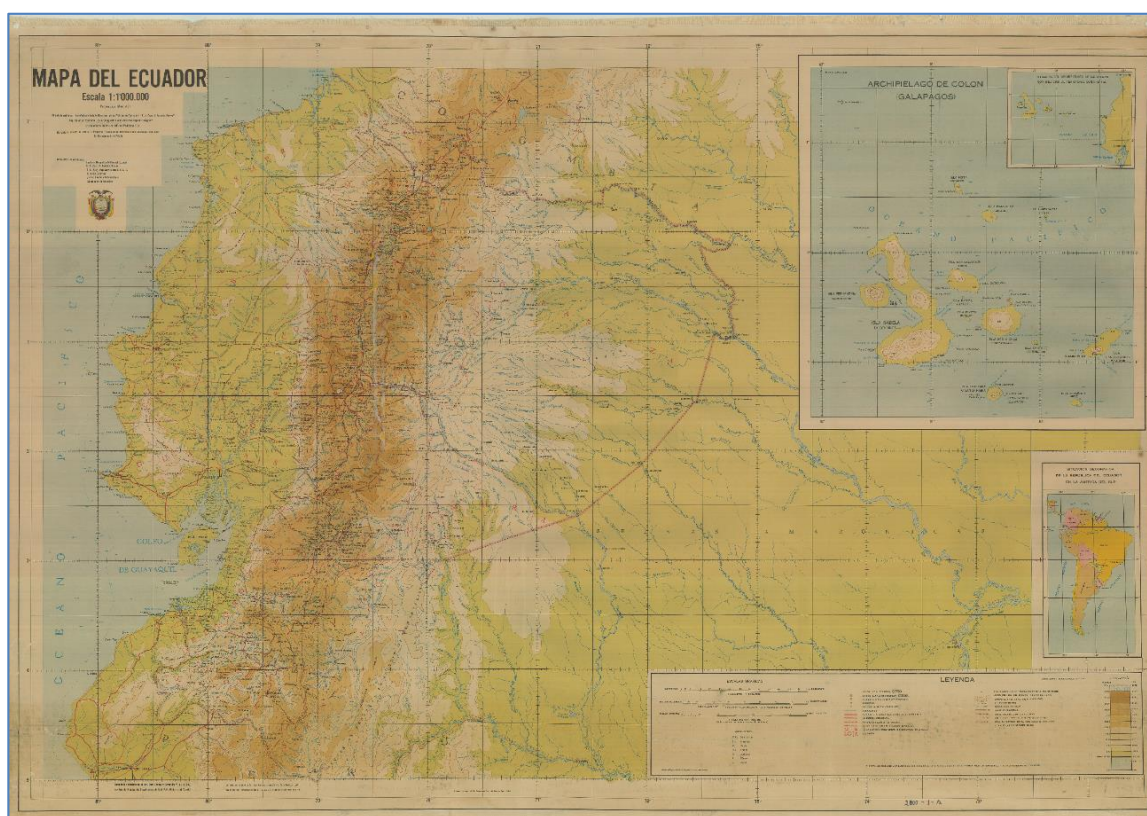
---

<sup>27</sup> Divisoria de aguas.

<sup>28</sup> Protocolo de Paz, Amistad y Límites de Río de Janeiro ‘sobre el trazado de la línea en el Art. VIII: ‘En el Oriente: De la Quebrada de San Francisco, el *divortium aquarum* entre el río Zamora y el río Santiago hasta la confluencia del río Santiago con el Yaupi.’ (Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales [FLACSO], s.f., p. 143)

Dada la importancia de representar el territorio ecuatoriano y la realidad geográfica de su frontera, en 1950, se emprendió la tarea de realizar el mapa nacional del país. Para ello, se utilizó la información obtenida con el apoyo del IAGS, datos propios de sus hojas topográficas, los levantamientos expeditivos de algunas regiones y la compilación de cartografía realizada por compañías extranjeras; lo que le permitió cartografiar y editar, en sus propios talleres. Así, el mapa del Ecuador a escala 1:1 000 000 de 1950 (IGM, 2002) se constituyó como el primer mapa del país generado por el IGM a esta escala (Figura 11).

Figura 11  
**Mapa del Ecuador (1950)**



Fuente: Bravo, K., 2018.

En la década de los cincuenta, continuando con la asesoría del IAGS, se introdujo el procedimiento de grabado en plástico y separación de colores, con lo que se redujo a la mitad el tiempo y se duplicó la producción cartográfica. Como lo conceptualizó Vargas (2002):

“El grabado cartográfico consistía en pasar la punta de un instrumento calibrado en milésimas de pulgadas sobre las líneas respectivas para levantar la capa emulsificada y permitir el paso de la luz que servía para la impresión en base a la utilización de planchas litográficas.” (p. 1)



En 1957, se realizó el primer mapa geográfico de la República del Ecuador a escala 1:500 000; los originales fueron compilados en el país por el IGM y se enviaron para su revisión a la Escuela Cartográfica de las Américas en Panamá, su estudio e impresión fue ejecutado por el *Army Map Service* (AMS), en Washington, D.C. (Figura 12). Este documento dio respuesta a la demanda existente en el ámbito educativo y se convirtió en el documento oficial para la enseñanza geográfica en escuelas y colegios del país (IGM, 2002).

Figura 12

### Mapa Geográfico de la República del Ecuador (1957)



Fuente: IGM, 1957.

Al finalizar este período, en 1960, se destacó la actualización del convenio IGM-IAGS, “[...] incluyendo en su contenido el fomento económico, sociológico e hidrológico; los estudios geológicos, de comunicaciones y recursos humanos; programas científicos y enfoques de defensa nacional y continental [...]” (Bravo, 2018, p. 97). Asimismo, cabe mencionar la elaboración de los siguientes productos realizados durante este período: 112 originales de hojas topográficas (por el sistema de plancheta), de las cuales se imprimieron 92; ocho originales de mapas y cartas especiales; dos originales de mapas del Ecuador a escalas 1:500 000 y 1:1 000 000; dos originales del Plano de Quito; levantamientos topográficos; asesoramiento para la determinación de límites administrativos internos; la

impresión del Escudo Nacional; quinientas censales, dos ediciones del plano de Quito y timbres postales (IGM, 2002).

#### **2.4 Cuarto período (1961-1989): la implementación de la tecnología informática en el Instituto Geográfico Militar**

Este período se caracterizó por el cambio dinámico de la tecnología informática y su aplicación en el proceso cartográfico, al igual que el relacionamiento del IGM con organismos o entidades técnico científicas internacionales;<sup>29</sup> y, en el ámbito nacional, por la participación en programas con entidades del sector público. En 1962, se legalizó el Convenio con el IAGS y el 18 de julio de 1963, se expidió la Ley de Cartografía,<sup>30</sup> que en su artículo 1 estableció la competencia exclusiva de realizar, aprobar y controlar todos los trabajos cartográficos necesarios para la confección de la Carta Nacional (IGM, 2002).

A nivel internacional, se destacó el aporte del IPGH con la elaboración del Manual Técnico de Convenciones Topográficas IPGH No. 321 de 1965 y el Manual de Especificaciones para Mapas Topográficos IPGH de 1972, los cuáles fueron acogidos y utilizados por el IGM para la elaboración de la cartografía nacional (IGM, 2015).

Entre 1965 y 1966, las técnicas empleadas para la producción cartográfica fueron fotogramétricas y aerofotogramétricas; con el fin de implementarlas, se recibieron como donación y adquisición, respectivamente, dos equipos óptico-mecánicos de última generación para fotogrametría (restituidor WILD A-7 y WILD A-8); con los cuales, se realizó la aerotriangulación y restitución de precisión. Por estas fechas, el Estado asignó presupuesto solo para la elaboración de la Cartografía Nacional a escala 1:50 000. Sin embargo, se aprovechó la capacidad instalada de restitución de los nuevos equipos y se generó cartografía a mayor escala, como el Plano de Cuenca, a escala 1:3000 (Bravo, 2018). Lo anterior permitió evidenciar la efectividad de este método en la generación de planos de ciudades versus el método topográfico que era empleado con el uso de teodolitos o planchetas (IGM, 2002).

Ante la necesidad de contar con una plataforma aérea propia, a inicios de 1966, se llevó a cabo la adquisición del avión Beechcraft, con cámara Zeiss y una avioneta Cessna, que

---

<sup>29</sup> IPGH, Unión Geodésica Internacional (UGI), Sociedad Fotogramétrica Internacional (ASPRS), Asociación Cartográfica Internacional (ICA, en inglés: *International Cartographic Association*), IAGS e Institutos de Sudamérica,

<sup>30</sup> Decreto Supremo No. 27 de 18 de julio de 1963, publicado en el Registro Oficial No. 13 de 26 de julio de 1963: Ley de la Cartografía.

permitió la realización de los primeros vuelos fotogramétricos con aeronaves propias, con el asesoramiento técnico del IAGS. El proceso cartográfico se ejecutó mediante la técnica fotogramétrica de aerotriangulación, con el uso de equipos restituidores analógicos de fabricación alemana ZEISS C-8 (Stereoplanigraph) y el ajuste en forma gráfica mediante el empleo de una vara de plástico, con la colocación del papel transparente que contenía los datos gráficos de la aerotriangulación sobre una base de papel milimetrado.

Para la restitución aerofotogramétrica, se utilizaron placas de vidrio, en las cuales estaban impresas las fotografías que se colocaban en unos equipos anaglíficos de fabricación americana MULTIPLEX. También, se empleó el equipo KELCH, cuya visión tridimensional se produce con el uso de lentes anaglifos, los cuales tienen un vidrio color azul y otro color rojo; que, al observar la proyección de la fotografía aérea sobre una platina de color blanca, se produce la visión tridimensional. En lo que concierne al dibujo y la revisión cartográfica, inicialmente, se entintaban los modelos originales con tinta china, además, se dio inicio al uso de rapidógrafos (IGM, 2002).

En 1970, se creó la Sección Geográfica –posteriormente, denominada División y actualmente, Gestión Geográfica– con el objetivo de desarrollar la investigación de las ciencias geográficas y diversificar los servicios a los usuarios de la información geográfica con productos de creación e investigación. Asimismo, ante la necesidad de acelerar la elaboración de la carta básica, en 1974, se adoptó de forma definitiva la técnica de la aerofotogrametría; por lo que, se adquirió un avión Lear Jet equipado con una cámara métrica para la toma de fotografías a gran altura (IGM, 2002). Gracias a la fotografía aérea, se incursionó en estudios geológicos, de geografía humana, suelos, obras públicas, forestales, recursos hídricos, levantamientos catastrales y planificación urbana (Bravo, 2018).

Dando continuidad al apoyo del IAGS, en 1976, se suscribió el convenio de cooperación para cartografía, levantamientos topográficos y geodésicos entre el Gobierno ecuatoriano y el estadounidense (Vaca, 1998). Este convenio no ha sido derogado, de modo que se ha mantenido vigente hasta la actualidad. Mientras tanto, a nivel internacional, se inició una revolución tecnológica de las técnicas cartográficas (Monmonier, 1985); ante lo cual, Montaner García (2004) indicó:

“[...] La introducción del ordenador, que poco a poco empezaría a estar presente en todos los procesos de realización de un mapa, y el aumento espectacular de la capacidad

de obtener datos y de procesarlos, significó un cambio muy importante. Los procesos digitales generaron nuevos espacios profesionales en la cartografía que fueron ocupados por profesionales procedentes de otras disciplinas. Informáticos, pero también geógrafos, empezaron a especializarse en algunas áreas de la producción cartográfica.” (p. 253)

Estos cambios y adelantos tecnológicos hicieron que en 1978 se expidiese la Ley de la Cartografía Nacional (Decreto Supremo 2686, 1978), que rige hasta la actualidad. Para 1979, el país requirió la actualización del Mapa Geográfico del Ecuador a escala 1:500 000 (Figura 13). Para este trabajo, se realizó un proceso de compilación a partir de documentación cartográfica disponible a gran escala (hojas topográficas a 1:25 000, 1:50 000 y 1:100 000); en aquellos lugares que no se dispuso de esta información, se utilizaron levantamientos topográficos especiales, cartas planimétricas, mosaicos fotográficos, mosaicos SLAR (radar, fotografía aérea suelta, en inglés: *Side-Looking Airborne Radar*. Imágenes de satélites ERTS-I) e informes de reconocimientos aéreos realizados por el IGM.

Dicha información se complementó con la proporcionada por otras instituciones, como el Ministerio de Obras Públicas (tema vial), Dirección de Aviación Civil (DAC, refiere a los aeropuertos), Ministerio de Gobierno (división territorial), Ministerio de Relaciones Exteriores (límites), entre otros, y se procedió mediante la técnica de fotomecánica a reducir la información cartográfica, pasando de las escalas grandes obtenidas en la compilación, hacia la escala pequeña 1:500 000. Este proceso reduce la información, más no la generaliza; luego, se arma un mosaico ajustado a una extensa red plani-altimétrica (IGM, 1974).

Figura 13

**Mapa Geográfico de la República del Ecuador (1979)**

Fuente: IGM, 1979.

Para 1980, a la vanguardia de la tecnología, el instituto modernizó su infraestructura. En el ámbito geodésico, adquirió distanciómetros digitales y receptores Doopler, con lo que inició la geodesia satelital. En el ámbito cartográfico, capacitó a su personal en cartografía automatizada en Panamá, lo que afianzó el cambio tecnológico (IGM, 2002).

De igual forma, se dio una renovación pedagógica de los estudios geográficos, con una apertura hacia las técnicas cartográficas, lo que propició la incorporación de los geógrafos en el mundo de la cartografía; así, materias como la geodesia, el diseño cartográfico, la fotointerpretación de imágenes de satélite y la reciente materia de SIG pasaron a formar parte del pénsum de Geografía. Esta situación, en conjunto con la renovación de las tecnologías cartográficas y el nuevo rumbo de los estudios geográficos orientados a técnicas aplicadas, propició la incorporación de los geógrafos en el mundo de la cartografía en general y de los institutos cartográficos en particular (Montaner García, 2004). Al respecto, Zoido (2001, citado en Montaner García, 2004) mencionó:

“[Que] en realidad, esta orientación de los geógrafos hacia una nueva salida profesional no fue exclusiva del campo de la cartografía, sino que debe enmarcarse en un creciente

interés por los temas espaciales y territoriales que ha facilitado la incorporación de geógrafos en otros muchos ámbitos de la administración.” (p. 253)

Lo indicado muestra hitos importantes del avance tecnológico hacia la era digital a nivel mundial, que impacta rápidamente en la ciencia cartográfica y permite una evolución de esta; dicho contexto brinda una apertura más amplia al campo de acción del geógrafo. Como parte de estos cambios, en 1984, el proceso de restitución fotogramétrica fue innovado al instalar en los restituidores analógicos B8 y A10 mesas automáticas TA RAP. Este precedente elevó el nivel tecnológico del Instituto sobre sus homólogos latinoamericanos, superado solo por Brasil y Argentina (IGM, 2002).

En 1985, se adquirieron equipos geodésicos, que permiten obtener y observar directamente las coordenadas del punto a posicionarse en el campo, los cuales se encontraban referidos al nuevo sistema de constelación de satélites del Sistema Geodésico Mundial WGS-72 (IGM, 2002). En este período, los trabajos cartográficos relevantes se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1

### Trabajos cartográficos relevantes del cuarto período

Producto/ Servicio	Ejemplares	Escalas
Hojas topográficas	86	1:50 000
Planos-croquis censales	108	1:5000 (censo de 1974)
Cartas geológicas (en colaboración con otras instituciones)	10	
Mapas viales (en colaboración con otras instituciones)	5	
Toma de fotografía aérea		1:5000-1:25 000
Confección de mosaicos aerofotogramétricos		1:20 000
Mapas provinciales		1:200 000-1:250 000-1:300 000
Plano de la ciudad de Guayaquil		1:20 000
Mapa vial y turístico		1:2 000 000
Toma de fotografía aérea		1:5000-1:25 000
Mapa didáctico		1:1 500 000
Nivelaciones geométricas de alta precisión		
Levantamientos aerofotogramétricos		
Supervisión de levantamientos aerofotogramétricos		
Atlas del Ecuador en 1978		
Revista geográfica (semestral)		
Índice toponímico (tomos del I al VIII) en 1979		
Guía cartográfica del Ecuador		
Cartografía militar		

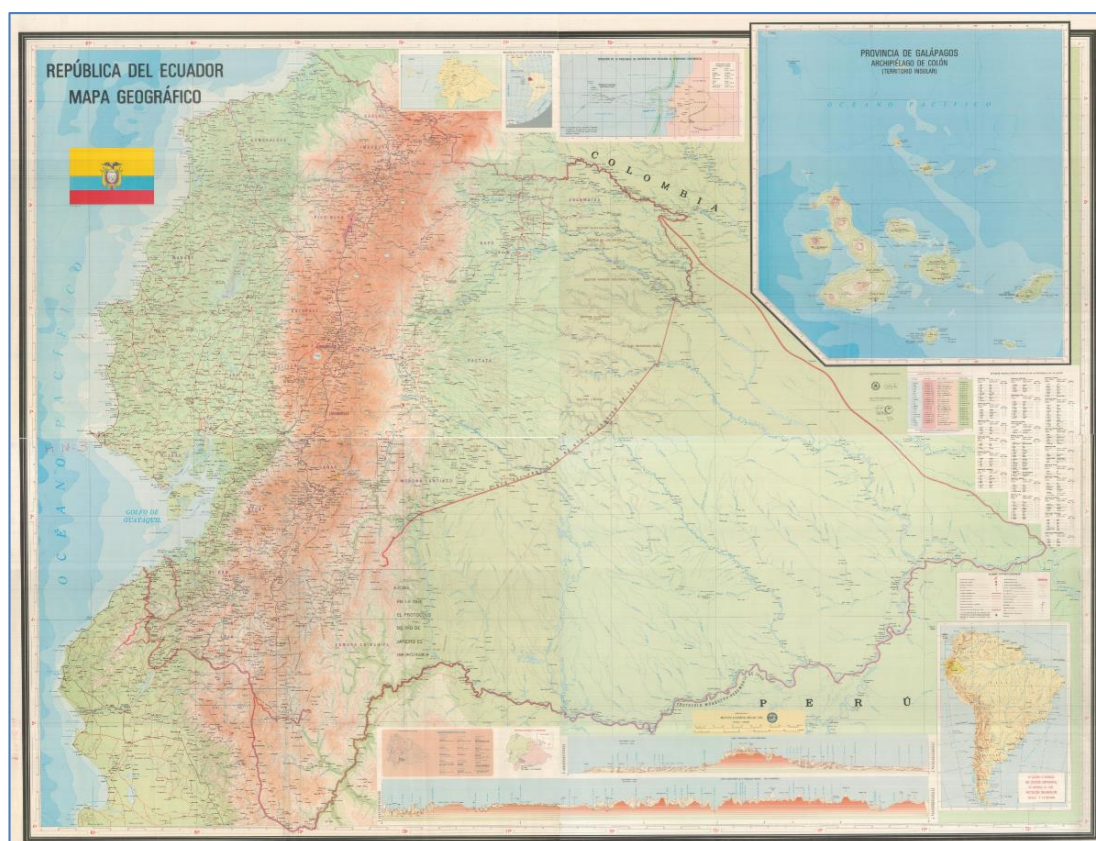
Fuente: IGM (1983) e IGM (2002), compilado por Guerrón P.

### 2.5 Quinto Período (1989-2000): avance hacia la era digital

En este período, el IGM dio un salto tecnológico mediante la adquisición de equipos digitales; este fue un hito importante para la institución y el país. En 1989, se utilizó el primer



Figura 15

**Mapa Geográfico de la República del Ecuador (1993)**

Fuente: IGM, 1993.

En la década de 1990, a la par del avance tecnológico, el instituto adquirió dos equipos de restitución analítica: el Planicom P1 y el WILD Aviolyt BC2, los cuales posibilitaron capturar la información en formato digital. De igual forma, en apoyo al desarrollo de la geodesia satelital, se dio una renovación a los equipos, los cuales ya manejaban el nuevo sistema GPS; el desarrollo de este sistema constituye un hito de importancia en el ámbito geodésico a nivel mundial. Posteriormente, se complementó con la adquisición de niveles digitales (IGM, 2002).

Años más tarde, el 26 de enero de 1995, el país enfrentó el conflicto bélico denominado Guerra del Cenepa con el país limítrofe Perú. La generación, actualización y entrega de cartografía base oficial y temática militar del sector del conflicto por parte del IGM, fue de gran importancia para la planificación de las operaciones militares y defensa del territorio. El 28 de febrero del mismo año se declaró el cese al fuego y desmilitarización de esta zona; luego de negociaciones y acuerdos en el ámbito político, se culminó con la firma del Tratado de Paz de Brasilia entre Ecuador y Perú en 1998; lo que puso fin a una larga historia de



disputas limítrofes. Ante este acontecimiento, de igual forma como se hizo en el conflicto de 1941, el instituto formó parte de la comisión ecuatoriano-peruana para la fijación de la frontera terrestre común en apoyo técnico a la cancillería ecuatoriana (Bravo, 2018), en cumplimiento con la Ley de Cartografía Nacional.<sup>31</sup>

Con el objetivo de incrementar la capacidad operativa, se adquirió el avión Cessna Citation II, con la cámara de fotografía aérea WILD RC30, con base de giro estabilizada LEICA PAV30. En 1996, las actividades geodésicas lograron un nuevo avance; con el apoyo permanente de la IAGS, a través del convenio que se mantiene, se realizó el enlace gravimétrico entre Ecuador y Colombia. De este proyecto, se obtuvo un gravímetro para realizar observaciones gravimétricas en puntos de nivelación, con lo cual, se realizó el cálculo del modelo geoidal<sup>32</sup> que el país actualmente dispone (IGM, 2002).

Mediante la técnica de grabado cartográfico utilizada hasta 1998, se generaron: 537 cartas topográficas escala 1:50 000; cartas escala 1:25 000, 1:100 000, 1:250 000; las cartas amazónicas a escala 1:250 000; el mapa vial; los atlas geográficos y escolares; los mapas provinciales y regionales; las cartas aeronáuticas; los planos de ciudades a diferentes escalas y mapas temáticos con información proporcionada por instituciones del Estado y particulares (IGM, 2015).

En este período, se destacó la transición del grabado manual hacia la etapa digital (cartografía automatizada) y la contribución al proceso demarcatorio de la frontera terrestre entre Ecuador y Perú, lo que permitió disponer de información limítrofe para la elaboración del nuevo mapa del Ecuador a escala 1:1 000 000, el cual tiene su importancia al ser el primero realizado totalmente en formato digital y con el Límite Político Internacional (LPI) oficial (IGM, 2002), tal y como se aprecia en la Figura 16.

---

<sup>31</sup> “Art. 5.- El Ministerio de Relaciones Exteriores, en coordinación con el Instituto Geográfico Militar, ejecutará en las Cartas, el trazado de las líneas que correspondan a los límites internacionales de conformidad con la constitución política y los tratados vigentes. [...]”

Art. 7.- Los trabajos cartográficos y geográficos que comprenda los límites internacionales del País, que requieran de labores conjuntas entre técnicos de los Estados Limítrofes, serán motivo de suscripción de Convenios Especiales debiendo intervenir por parte del Ecuador, los Ministerios de Relaciones Exteriores y de Defensa Nacional.” (Decreto Supremo 2686, 1978)

<sup>32</sup> “Un modelo geoidal [...] es una representación geométrica de una aproximación físico matemática del campo de gravedad terrestre” (Leal, Sarmiento y Pérez, 2018, p. 4).

Figura 16

**Mapa Físico de la República del Ecuador a escala 1:1 000 000 (1999)**

Fuente: IGM, 1999.

## **2.6 Sexto período (2001-2021): evolución y democratización de la información geográfica**

En este nuevo siglo, en todos los ámbitos a nivel mundial, la era digital alcanza una gran connotación; el ámbito cartográfico-geográfico no fue la excepción, como lo manifestó Chaparro Mendivelso (2002): “El desarrollo de la tecnología digital ha afectado profundamente a la cartografía y seguirá afectándola, lo cual constituye un reto tanto para los cartógrafos como para los geógrafos que utilizan este medio para comunicar sus trabajos [...]” (párr. 8).

A la vanguardia de la tecnología, a inicios de 2001, el instituto adquirió equipos de última generación, como GPS diferenciales, pistola láser para la obtención de coordenadas desde un helicóptero, estaciones totales que permiten el almacenamiento de los datos en la memoria y su posterior dibujo, mejorando el servicio a todos los trabajos aerofotogramétricos, de cartografía básica y de cartografía catastral. Además, se incorporó al Proyecto Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS), con una densificación de 101 puntos distribuidos por todo el territorio. Con el cambio tecnológico,

también se modificó el uso de los mapas impresos hacia una nueva visión, el uso de la información geográfica<sup>33</sup> (geoinformación) con una nueva estructura que permita el desarrollo de proyectos, diversos estudios y análisis de las problemáticas geográficas en un ambiente SIG, lo que inicia la explotación de esta herramienta, con la generación de una base de datos topográfica y el diseño de la base de datos de topónimos (nombres geográficos) que están relacionadas. De igual forma, se comenzó a incursionar en el desarrollo de la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE),<sup>34</sup> IGM (2002).

Por otro lado, al proceso de producción cartográfica, se incorporaron el método aerofotogramétrico y la técnica de restitución digital en la plataforma informática ZI/Imagen; para lo cual, se dispuso de un escáner fotogramétrico y estaciones de trabajo tipo computador de gran potencia y última generación, incorporadas en todo el proceso de elaboración cartográfica, desde su captura hasta la edición final.

Este procedimiento inició con el escaneo de las fotografías aéreas tomadas de las plataformas aéreas disponibles. Luego, se georreferencian en los procesos de fotocontrol y aerotriangulación respectivamente, hasta generar pares estereoscópicos. Con este insumo, se procede a capturar la información cartográfica digital, tanto los objetos geográficos de planimetría como de altimetría, con sus respectivos atributos. Dichos datos pasan por un proceso de revisión fotogramétrica, previa a la edición cartográfica en donde se lleva a cabo la revisión final. Después, se continúa con el proceso de simbolización cartográfica, en donde se elabora el diseño cartográfico del plano/carta o mapa, según la escala trabajada (IGM, 2002).

En 2002, se empezó la elaboración de ortofotos a escala 1:25 000. Una ortofoto es una fotografía aérea corregida espacialmente (rectificada). El proceso inicia con el escaneo de alta resolución de las fotografías aéreas, las cuales son sometidas a rectificaciones ante sus distorsiones espaciales, ópticas y de relieve; para este último, es requerido el Modelo Digital del Terreno (MDT), el cual es una representación del relieve en tres dimensiones. Cada foto ortorrectificada individual puede ser armada en mosaico con otras para formar una

---

<sup>33</sup> “Conjunto de datos, símbolos y representaciones organizados para conocer y estudiar las condiciones del territorio” (SENPLADES, 2013b, p. 20).

<sup>34</sup> “Conjunto de políticas, leyes, normas, estándares, organizaciones, planes, programas, proyectos, recursos humanos, tecnológicos y financieros integrados adecuadamente para facilitar la producción, el acceso y uso de la información geoespacial regional, nacional o local, para el apoyo al desarrollo social, económico y ambiental de los pueblos” (SENPLADES, 2013b, p. 16).

ortofotocarta que, con el apoyo de elementos vectoriales y toponimia, constituye un documento complementario de la cartografía básica (IGM, 2002).

Para el 2007, dando continuidad al apoyo del IAGS, se firmó el acuerdo “*Agreement Between The National Geospatial-Intelligence Agency of the Department of Defense of the United States of America and The Instituto Geográfico Militar the Ministry of Defense of the Republic of Ecuador*”; el cual se encuentra vigente, junto con el convenio de 1976.

Para el 2008, se editaron y publicaron los nuevos Mapas oficiales Físico (Figura 17) y Político (Figura 18) del Ecuador a escala 1:1 000 000; los cuáles consideraron la concesión de un kilómetro cuadrado a favor del Ecuador en la zona de Tiwintza, territorio peruano próximo a la frontera común, acordado en la firma del Tratado de Paz de Brasilia de 1998. La cartografía empleada en la elaboración de estos mapas es totalmente digital y fue estructurada en una BDG, la cual se encuentra disponible como servicio WMS (Servicio de Mapas Web, en inglés: *Web Map Service*),<sup>35</sup> en el geoportal institucional.

En 2012, se publicó el nuevo Mapa Geográfico de la República del Ecuador (Figura 19) a escala 1:500 000. Los mapas mencionados son las últimas ediciones y publicaciones oficiales generadas a estas escalas; para su elaboración se compiló información disponible del IGM de versiones anteriores y se utilizaron datos de otras entidades oficiales.

---

<sup>35</sup> Es un estándar determinado por el *Open Geospatial Consortium* (OGC) que posibilita publicar mapas de datos referenciados al nivel espacial, dinámicamente, a partir de información geográfica.

Figura 17

Mapa Físico de la República del Ecuador (2008)



Fuente: IGM, 2008.

Figura 18

Mapa Político de la República del Ecuador (2008)



Fuente: IGM, 2008.

Figura 19

**Mapa Geográfico de la República del Ecuador (2012)**

Fuente: IGM, 2012.

Se debe destacar que, cada vez que el país tiene una actualización de sus límites, como lo sucedido con el LPI en 1941 y 1995, luego de los conflictos bélicos, el Estado requiere de un instrumento oficial actualizado que represente la realidad de su territorio. Estos instrumentos han sido los mapas oficiales del país a escala 1:500 000 y 1:1 000 000. En la actualidad y como requerimiento de esta investigación, existe la necesidad de actualizar nuevamente estos instrumentos, a los que se adicionan los mapas provinciales a escala 1:250 000, ante la entrega de nuevos límites políticos administrativos por parte del ente rector; lo que conduce a desarrollar y validar un proceso de actualización de estas bases cartográficas, que sea efectivo, para la generación de sus mapas respectivos.

Durante todo este período, hasta la presente fecha, el método aerofotogramétrico con la técnica de restitución digital es utilizada y se encuentra vigente en la actualidad; con ella se ha generado y actualizado la cartografía base de la frontera norte y otros sectores prioritarios a escala 1:50 000 y 1:25 000. Además, en 2008, por primera vez, se generó la cartografía de las Islas Galápagos a escala 1:25 000 y varios proyectos de interés nacional como cartografía con fines catastrales, la cartografía de la estación ecuatoriana Pedro Vicente Maldonado en

la Antártida y la cartografía de pronta respuesta generada en diversos eventos del país, como el apoyo brindado en el Terremoto del 16 de abril de 2016 y a la Emergencia Sanitaria por el COVID-19.

La demanda de cartografía ha aumentado debido a su uso y al auge de los SIG; por tal razón, las 537 cartas topográficas del país a escala 1:50 000 que se encontraban disponibles de varios años en formato DGN<sup>36</sup> son transformadas a BDG, con una estructura topológica y su correspondiente catalogación. Luego, se procede a empatarlas y empalmarlas, conformándose la BDG continua del país a escala 1:50 000, la cual tiene un 96 % de cobertura al incorporar mediante generalización la cartográfica de las Islas Galápagos, que se disponía a escala 1:25 000. Esta BDG continua y por cartas es la última versión oficial que se encuentra como servicio WMS para descarga en el geoportal institucional desde 2013. El año de actualización de esta base no es homogéneo, depende del sector y del año de la fotografía aérea que fue utilizada como insumo, para la elaboración de cada carta que sirvió para la integración de la base continua.

La BDG a escala 1:250 000 tiene dos versiones, la primera versión digital<sup>37</sup> fue realizada en 2009, con actualizaciones en sus objetos geográficos hasta el 2012, para su generación, se utilizaron los archivos digitales en formato DGN disponibles y se digitalizaron las cartas en formato análogo (papel); con la información obtenida se procede a generar y estructurar topológicamente la BDG 250K primera versión, con el primer catálogo de objetos a esta escala.

La segunda versión digital fue generada en 2013, mediante un proceso de generalización cartográfica de la BDG continua del país (continental) a escala 1:50 000 disponible. De igual forma se utilizó como apoyo para completar los sectores que no tenían cartografía a escala 1:50 000, la cartografía disponible de la primera versión de la escala 1:250 000 e imágenes satelitales. Esta versión es la vigente y oficial del país a esta escala y se encuentra como servicio WMS y para descarga en el geoportal institucional. Igualmente, el año de actualización de esta base no es homogéneo, depende del año de actualización de cada carta a escala 1:50 000 que sirvió para la integración de la base continua.

---

<sup>36</sup> Formato del Software Micro Station, utilizado en el IGM.

<sup>37</sup> El Ecuador continental se encuentra conformado por 31 cartas topográficas a escala 1:250 000, que fueron generadas desde 1985 hasta 1998, se realizaron 6 cartas amazónicas del oriente ecuatoriano con el apoyo de imágenes satelitales Landsat desde 1987 hasta 1991 (IGM, 1991).

Ante el auge de la planificación territorial, a través de la entidad de planificación nacional, el Estado prioriza y financia proyectos de inversión, con el objetivo de obtener información que apoye con esta necesidad. Dos de estos proyectos son ejecutados por el IGM desde el 2011 hasta el 2021, cuya finalidad es la generación de cartografía base a escala 1:5000, como fundamento para el catastro rural; la cual se intenta obtener mediante la técnica de restitución fotogramétrica y su replicación al resto de escalas a partir del método de generalización cartográfica. La cartografía obtenida de restitución se encuentra en archivos formato DGN, los cuales, posteriormente, son estructurados en *geodatabases* con sus respectivas especificaciones técnicas, reglas topológicas y catálogo de objetos institucional.

Así, el levantamiento cartográfico a nivel nacional a escala 1:5000 es un reto para el Ecuador y un hito a nivel sudamericano, puesto que ninguno de los países de la región cuenta con cartografía a esta escala de todo su territorio. De igual forma, es la primera vez que el país mantiene una concatenación y secuencia lógica de todas sus bases cartográficas, al partir de una escala grande como la 1:5000 y llegar a la escala 1:1 000 000 mediante la generalización cartográfica; puesto que por general las escalas denominadas pequeñas (1:250 000, 1:500 000 y 1:1 000 000), como se ha indicado en el presente estudio, han sido generadas hasta el momento gracias a técnicas de compilación de información propia, de otras fuentes y de reducción de escalas.

No obstante, pese a los ingentes esfuerzos y recursos que se destinaron para cubrir todo el territorio nacional (continental), no ha sido posible, pues existen zonas que históricamente son complicadas para la toma de fotografía aérea, insumo indispensable para el empleo de la técnica de restitución fotogramétrica. Por tal motivo, el cubrimiento cartográfico de estas zonas es una necesidad de todas las escalas siguientes. El presente estudio se enfoca en el cubrimiento cartográfico total de las escalas 1:250 000, 1:500 000 y 1:1 000 000, al haber también la necesidad por parte del país de actualizar los mapas que se generan a partir de estas bases cartográficas.

Las principales adquisiciones de equipamiento tecnológico realizadas en este período fueron llevadas a cabo para brindar mejores servicios y productos cartográficos al país; además de cumplir con las metas establecidas en los proyectos de inversión. Dentro de las adquisiciones principales se encuentran las estaciones GPS de monitoreo continuo, la cámara métrica digital VEXCEL ULTRACAM que fue instalada en el avión Cessna Citation en reemplazo de la cámara análoga WILD RC30, la avioneta Cessna T206H con el sistema



LIDAR Trimble AX80 y una cámara aérea digital integrada de mediano formato IQ180 Trimble AC, un vehículo aéreo no tripulado UX5 y cinco drones Matrice 100, lo que conforma actualmente la capacidad operativa instalada.

Este período, caracterizado por el avance tecnológico del internet, las herramientas tecnológicas (geotecnologías) como los SIG, la teledetección, los GPS, entre otros, lo direcciona al aumento de la demanda de los usuarios por servicios web, aplicaciones SIG, información geográfica e información geoespacial,<sup>38</sup> que le permite al usuario dar soluciones a problemáticas espaciales y de ordenamiento territorial.

El uso y la demanda masiva de la información geográfica a nivel nacional, regional y mundial motiva la creación de innumerables organismos internacionales, como la Organización Internacional de Normalización (ISO), la Open Geospatial Consortium (OGC); y, a nivel nacional el CONAGE, que se dedican a generar normas, estándares, políticas y definiciones con el objetivo de brindar documentación técnica que permita a los generadores de geoinformación, mantener un control sobre la calidad de los datos, el acceso, el uso, la difusión y la interoperabilidad<sup>39</sup> de estos, que en un mundo globalizado; con la democratización de la información en vigencia, fortalecen y dan un contexto a la IDE (León Pazmiño, Narváez y Rubio, 2016).

En el ámbito nacional, la IDE del IGM tiene sus inicios en 2001, con el desarrollo de aplicaciones en *open source*, en 2008, se realizó el lanzamiento oficial del geoportal institucional, el cual se pone a disposición de los usuarios a través de servicios WMS y de descarga de información, la cartografía básica oficial liberada del país a escala 1:1 000 000 y posteriormente la 1:250 000 y 1:50 000; de igual manera, se publica la información generada y disponible del instituto. Para dicho efecto, la cartografía es preparada y estructurada en una BDG, de modo que se deben cumplir todos los estándares y las normas técnicas establecidas por el CONAGE para su uso, manejo, intercambio, difusión e interoperabilidad, y que sea colocada como servicios web.

---

<sup>38</sup> “Información de un objeto en relación con su posición de acuerdo con un estándar de referencia” (SENPLADES, 2013b, p. 16).

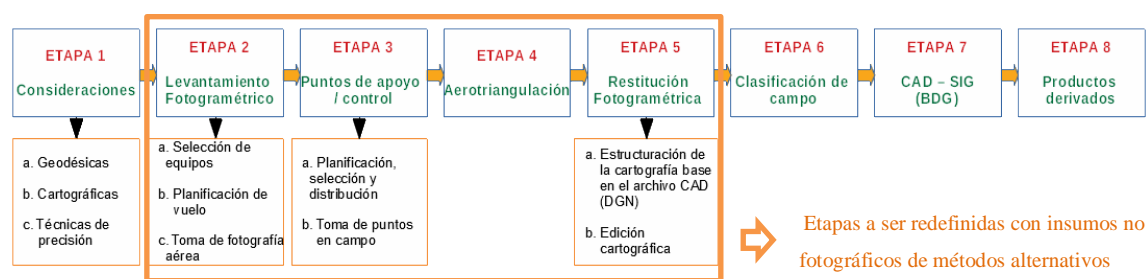
<sup>39</sup> “Capacidad de comunicar, ejecutar programas o transferir datos entre sistemas heterogéneos de manera transparente al usuario, es el elemento básico para la realización de las infraestructuras de datos geoespaciales [...]” (SENPLADES, 2013b, p. 16).

### Capítulo 3. Proceso de generación de cartografía básica oficial en el Ecuador

El presente capítulo aborda el proceso convencional empleado en el Ecuador para la producción de su cartografía básica oficial. Este proceso involucra un conjunto de etapas sucesivas y concatenadas donde se aplican diversos métodos y técnicas enmarcadas en un contexto de normas, controles y especificaciones técnicas. Este comienza en la Etapa 1, con la definición de los parámetros geodésicos, cartográficos y técnicos, y termina en la Etapa 8, con la divulgación de sus productos a través del geoportal institucional o como insumo base para la elaboración de diferentes estudios y aplicaciones geográficas, como se muestra en la Figura 20.

Figura 20

#### Etapas de la producción de la cartografía básica oficial del país



Fuente: Guerrón, P., 2020.

En esta línea de argumentación, de acuerdo con los objetivos de la tesis, es de interés indagar los procedimientos, los métodos, las técnicas y los resultados obtenidos en las diferentes etapas que constituyen el proceso convencional de generación de cartografía básica, así como también la compleja interrelación entre ellas. En este contexto, se realiza una síntesis del proceso productivo llevado a cabo en la actualidad por el IGM.

#### 3.1 Etapa 1: consideraciones geodésicas, cartográficas y técnicas

Esta Etapa comprende las consideraciones pertinentes para la obtención de cartografía de precisión y el cumplimiento de las especificaciones técnicas de cada escala, según lo estado en el marco de la Ley de Cartografía Nacional (1986) y su Reglamento (1991).

##### 3.1.1 Consideraciones geodésicas

El Sistema de Referencia Geodésico<sup>40</sup> Nacional, cuya materialización es el Marco de

<sup>40</sup> “[...] es el conjunto de convenciones y conceptos teóricos adecuadamente modelados que permiten definir, en cualquier momento, la orientación y ubicación de tres ejes coordenados (X, Y, Z). Dado que un sistema de referencia es un modelo (una concepción, una idea) éste es materializado mediante puntos reales cuyas

Referencia Geodésico,<sup>41</sup> constituye la fuente oficial de georreferencia del Ecuador, tanto para la componente horizontal como para la componente vertical.

En 2019, se legalizó (Resolución 2019-037-IGM-JUR, 2019) la adopción del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS), con su correspondiente Marco de Referencia Nacional SIRGAS-ECUADOR.

La componente horizontal está materializada por una red activa y otra pasiva; la primera conformada por la Red GNSS (Sistema global de navegación por satélite, en inglés: *Global Navigation Satellite System*) de Monitoreo Continuo del Ecuador (REGME)<sup>42</sup> densificada por estaciones GNSS permanentes y la segunda, establecida por la Red Nacional GPS del Ecuador (RENAGE),<sup>43</sup> densificada por mojones de concreto. La componente vertical toma como plano de referencia la altura del nivel medio de los mares y está materializada por la Red de Nivelación, la cual permite arrastrar la cota desde el punto de origen ubicado en el mareógrafo de La Libertad (provincia de Santa Elena) hacia el resto del país; ubicándose placas cada 1.5 km, a lo largo de la infraestructura vial de primer orden (IGM, 2016).

### 3.1.2 Consideraciones cartográficas

Las consideraciones cartográficas hacen referencia a los dos sistemas de coordenadas utilizados, como se muestra a continuación (IGM, 2016).

Coordenadas geográficas:

- Latitud: origen el paralelo Ecuador.
- Longitud: origen el meridiano de Greenwich.

Coordenadas planas:

- X: falso este con coordenadas 500 000 m

---

coordenadas son determinadas sobre el sistema de referencia dado, dicho conjunto de puntos se denomina Marco de Referencia [...].” (SENPLADES, 2013b, p. 20)

<sup>41</sup> “[...] se trata de un conjunto de puntos (lugares localizados en la superficie terrestre) con coordenadas y velocidades conocidas en ese sistema de referencia convencional y que sirven para materializar en el espacio el sistema de referencia.” (Furones, 2010, p. 3)

<sup>42</sup> “[...] ha sido establecida a partir del año 2008. [...] Las estaciones permanentes, se encuentran distribuidas a lo largo y ancho del territorio nacional. Estas captan (tracking) datos GNSS (GPS+GLONASS) las 24 horas del día, los 7 días a la semana y los 365 días del año, proporcionando información necesaria para realizar el procesamiento diferencial de información GNSS, [...]” (Cisneros, 2013, p. 12)

<sup>43</sup> “[...] es una red pasiva compuesta por 135 mojones de concreto (vértices) [empotrados en el terreno y placas de aluminio en el centro], distribuidos a nivel nacional, cuyas campañas de observación GPS se desarrollaron entre los años 1994, 1996 y 1998. El ajuste de la RENAGE concuerda con el ITRF94, época 1995.4; es decir SIRGAS95 [...]” (Cisneros, 2013, p. 3)

- Y: falso norte con coordenadas 10 000 000 m y 0 m, para mediciones en el hemisferio norte.
- Z: elevación (geométrica, mareógrafo de la Libertad).

En toda la cartografía básica del Ecuador, se adopta el Sistema de Proyección Universal Transversa de Mercator (UTM), el cual divide la tierra en estas zonas de seis grados de amplitud longitudinal, numeradas del 1 al 60. Asimismo, cada zona UTM está dividida en 20 bandas de latitud (desde la C hasta la X); el país continental e insular se encuentra en la banda N en el hemisferio norte (N) y en la banda M en el sur (S). De esta manera, el Ecuador continental se sitúa en las zonas 17N, 17S 18N y 18S, y Galápagos, en las zonas 14N, 14S, 15N, 15S, 16N y 16S. En la realización de las BDG continuas a nivel nacional a escalas 1:250 000, 1:500 000 y 1:1 100 000, las cuales son tema central de esta tesis, se unifica todo el país a la zona UTM 17S. No obstante, en las escalas mayores, se mantiene la zona correspondiente para evitar las distorsiones propias de la proyección.

### ***3.1.3 Consideraciones técnicas de precisión***

En la generación de cartografía básica, se debe cumplir con las siguientes especificaciones (IGM, 2016):

- Planimetría: precisión =  $0.3 \text{ mm} * \text{factor de escala}$ ; la cual, es obtenida para una muestra aleatoria, donde el 90 % cumplirá con este requerimiento, mientras que el 10 % restante estará dentro de  $(0.4 \text{ mm} * \text{factor de escala})$ . Estas precisiones se cumplen en terrenos desnudos y con vegetación herbácea baja, en caso de terrenos con vegetación herbácea alta, se debe sumar la altura promedio de la vegetación.
- Altimetría: precisión =  $\frac{1}{4}$  del intervalo de curva; la cual, es obtenida para una muestra aleatoria donde el 90 % cumplirá con este requerimiento, mientras que el 10 % restante estará dentro de la precisión de  $\frac{1}{2}$  del intervalo de curva.

### 3.2 Etapa 2: levantamiento fotogramétrico

Según Jauregui (2006), la Sociedad Americana de Fotogrametría y Sensores Remotos (ASPRS) define a la fotogrametría como:

“[...] el arte, la ciencia y la tecnología de obtener información confiable de objetos físicos y su entorno, mediante el proceso de exponer, medir e interpretar tanto imágenes fotográficas como otras, obtenidas de diversos patrones de energía electromagnética y otros fenómenos.” (p. 1)

En este contexto, la Etapa 2 comprende un conjunto de actividades y medios coordinados que se realizan para la toma de fotografía aérea y el cubrimiento estereoscópico de la zona requerida, como se sintetiza a continuación.

#### 3.2.1 Selección de equipos

Se determinan la plataforma aérea y el sensor aerotransportado de acuerdo con la capacidad operativa instalada del IGM, como se observa en la Tabla 2.

Tabla 2

#### Plataformas aéreas y sensores que dispone el IGM

Plataforma aérea	Sensores	Capacidad de toma
Cessna Citation II	Cámara métrica digital VEXCEL ULTRACAM	Todo el país Proyectos de gran extensión
Cessna T206H	Cámara aérea digital integrada de mediano formato IQ180 Trimble AC Sistema LIDAR Trimble AX	Regiones Geográficas: Costa y Oriente Proyectos de mediana extensión y requerimientos de datos LIDAR.
Un vehículo aéreo no tripulado UX5	Cámara RGB	Sectores que no sobrepasen los 4000 msnm. Proyectos de pequeña extensión
Cinco drones Matrice 100	Cámara RGB	Sectores que no sobrepasen los 4000 msnm. Proyectos con objetivos puntuales

Fuente: Guerrón, P., 2020, con base en información proporcionada por el jefe del Departamento de Fotografía Aérea del IGM en mayo 2020.

Asimismo, cabe mencionar que las plataformas aéreas están equipadas con receptores GPS y Sistemas de Navegación Inercial (IMU, del inglés *Inertial Navigation System*), que, en conjunto con las estaciones de referencia en terreno, permiten el cumplimiento de la planificación del vuelo, la determinación de los puntos de toma, la navegación en tiempo real, el control automático de disparo y el registro de eventos y de datos de captura de cada imagen. Las estaciones en terreno pueden situarse sobre los vértices de la red pasiva (RENAGE) o sobre las estaciones de la red activa de monitoreo continuo (REGME). Su

selección, se encuentra condicionada a la distancia existente entre el avión y la estación, lo que permite asegurar las precisiones requeridas por el proyecto (IGM, 2016).

### 3.2.2 Planificación de vuelo

Tiene como objetivo la obtención de una adecuada cobertura estereoscópica con la mínima cantidad de fotografías tomadas. Para el cumplimiento de este propósito, se realizan las siguientes actividades:

- Se diseñan las líneas de vuelo sobre cartografía georreferenciada oficial, luego de ser calculado el tamaño de píxel GSD<sup>44</sup> requerido. Los ejes son trazados paralelamente y su dirección se determina en función de la geometría y morfología del sector; estos deben cubrir con una o varias pasadas la zona a fotografiar obteniéndose, de esta manera, el bloque<sup>45</sup> de toma fotogramétrica.<sup>46</sup> Cada pasada se compone de un conjunto de fotogramas<sup>47</sup> realizados por la cámara aérea un una misma dirección de vuelo, debiéndose garantizar el recubrimiento estereoscópico del área, mediante el traslape longitudinal<sup>48</sup> y lateral<sup>49</sup>, como se muestra en la Figura 21.
- Conjuntamente, se calcula la altura de vuelo de cada línea sobre el nivel del mar y el nivel medio del terreno, en función de la plataforma y el sensor seleccionado, el cual debe garantizar el tamaño del GSD requerido.
- Posteriormente, se planifican las estaciones de referencia en terreno para conocer las coordenadas del avión respecto al terreno en cada momento del desarrollo del vuelo.

<sup>44</sup> Ground Sample Distance: “[...] distancia entre dos centros de píxeles consecutivos medidos sobre el terreno, [la cual define el tamaño del píxel]. A mayor valor del tamaño de píxel en el terreno (GSD) de la imagen, menor es la resolución espacial de la imagen y menos visibles son los detalles. El tamaño de píxel en el terreno (GSD) se relaciona con la altura del vuelo: a mayor altitud del vuelo, mayor es el valor del GSD.” (Pix4d, s.f., párr. 1)

<sup>45</sup> “[...]conjunto de fotogramas de un vuelo fotogramétrico que se agrupan a partir de la configuración del vuelo y de la configuración del apoyo” (Comisión Interdepartamental Estadística y Cartográfica, 2013, p. 8).

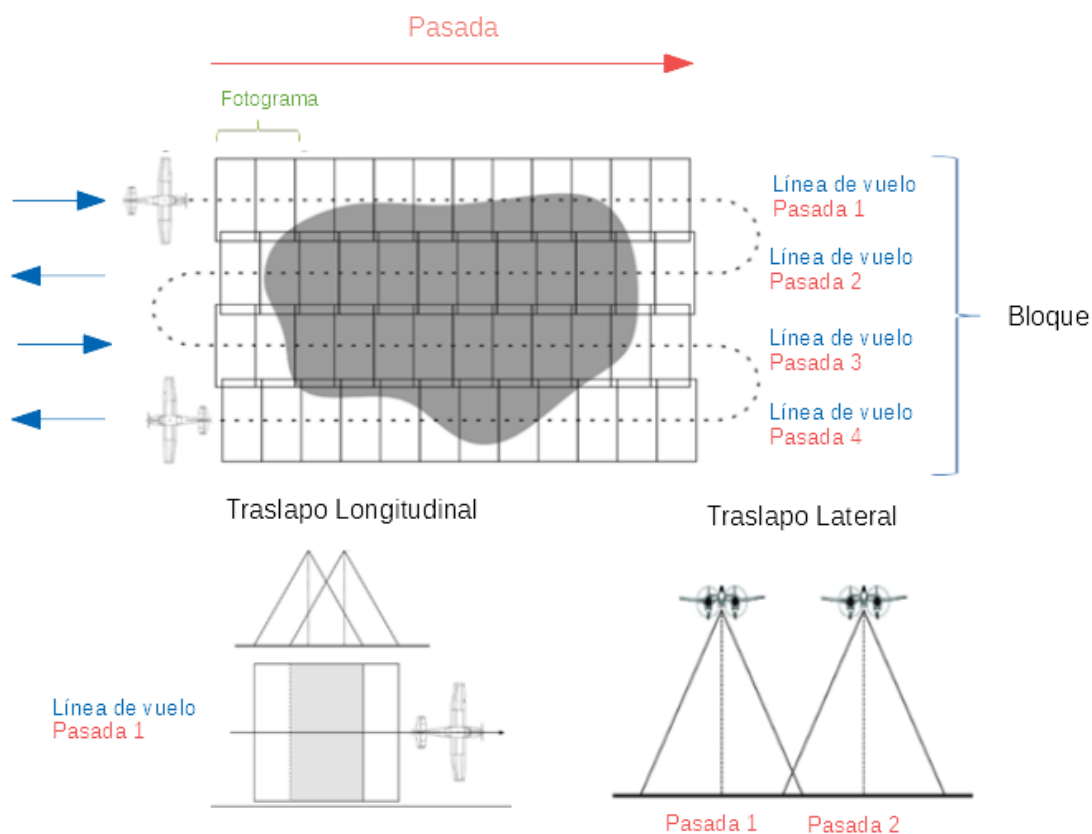
<sup>46</sup> “[...] es la pasada o conjunto de pasadas que cubren nuestra zona de interés. En proyectos pequeños el bloque suele constar de una o dos pasadas, con unas pocas imágenes por pasada, mientras que proyectos grandes pueden requerir varias pasadas con bastantes imágenes cada una de ellas. Generalmente, los bloques fotogramétricos se suelen presentar en forma de rectángulo, con las pasadas dispuestas como filas.” (Aplitop, s.f., párr. 1)

<sup>47</sup> “Es una vista aérea del terreno obtenida por fotografía desde un avión. Para este propósito, los aviones llevan una cámara especial [métrica] en su suelo con la cual obtienen los fotogramas. [Los mismos que], además de impresionar cierta superficie del terreno, llevan en sus bordes una serie de datos como son: la distancia focal, altura del vuelo, hora de la toma, número de orden de la fotografía, etc.” (Santamaría y Sanz, 2011, p. 9).

<sup>48</sup> “[...] en ningún caso inferior al 60 %, ni superior al 70 %, con error máximo de un más menos 5 %. Tipo de relieve traslape: Plano 60 %, Ondulado 65 %, Montañoso: 70 %” (IGM, 2016, p. 14).

<sup>49</sup> “Tipo de relieve traslape: Plano 20 %, Ondulado 25 %, Montañoso 30 %. [...] Las fotografías con las que se pretende obtener cartografía por medio de ortofotos, se recomienda utilizar traslape lateral de hasta 40 %” (IGM, 2016, p. 14).

Figura 21

**Esquema de la planificación del vuelo aerofotogramétrico**

Fuente: Guerrón, P., 2020, con base en los gráficos de Comisión Interdepartamental Estadística y Cartográfica (2013)

**3.2.3 Toma de fotografía aérea**

Después de ser verificada la operatividad de la plataforma y el sensor y examinado el plan de vuelo, se analiza la información meteorológica,<sup>50</sup> la cual determina las condiciones más favorables para proceder a realizar la toma de fotografías aéreas. Una vez finalizado el vuelo, se prepara un informe detallado con las características de todos los equipos usados, los diferentes controles realizados, las condiciones atmosféricas, los materiales y los filtros empleados, el tiempo de exposición, la apertura del diafragma, los problemas presentados, entre otros; información que es requerida en la Etapa 4 de aerotriangulación.

<sup>50</sup> Información proveniente de la National Aeronautics and Space Administration (NASA) acerca de la cobertura de nubes: “[...] si se necesita información más a detalle se consulta al sistema de la DAC (Dirección de Aviación Civil) METAR (<http://aviationweather.gov/adds/metars/>), a fin de conocer la altura de las nubes y planificar si de acuerdo al GSD del proyecto se puede realizar el vuelo sin necesidad de sobrepasar en techo de nubes en ese momento.” (IGM, 2016, p. 13)

En esta instancia, es oportuno resaltar que el Ecuador, por su ubicación y características geográficas, presenta condiciones meteorológicas y físicas que dificultan y, en muchas ocasiones, impiden la toma de fotografía aérea en numerosas zonas. Este escenario determina la problemática en la que se sustenta el desarrollo de esta tesis, pues genera la interrupción del proceso de generación convencional de cartografía básica oficial y, en consecuencia, su actualización, debido a que la fotografía es el insumo básico para la ejecución de las próximas etapas. Por esta razón, esta investigación propone, compara y valida otros insumos no fotográficos de métodos alternativos, con sus respectivas técnicas.

### **3.3 Etapa 3: apoyo del vuelo fotogramétrico, obtención de puntos de apoyo o control**

Los trabajos de apoyo realizados después de la obtención de la fotografía aérea tienen como finalidad “[...] conocer las coordenadas terrestres de una serie de puntos del fotograma, para poder ajustar la escala del modelo estereoscópico y realizar la nivelación de éste [...]” (Pérez Álvarez, 2001, p. 23). La presente etapa consta principalmente de dos actividades: la primera realizada en gabinete y la segunda en campo.

#### ***3.3.1 Planificación, selección y distribución de puntos de control***

Se planifica el control terrestre con todas las actividades técnicas y administrativas previas a una salida de campo; para lo cual, en el ámbito técnico, se selecciona la ubicación de puntos de apoyo o control fotogramétrico que se van a medir. Al respecto, Lincango (2007) manifestó:

“El número de puntos de apoyo (P.A) necesarios para apoyar cada bloque fotogramétrico dependerá de su geometría (recubrimientos longitudinales, transversales, interrupciones de vuelo, pasadas transversales), de la precisión de los datos GPS del vuelo y de la precisión geométrica del producto final.” (p. 34)

La distribución de los puntos en un bloque conformado por varias líneas de fotografías aéreas es variable; empero, el IGM (2016) recomienda que sea homogénea, por lo que es necesario asegurar el perímetro y las siguientes características:

- Un punto de control doble en cada esquina del bloque.
- Un punto de control en las esquinas internas de los enlaces entre líneas de vuelo, para asegurar el amarre o enlace adecuado entre estas.
- Un punto de control en las zonas que, a criterio del planificador, sean necesarios, perpendicular a las líneas de vuelo, los extremos y en las zonas de traslapo de estas.



- Si la precisión de los centros de proyección del vuelo es suficiente, se podrá ejecutar un apoyo de campo más reducido.
- El número de puntos de chequeo debe ser del 10 % del número total de puntos del bloque.

Mediante el análisis de los fotogramas del vuelo y el apoyo de la cartografía existente, se seleccionan puntos que cumplan con las condiciones adecuadas de accesibilidad topográfica, permanencia y recepción GNSS, y cuyos detalles sean perfectamente identificables en todos los fotogramas y en el terreno, como esquinas de casas o casetas, intersección de linderos de parcelas, vías, rocas, entre otros (Pérez Álvarez, 2001). Esto permite la selección de los pares estereoscópicos que deben apoyarse en campo, “[...] En resumen, el número y distribución de los puntos de apoyo será el necesario para la correcta aerotriangulación del trabajo y por consiguiente la obtención de la calidad métrica que conlleva el producto final” (IGM, 2016, p. 20).

### ***3.3.2 Toma de puntos en campo***

Se procede al reconocimiento en campo de los puntos seleccionados previamente en gabinete. La medición de sus coordenadas en la componente horizontal es determinada a partir de la red geodésica nacional, con el uso de receptores GNSS geodésicos de una frecuencia L1 o de doble frecuencia L1/L2 y código C/A; cada sesión se planifica de antemano con los respectivos intervalos de tiempo y se determinan las horas comunes de recepción. Asimismo, se utiliza el método de levantamiento disponible. En el caso de posicionamiento GNSS, se emplea el método estático-diferencial, en el que es necesario tener como fijo un vértice de la red geodésica nacional (REGME), unos puntos determinados para el proyecto u otro que obtenga iguales resultados de precisión.

De cada punto medido en terreno, se elabora su respectiva monografía. Para garantizar la precisión de la componente vertical establecida en el proyecto, se realizan circuitos de nivelación para determinar la altura de los puntos de control en relación con el nivel medio del mar; todos los circuitos deben tener una partida y llegada a una marca de cota fija conocida con el fin de verificar los cierres (IGM, 2016).

### 3.4 Etapa 4: aerotriangulación digital/cálculo y ajuste del bloque

En cuanto a la Etapa 4, es pertinente traer a colación lo afirmado por Lerma (1999): “[...] las técnicas de triangulación fotogramétrica se utilizan en prácticamente todos los trabajos fotogramétricos de pequeña, mediana o gran extensión [...]” (p. 13). De acuerdo con Quirós (2014), la aerotriangulación tiene como objeto reducir el número de puntos de apoyo tomados en campo, lo que permite una optimización de medios y recursos económicos. De conformidad con lo expuesto, se indica que a partir de un número mínimo de puntos de apoyo o control obtenidos en campo y de puntos complementarios (puntos de paso<sup>51</sup> y enlace<sup>52</sup>), se determinan las coordenadas y los parámetros para la realización del ajuste del bloque mediante técnicas digitales y el método de compensación de ajuste de haces de luz<sup>53</sup> con parámetros GNSS (IGM, 2016).

Para su ejecución, en primera instancia, se lleva a cabo la orientación interior,<sup>54</sup> que consiste en la medida de las marcas fiduciales en la imagen digital; en la cual, se establece el vínculo entre las coordenadas píxel de la imagen digital y el sistema de fotocoordenadas, definido en el certificado de calibración de la cámara. Para la orientación exterior,<sup>55</sup> se observa un mínimo de doce puntos de enlace en cada modelo estereoscópico, situados en la zona von Gruber, a partir de la medición de dichos valores instrumentales (x, y) de la orientación interior y de las coordenadas del terreno (X, Y, Z), puntos de apoyo o control, se

<sup>51</sup> “[...] Tienen un doble propósito, en aerotriangulación se usarán para enlazar modelos individuales para la formación de la pasada y durante la fase de restitución servirán para realizar la orientación absoluta de los modelos. Estos puntos se eligen en la zona de recubrimiento común entre dos modelos [...] es decir, deberán aparecer en tres fotografías sucesivas de una pasada. Se situarán dos puntos en los extremos (centro del recubrimiento longitudinal de pasadas adyacentes) y el tercero en el centro.” (Pérez Álvarez, 2001, p. 32)

<sup>52</sup> “[...] El propósito de estos es conectar una pasada a la adyacente del bloque. Se sitúan en el centro de recubrimiento transversal común entre dos pasadas. Usualmente se utiliza el mismo punto para unir modelos sucesivos y pasadas adyacentes [...]” (Pérez Álvarez, 2001, pp. 32-33)

<sup>53</sup> “[...] considera el rayo (óptico) espacial como una unidad y formula el sistema de ecuaciones utilizando la condición de colinealidad. Esta condición se refiere a que en un fotograma, un punto sobre el terreno, su correspondiente punto imagen y el centro de proyección están alineados. [...] Los datos iniciales necesarios para realizar el ajuste son: los parámetros de orientación interna del fotograma:  $f$ ,  $x_0$ ,  $y_0$ . Los parámetros de orientación externa del fotograma:  $\omega$ ,  $\phi$ ,  $\kappa$ ,  $X_L$ ,  $Y_L$ ,  $Z_L$ . Las coordenadas imagen de los puntos de apoyo, de paso y de densificación:  $x$ ,  $y$ . Las coordenadas terreno de los puntos de apoyo:  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , y las coordenadas terreno aproximadas de aquellos puntos que se impresionen en más de un fotograma y se deseen calcular sus coordenadas compensadas simultáneamente en la compensación.” (Lerma, 1999, p. 179)

<sup>54</sup> “[...] conjunto de parámetros que nos permiten transformar de los píxels del fichero imagen a las dimensiones físicas reales (en milímetros) de la fotografía y viceversa. Dichos parámetros son principalmente deducidos de las características de la cámara, como la distancia focal, el punto principal, las dimensiones físicas de la fotografía, y ciertos valores de distorsión de la lente. Adicionalmente se emplean otros parámetros característicos del vuelo, como son las alturas de vuelo y terreno.” (Aplitop, s.f., párr. 1)

<sup>55</sup> “[...] determina la posición y orientación exactas de la cámara en el instante en que se realizó la fotografía. Consiste en unas coordenadas tridimensionales  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  denominadas foto-centro y tres giros  $\Omega$ ,  $\Phi$  y  $K$  (respecto a los ejes  $XYZ$ ), siendo usualmente los valores de  $\Omega$  y  $\Phi$  cercanos a cero.” (Aplitop, s.f., párr. 3)

resuelve las ecuaciones de condición de colinealidad que expresarán que el punto objeto, su imagen y centro de proyección, se encuentran en una misma recta, con lo que se obtienen los parámetros de la orientación absoluta<sup>56</sup> de la fotografía (IGM, 2016).

Para la orientación simultánea del bloque, en el cálculo de aerotriangulación, se emplean los puntos de apoyo o control medidos en campo, los puntos de enlace obtenidos en la formación del bloque y las posiciones de los fotocentros proporcionadas por el receptor GNSS. Los resultados del ajuste del bloque proporcionan un error cuadrático medio en planimetría y altimetría; los cuales deben ser inferiores al tamaño del GSD en metros (IGM, 2016).

### **3.5 Etapa 5: restitución fotogramétrica**

La aplicación de la técnica de restitución, de acuerdo con Quirós (2014), corresponde:

“[...] al proceso de extracción de la información métrica del modelo estereoscópico con ayuda de un índice móvil según el principio de marca flotante [...] por el que dos marcas, que se colocan sobre dos puntos homólogos se han de fundir en una sola imagen (una sola marca), Además, se cumple que dicha marca estará a la altitud del punto sobre el que está ‘posada’.” (pp. 99-100)

Para su desarrollo, se verifica la calidad del proyecto fotogramétrico a ser restituido, por lo que se consideran las siguientes variables: registro fotográfico completo, modelos estereoscópicos completos, modelos estereoscópicos sin presencia de paralaje y modelos estereoscópicos empalmados con otros proyectos fotogramétricos. Para la ejecución de esta técnica, se ejecutan las siguientes actividades (IGM, 2016).

#### ***3.5.1 Estructuración de la cartografía base en el archivo Diseño Asistido por Computador (DGN)***

Los objetos geográficos<sup>57</sup> restituidos en un archivo CAD (DGN) son todos aquellos estipulados en el Catálogo de Objetos Institucional y se estructuran por niveles en el archivo DGN, de acuerdo con la Tabla de Estructuración de Elementos Cartográficos para cada escala. Su captura se encuentra supeditada a lo especificado en la Guía de Extracción de Elementos Cartográficos y a la Tabla de Tamaños Mínimos, disponible para las escalas.

<sup>56</sup> “Puesta en escala del modelo (par estereoscópico). [Nivela] el modelo hasta que coincida planimétrica y altimétricamente con los puntos de apoyo representados en el plano” (Santamaría y Sanz, 2011, p. 59).

<sup>57</sup> Representación de un fenómeno del mundo real asociado con una localización en relación con la Tierra (SENPLADES, 2013a, p.15).

Cabe destacar que, en planimetría, la restitución contiene todos los detalles identificables en su exacta posición y verdadera forma, con una dimensión mínima en el plano dependiendo la escala de trabajo; los objetos de interés que no cumplan con el tamaño mínimo se representan como norma general mediante símbolos. Para la altimetría, se realiza un análisis a partir de la escala, para la determinación de la equidistancia del intervalo de curva de nivel y la distribución de los puntos acotados.

En la fase de ejecución de la restitución, se considera un factor de ampliación en pantalla del orden de seis veces y las coberturas cartográficas son extraídas en el siguiente orden: hidrografía (se restituyen los cursos de aguas permanentes e intermitentes, desde la naciente hasta su desembocadura), relieve (se restituyen las curvas de nivel y puntos acotados, en concordancia con la escala de trabajo) y planimetría (se restituye la red vial, la infraestructura eléctrica, petrolera, férrea e información miscelánea), conforme a los objetos geográficos del catálogo para cada escala (IGM, 2016).

### **3.5.2 Edición cartográfica**

En esta actividad, se realizan los siguientes controles de calidad sobre el archivo DGN restituido (IGM, 2016):

**Compilación cartográfica:** se compilan las fuentes de información, como modelos de restitución, base de datos de nombres geográficos y mapas de otras ediciones, que sirven de apoyo en la edición del mapa.

**Verificación de la restitución:** se realiza en cada objeto geográfico que se encuentra estructurado en los niveles del archivo DGN, tomándose como referencia la Tabla de Estructuración de Elementos Cartográficos.

**Limpieza topológica:** tiene el objetivo de asegurar la integridad de las entidades, al depurar la inconsistencia vectorial como duplicidad de elementos, segmentación, fragmentos, desconexión y desplazamiento con la ayuda de herramientas topológicas. Luego, se procede a revisar empalmes, lo que permite verificar la continuidad tanto física como lógica de los elementos cartográficos.

### **3.6 Etapa 6: clasificación de campo**

En esta etapa, “[...] se desarrolla la actualización, validación y verificación de las entidades con sus respectivos nombres geográficos a través de un levantamiento sistémico en campo, para su posterior publicación en un determinado producto [...]” (IGAC, 2018,

párr. 1). Para llevar a cabo este levantamiento, se utilizan los manuales y las especificaciones emitidos por el IPGH. Previa a la salida de campo, se hace la planeación, cuyo objetivo es la identificación de la zona de trabajo para programar las respectivas comisiones. De forma paralela, se trabaja en la compilación de la información disponible con los registros que reposan en la base de datos de nombres geográficos de ediciones previas. Después, se procede a la ejecución de la clasificación de campo, que considera las siguientes actividades (IGM, 2016):

**Actualización:** actividad en la cual el registro existente de un nombre geográfico cambia según su dinámica espacial. Por ejemplo, la actualización del nombre de un centro educativo, que inicialmente fue una escuela y después se convirtió en una unidad educativa de bachillerato.

**Validación:** captura los nombres de los objetos geográficos que no se encuentran relacionados a la información existente en las bases de datos institucionales. Por ejemplo, la construcción de un nuevo proyecto que involucra infraestructura estratégica o urbana, cuya información no se dispone y debe ser levantada.

**Verificación:** consiste en establecer la variación sobre los nombres de los objetos geográficos; por ejemplo, el nombre de un río que en la edición de una carta presenta un nombre y en otra edición uno diferente o, a su vez, en un registro oficial aparece con otro nombre.

Los objetos geográficos que se clasifican son: poblaciones, hidrografía (ríos y lagunas), vías de comunicación (autopistas, vías y calles), infraestructura estratégica (eléctrica, termoeléctrica y petrolera), infraestructura urbana (puentes y túneles), rasgos culturales (centros educativos, de salud, iglesias, cementerios, parques, canchas y coliseos) y referencias geográficas como cerros, lomas, montañas, contrafuertes y acantilados.

Posterior a la fase de campo, se procede, en gabinete, a la integración de la información levantada en las bases cartográficas. La clasificación de campo es un procedimiento que se encuentra en una fase de modernización en el instituto, con el apoyo de herramientas tecnológicas, como el uso de las tabletas y su conexión en línea a una base de datos de nombres geográficos.

### **3.7 Etapa 7: migración Diseño Asistido por Computador (DGN)/ Base de Datos Geográfica (BDG) y estructuración de la Base de Datos Geográfica**

Esta etapa considera la migración de los objetos geográficos restituidos y estructurados por niveles en el archivo CAD (DGN) hacia una BDG. De acuerdo con el Instituto Geográfico Nacional de España (IGN, s.f.), una BDG es un conjunto de datos geográficos organizados de tal manera que permiten el análisis y la gestión del territorio dentro de un SIG. De igual forma, son el soporte para la implantación de servicios geográficos relacionados con la Infraestructura de Datos Espaciales.

Para la migración, se parte del archivo DGN previamente sometido a control de calidad y, mediante la utilización de herramientas de importación de archivos CAD que dispone un SIG, se importan los trazados del archivo DGN; lo que los convierte en objetos pertenecientes a la BDG, la cual tiene la estructura de categorías, subcategorías y objetos establecidos en el catálogo de objetos.

Para una adecuada estructuración de la BDG, se dispone de un modelo de datos<sup>58</sup> y un modelo semántico, que define las relaciones existentes entre los objetos que se almacenan. Lo anterior posibilita asegurar una lógica cartográfica, como la definición de los objetos de cobertura terrestre, de actividad, complementarios, entre otros (IGM, 2016). Esta BDG es sometida a controles topológicos con base en la geometría de los elementos y las relaciones establecidas en el modelo semántico.

### **3.8 Etapa 8: cartografía o productos derivados**

Una vez obtenidas las BDG a las diferentes escalas, con su respectivo control de calidad y metadatos, se continúa con la Etapa 8 donde se llevan a cabo otros procesos agregadores de valor, como la simbolización y diseño cartográfico para la publicación e impresión de planos, cartas y mapas; la elaboración de los estudios geográficos; y, el desarrollo de las aplicaciones geográficas; toda esta información es remitida al proceso de la IDE institucional, quienes ponen a disposición de la sociedad en general, toda la información que el instituto ha generado.

---

<sup>58</sup> “[...] consiste en la formalización conceptual (descripción) de las entidades geográficas del mundo real con el objeto de realizar una abstracción que permita satisfacer unas necesidades de información [...]” (IGN, s.f., p. 2).

**SEGUNDA PARTE**  
**Zona y Escalas en estudio**

#### Capítulo 4. Zona de estudio

En concordancia con el objetivo y la hipótesis de esta investigación, la zona de estudio se define como el conjunto de áreas continentales donde el primer y segundo proyecto de inversión no pudieron realizar toma de fotografías aéreas a escala 1:5000. Su determinación requiere especial importancia, dado que delimita el escenario espacial de la problemática planteada y, a su vez, es el medio donde se aplica, comprueba y compara la efectividad de cada método alternativo, con la finalidad de obtener el ideal para cada objeto geográfico de cada escala en particular. Estas áreas presentan condiciones meteorológicas adversas, lo que ha imposibilitado la toma de fotografía aérea durante un periodo de nueve años, situación que ha impedido la generación de cartografía básica oficial con el proceso cartográfico convencional y su replicación a las escalas menores mediante generalización cartográfica.

Para la elaboración de las figuras que apoyan el presente capítulo, se utiliza el LPI aprobado por el Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio e Integración para el Mapa Geográfico del Ecuador a escala 1:500 000, elaborado por el IGM, en 2012. De igual forma, se utiliza el límite provincial proporcionado por el CONALI,<sup>59</sup> que en cumplimiento a la Disposición General Cuarta y Transitoria Segunda de la Ley para la Fijación de Límites Territoriales Internos dispuso que las entidades públicas y los distintos niveles de gobierno deben realizar sus actividades con base en la información de límites territoriales generada por el CONALI; por tal motivo, la información proporcionada tiene carácter de oficial; sin embargo, se la considera todavía referencial, hasta que se apruebe la Ley respectiva, que se encuentra en trámite de aprobación.

Con lo expuesto, se menciona que el archivo digital de límites proporcionado, Organización\_Territorial\_Provincial.shp (OTP), fue trazado sobre la cartografía de mayor escala disponible por el IGM; dicho de otro modo, fue elaborado sobre diferentes escalas y solo existe un archivo que es empleado para las diferentes publicaciones, no existe una generalización para ser empleado a las diferentes escalas y el IGM no lo puede generalizar, al no ser de su competencia esta temática.

---

<sup>59</sup> Consejo Nacional de Límites Internos es el organismo técnico de derecho público, competente en materia de delimitación territorial interna, ejerce las competencias de conformidad con la Constitución de la República del Ecuador, la Ley para la Fijación de Límites Territoriales Internos (LFTI), el Reglamento para su aplicación y, en general, en observancia al ordenamiento jurídico vigente.



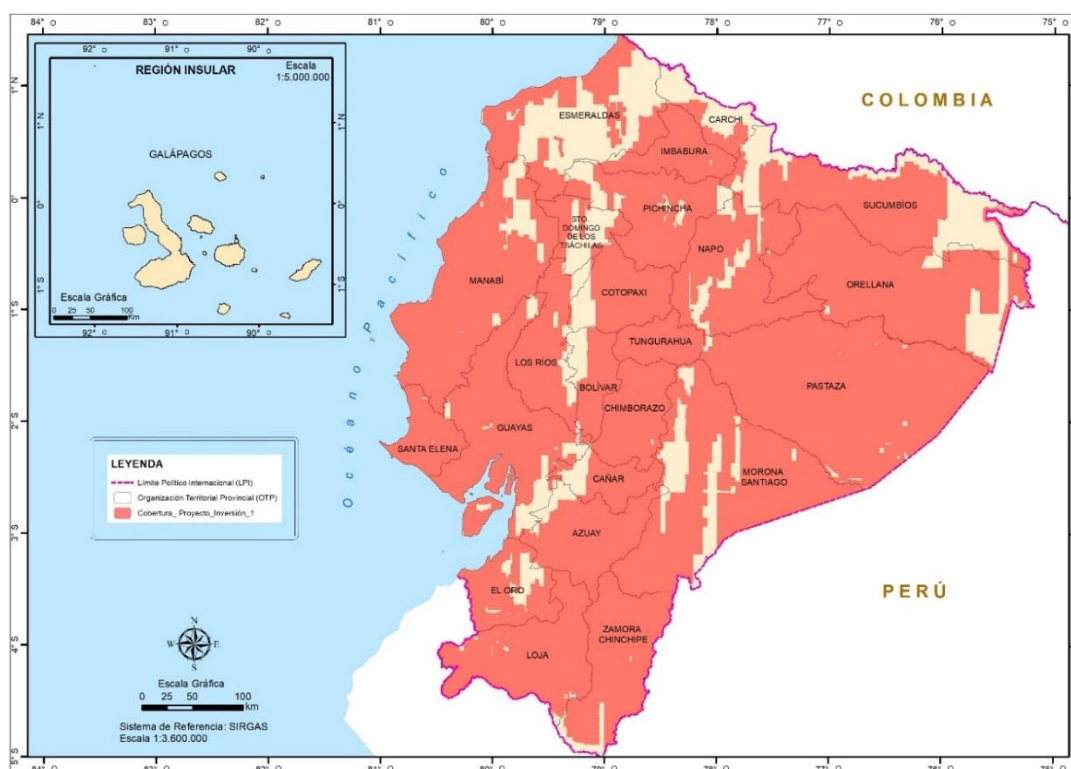
#### 4.1 Determinación de la zona de estudio

Para la determinación de la zona de estudio, en primer lugar, se genera la cartografía correspondiente a la cobertura fotográfica obtenida durante la ejecución del primer y segundo proyecto de inversión. Luego, a partir de operaciones digitales con el cruce de mapas, se define la zona de estudio, como se muestra a continuación:

1. Elaboración del mapa (archivo digital .shp) de las áreas cubiertas con fotografía aérea durante el primer proyecto de inversión (Figura 22) y su posterior generación de cartografía básica a escala 1:5000, durante el 2011 al 2017. El insumo fotográfico para la ejecución de este proyecto de inversión fue gestionado por la unidad ejecutora SIGTIERRAS,<sup>60</sup> quien subcontrata a dos empresas extranjeras: TECSUL y STEREOCARTO, que en conjunto con el IGM tienen como objetivo la obtención de fotografía aérea y ortofotos a escala 1:5000 del territorio nacional continental, lo que demanda ingentes recursos económicos.

Figura 22

#### Áreas cubiertas con fotografía aérea del primer proyecto de inversión



Fuente: Guerrón, P., 2020, con base en la información del LPI aprobada por el Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio e Integración (2012) y la información del OTP proporcionada por el Consejo Nacional de Límites (2019).

<sup>60</sup> Incorporada al Ministerio de Agricultura y Ganadería.

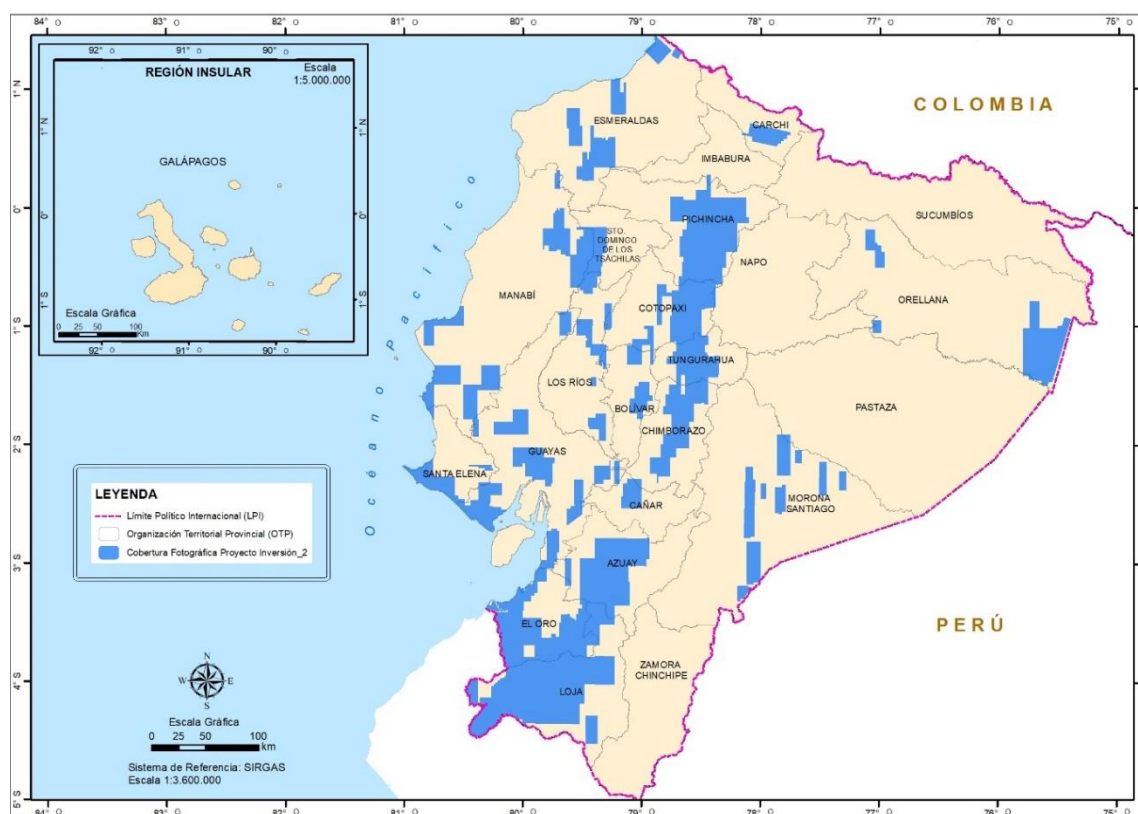
Como resultado, este proyecto obtiene una cobertura fotográfica de aproximadamente 210 000 km<sup>2</sup>, que corresponde al 84 % de cobertura a nivel nacional continental. El insumo fotográfico obtenido permite desarrollar cartografía a escala 1:5000, para luego obtener gracias al método de generalización cartográfica las escalas 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:250 000, 1:500 000 y 1:1 000 000. De esta manera, se evidencia que el 16 % del territorio continental no consigue obtener cobertura fotográfica, circunstancia que genera la problemática en la que se fundamenta esta tesis.

2. Elaboración del mapa con la cobertura fotográfica obtenida del segundo proyecto de inversión durante 2018 y finales de 2019. Este mapa es realizado a partir de la base cartográfica (archivo digital .shp proporcionado por el área de Fotografía Aérea del IGM), conformada por 188 polígonos correspondientes a bloques de toma, con una superficie de 45 589.67 km<sup>2</sup>. Esta base es editada, pues se eliminan las áreas sobrelapadas y las que se encuentran fuera del LPI y de la línea de costa continental. Con ello, se obtiene un área de cobertura efectiva de 43 570 km<sup>2</sup>.

El segundo proyecto de inversión tiene como objetivo la generación de cartografía multiescala 1:5000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:250 000, 1:500 000 y 1:1 000 000 de 100 000 km<sup>2</sup> del territorio nacional continental, hasta finales del 2021. Para ello, es requerida la toma de fotografía aérea. Su prioridad se encuentra enfocada a cubrir las áreas que el primer proyecto de inversión no logró tomar (Figura 22) y las zonas de mayor dinamismo que consideran centros poblados con un índice alto de expansión poblacional y sectores estratégicos (petrolero, eléctrico y minero). Hasta diciembre de 2019 se tiene un área efectiva de cobertura fotográfica de 43 570 km<sup>2</sup>, como se muestra en la Figura 23.

Figura 23

## Áreas cubiertas con fotografía aérea del segundo proyecto de inversión

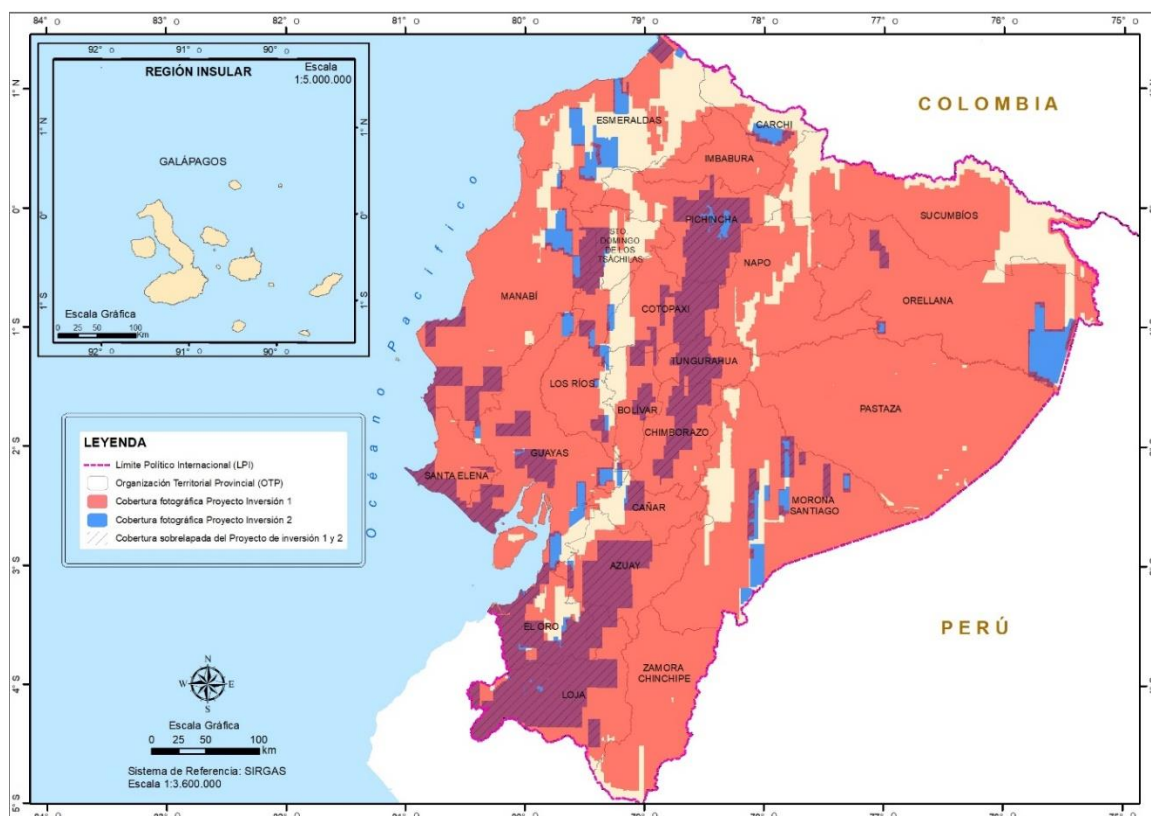


Fuente: Guerrón, P., 2020, con base en información del LPI aprobada por el Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio e Integración (2012), la información del OTP proporcionada por el Consejo Nacional de Límites (2019) y la cobertura proporcionada por el Departamento de Fotografía Aérea del IGM (2019).

Con la información digital recopilada, generada y editada, se procede a crear un mapa (Figura 24) en el que se visualiza la superposición de las coberturas fotográficas alcanzadas en los dos proyectos de inversión. Se lleva a cabo un cruce de mapas con la operación digital *Erase*. Así, se obtiene como resultado un área sobrelapada entre ambos proyectos de 35 862 km<sup>2</sup> y un área de solo 7708 km<sup>2</sup>, equivalente al 17,7 %, correspondiente a sectores nuevos que el primer proyecto de inversión no logró tomar, lo que confirma que, pese a ser un área prioritaria, se dificulta la toma de fotografía y, en consecuencia, la generación de cartografía con el proceso convencional que emplea el IGM y su réplica a las escalas menores.

Figura 24

### Áreas cubiertas con fotografía aérea del primer y segundo proyecto de inversión, con su área sobrelapada



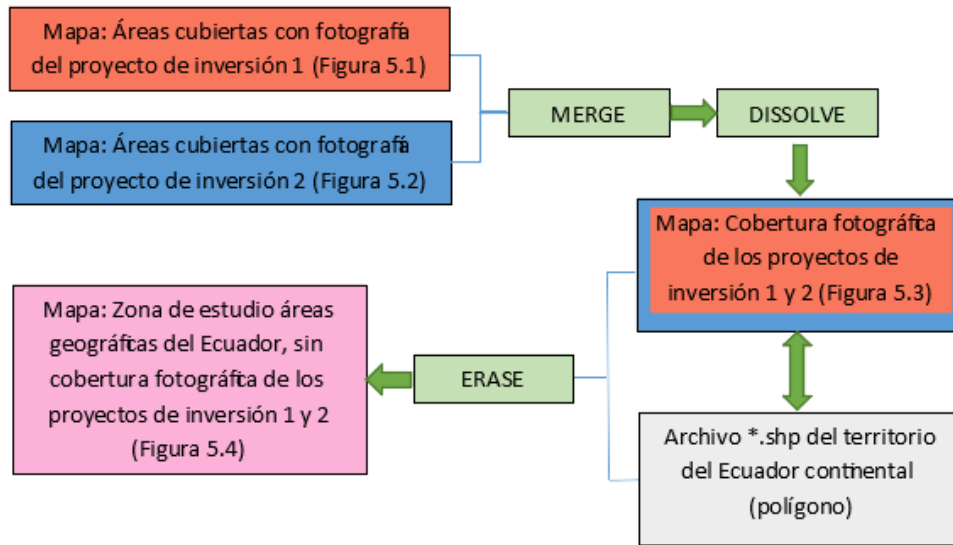
Fuente: Guerrón, P., 2020, con base en la información del LPI aprobada por el Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio e Integración (2012) y la información del OTP proporcionada por el Consejo Nacional de Límites (2019).

Para la obtención de la zona de estudio, se realiza una serie de operaciones digitales (*Merge*, *Dissolve* y *Erase*) al cruzar los mapas obtenidos, como se muestra en la Figura 25.

De esta manera, queda definida la zona de estudio para la presente investigación, con una superficie calculada de 31 111 km<sup>2</sup> que corresponde al 12,5 % del territorio continental. Esta zona considera las áreas que no han sido cubiertas con fotografía aérea en ninguno de los dos proyectos de inversión, como se muestra en la Figura 26.

Figura 25

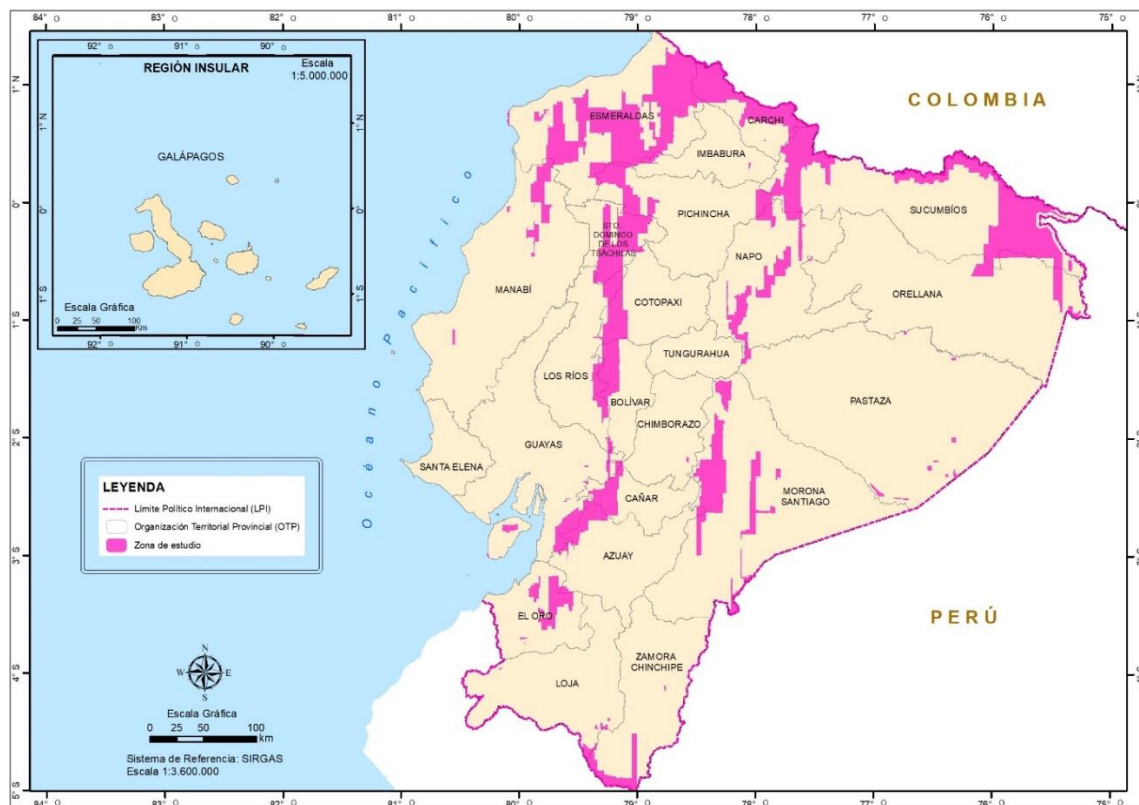
**Esquema con las operaciones digitales efectuadas para la obtención de la zona de estudio**



Fuente: Guerrón, P., 2021.

Figura 26

**Zona de estudio**



Fuente: Guerrón, P., 2020, con base en información del LPI aprobada por el Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio e Integración (2012) y la información del OTP proporcionada por el Consejo Nacional de Límites (2019).

## 4.2 Características geográficas de la zona de estudio

### 4.2.1 Ubicación

La zona de estudio abarca una superficie de 31 111 km<sup>2</sup>, lo que representa el 12,5 % del territorio continental y se distribuye en 21 de las 23 provincias de la siguiente manera (ver Tabla 3):

Tabla 3

#### Porcentaje de ocupación de la zona de estudio por cada provincia del Ecuador

No.	Provincia	Área (km <sup>2</sup> ) zona de estudio	Porcentaje (%)	Porcentaje (%) (considerando el área de cada provincia)
1	Cañar	680,60	2,19	21,71
2	Zamora Chinchipe	695,05	2,23	6,58
3	Guayas	743,40	2,39	4,79
4	Azuay	746,48	2,40	9,48
5	Orellana	753,86	2,42	3,47
6	Los ríos	817,15	2,63	11,22
7	Manabí	839,94	2,70	4,42
8	Cotopaxi	850,97	2,74	13,80
9	El oro	858,64	2,76	14,64
10	Bolívar	873,66	2,81	22,41
11	Pichincha	1198,13	3,85	12,66
12	Napo	1563,62	5,03	12,47
13	Santo Domingo de los Tsáchilas	1848,82	5,94	53,52
14	Carchi	2233,27	7,18	59,04
15	Morona Santiago	2894,95	9,30	12,05
16	Sucumbíos	6339,89	20,38	35,03
17	Esmeraldas	6596,15	22,17	40,78
18	Otras Provincias	575,55	1,85	
	<b>Total</b>	<b>31 111</b>	<b>100 %</b>	

Fuente: Guerrón, P., 2020, con base en la información del CONALI, 2013.

El numeral No. 18, denominado “Otras provincias”, corresponde a las provincias de Tungurahua, Chimborazo, Loja, Imbabura, Pastaza y Cañar, las cuales tienen un porcentaje de ocupación pequeño, que en conjunto representan solo el 1,85 % del total de la zona de estudio. Según la Tabla 3, las provincias que abarcan un mayor porcentaje de la zona de estudio son: Esmeraldas, Sucumbíos y Morona Santiago; en menor porcentaje, las provincias de Carchi, Santo Domingo de los Tsáchilas, Napo y Pichincha; el resto de las provincias se encuentra con un aproximado del 2 % cada una.

En cambio, al comparar la zona de estudio en relación con el área de cada provincia, se observa que las provincias de Carchi, Santo Domingo de los Tsáchilas y Esmeraldas son las más afectadas, sin cubrimiento fotográfico de los dos proyectos de inversión; en menor grado, las provincias de Sucumbíos, Bolívar y Cañar.

### 4.2.2 Características físicas

El Ecuador está atravesado de norte a sur por la Cordillera de los Andes, como se observa en la Figura 27, lo que da origen a tres regiones geográficas en el continente: Litoral o Costa, Sierra o Interandina, Oriente o Amazonía y la región insular de Galápagos, que se encuentra a unos 900 km a en el océano Pacífico, aproximadamente.

Figura 27

### Mapa Físico de la República del Ecuador a escala 1:4 000 000, del sector continental

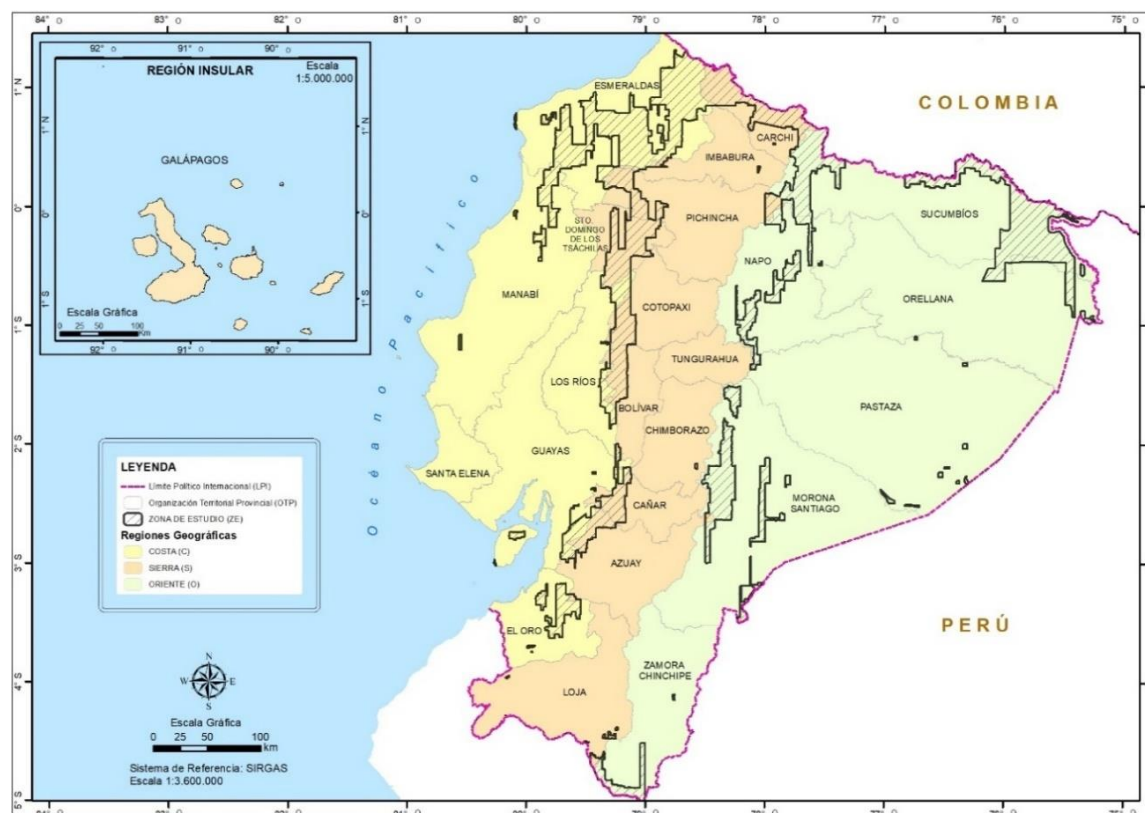


Fuente: IGM, 2020.

Los límites entre regiones corresponden a la agrupación de las provincias que tienen semejanzas en sus características físicas, como topografía, clima y temperatura. La zona de estudio se encuentra distribuida en las tres regiones geográficas, como se muestra en la Figura 28, de acuerdo con los porcentajes de ocupación visualizados en la Tabla 4.

Figura 28

### Zona de estudio y las regiones geográficas del Ecuador



Fuente: Guerrón, P., 2020, con base en información del LPI aprobada por el Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio e Integración (2012) y la información del OTP proporcionada por el Consejo Nacional de Límites (2019).

Tabla 4

### Porcentaje de ocupación de la zona de estudio, por región geográfica del Ecuador

No	Región geográfica	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
1	Costa	9855,27	31,68 %
2	Sierra	8777,89	28,21 %
3	Oriente	12 478,27	40,11 %
	<b>Total</b>	<b>31 111,43</b>	<b>100 %</b>

Fuente: Guerrón, P., 2020, con base en información de CONALI, 2013.

Estas regiones presentan características particulares y disímiles entre sí, las cuales llevan a la presentación de una breve síntesis (Varela y Ron, 2019), en la que se agregan elementos para una mejor interpretación de los obstáculos que imposibilitan la toma de fotografía aérea.



**Región Costa o Litoral:** se encuentra conformada administrativamente por las provincias de Esmeraldas, Manabí, Los Ríos, Santa Elena, Guayas y El Oro.

- **Topografía:** se extiende desde el perfil costanero hasta las estribaciones occidentales de los Andes, desde el río Mataje al norte, hasta el río Zarumilla al sur. Se conforma de llanuras bajas, más o menos planas, zonas de piedemonte y varias cordilleras costaneras de baja altura, con elevaciones entre los 400 y 700 m de altura (Barros y Troncoso, 2010; Lynch y Duellman, 1980).
- **Clima:** esta zona se caracteriza por un clima tropical árido al suroeste, seco a húmedo hacia el centro-sur y muy húmedo al norte. La estación húmeda se define por la presencia de altas temperaturas y lluvia abundante que se registra entre diciembre y abril-mayo por la presencia de la corriente cálida de El Niño y la zona de convergencia intertropical. La estación seca se distingue por bajas temperaturas y lluvias escasas, se registra desde junio a noviembre o diciembre (Neill y Jørgensen, 1999). La temperatura promedio de toda la región varía entre 24-25 °C, aunque puede llegar a ser menor de 22 °C en zonas de cordillera. Sus niveles de precipitación anual varían de menos de 60 mm (península de Santa Elena) a más de 2000 mm, dependiendo de la ubicación con respecto a la corriente de Humboldt (Neill y Jørgensen, 1999; Pourrut, 1983). Ese gradiente de lluvias posibilita la creación de hábitats muy variados, desde zonas desérticas hasta bosques húmedos tropicales. Asimismo, existe un gradiente de lluvia de occidente (seco) a oriente, que con la presencia de los Andes hace que el aire húmedo, proveniente del océano, libere su humedad y produzca lluvias.

**Región Sierra o Interandina:** se compone administrativamente por las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Santo Domingo de los Tsáchilas, Tungurahua, Bolívar, Chimborazo, Cañar, Azuay y Loja.

- **Topografía:** esta región es bastante alta, de relieve irregular, poblada de numerosas montañas coronadas de nieves y volcanes que aún se cuentan entre los más activos del mundo (Buitrón y Salisbury, 2007). En esta región se encuentra la cordillera de los Andes, con una extensión de 800 km de longitud y 100-200 km de ancho aproximadamente; la cual se extiende desde el río Carchi al norte, hasta el río Macará al sur. Se encuentra conformada por montes, nevados, volcanes, páramos altoandinos, cumbres, valles y lagunas (Barros y Troncoso, 2010). Las principales

elevaciones son el volcán Chimborazo (el más alto del país, con 6310 m), el volcán Cotopaxi (segundo más alto, con 5897 m), Guagua Pichincha, Atacazo, Corazón, los Illinizas, Cayambe, Antisana, Tungurahua, Altar y Sangay (Lynch y Duellman, 1980). Los principales sistemas hidrográficos de oriente y occidente del país nacen de sus montañas y páramos como consecuencia del deshielos y las precipitaciones en la zona.

- **Clima:**

“Se caracteriza por un clima tropical muy húmedo en zonas de transición hacia el litoral y Amazonía, templado semi-húmedo a húmedo en la zona interandina, cálido y seco en los valles interandinos y frío de alta montaña en los páramos, sobre los 3000 m de altitud. Esta región recibe la influencia alternada de masas de aire oceánicas y amazónicas y de la oscilación de la Zona de Convergencia Intertropical; por lo que registra dos estaciones lluviosas (distribución bimodal de lluvias), entre marzo-abril y octubre-noviembre [Neill y Jørgensen, 1999; Duellman, 1979]. El promedio anual de las precipitaciones varía entre 800 y 1500 mm, a excepción de la zona del valle del Chota (300 mm) y el valle Jubones (400 mm). Las temperaturas más altas se registran entre diciembre y enero, con mínimos entre abril y junio. La temperatura está ligada a la altura; entre los 1500 y 3000 m los valores promedio varían entre 8 y 20 °C, con un gradiente de temperatura de ~5 °C por cada 1000 m de altura [Pourrut, 1983; Lynch y Duellman, 1980].” (Varela y Ron, 2019, párr. 6)

**Región Oriental o Amazónica:** se encuentra conformada administrativamente por las provincias de Sucumbíos, Orellana, Napo, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe.

- **Topografía:** la región “se extiende desde la cordillera de los Andes orientales al oeste hasta la frontera con Colombia y Perú al este. Se divide en alta Amazonía (> 1000 m de altura) y llanura Amazónica (< 1000 m de altura)” (Varela y Ron, 2019, párr. 7).
- **Clima:**

“Se caracteriza por un clima tropical muy húmedo en toda la región durante todo el año, debido a la retención de humedad por los grandes bosques amazónicos. Las precipitaciones en esta región son constantes, con un ligero incremento entre marzo y julio y una disminución en agosto y enero como resultado del movimiento de la Zona de Convergencia Intertropical. Las tormentas son muy comunes en la región. Se registra el máximo de precipitación (>4500 mm) de todo el país en la zona de Mera y Puyo, en la provincia de Pastaza [Cedeño y Donoso, 2010]. La temperatura promedio es de 24-

25 °C, la cual fluctúa muy poco, con máximos de hasta 40°C en el mes de mayo [Pourrut, 1983; Neill & Jørgensen, 1999.]” (Varela y Ron, 2019, párr. 8)

### 4.3 Bases de Datos Geográficas de la zona de estudio

Las BDG están compuestas por objetos geográficos, conformados por un componente gráfico (punto, línea o polígono) y otro alfanumérico (tabla). Las BDG del país a escalas 1:250 000, 1:500 000 y 1 000 000 son determinadas en función del catálogo institucional y deben dar cumplimiento a las siguientes consideraciones generales y específicas para cada escala.

#### 4.3.1 Consideraciones generales

- **Datum horizontal:** SIRGAS (ITRF94).
- **Época de referencia:** 1995.4.
- **Elipsoide de referencia:** GRS80.
- **Semieje mayor:** 6 378 137.00.
- **Achatamiento polar:** 1/298.257222101.
- **Datum vertical:** Marégrafo “La Libertad” (nivel medio del mar).
- **Proyección cartográfica:** Universal Transversa de Mercator, con los siguientes parámetros:

Latitud de origen: 00° 00'00” S.

Longitud de origen: 81° 00'00” y 75° 00'00” W.

Falso Este: 500 000 m.

Falso Norte: 10 000 000 m.

Factor de Escala MC: 0.9996.

En este punto, se amerita indicar lo siguiente:

“Todos los mapas oficiales, para su publicación, son elaborados sobre la base de la cartografía oficial del IGM y deben contar con la aprobación por parte de los organismos encargados en materia de límites territoriales que actualmente son: el Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana, en lo que se refiere a límites internacionales; y el Ministerio de Gobierno (Dirección de Articulación entre Niveles de Gobierno), para límites internos, sin estas aprobaciones no se puede publicar un mapa oficial del territorio nacional.” (Pullas, 2021, p. 27)

- El tipo de geometría de cada objeto geográfico depende de la escala y se etiqueta y diferencia a continuación del nombre, de la siguiente forma: **\_a**: objeto poligonal, **\_l**: objeto lineal y **\_p**: objeto puntual.
- Los objetos geográficos referentes al LPI y a la línea de costa, representados en los mapas nacionales a escala 1:500 000 y 1:1 000 000, son trazados oficiales proporcionados por otras entidades que tienen esa competencia (Figura 1). Por tal motivo, la cartografía actualizada que estuviera disponible debe ajustarse a estos límites.
- El objeto geográfico Organización\_Territorial\_Provincial\_l es de competencia del CONALI, el cual proporciona de manera oficial esta información para su representación en los mapas nacionales. Es preciso aclarar, que el archivo proporcionado por CONALI en 2019 es referencial, hasta que se promulgue la Ley respectiva que se encuentra en trámite de aprobación.
- El objeto geográfico linea\_costa\_l<sup>61</sup> generada por el IGM es utilizada en las BDG a escalas 1:250 000 y mayores.
- Los objetos geográficos: linea\_costa\_l y curva\_batimetrica\_l, representados en el mapa 1:500 000 y 1:1 000 000 son de competencia del INOCAR; por tal motivo, esta información es recopilada y no se somete a ninguna generalización.
- Los objetos geográficos: hito\_p, vertice\_geodesico\_p, al ser objetos determinados geodésicamente, no son sometidos a generalización u obtención por algún otro método alternativo.
- Los objetos geográficos roca\_p y arrecife, son considerados en las escalas en estudio, solo para la provincia de Galápagos; por ello, este objeto no es analizado al estar excluida la provincia de la investigación.
- El objeto geográfico punto\_acotado\_p, representado en los mapas nacionales a escala 1:500 000 y 1:1 000 000, corresponde a las alturas de las elevaciones más representativas del país; de este modo, se utilizan las determinadas en el proceso cartográfico y geodésico, en conjunto con los valores que tiene establecido la DAC.
- Los objetos geográficos: zona\_edificada\_a y poblado\_p pertenecientes a la División Política Administrativa, como capitales provinciales, sedes municipales y cabeceras

---

<sup>61</sup> Es una línea de costa cartográfica que representa la separación entre el cuerpo de agua (océano) y la masa de tierra (playa) en un tiempo específico (fecha de toma de la fotografía aérea).

parroquiales, son de uso obligatorio en todas las BDG oficiales del país, su representación geométrica depende las especificaciones de cada escala.

- Los objetos geográficos por donde es trazado el LPI como rio\_a, rio\_l y via\_l, no se someten a ninguna generalización, al igual que los objetos geográficos que formaran parte de ellos, como es el caso de isla\_a y característica\_suelo\_a.
- Por temas de valor turístico e importancia nacional, existen cadenas lacustres y embalses que, por su relevancia, deben ser consideradas y representadas en los mapas nacionales 1:500 000 y 1:1 000 000; ante esta circunstancia, los objetos geográficos determinados, sólo se someten a la operación cartográfica de agrupación y se procede en la fase de simbolización cartográfica a realizar una exageración del objeto para que puede ser representado a estas escalas pequeñas.
- Para la elaboración del Mapa Geográfico del Ecuador a escala 1:500 000 y el Mapa Físico-Político a escala 1:1 000 000, se requiere de información de los objetos geográficos de vialidad, hidrografía y altimetría de los países fronterizos de Colombia y Perú. Para tal caso, se debe recopilar de fuentes oficiales de estos países o proyectos binacionales o regionales que se hayan desarrollado de manera coordinada y conjunta.

#### **4.3.2 Consideraciones específicas**

A continuación, se muestra para cada escala en estudio, la información disponible de versiones anteriores sobre las cuales se procede al proceso de actualización cartográfica, el establecimiento de los objetos geográficos que las conforman, así como las especificaciones técnicas que deben cumplir, independiente de si son generadas con el proceso convencional o métodos alternativos de insumos no fotográficos.

##### **Escala 1:250 000**

La zona de estudio se encuentra cubierta al 100 % con la BDG a escala 1:250 000 (segunda versión) del 2013, el proceso de su elaboración fue tratado en el Capítulo 2.6. El catálogo de objetos a esta escala se muestra en la Tabla 5, y fue elaborado a partir de la información que consta en las cartas topográficas y las dos versiones digitales generadas a esta escala.

Tabla 5

## Estructura del catálogo de objetos de la BDG a escala 1:250 000

<p><b>A_AEROPUERTO_SUPERFICIE</b> aeropuerto_a aeropuerto_p helipuerto_p pista_aterrizaje_l pista_aterrizaje_p</p> <p><b>B_ECOSISTEMAS</b> zona_manglar_a</p> <p><b>CT_TIERRAS_AGROPECUARIAS</b> cultivo_a</p> <p><b>CT_TIERRAS_ARBUSTIVAS_HERBACEAS</b> matorral_a pastizal_a</p> <p><b>CT_TIERRAS_FORESTALES</b> bosque_a</p> <p><b>D_LIMITE_POLITICO_ADMINISTRATIVO</b> limite_administrativo_l</p> <p><b>D_LINDEROS_DE_PROPIEDAD</b> hito_p vertice_geodesico_p</p> <p><b>F_EDAFOLOGIA</b> caracteristica_suelo_a</p> <p><b>F_GEOMORFOLOGIA</b> terraplen_l limite_nieve_a</p> <p><b>F_REPRESENTACION_RELIEVE</b> curva_nivel_l punto_acotado_p</p> <p><b>GS_CONSTRUCCIONES</b> poblado_p zona_edificada_a</p> <p><b>HO_AGUAS_INTERIORES</b> area_inundacion_a cienaga_a embalse_a lago_laguna_a rio_a rio_l punto_desvanecido_p</p>	<p><b>HO_RIESGOS_OBSTRUCCIONES</b> roca_p</p> <p><b>HO_PUERTOS_MUELLES</b> muelle_l muelle_p puerto_p</p> <p><b>HO_REGULACION_ZONAS_RESTRINGIDAS</b> granja_acuatica_a</p> <p><b>HO_RUTAS_NAVEGACION</b> faro_p</p> <p><b>HO_ZONAS_COSTERAS</b> linea_costa_l isla_a</p> <p><b>II_ESTRUCTURA_ASOCIADA_INDUSTRIAS</b> tuberia_l</p> <p><b>II- EXTRACCION</b> cantera_p mina_p</p> <p><b>IT_ASOCIADO_TRANSPORTACION</b> tunel_l tunel_p</p> <p><b>IT_CRUCES_ENLACES</b> puente_p puente_l</p> <p><b>IT_FERROCARRILES</b> ferrocarril_l</p> <p><b>IT_TRANSPORTE_TERRESTRE</b> sendero_l rodera_l via_ruta_l</p> <p><b>T_NOMBRES</b> nombre_geografico_p nombre_geografico_l nombre_sitio_p</p>
--	---

Fuente: Guerrón, P., 2019, con base en información de IGM, 2013b.

*Nota.* La descripción de cada objeto geográfico en base al Catálogo de Objetos Nacional se muestra en el Anexo 1.

**Especificaciones Escala 1:250 000: (IGM, 2017b)**

**Formato cartográfico:** para efectos de publicación, el formato cartográfico útil por cada hoja a escala 1:250 000, es de 1° Lat. \* 1° Long, con la nomenclatura vigente en el Reglamento a la Ley de Cartografía (1991).

**Elementos a representar:** los objetos geográficos establecidos en la Tabla 5, que se encuentran vinculados con el Catálogo Nacional de Objetos.

**Planimetría:** para planimetría, se aplica: precisión = 0.3mm \* factor de escala. La precisión obtenida de 75 m para esta escala se evidencia para una muestra aleatoria, donde el 90 % cumplirá con la precisión, mientras que el 10 % restante estará dentro de (0.4mm \* factor de escala), es decir, 100 metros. Estas precisiones se cumplen en terrenos desnudos y con vegetación herbácea baja; en caso de terrenos con vegetación herbácea alta, se debe sumar la altura promedio de la vegetación (IGM, 2016).

**Altimetría:** equidistancia de curvas de nivel: 100 m (IPGH, 1978). Para altimetría, se aplica: precisión = ¼ del intervalo de curva, es decir 25 metros. La precisión obtenida es para una muestra aleatoria donde el 90 % cumplirá con la precisión (IGM, 2016).

**Escala 1:500 000**

Mediante la información recopilada en la Mapoteca del IGM y otras fuentes, se puede indicar que el instituto ha elaborado cuatro mapas oficiales del Ecuador a escala 1:500 000, en 1957, 1979, 1993 y 2012 (vigente hasta la presente fecha). Estos mapas fueron generados mediante técnicas de compilación de la información disponible por el IGM a mayor escala y otras instituciones, como lo establece el artículo 11 del Reglamento de la Ley de la Cartografía Nacional. El área de estudio determinada se encuentra cubierta en su totalidad en todos estos mapas nacionales; no obstante, sólo el mapa generado en el 2012 se encuentra estructurado en una BDG, con su catálogo de objetos respectivo, como se muestra en la Tabla 6:

Tabla 6

**Estructura del catálogo de objetos de la BDG a escala 1:500 000**

<b>A_AEROPUERTO_SUPERFICIE</b> aeropuerto_p pista_aterrizaje_p	<b>HO_RIESGOS_OBSTRUCCIONES</b> roca_p
<b>D_LIMITE_POLITICO_ADMINISTRATIVO</b> limite_administrativo_l	<b>II_ELECTRICA</b> linea_transmision_electrica_l
	<b>HO_ZONAS_COSTERAS</b>

<p><b>D_ORGANIZACION_TERRITORIAL_ESTADO</b> provincia_a</p> <p><b>F_EDAFOLOGIA</b> caracteristica_suelo_a</p> <p><b>F_GEOMORFOLOGIA</b> limite_nieve_a</p> <p><b>F_REPRESENTACION_RELIEVE</b> curva_nivel_l punto_acotado_p</p> <p><b>GS_CONSTRUCCIONES</b> poblado_p zona_edificada_a</p> <p><b>HO_AGUAS_INTERIORES</b> embalse_a lago_laguna_a rio_a rio_l punto_desvanecido_p</p> <p><b>HO_INFORMACION_PROFUNDIDAD</b> curva_batimétrica_l</p>	<p>linea_costa_l isla_a</p> <p><b>HO_RUTAS_NAVEGACION</b> faro_p</p> <p><b>II_ESTRUCTURA_ASOCIADA_INDUSTRI A</b> tuberia_l</p> <p><b>IT_CRUCES_ENLACES</b> puente_l</p> <p><b>IT_FERROCARRILES</b> ferrocarril_l</p> <p><b>IT_TRANSPORTE_TERRESTRE</b> sendero_l rodera_l via_ruta_l</p> <p><b>T_NOMBRES</b> nombre_geografico_p nombre_geografico_l nombre_sitio_p</p>
---	---

Fuente: Guerrón, P., 2019, con base en IGM, 2013b.

*Nota.* La descripción de cada objeto geográfico en base al Catálogo de Objetos Nacional se muestra en el Anexo 1.

### **Especificaciones Escala 1:500 000**

**Formato cartográfico:** la publicación e impresión de la cartografía a esta escala es mediante el Mapa Geográfico de la República del Ecuador a escala 1:500 000, el cual se compone de cuatro hojas en formato A0.

**Elementos a representar:** los objetos geográficos establecidos en la Tabla 6, que se encuentran vinculados con el Catálogo Nacional de Objetos.

**Planimetría:** para planimetría, se aplica: precisión = 0.3 mm \* factor de escala. La precisión obtenida de 150 metros para esta escala se evidencia para una muestra aleatoria, donde el 90 % cumplirá con la precisión, mientras que el 10 % restante estará dentro de (0.4 mm \* factor de escala), es decir, 200 m. Estas precisiones se cumplen en terrenos desnudos y con vegetación herbácea baja; en caso de terrenos con vegetación herbácea alta, se debe sumar la altura promedio de la vegetación (IGM, 2016).



**Altimetría:** equidistancia de curvas de nivel: 200 m. Para altimetría, se aplica: precisión =  $\frac{1}{4}$  del intervalo de curva, es decir 50 m. La precisión obtenida es para una muestra aleatoria donde el 90 % cumplirá con la precisión (IGM, 2016).

### **Escala 1:1 000 000**

Mediante la información recopilada en la Mapoteca del IGM y otras fuentes, se puede indicar que el instituto ha elaborado mapas físicos o políticos a escala 1:1 000 000 en 1950, 1974, 1979, 1981, 1987, 1990, 1991, 1999 y la última edición oficial, en 2008. El área de estudio determinada se encuentra cubierta en su totalidad por estos mapas nacionales; no obstante, solo el mapa generado en 2008, que corresponde a la última edición, se encuentra en formato digital (\*.shp) y disponible como servicio WMS y descargable en el geoportal institucional. El catálogo generado a esta escala se aprecia en la Tabla 7:

Tabla 7

### **Estructura del catálogo de objetos de la base cartográfica a escala 1:1 000 000**

<b>A_AEROPUERTO_SUPERFICIE</b> aeropuerto_p pista_aterrizaje_p	<b>II_ELECTRICA</b> linea_transmision_electrica_l
<b>D_LIMITE_POLITICO_ADMINISTRATIVO</b> limite_administrativo_l	<b>HO_ZONAS_COSTERAS</b> linea_costa_l isla_a
<b>D_ORGANIZACION_TERRITORIAL_ESTADO</b> provincia_a	<b>HO_RUTAS_NAVEGACION</b> faro_p
<b>F_GEOMORFOLOGIA</b> limite_nieve_a	<b>II_ESTRUCTURA_ASOCIADA_INDUSTRIA</b> tuberia_l
<b>F_REPRESENTACION_RELIEVE</b> curva_nivel_l punto_acotado_p	<b>IT_CRUCES_ENLACES</b> puente_l
<b>GS_CONSTRUCCIONES</b> poblado_p zona_edificada_a	<b>IT_FERROCARRILES</b> ferrocarril_l
<b>HO_AGUAS_INTERIORES</b> embalse_a lago_laguna_a rio_a rio_l	<b>IT_TRANSPORTE_TERRESTRE</b> sendero_l rodera_l via_ruta_l
<b>HO_INFORMACION_PROFUNDIDAD</b> curva_batimetrica_l	<b>T_NOMBRES</b> nombre_geografico_p nombre_geografico_l nombre_sitio_p

Fuente: Guerrón, P., 2019, con base en la información de IGM, 2013b.

*Nota.* La descripción de cada objeto geográfico en base al Catálogo de Objetos Nacional se muestra en el Anexo 1.

**Especificaciones Escala 1:1 000 000**

**Formato cartográfico:** la publicación e impresión de la cartografía a esta escala es mediante el Mapa Físico y Político del Ecuador a escala 1:1 000 000, el cual se compone de una hoja en formato A0.

**Elementos a representar:** los objetos geográficos establecidos en la Tabla 7, que se encuentran vinculados con el Catálogo de Objetos Nacional.

**Planimetría:** Para planimetría, se aplica: precisión = 0.3 mm \* factor de escala. La precisión obtenida de 300 m para esta escala se evidencia para una muestra aleatoria donde el 90 % cumplirá con la precisión, mientras que el 10 % restante estará dentro de (0.4 mm \* factor de escala), es decir, 400 m. Estas precisiones se cumplen en terrenos desnudos y con vegetación herbácea baja; en caso de terrenos con vegetación herbácea alta, se debe sumar la altura promedio de la vegetación (IGM, 2016).

**Altimetría:** equidistancia de curvas de nivel: 200 m. Para altimetría, se aplica: precisión =  $\frac{1}{4}$  del intervalo de curva, es decir, 50 m. La precisión obtenida es para una muestra aleatoria donde el 90 % cumplirá con la precisión (IGM, 2016).

## **TERCERA PARTE**

### **Criterios metodológicos y aplicación de los insumos no fotográficos de cada método alternativo**

## Capítulo 5. Criterios metodológicos y procedimiento

En este capítulo se describe la metodología utilizada en la tesis, con la finalidad de determinar un proceso y procedimiento de actualización cartográfica, a través de la aplicación de métodos alternativos de insumos no fotográficos en base a su efectividad, para la cartografía básica a las escalas 1:250 000, 1:500 000 y 1:1 000 000; lo anterior permite dar respuestas a las hipótesis planteadas.

Esto se sustenta en la combinación de enfoques y técnicas tanto cuantitativas como cualitativas, basadas en el trabajo empírico fundamentado en la aplicación del insumo de los métodos en gabinete y terreno, y su posterior comparación, para determinar la eficacia y la eficiencia del insumo no fotográfico de cada uno, es decir su efectividad para cada objeto geográfico a cada escala en estudio, lo que conlleva el establecimiento de un proceso de actualización cartográfica y un procedimiento efectivo.

La importancia y la necesidad de la información territorial actualizada a nivel mundial se manifiesta mediante distintas iniciativas, una de ellas el Programa Copernicus, que es el Programa de Observación de la Tierra, diseñado para ofrecer servicios de información basados en datos de observación de la Tierra por satélite y en datos *in situ* (no espaciales), “[...] Los servicios de información proporcionados son de acceso gratuito y abierto para sus usuarios” (Copernicus, s.f., párr. 3). Asimismo, el proceso de actualización cartográfica mediante el apoyo de geotecnologías es de interés compartido por parte de los institutos y/o servicios geográficos y/o cartográficos, como lo expresó el Subdirector de Geografía y Cartografía del Instituto Geográfico Agustín Codazzi de Colombia (IGAC):

“[...] La cartografía básica oficial del país, como bien público y herramienta principal del sistema de administración territorial, debe ser actualizada en su totalidad a 2025; por lo cual, IGAC emprende un ambicioso plan para liderar la actualización cartográfica nacional, a partir de la utilización de aeronaves no tripuladas (UAV), fotografía aérea tripulada y sensores satelitales de alta precisión [...]” (IGAC, 2019, párr. 6)

De igual forma, el Instituto Geográfico Nacional de España (IGN), el cual, dentro del Sistema Cartográfico Nacional, tiene como actividades el desarrollo del Plan Nacional de Observación del Territorio (PNOT), promueve el acceso y la difusión de la información del territorio en el ámbito de la fotogrametría, la teledetección y la ocupación del suelo. El Plan Nacional de Teledetección (PNT) se enmarca en el PNOT, para la obtención y el tratamiento

de recubrimiento de imágenes satelitales sobre el territorio nacional de alta, media y baja resolución (IGN, 2017).

Con relación a este tema, la geografía, la cartografía y otras ciencias se apoyan en las tecnologías computacionales integradas, representadas por la geotecnología, como gestora de datos e información geográfica, con la integración de la captura, el tratamiento, el análisis, la interpretación, la difusión y el almacenamiento, por medio del empleo de la teledetección con el uso de sensores remotos para la explotación y el análisis de las imágenes satelitales, el amplio desarrollo alcanzado con los sistemas de información geográfica (SIG) y los sistemas de posicionamiento global (GPS), en complemento con una creciente disponibilidad de información para el estudio del territorio (Castro-Díaz y Zamboni, 2018).

Es importante recalcar que, previo al desarrollo de las fases metodológicas que se describen a continuación, todos los métodos inician con la cartografía disponible de las BDG de versiones anteriores de las escalas en estudio: 1:250 000 (2013)<sup>62</sup>, 1:500 000 (2012) y 1:1 000 000 (2008) generadas por el IGM; de las anteriores, a través de una operación digital de CLIP (corte) realizado con la herramienta de ArcGis, se obtiene la BDG de la zona de estudio que va a ser sometida a actualización cartográfica por cada escala.

### 5.1 Fases metodológicas

Para determinar el proceso de actualización cartográfica, esta investigación propone una redefinición de las Etapas 2, 3, 4 y 5 del proceso de generación cartográfica convencional, visto en el Capítulo 3, lo que deja a las demás etapas sin modificaciones. Para ello se plantean las siguientes fases metodológicas:

- **Fase 1.** Selección y agrupación de los objetos geográficos que corresponden a cada escala en estudio.
- **Fase 2.** Determinación de la muestra de la zona de estudio.
- **Fase 3.** Desarrollo y tratamiento del insumo no fotográfico de cada método alternativo.
- **Fase 4.** Determinación de la eficiencia y la eficacia, es decir de la efectividad del insumo no fotográfico de cada método alternativo.

---

<sup>62</sup> El año 2013 sólo se refiere al año de creación de esta BDG continua, más no de la actualización de la información que la conforma. La generación de esta BDG es explicada en el apartado 2.6

- **Fase 5.** Elaboración de un proceso de actualización cartográfica y un procedimiento validado, considerando el uso combinado de los métodos alternativos más efectivos.

A continuación, se desarrollan las dos primeras fases, mientras que las fases siguientes se desarrollan en profundidad en los Capítulos 6 (Fase 3) y 7 (Fase 4 y 5).

## 5.2 Selección y agrupación de los objetos geográficos

Es de mencionar que cada escala cartográfica tiene definida su estructura de BDG (categorías y subcategorías), con base en el catálogo de objetos institucional; sin embargo, para este estudio en particular, se agrupan los objetos geográficos que mantienen una similar naturaleza por componentes: red hidrográfica, red vial, misceláneos, cobertura vegetal y altimetría; lo que facilita la estructura topológica y semántica, al existir varios objetos que guardan una estrecha relación, por ejemplo: el objeto geográfico isla\_a (HO\_ZONAS\_COSTERAS) con rio\_a (HO\_AGUAS\_INTERIORES). La determinación de los componentes de trabajo y sus correspondientes objetos geográficos se muestran en la Tabla 8:

Tabla 8

### Clasificación de los objetos geográficos por componentes y por escalas

ESCALA	COMPONENTES	OBJETOS GEOGRÁFICOS
1:250 000	<i>Red hidrográfica</i>	area_inundacion_a, cienega_a, embalse_a, lago_laguna_a, rio_a, rio_l, granja_acuatica_a, linea_costa_l, isla_a, punto_desvanecido_p
	<i>Red vial</i>	sendero_l, rodera_l, via_ruta_l, ferrocarril_l, puente_p, puente_l, tunel_l, tunel_p
	<i>Misceláneos</i>	aeropuerto_a, aeropuerto_p, helipuerto_p, pista_terrissage_l, pista_aterrizaje_p, terraplen_l, poblado_p, zona_edificada_a, muelle_l, muelle_p, puerto_p, faro_p, tuberia_l, cantera_p, mina_p, nombre_geografico_p, nombre_geografico_l, nombre_sitio_p, caracteristica_suelo_a, limite_nieve_l, limite_administrativo_l
	<i>Cobertura vegetal</i>	zona_manglar_a, cultivo_a, matorral_a, pastizal_a, bosque_a
	<i>Altimetría</i>	curva_nivel_l, punto_acotado_p
1:500 000	<i>Red hidrográfica</i>	embalse_a, lago_laguna_a, rio_a, rio_l, linea_costa_l, isla_a, punto_desvanecido_p
	<i>Red vial</i>	sendero_l, rodera_l, via_ruta_l, ferrocarril_l, puente_l
	<i>Misceláneos</i>	aeropuerto_p, pista_aterrizaje_p, poblado_p, zona_edificada_a, faro_p, tuberia_l, nombre_geografico_p, nombre_geografico_l, nombre_sitio_p, caracteristica_suelo_a, limite_nieve_l, linea_transmision_electrica_l, limite_administrativo_l, provincia_a
	<i>Altimetría</i>	curva_nivel_l
	<i>Red hidrográfica</i>	embalse_a, lago_laguna_a, rio_a, rio_l, linea_costa_l, isla_a, punto_desvanecido_p
	<i>Red vial</i>	sendero_l, rodera_l, via_ruta_l, ferrocarril_l, puente_l

1:1 000 000	<i>Misceláneos</i>	aeropuerto_p, pista_aterrizaje_p, poblado_p, zona_edificada_a, faro_p, tuberia_l, nombre_geografico_p, nombre_geografico_l, nombre_sitio_p, limite_nieve_l, linea_transmision_electrica_l, limite_administrativo_l, provincia_a
	<i>Altimetría</i>	curva_nivel_l

Fuente: Guerrón, P. (2020) con base en la información de IGM (2013b)

Es dable aclarar que los objetos geográficos correspondientes a cada escala y que no se visualizan en ninguna de las componentes de la Tabla 8, se encuentran justificados en las consideraciones generales del apartado 4.3.1.

### 5.3 Determinación de la muestra

La muestra es un subgrupo de la población, que se utiliza para optimizar recursos y tiempo, y requiere delimitar la población para generalizar resultados e implica definir la unidad de análisis (Hernández et al., 2010). Para la determinación de la muestra, se considera inicialmente criterios de selección y posteriormente un muestreo probabilístico aleatorio simple, donde cada unidad que compone la población tiene la misma posibilidad de ser seleccionado. Seguidamente, se exponen los criterios y la respectiva determinación de la muestra:

#### 5.3.1 Criterios de selección de las áreas de muestreo

Para la obtención de áreas de muestreo representativas de toda la zona de estudio se consideran los siguientes criterios de selección:

1. Áreas homogéneas que reflejen características comunes –topografía, clima y temperatura–, es decir cartas por cada región geográfica del país continental: costa, sierra y oriente; y distribuidas a lo largo de cada región: norte, centro y sur.
2. Cada área debe contener una superficie representativa de la zona de estudio de, al menos, un 70 %.
3. En cada región geográfica se deben considerar sectores urbanos y rurales, con el propósito de considerar probabilísticamente la mayor cantidad de objetos geográficos.

#### 5.3.2 Determinación de la unidad de análisis

Para la determinación de la unidad de análisis, se consideran las dimensiones de las cartas topográficas del país, como lo indica el Reglamento a la Ley de Cartografía (1991), en su artículo 12.- Cartas topográficas:

- a) “Las cartas topográficas a escala 1:250.000 tendrán un formato de un grado de latitud (1 lat.) por un grado de longitud (1 long);
- b) Las cartas topográficas a escala 1:100.000 tendrán un formato de veinte minutos de latitud (20´Lat.) por treinta minutos de longitud (30´Long);
- c) Las cartas topográficas a escala 1:50.000 se elaborarán con un formato de diez minutos de latitud (10´ lat.) por quince minutos de longitud (15´long)”.

El instituto, al disponer de los archivos digitales vectoriales con las grillas y cuadrículas de las cartas topográficas a las escalas indicadas, muestra en la Tabla 9 sus características y equivalencias:

Tabla 9

**Características de las cartas topográficas a escala 1:250 000, 1:100 000 y 1:50 000**

Escala	Superficie carta (km <sup>2</sup> )	No cartas (cubre territorio continental)	Equivalencias
1:250 000	12 324	31	contiene 6 cartas 1:100 000
1:100 000	2054	151	contiene 4 cartas 1:50 000
1:50 000	513,5	558	contiene 4 cartas 1:25 000

Fuente: Guerrón, P. (2020)

Ahora, en la Tabla 10 se expone el número de cartas topográficas a escala 1:50 000, 1:100 000 y 1:250 000, en las que se encuentra distribuida la zona de estudio por cada región geográfica del Ecuador (al considerar el 1er criterio de selección), el número de cartas hace referencia a todas las cartas en las que se interseca la zona de estudio, en pequeña o gran proporción.

Tabla 10

**Número de cartas topográficas a escala 1:50 000, 1:100 000, 1:250 000 en las que se encuentra distribuida la zona de estudio por región geográfica del Ecuador**

Región	Superficie (km <sup>2</sup> )	No. Cartas 1:50 000	No. Cartas 1:100 000	No. Cartas 1:250 000
Sierra	8777,74	83	38	14
Costa	9855,13	85	33	12
Oriente	12 478,13	105	46	15

Fuente: Guerrón, P. (2020)

No obstante, al considerar el segundo criterio de selección, se determinan aquellas cartas que contienen al menos un 70 % de su superficie a la zona de estudio. Las cartas resultantes de la aplicación de este criterio de eliminación se muestran en la Tabla 11:



Tabla 11

**Número de cartas topográficas a escala 1:50 000, 1:100 000, 1:250 000 con una ocupación de al menos un 70 % de la zona de estudio [población (N)]**

Región	Superficie (km <sup>2</sup> )	No. Cartas 1:50 000	No. Cartas 1:100 000	No. Cartas 1:250 000
Sierra	8777,74	11	2	0
Costa	9855,13	8	1	0
Oriente	12 478,13	18	3	0

Fuente: Guerrón, P. (2020)

A partir de los resultados obtenidos en la Tabla 11, se observa que ninguna carta a escala 1:250 000 cumple con el segundo criterio de selección; y, en la escala 1:100 000, pese a obtener resultados por cada región geográfica, estos valores no permiten una población adecuada para la determinación de una muestra representativa de toda la zona de estudio en cada región (tercer criterio de selección); motivo por el cual se considera adecuado utilizar como unidad de análisis y tamaño de la población para el cálculo de la muestra, el tamaño de una carta topográfica a escala 1:50 000.

### 5.3.3 Determinación de las áreas de muestreo por cada región geográfica

Para el cálculo de la muestra se utiliza la fórmula de Fisher y Navarro (1996), aplicada para un tamaño de la población de valor conocido y finito:

$$n = \frac{N * Z\alpha^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z\alpha^2 * p * q}$$

Donde:

N: tamaño de la población (número de cartas a escala 1:50 000 en cada región geográfica)

Z $\alpha$ : nivel de confianza<sup>63</sup> 95 % = 1,96

p: probabilidad de éxito o proporción esperada 95 % (0,95)

q: probabilidad de fracaso (1-p) 5 % (0,05)

d: precisión (error máximo admisible en términos de proporción) que se desea en el estudio 20 % (0,2).

<sup>63</sup> “Son intervalos aleatorios que se usan para acotar un valor con una determinada probabilidad alta. Por ejemplo, un intervalo de confianza de 95 % significa que los resultados de una acción probablemente cubrirán las expectativas el 95 % de las veces” (Arenal, 2019, p. 99).

Aplicación de la fórmula en la Sierra:

$$n = \frac{11 * 1.96^2 * 0.95 * 0.05}{0.2^2 * (11 - 1) + 1.96^2 * 0.95 * 0.05}$$

$$n = 3,44$$

$n = 3$  (cartas de muestra para la sierra)

Aplicación de la fórmula en la Costa:

$$n = \frac{8 * 1.96^2 * 0.95 * 0.05}{0.2^2 * (8 - 1) + 1.96^2 * 0.95 * 0.05}$$

$$n = 3,15$$

$n = 3$  (cartas de muestra para la costa)

Aplicación de la fórmula en el Oriente:

$$n = \frac{18 * 1.96^2 * 0.95 * 0.05}{0.2^2 * (11 - 1) + 1.96^2 * 0.95 * 0.05}$$

$$n = 3,80$$

$n = 4$  (cartas de muestra para el oriente)

Tabla 12

**Número de cartas de muestreo obtenido por cada región geográfica del Ecuador**

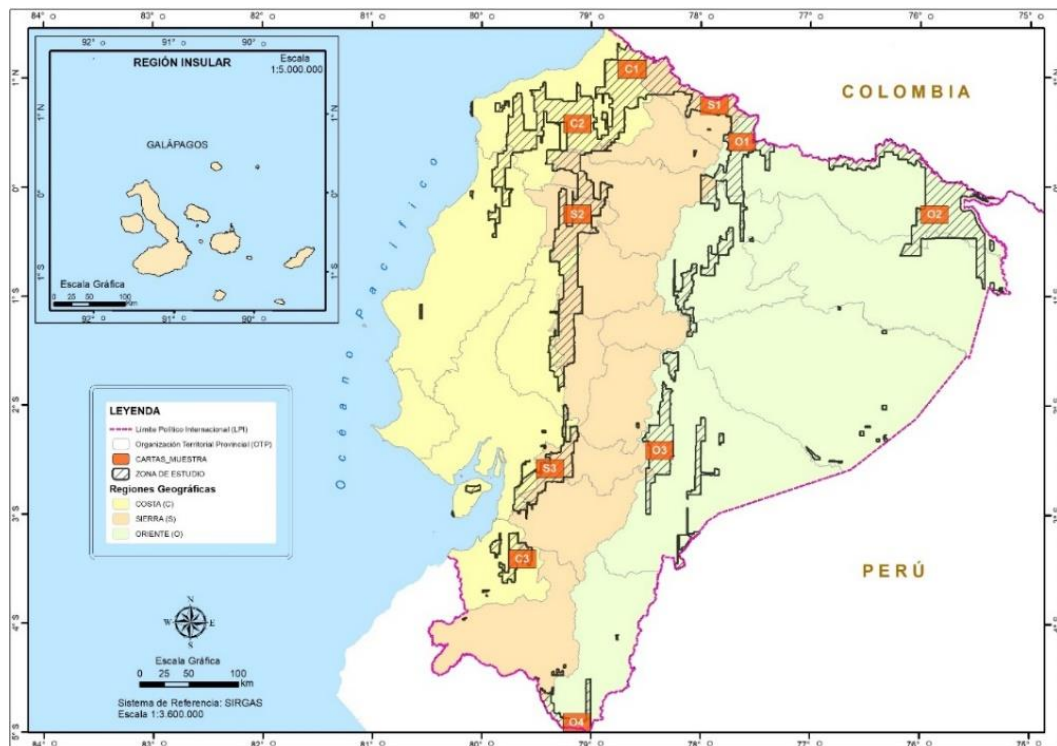
Región	Superficie (km <sup>2</sup> )	No cartas 1: 50 000 (n)	No. cartas muestra
Sierra	8.777,89	11	3
Costa	9.855,27	8	3
Oriente	12.478,27	18	4

Fuente: Guerrón, P. (2020)

Una vez obtenido el número de cartas de muestreo por cada región geográfica, estas se consideran las áreas de muestreo de la zona de estudio de la investigación, obteniéndose en la región costa 3 áreas (C1, C2, C3), región sierra 3 áreas (S1, S2, S3) y región oriente 4 áreas (O1, O2, O3, y O4).

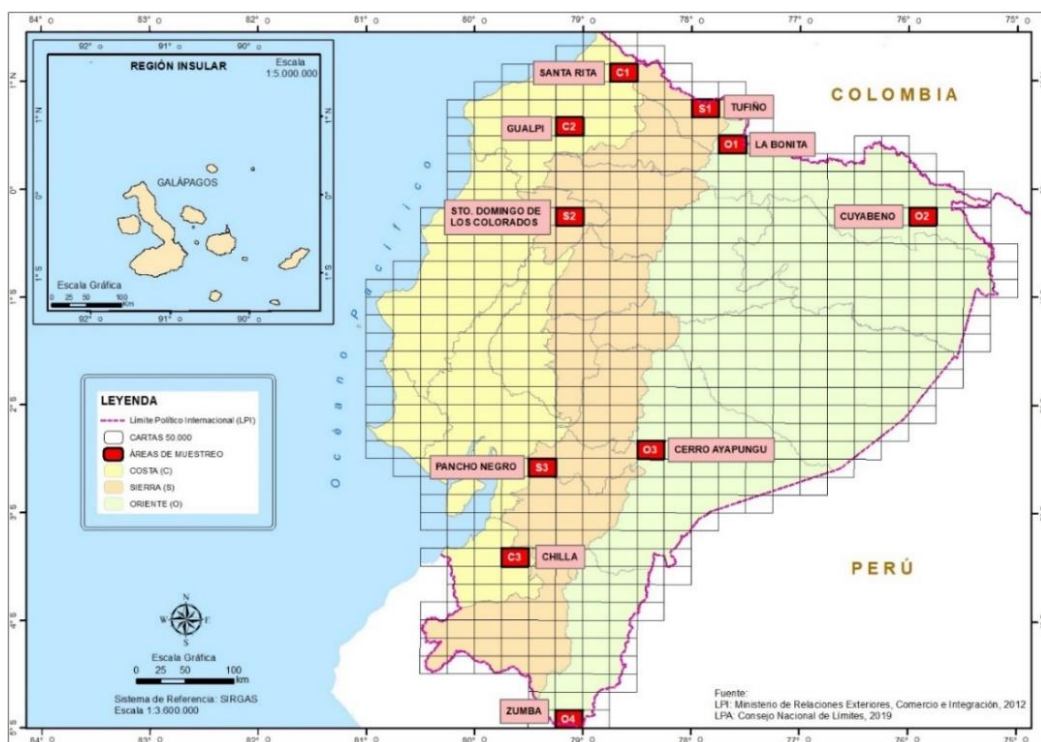
Para la selección de las áreas de muestreo, se aplica como método de azar la técnica de sorteo; mediante la cual, en papeles se colocaron los nombres de todas las posibles áreas por cada región geográfica, considerando el criterio de distribución; luego, se fueron escogiendo aleatoriamente de acuerdo con el número determinado en la Tabla 12; el resultado se muestra en la Figura 29. Entre tanto, en la Figura 30 se observan, sobre la grilla de la cuadrícula de las cartas topográficas a escala 1:50 000, las áreas de muestreo seleccionadas.

Figura 29  
**Áreas de muestreo por cada región geográfica del Ecuador**



Fuente: Guerrón, P. (2020)

Figura 30  
**Áreas de muestreo de la zona de estudio**



Fuente: Guerrón, P. (2020) con base a la información de la cuadrícula de la escala 1: 50 000

### 5.3.4 Descripción general de las áreas de muestreo

Cada área de muestreo cubre una superficie de 27,8 x 18,7 km y su representación, según la escala, adquiere los siguientes tamaños en impreso (ver Tabla 13).

Tabla 13

#### Representación del área de muestreo, para cada escala impresa

ESCALA	LARGO (cm)	ALTO (cm)
1: 50 000	55,6	37,4
1: 250 000	11,1	7,5
1: 500 000	5,6	3,7
1: 1 000 000	2,8	1,9

Fuente: Guerrón, P. (2021)

Las descripciones generales que, a continuación, se realizan de cada área de muestreo, como orografía, hidrografía, ciudades y poblados, red vial y alguna otra información de importancia, se hace con base en la información proporcionada de las BDG que se dispone de cada carta topográfica.

**Área C1:** representada en la carta Santa Rita a escala 1:50 000 (ver Figura 31).

**Localización:**

**Coordenadas geográficas:**

**Lat.** 1° 00'00" N; **Long.** 78°45'00" O

**Lat.** 1° 10'00" N; **Long.** 78°30'00" O

**Provincia:** Esmeraldas.

**Cantón:** San Lorenzo.

**Parroquia:** Mataje, Urbina, Carondelet, Tululbí, Santa Rita y San Javier de Cachaví.

**Superficie de la zona de estudio en el área C1:** 513,5 km<sup>2</sup> (100 %).

**Descripción general:**

**Orografía:** está representada por un relieve irregular. Sus alturas oscilan entre los 660 m y 20 m, con cotas extremas: 665 y 10 msnm.

**Hidrografía:** es abundante. Los principales ríos son: Mira, Tululbí, San José, Sabalera, Palaví, Mataje, Durango, Cachaví, Uimbicito, Cedro y Bogotá.

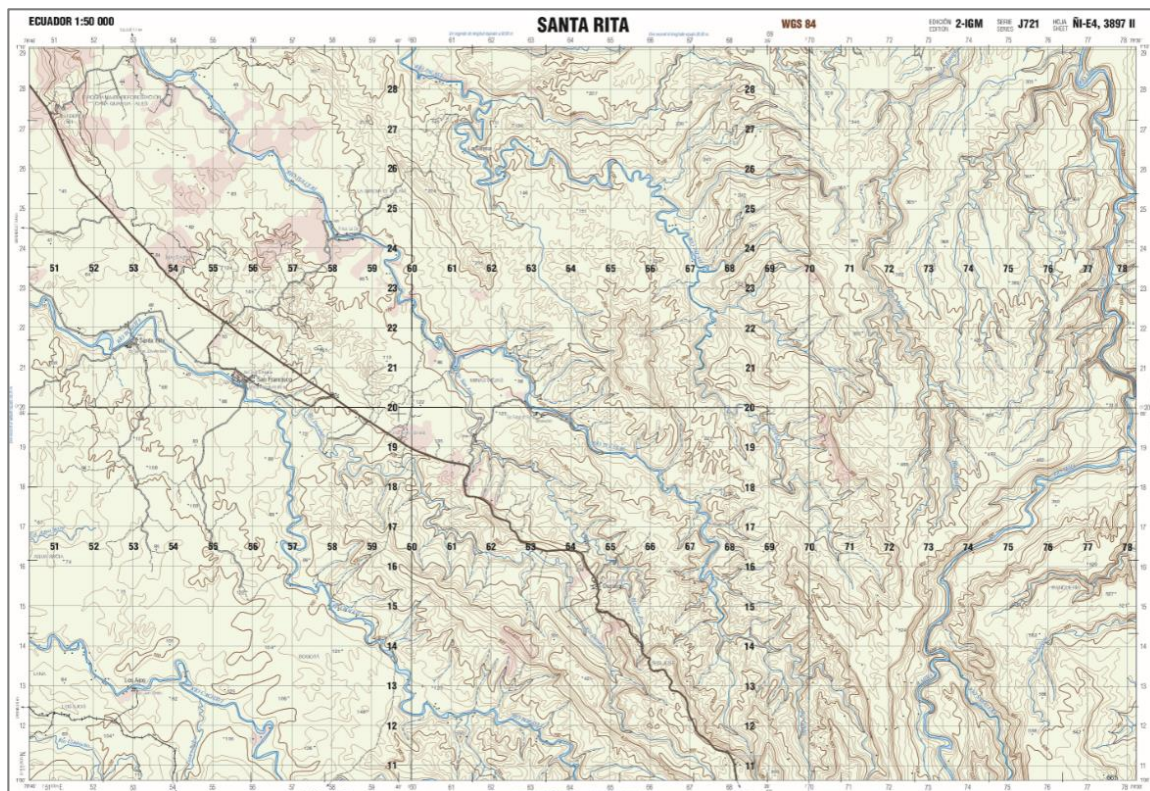
**Poblados:**

- **Escala 1:50 000:** Santa Rita, San Francisco, Balzareño, La Ceiba, La Sirena, Minas Viejas, Valle de La Virgen, Pambilar, Los Ajos, La Unión y Durango.
- **Escala 1:250 000:** Santa Rita, San Francisco, La Ceiba, La Sirena, Minas Viejas, Los Ajos, La Unión y Durango.
- **Escala 1:500 000:** Santa Rita, San Francisco, Los Ajos y Durango.
- **Escala 1:1 000 000:** Santa Rita y San Francisco.

**Red vial:** el principal medio de comunicación es el fluvial. También existe un pequeño tramo del ferrocarril Ibarra-San Lorenzo e infraestructura vial de primer orden con la presencia de algunos senderos y roderas.

**Coberturas:** bosque 74 %, tierra agropecuaria 25 %; y el 1 % entre cuerpos de agua y zonas antrópicas (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca [MAGAP] y Ministerio del Ambiente [MAE], 2013-2014).

Figura 31  
C1: Santa Rita



Fuente: Carta Topográfica de Santa Rita 1:50 000 (2006). Quito: IGM.

**Área C2:** representada en la carta Gualpi a escala 1:50 000 (ver Figura 32).

**Localización:**

**Coordenadas geográficas:**

**Lat.** 00° 30'00" N; **Long.** 79°15'00" O

**Lat.** 00° 40'00" N; **Long.** 79°00'00" O

**Provincia:** Esmeraldas.

**Cantón:** Río Verde, Quinindé y Eloy Alfaro.

**Parroquia:** Santo Domingo de Onzole, Telembí, Malimpia y Chumundé.

**Superficie de la zona de estudio en el área C2:** 485,60 km<sup>2</sup> (95 %).

**Descripción general:**

**Orografía:** está representada por un relieve irregular. Sus alturas oscilan entre los 800 y 40 metros, con cotas extremas: 802 y 47 msnm.

**Hidrografía:** es abundante. Los principales ríos son: Gualpi, Silencio, Pambil, Hoja Blanca, Desgracia, Chimbogal y Bravo Grande.

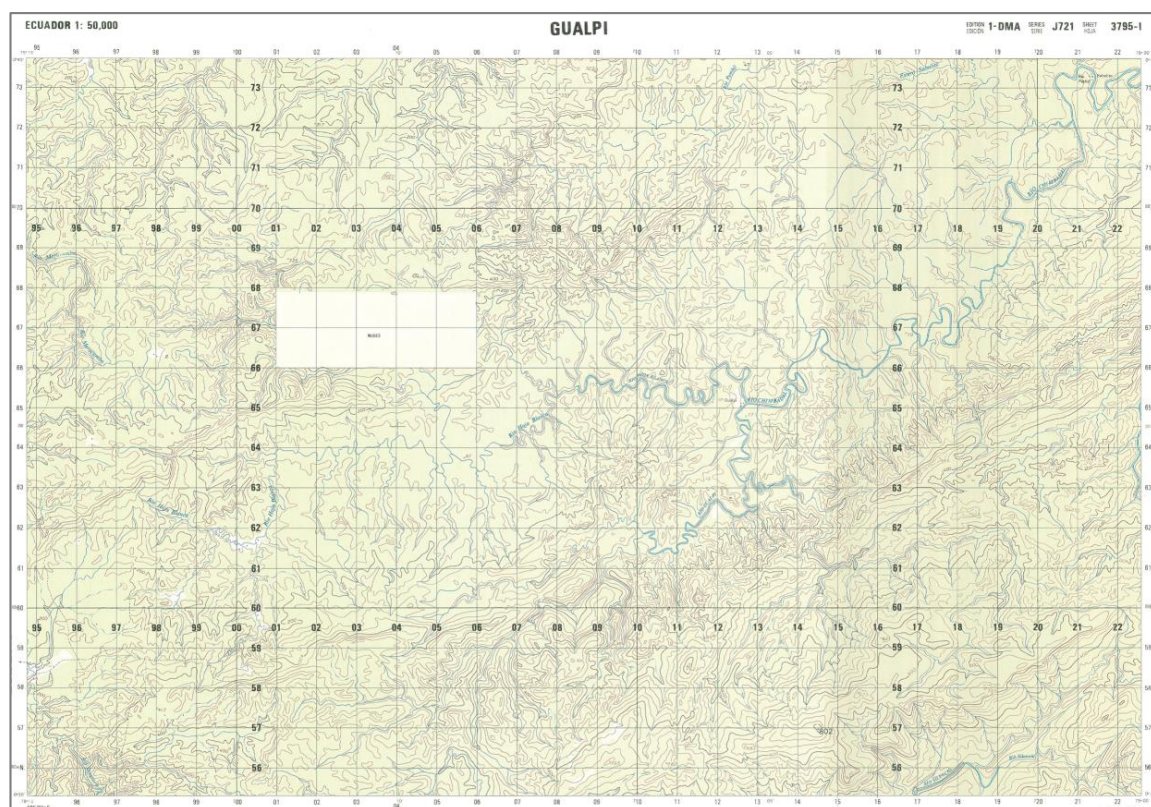
**Poblados:**

- **Escala 1:50 000:** Gualpi y Sabalito.
- **Escala 1:250 000:** Gualpi y Sabalito.
- **Escala 1:500 000:** Gualpi y Sabalito.
- **Escala 1:1 000 000:**

**Red vial:** el principal medio de comunicación es el fluvial, con la presencia de algunos senderos.

**Coberturas:** bosque 92 % y tierra agropecuaria 8 % (MAGAP-MAE, 2013-2014).

Figura 32  
C2: Gualpi



Fuente: Carta Topográfica de Santa Rita 1:50 000 (1992). Quito: IGM.

**Área C3:** representada en la carta Chilla a escala 1:50 000 (ver Figura 33).

**Localización:**

**Coordenadas geográficas:**

**Lat.** 03° 30'00" S; **Long.** 79°45'00" O

**Lat.** 03° 20'00" S; **Long.** 79°30'00" O

**Provincia:** El Oro.

**Cantón:** Chilla, Zaruma, Pucará, Pasaje y Atahualpa.

**Parroquia:** Pasaje, Casacay, San Juan de Cerro Azul, Guanazán, Abañín y Uzchurrumi.

**Superficie de la zona de estudio en el área C3:** 70 %.

**Descripción general:**

**Orografía:** está representada por un relieve irregular. Sus alturas oscilan entre los 3640 y 80 metros, con cotas extremas: 3553 y 162 msnm.

**Hidrografía:** es abundante. Los principales ríos son: Tobar, San Agustín, Raspas, Quera, Papayacu, Palanque, Huizho, Ganacay, Gallo Cantana, Dumari, Daucay, Cune, Colorado, Chilola, Chillayacu y Casacay,

**Poblados:**

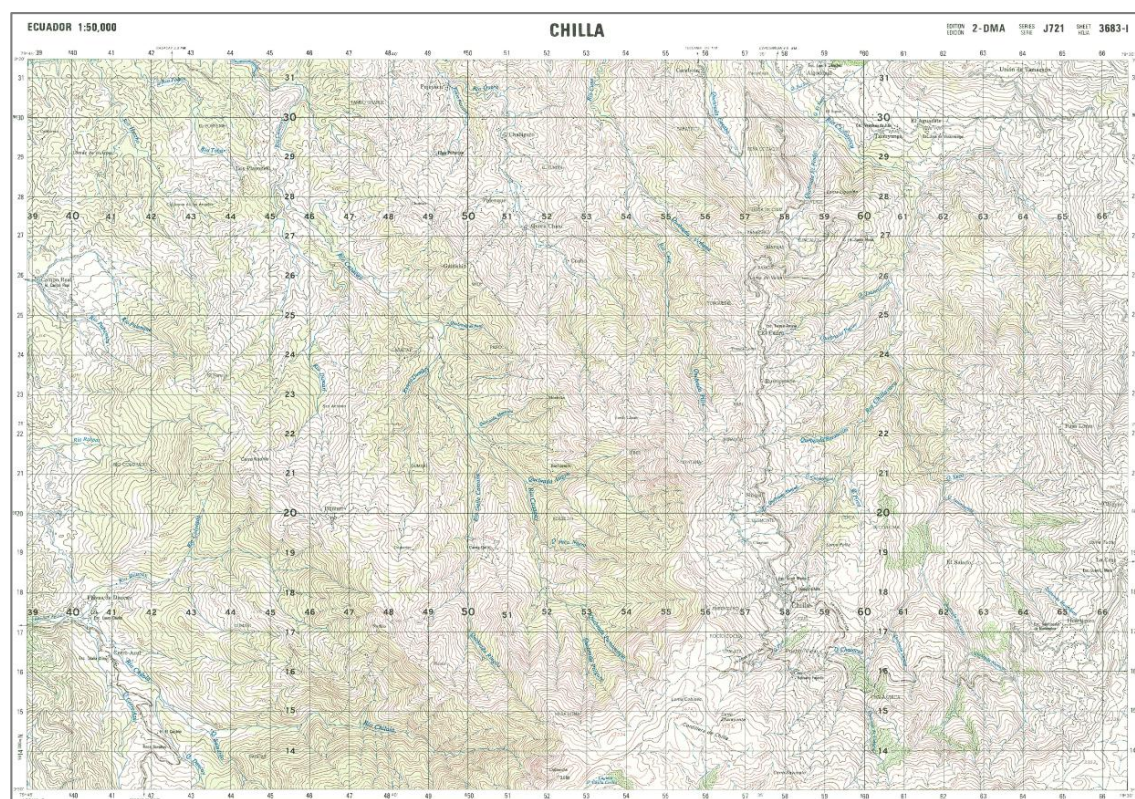
- **Escala 1:50 000:** Chilla, San Juan de Cerro Azul, El Cedro, Chaguar, Campo Real, El Naranjo, Unión de Tamacado, Canta Gallo, Dumarire, Cucho, Nudillo, Rumipamba, Guirishio, Quera Chico, Chiguro, Pasa Loma, Mochata, El Sumo, Palenque, Challiguro, Picota, Shiquil, La Cruz, California, Dumari, Verde Llano, Bachiquillo, California de Los Ángeles, Chontas, Pacayunga, Playas de Daucay, El Aguacate, Huartiguro, Tranca Loma, Carabota, Algodonal, Los Playones, Pejeyacu, San Antonio, Tunuyunga, Pueblo Viejo y Campo Real.
- **Escala 1:250 000:** Chilla, San Juan de Cerro Azul, Campo Real, El Cedro, Playas de Daucay, Dumari, Challiguro, Pejeyacu, Carabota, Algodonal, Challiguro, El Aguacate, Huartiguro, La Cruz, Pasa Loma, Pejeyacu, Playas de Daucay, Pueblo Viejo y Shiquil.
- **Escala 1:500 000:** Chilla, San Juan de Cerro Azul y El Cedro.
- **Escala 1:1 000 000:** Chilla y San Juan de Cerro Azul.

**Red vial:** presencia de la red vial de primer orden y menores con roderas y senderos que conectan las poblaciones.

**Coberturas:** tierra agropecuaria 62 %, bosque 31 %, vegetación arbustiva y herbácea 6 %; y, el 1 % restante zonas antrópicas (MAGAP-MAE, 2013-2014).



Figura 33  
C3: Chilla



Fuente: Carta Topográfica de Chilla 1:50 000 (1989). Quito: IGM.

**Área S1:** representada en la carta Santa Tufiño a escala 1:50 000 (ver Figura 34).

**Localización:**

**Coordenadas geográficas:**

**Lat.** 00° 40'00" N; **Long.** 78°00'00" O

**Lat.** 03° 50'00" N; **Long.** 77°45'00" O

**Provincia:** Carchi.

**Cantón:** Tulcán, Espejo, Montúfar y San Pedro de Huaca.

**Parroquia:** Maldonado, La Libertad, Tufiño, Tulcán, Julio Andrade y Chitán de Navarrete.

**Superficie de la zona de estudio en el área S1:** 449,34 km<sup>2</sup> (88 %).

**Descripción general:** se encuentra en el límite político internacional con Colombia

**Orografía:** está representada por un relieve irregular. Sus alturas oscilan entre los 4720 y 2840 metros, con cotas extremas: 4723 y 2906 msnm.

**Hidrografía:** es abundante. Los principales ríos son: Potrerillos, Nasate, Morán, Mal Paso, Játiva o Alumbre, Huarmiyacu, Grande, de La Plata, Chiquito, Chilmá, Chiles, Chalhuaycu, Cariyacu, Carchi y Bobo.

**Poblados:**

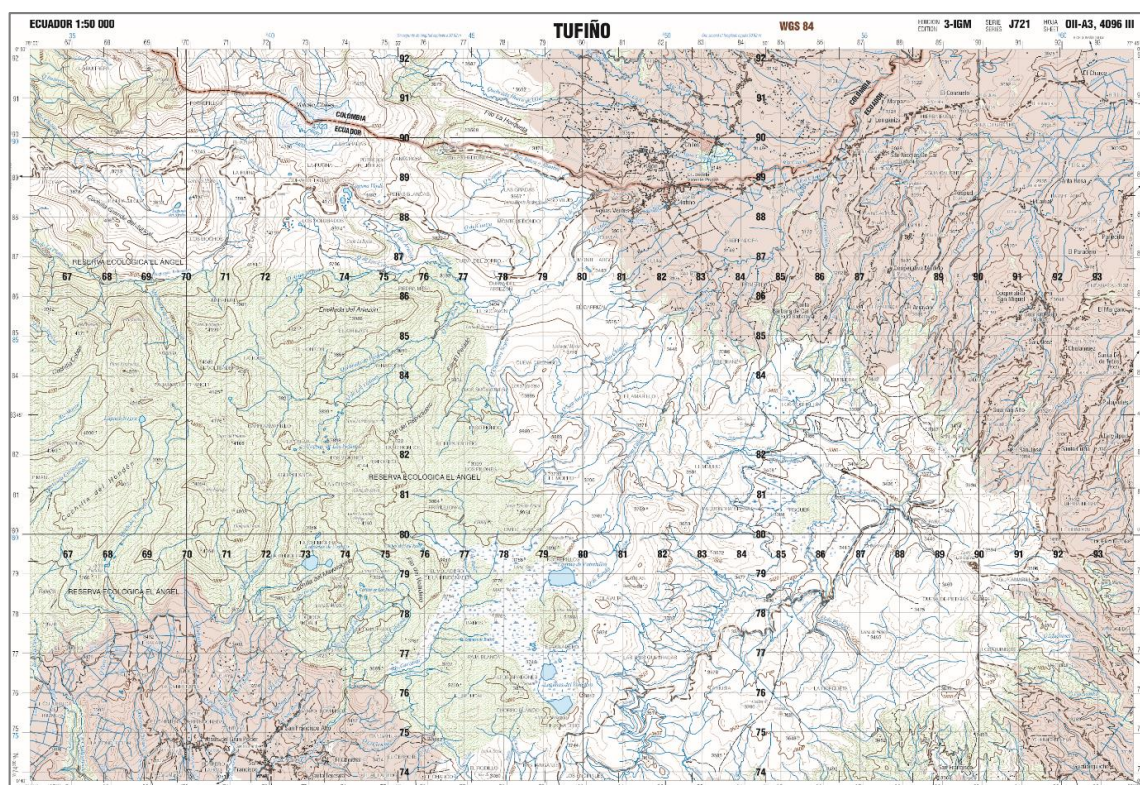
- **Escala 1:50 000:** Tufiño, San Francisco, Chulamuez, Cooperativa Modelo, Cooperativa San Miguel, El Arrayán, El Camal, El Charco, El Chochal, El Consuelo, El Manzano, El Paradero, Guamag Alto, Guamag Bajo, Guananguicho, Jesús del Gran Poder, Longaniza, Marpaz, Nispud, Palamontes, Panecillo, San Francisco, San Francisco Alto, San José, San Nicolás de Car, Santa Bárbara de Car, Santa Fe de Tetes, Santa Lucía, Santa Rosa, Santa Teresita y Santa Teresita Alta.
- **Escala 1:250 000:** Tufiño, San Francisco, Chulamuez, Cooperativa Modelo, El Arrayán, El Camal, El Charco, El Chochal, El Consuelo, El Paradero, Guamag Alto, Guamag Bajo, Guananguicho, Jesús del Gran Poder, Longaniza, Nispud, Palamontes, Panecillo, San Francisco, San Francisco Alto, San José, San Nicolás de Car, Santa Bárbara de Car, Santa Lucía, Santa Rosa y Santa Teresita.
- **Escala 1:500 000:** Tufiño, El Chochal, Guamag Bajo y Santa Bárbara de Car.
- **Escala 1:1 000 000:** Tufiño, El Chochal, Guamag Bajo y Santa Bárbara de Car.

**Red vial:** presencia de la red vial de primer orden y menores con senderos que conectan las poblaciones.

**Red eléctrica:** presencia de la red de transmisión eléctrica del país.

**Coberturas:** vegetación arbustiva y herbácea 67 %, tierra agropecuaria 27 %, bosque 5 %; y, el 1 % restante cuerpos de agua (MAGAP-MAE, 2013-2014).

Figura 34

**S1: Tufiño**

Fuente: Carta Topográfica de Tufiño 1:50 000 (2003). Quito: IGM.

**Área S2:** representada en la carta Santo Domingo de los Colorados a escala 1:50 000 (ver Figura 35).

**Localización:****Coordenadas geográficas:**

**Lat.** 00° 20'00" S; **Long.** 79°15'00" O

**Lat.** 00° 10'00" S; **Long.** 79°00'00" O

**Provincia:** Santo Domingo de los Tsáchilas.

**Cantón:** Santo Domingo de los Tsáchilas.

**Parroquia:** Santo Domingo y Alluriquín.

**Superficie de la zona de estudio en el área S2:** 392,25 km<sup>2</sup> (76 %).

**Descripción general:**

**Orografía:** está representada por un relieve irregular. Sus alturas oscilan entre los 1400 y 400 metros, con cotas extremas: 1326 y 433 msnm.

**Hidrografía:** es abundante. Los principales ríos son: Baba, Chiguilpe, Las Damas, Lindiche, Magdalena, Malicia, Mapali, Meme Chico, Meme Grande, Mozo, Negro, Toachi, Verde, Tahuarasa, Taguanza, Salgana, Pupusa, Pove, Peripa, Pedregoso, Nile, Negro, Mozo Grande, Mozo Chico, Meme, Lindiche, Lelia, El Poste, Cusupe Grande, Cusupe Chico, Cupipe, Congoma, Chinote, Chila Grande, Chila, Búa y Aguas Frías.

**Poblados:**

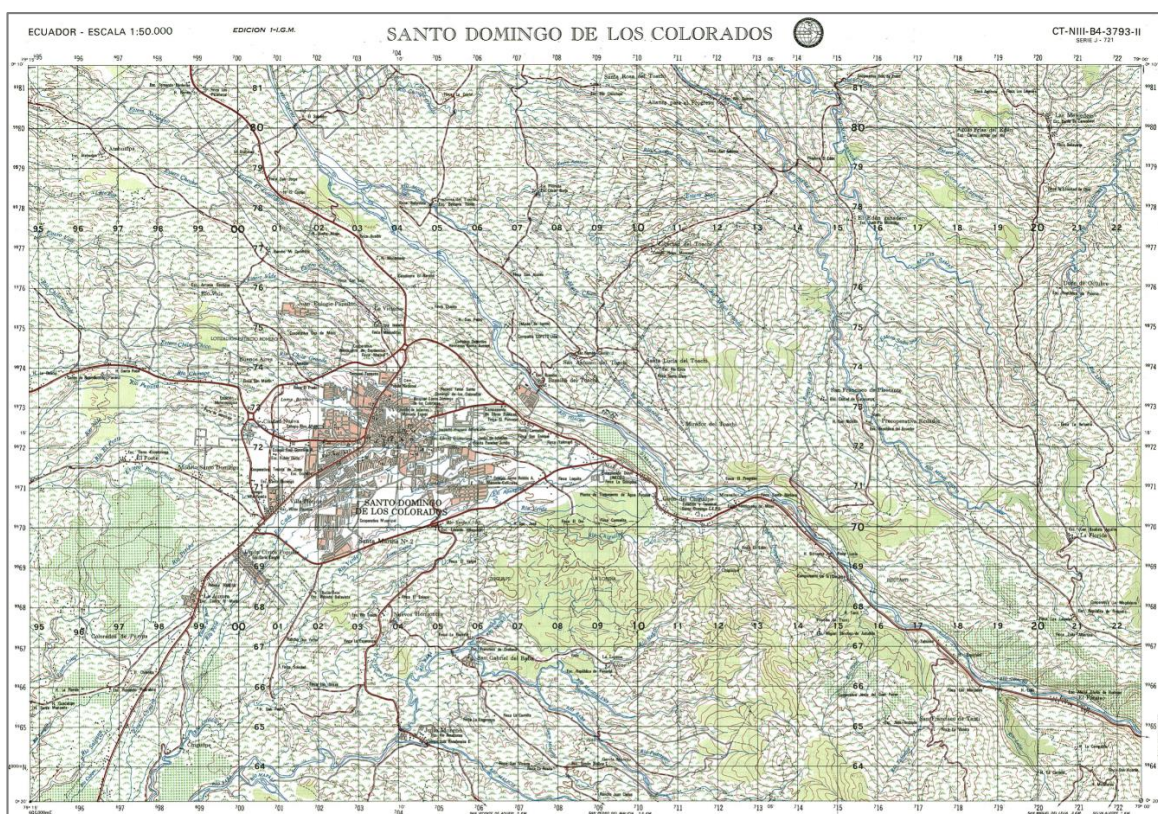
- **Escala 1:50 000:** Santo Domingo, Juan Eulogio Pazmiño, La Aurora, Las Mercedes, Libertad del Toachi, Lotización Susanita, San Gabriel del Baba, Unión Cívica Popular, Aguas Frías del Edén, Alianza para El Progreso, Atahualpa, Bellavista, Brasilia del Toachi, Buenos Aires, Chigüilpe, Ciudad Nueva, Colorados de Peripa, Doce de Octubre, El Edén Ganadero, El Paraíso, El Poste, Florida del Tanti, Girón de Chigüilpe, Julio E. Moreno, La Aurora, La Florida, La Loreta, La Victoria, Las Mercedes, Libertad del Toachi, Mirador del Toachi, Miravalle, Modelo Santo Domingo, Nuevos Horizontes, Praderas del Toachi, Río Verde, Río Vide, San Antonio del Toachi, San Francisco de Pizotante, San Francisco de Tanti, San Gabriel del Baba, Santa Lucía del Toachi, Santa Martha No.2, Santa Rosa del Toachi y Villa Florida.
- **Escala 1:250 000:** Santo Domingo, Alianza para El Progreso, Atahualpa, Brasilia del Toachi, Chigüilpe, Doce de Octubre, El Paraíso, Julio Moreno, La Aurora, La Florida, Las Mercedes, Miravalle, Río Vide, San Gabriel del Baba, Santa Rosa del Toachi y Unión Cívica Popular.
- **Escala 1:500 000:** Santo Domingo, Las Mercedes, Julio E. Moreno.
- **Escala 1:1 000 000:** Santo Domingo.

**Red vial:** presencia de la red vial de primer orden y menores con roderas que conectan las poblaciones.

**Red eléctrica:** presencia de la red de transmisión eléctrica del país.

**Coberturas:** tierra agropecuaria 88 %, zona antrópica 7 %, bosque 4 %; y, el 1 % restante cuerpos de agua (MAGAP-MAE, 2013-2014).

Figura 35  
**S2: Santo Domingo de los Colorados**



Fuente: Carta Topográfica de Santo Domingo de los Colorados 1:50 000 (1986). Quito: IGM.

**Área S3:** representada en la carta Pancho Negro a escala 1:50 000 (ver Figura 36).

**Localización:**

**Coordenadas geográficas:**

**Lat.** 02° 40'00" S; **Long.** 79°30'00" O

**Lat.** 02° 30'00" S; **Long.** 79°15'00" O

**Provincia:** Azuay, Cañar y Guayaquil.

**Cantón:** Cañar, Cuenca y Naranjal.

**Parroquia:** San Carlos, Jesús María, Molleturo y San Antonio.

**Superficie de la zona de estudio en el área S3:** 413,86 km<sup>2</sup> (81 %).

**Descripción general:**

**Orografía:** está representada por un relieve irregular. Sus alturas oscilan entre los 3240 y 40 metros, con cotas extremas: 3126 y 28 msnm.

**Hidrografía:** es abundante. Los principales ríos son: Cañar, Cañas, de Cañas, de Piedras, Norcay, Patul, Platanal, Tixay, Tigsay, Secadal, Rosario, Putucay, Pauji, Miguir y Tinsay.

**Poblados:**

- **Escala 1:50 000:** Agua Caliente, Barranco Amarillo, Cacao Loma, Chacaseo, Chilca Playa, Cinco de Octubre, Cooperativa América, Cooperativa Cinco de Octubre, Corona de Oro, El Capricho, El Rosario, El Tamarindo, Estero de Piedras, Jesús del Gran Poder, Kablucay, La Aurora, La Delicia, La Marota, La Primavera, La Providencia, Los Tres Ranchos, Manta Real, Milagro Chico, Nueva Susana, Pancho Negro, Putucay, Ruidoso, San Carlos, San Martín, Santa Rita, Sullá, Teresa de Patul, Virgen del Mar y Zhucay.
- **Escala 1:250 000:** Agua Caliente, Cacao Loma, Corona de Oro, Manta Real, Pancho Negro, San Carlos, Sullá y Zhucay.
- **Escala 1:500 000:** Agua Caliente, Cacao Loma, Corona de Oro, Manta Real, Pancho Negro, San Carlos, Sullá y Zhucay.
- **Escala 1:1 000 000:** Pancho Negro y San Carlos.

**Red vial:** de primer orden y menores con senderos que conectan las poblaciones.

**Coberturas:** agropecuaria 57 %, bosque 37 %, tierra vegetación arbustiva y herbácea 4 %; y, el 2 % restante cuerpos de agua y zonas antrópicas (MAGAP-MAE, 2013-2014).

Figura 36  
**S3: Pancho Negro**



Fuente: Carta Topográfica Pancho Negro 1:50 000 (1988). Quito: IGM.

**Área O1:** representada en la carta La Bonita a escala 1:50 000 (ver Figura 37).

**Localización:**

**Coordenadas geográficas:**

**Lat.** 00° 20'00" N; **Long.** 77°45'00" O

**Lat.** 00° 30'00" N; **Long.** 77°30'00" O

**Provincia:** Sucumbíos.

**Cantón:** Sucumbíos.

**Parroquia:** El Playón de San Francisco, La Bonita, Rosa Florida y La Sofía.

**Superficie de la zona de estudio en el área O1:** 479,08 km<sup>2</sup> (93 %).

**Descripción general:** se encuentra en el límite político internacional con Colombia.

**Orografía:** está representada por un relieve irregular. Sus alturas oscilan entre los 3640 y 840 metros, con cotas extremas: 3659 y 1460 msnm.

**Hidrografía:** es abundante. Los principales ríos son: Chingual o Chúnquer, Tigre Grande, Tigre Chico, Sucio, San Jorge, San Antonio, Laurel, La Chispa, Kerosene, El Palmar, Condué y Cofanes.

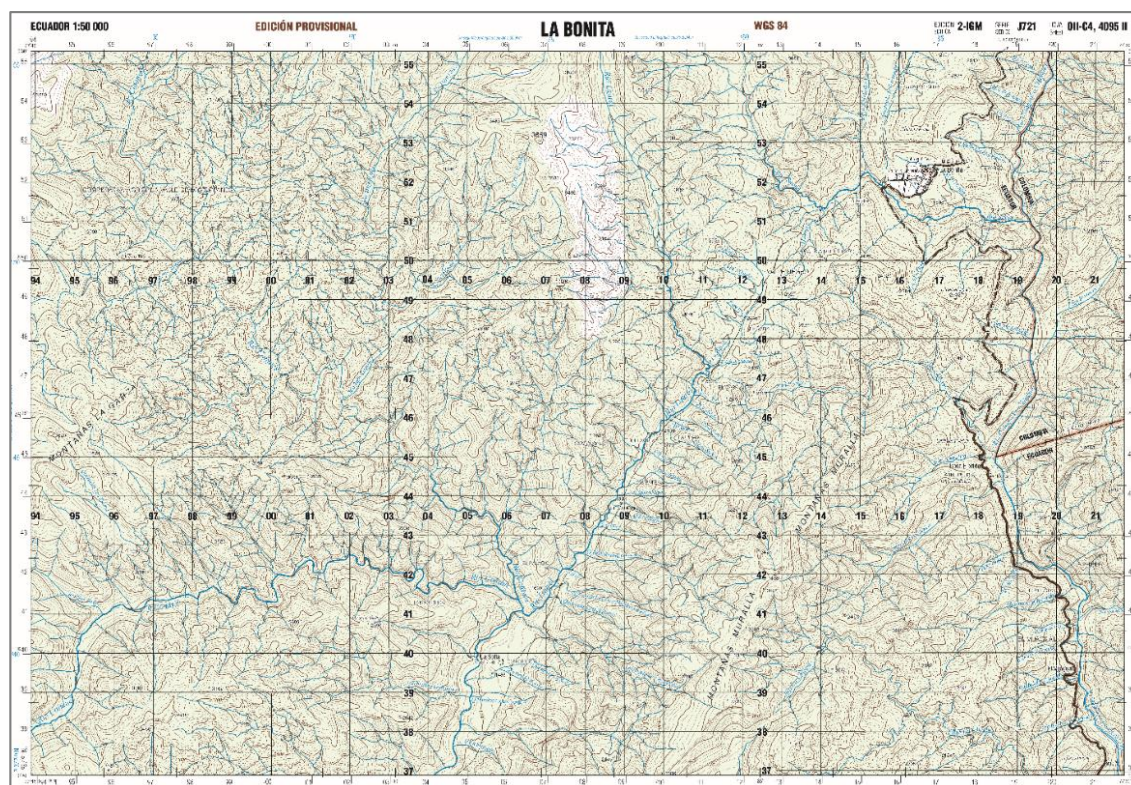
**Poblados:**

- **Escala 1:50 000:** La Bonita, El Vijagual, La Sofía y Rosa Florida.
- **Escala 1:250 000:** La Bonita, El Vijagual, La Sofía y Rosa Florida.
- **Escala 1:500 000:** La Bonita, La Sofía y Rosa Florida.
- **Escala 1:1 000 000:** La Bonita, La Sofía y Rosa Florida.

**Red vial:** de primer orden y menores con roderas que conectan las poblaciones.

**Coberturas:** bosque 96 %, tierra agropecuaria 3 %; y, el 1 % restante cuerpos de agua, zonas antrópicas y vegetación arbustiva y herbácea (MAGAP-MAE, 2013-2014).

Figura 37  
**01: La Bonita**



Fuente: *Carta Topográfica La Bonita 1:50 000 (2007)*. Quito: IGM.



**Área O2:** representada en la carta Cuyabeno a escala 1:50 000 (ver Figura 38).

**Localización:**

**Coordenadas geográficas:**

**Lat.** 00° 20'00" N; **Long.** 76°00'00" O

**Lat.** 00° 30'00" N; **Long.** 75°45'00" O

**Provincia:** Sucumbíos.

**Cantón:** Cuyabeno.

**Parroquia:** Cuyabeno y Tarapoa.

**Superficie de la zona de estudio en el área O2:** 500,31 km<sup>2</sup> (97 %).

**Descripción general:** mayoritariamente rural amazónico.

**Orografía:** está representada por un relieve regular. Sus alturas oscilan entre los 280 y 200 metros, con cotas extremas: 299 y 199 msnm.

**Hidrografía:** los principales ríos son Aguarico, Cuyabeno, Aguas Negras y la Quebrada Balata.

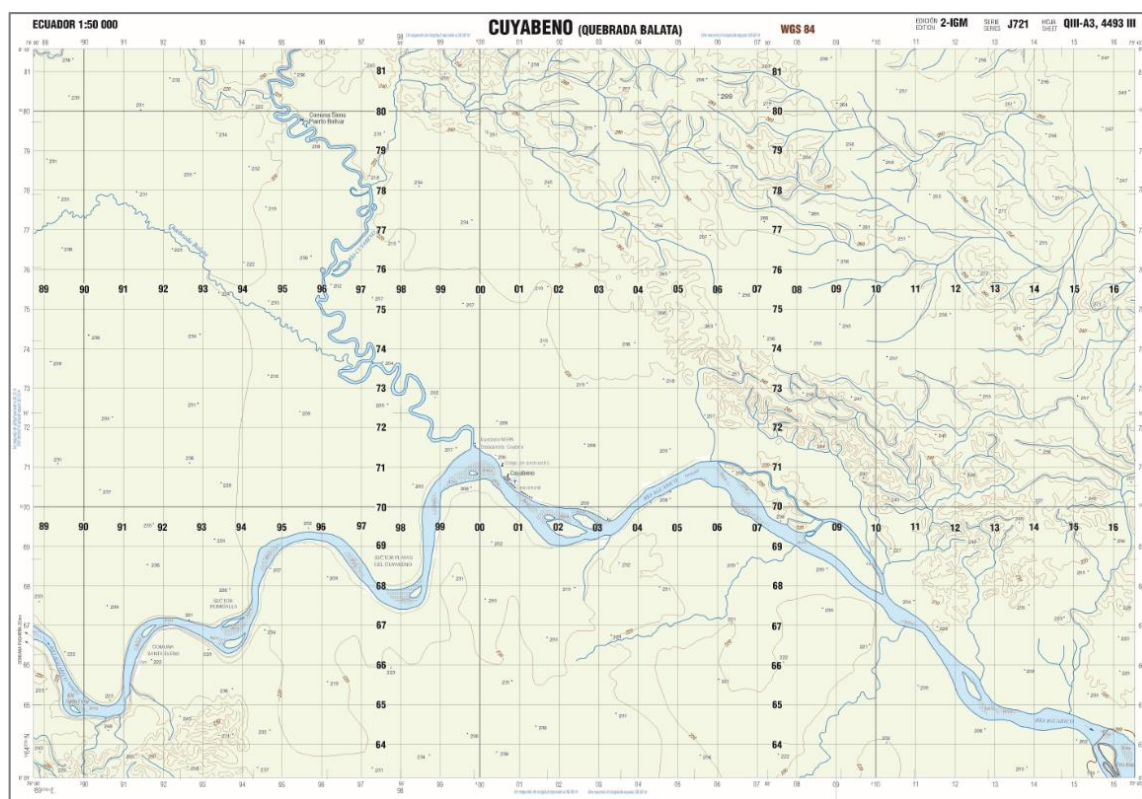
**Poblados:**

- **Escala 1:50 000:** Cuyabeno, Comuna Siona Puerto Bolívar y Comuna Santa Elena y Cuyabeno.
- **Escala 1:250 000:** Cuyabeno, Comuna Siona Puerto Bolívar y Comuna Santa Elena y Cuyabeno.
- **Escala 1:500 000:** Cuyabeno.
- **Escala 1:1 000 000:** Cuyabeno.

**Red vial:** presencia de roderas que conectan las poblaciones.

**Coberturas y uso de suelo:** bosque 95 %, cuerpos de agua 4 %; y, el 1 % restante tierras agropecuarias (MAGAP-MAE, 2013-2014).

Figura 38  
O2: Cuyabeno



Fuente: Carta Topográfica Cuyabeno (Quebrada Balata) 1:50 000 (2002). Quito: IGM.

**Área O3:** representada en la carta Cerro de Ayapungu a escala 1:50 000 (ver Figura 39).

**Localización:**

**Coordenadas geográficas:**

**Lat.** 02° 30'00" S; **Long.** 78°30'00" O

**Lat.** 02° 20'00" S; **Long.** 78°15'00" O

**Provincia:** Morona Santiago y Cañar.

**Cantón:** Sucúa, Morona y Azogues.

**Parroquia:** Río Blanco, Sucúa y Rivera.

**Superficie de la zona de estudio en el área O3:** 426,89 km<sup>2</sup> (83 %).

**Descripción general:** se encuentra el Parque Nacional Sangay

**Orografía:** está representada por un relieve irregular. Sus alturas oscilan entre los 4280 y 880 metros, con cotas extremas: 4290 y 1365 msnm.

**Hidrografía:** es abundante. Los principales ríos son: Abanico, Tutanangosa, Yanaurcu, Sunkants, Ojal, Najembaime, Miriumi, Cungiuenta Chico, Cungiuenta, Cardenillo y Blanco. Presencia de sistemas lacustres.

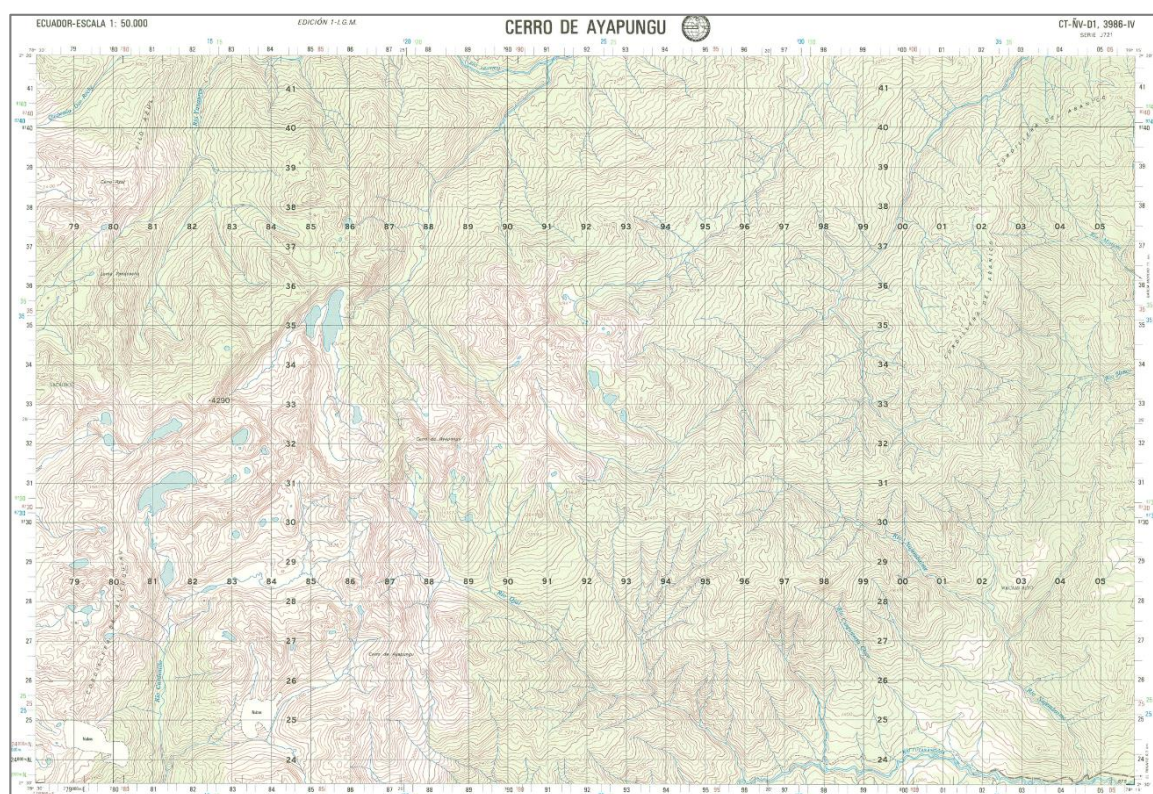
**Poblados:** no existe la presencia de ningún poblado en esta área de muestreo.

**Red vial:** presencia de un pequeño tramo de vía y rodera.

**Coberturas:** bosque 71 %, vegetación arbustiva y herbácea 19 %, tierra agropecuaria 9 %; y, el 1 % restante cuerpos de agua (MAGAP-MAE, 2013-2014).

Figura 39

### O3: Cerro de Ayapungu



Fuente: Carta Topográfica Cerro de Ayapungu 1:50 000 (1994). Quito: IGM.

**Área O4:** representada en la carta Zumba a escala 1:50 000 (ver Figura 40).

**Localización:**

**Coordenadas geográficas:**

**Lat.** 05° 00'00" S; **Long.** 79°15'00" O

**Lat.** 04° 50'00" S; **Long.** 79°00'00" O

**Provincia:** Zamora Chinchipe.

**Cantón:** Chinchipe.

**Parroquia:** San Andrés, Zumba, El Chorro, La Chonta, Pucapamba y Chito.

**Superficie de la zona de estudio en el área O4:** 70 %

**Descripción general:** ubicado en el límite político internacional con Perú.

**Orografía:** está representada por un relieve irregular. Sus alturas oscilan entre los 2800 y 680 metros, con cotas extremas: 1775 y 879 msnm.

**Hidrografía:** es abundante. Los principales ríos son: Chinchipe, Isimanchi, Mayo, Sangola y varias quebradas como Zumbayacu, Zapotal, Zapanga, Zanja del Diablo, Yuncachi, Tundal, Tilonjal, Sunguero, Sanora, San Francisco, Nanchi, Muniales, Mazulanga, Lasungo, Las Tres Aguas, La Pajilla, La Guara, La Barrera, Huanchunangui, Huallachis, Honda, Guayacán, El Tanque, El Placer, El Horcón, El Guabo, El Colorado, del Tablón, del Salado, del Platero, del Mono, del Huiringos, del Curicucuna, del Cerro Negro, del Cacao, del Balzal, del Api, Bautista, Arroyos entre otras.

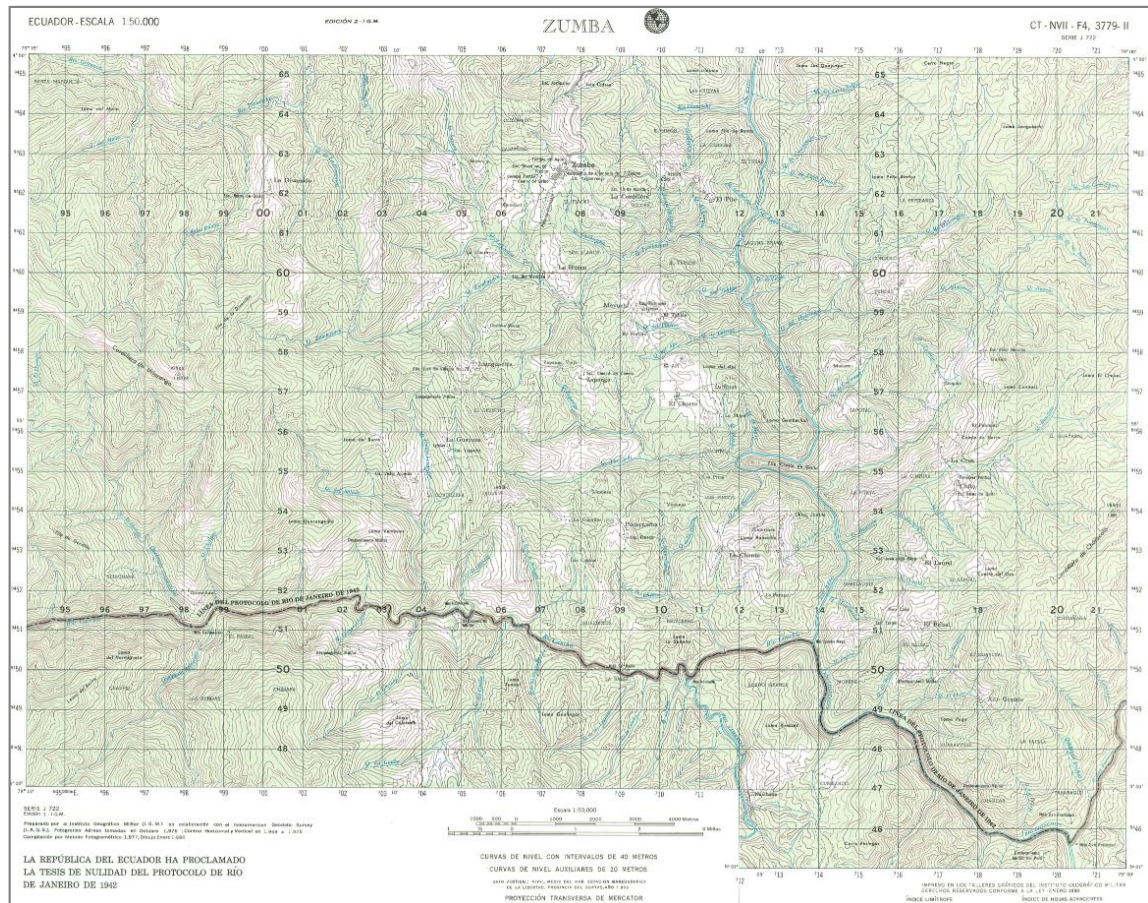
**Poblados:**

- **Escala 1:50 000:** Zumba, Alto Grande, Chito, Chito Juntas, Cochass Secas, Cuseta de Barro, El Bálsal, El Chorro, El Laurel, El Palomar, El Pite, El Platero, El Tablón, Gramalotal, Guadual, Guitico, La Chonta, La Cordillera, La Cruz, La Diversión, La Guara, La Guayaba, La Guayusa, La Huaca, La Pampa, La Shipa, Las Cidras, Las Conchas, Las Pitas, Limones, Llaguachis, Moture, Moyuchi, Pucapamba, San Luis, Sangola, Sanora, Simurinas, Yapanga, Zapanga y Zapanga Vieja.
- **Escala 1:250 000:** Zumba, Alto Grande, Chito, Chito Juntas, El Bálsal, El Chorro, El Laurel, El Pite, El Tablón, Gramalotal, Guitico, Guaranguillo, La Chonta, La Diversión, La Guayusa, La Huaca, Las Cidras, Limones, Llaguachis, Pucapamba y Zapanga.
- **Escala 1:500 000:** Zumba, Alto Grande, Chito, El Chorro, El Tablón, Gramalotal, Guaranguillo, La Chonta y Pucapamba.
- **Escala 1:1 000 000:** Zumba, Alto Grande, Chito, El Chorro, El Tablón, Gramalotal, Guaranguillo, La Chonta y Pucapamba.

**Red vial:** presencia escasa de la red vial de segundo orden y menores con abundantes roderas y senderos que conectan las poblaciones.

**Coberturas:** tierra agropecuaria 68 %, bosque 31 %, y, el 1 % restante cuerpos de agua, zona antrópica y vegetación arbustiva y herbácea (MAGAP-MAE, 2013-2014).

Figura 40  
O4: Zumba



Fuente: Carta Topográfica de Zumba 1:50 000 (1980). Quito: IGM

## **Capítulo 6. Desarrollo y tratamiento del insumo no fotográfico de cada método alternativo**

En este capítulo se aborda la fase metodológica 3, referente al desarrollo y tratamiento del insumo no fotográfico de cada método alternativo; el cual, como se había indicado previamente, es aplicado y evaluado sobre los archivos de extensión \*.gdb, provenientes del corte obtenido de las áreas de muestreo de cada región geográfica de (Costa: C1, C2, C3; Sierra: S1, S2, S3; Oriente O1, O2, O3, O4); hacia la zona de estudio cortada previamente de BDG oficiales generadas por el IGM a las escalas 1:250 000 (2013), 1:500 000 (2012) y 1:1 000 000 (2008) (Anexo 2).

Los métodos alternativos de obtención de información de objetos geográficos a través de imágenes satelitales y navegadores, en conjunto con el método de generalización cartográfica, previo a la ejecución de los siguientes pasos, tienen una breve introducción de fundamentos y consideraciones teóricas y/o técnicas, que permiten una mejor comprensión de su aplicación:

- Paso 1: recopilación y revisión del insumo no fotográfico de cada método.
- Paso 2: validación del insumo no fotográfico recopilado de cada método.
- Paso 3: aplicación del insumo no fotográfico de cada método, en cada objeto geográfico a cada escala en estudio, evidenciable a través de matrices, con la siguiente leyenda:
  - SI:** el insumo del método alternativo aplicado permite la actualización del objeto geográfico o sirvió de referencia para su actualización.
  - NO:** el insumo del método alternativo aplicado no permite la actualización del objeto geográfico, ni sirve de referencia para su actualización.
  - NA (NO APLICA):** si el objeto geográfico no se encuentra presente en el área de muestreo.
- Paso 4: análisis de los resultados obtenidos, evidenciable a través de matrices.
- Paso 5: estructuración topológica de los objetos geográficos que fueron actualizados.

Los métodos alternativos, sus insumos no fotográficos, las técnicas utilizadas para su desarrollo; y, el apoyo de geotecnologías, programas, aplicaciones, herramientas y/o plugin tecnológicos, que son analizados en la presente investigación, se muestran en la Tabla 14

Tabla 14

**Métodos alternativos empleados para la actualización de cartografía básica, con insumos no fotográficos**

<b>Método</b>	<b>Insumo</b>	<b>Técnicas</b>	<b>Geotecnologías / programas / aplicaciones / herramientas/ plugin</b>
Compilación de información geográfica de otras entidades del Estado	Información geográfica proporcionada por otras entidades del Estado	Recopilación y revisión Validación Aplicación (edición cartográfica) Análisis Estructuración topológica	SIG
Obtención de información de objetos geográficos a través de imágenes satelitales	Imágenes satelitales	Recopilación y revisión Validación Utilidad (fotointerpretación, tratamiento digital de imágenes y edición cartográfica) Análisis Estructuración topológica	Teledetección SIG - ArcBruTile SAS Planet Geoservicios Visores de Teledetección
Obtención de información de objetos geográficos a través de servicios de mapas web	Información cartográfica de los servicios de mapas web	Recopilación y revisión Validación Aplicación (interpretación visual, edición cartográfica) Análisis Estructuración topológica	SIG - ArcBruTile, SAS Planet Geoservicios
Obtención de información de objetos geográficos a través de navegadores (GPS)	Información de los tramos guardados en el navegador	Recopilación ( <i>tracking</i> ) y revisión Validación Aplicación (interpretación visual, edición cartográfica) Análisis Estructuración topológica	GPS / SIG
Generalización cartográfica	Cartografía actualizada a una escala mayor	Recopilación y revisión Validación Aplicación (operaciones cartográficas digitales) Análisis Estructuración topológica	SIG

Fuente: Guerrón, P. (2021)

### **6.1 Método: compilación de información geográfica de otras entidades del Estado**

Este método hace referencia a la recopilación y el uso de información cartográfica que generan tanto instituciones oficiales que tienen la competencia de una temática específica, como a entidades de la administración pública que generan información temática para su uso. Cada institución del Estado, con una competencia o necesidad particular, genera

cartografía valiosa en sus diferentes ámbitos de acción, que sirve de insumo para el proceso de elaboración y/o actualización de los mapas geográficos nacionales.

De tal modo, se realiza la recopilación de toda la información de otras fuentes que puedan servir de apoyo y/o referencia, que haya sido generada a partir del año 2010, muchas temáticas no tienen versiones actualizadas. A continuación, se muestran los pasos para la aplicación del insumo no fotográfico de este método alternativo:

### **Paso 1: recopilación y revisión de la información geográfica de otras entidades del Estado (insumo)**

El IGM, adicional a la competencia de generación de cartografía básica oficial, también tiene del archivo de datos cartográfico y geográfico nacional; por tal motivo, las entidades y las instituciones del Estado remiten la información generada, en mayor medida en escalas medianas y pequeñas, la cual es utilizada en la elaboración de los nuevos mapas oficiales del país y en los Atlas Nacionales (IGM, 2013a); o también es proporcionada en el marco de convenios de cooperación.

Si bien, la información generada por otras instituciones es cuantiosa; para los objetivos de esta investigación se seleccionaron solo las fuentes, que proporcionan cartografía de los objetos geográficos de las escalas en estudio. Se hace hincapié, a que la mayor parte de esta información es entregada sin la especificación de su escala de trabajo; motivo por el cual, se la asume tomando como referencia el detalle de la misma. La información recopilada se muestra a continuación.

- ***Límite Político Internacional (LPI) a escala 1:50 000 / 1:25 000 (nivel nacional)***: el archivo digital (\*.shp) fue generado sobre cartografía fronteriza y binacional del IGM a escala 1:50 000 y 1:25 000 disponible. El trazado es aprobado por el Ministerio el Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio e Integración, para el Mapa Geográfico de la República del Ecuador, elaborado por el IGM en el 2012. Es el último archivo oficial disponible.
- ***Línea de costa a escala 1:50 000 (nivel nacional)***: información entregada en el 2012 por el INOCAR, mediante archivos digitales (\*.shp) y (\*.dwg), complementados con tres documentos en (\*.pdf): Anexo A (Informe de Georreferenciación), Anexo B (Informe de Línea de Costa Puna) y Memoria Técnica de la propuesta de Línea de Costa oficial del Ecuador, en el año 2012. Es el último archivo oficial disponible.



- **Mapa de Vegetación del Ecuador Continental a escala 1:100 000 (nivel nacional):** información entregada en 2012 por el Ministerio del Ambiente (MAE).
- **Infraestructura petrolera a escala 1:1 000 000 (nivel nacional):** información entregada en 2012 por la Empresa Pública Petroecuador, para la actualización del Mapa Nacional de Áreas Reservadas y Zonas Fronterizas a escala 1:1 000 000. La información fue proporcionada a través de archivos digitales (\*.shp); además, los que conciernen al objeto geográfico tubería\_1, de interés en las escalas en estudio son: Gasoducto, Gasoducto\_Amistad\_Bajo\_Alto, oleoducto, Poliductos, Poliducto Quito-Ambato y Poliducto\_Pascuales-Cuenca-proyecto.
- **Infraestructura de la red vial estatal a escala 1:1 000 000 (nivel nacional):** información entregada en 2018 por el Ministerio de Transportes y Obras Públicas (MTO), mediante un archivo digital (\*.shp) que contempla la red vial principal del país.
- **Aeropuertos y pistas de aterrizaje a escala 1:250 000 (nivel nacional):** información entregada en 2019 por la Dirección de Aviación Civil (DAC); aeropuertos en un archivos en Excel (\*.xls), con fecha 23/10/19, con un listado de cuatro aeropuertos internacionales y 18 aeropuertos nacionales, con su localización en coordenadas geográficas; asimismo, la información correspondiente a las pistas de aterrizaje fueron entregadas en un documento (\*.pdf), que corresponde al manual de pistas con fecha 14/03/19, el cual contiene la información de las pistas nuevas, nuevas características físicas e información adicional, pistas cerradas definitivamente, e información general. Toda la información tiene la ubicación en coordenadas geográficas.
- **Línea férrea a escala 1:1 000 000 (nivel nacional):** información entregada en el 2019 por la Empresa Pública Ferrocarriles del Ecuador<sup>64</sup>, por medio de un archivo (\*.shp).
- **Líneas de transmisión e instalaciones eléctricas a escala 1:1 000 000 (nivel nacional):** información entregada en 2019 por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL), mediante los siguientes archivos (\*.shp): centrales\_generación, líneas\_guayaquil, líneas\_quito, subestaciones, líneas\_transmision\_subtransmision\_sin\_gy\_uio, y areas\_prestacion\_servicio.

---

<sup>64</sup> En proceso de liquidación.

- **Límite Político Administrativo a escala 1:50 000 (nivel provincial):** información entregada en 2019 por el Consejo Nacional de Límites (CONALI) ex CELIR, a través del archivo digital (\*.shp) Organización\_Territorial\_Provincial, para su uso oficial.
- **Información de poblados y zonas edificadas con respecto a la división política administrativa:** información entregada en 2019 por el CONALI, por medio de un listado de archivo Excel (\*.xls). Esta información sirve como base para la revisión de los poblados y las zonas edificadas de la cartografía, al verificar su existencia y corregir los nombres, si corresponde.
- **Infraestructura vial y otras capas de información a escalas 1:250 000 y 1:500 000 (23 provincias):** información entregada entre 2020 y 2021 por el CONGOPE, al proceso de Estudios Geográficos del IGM, en el marco de un convenio de cooperación. En el año 2020 se entregaron ocho provincias y en 2021 15 provincias, con un total de 23<sup>65</sup> provincias: Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, El Oro, Esmeraldas, Guayas, Imbabura, Loja, Los Ríos, Manabí, Morona Santiago, Napo, Orellana, Pastaza, Pichincha, Santa Elena, Santo Domingo de los Tsáchilas, Sucumbíos, Tungurahua y Zamora Chinchipe. La información de interés para el presente estudio se encuentra en archivos digitales (\*.shp) y (\*.gdb): características\_generales\_via, carateristicas\_via, minas, puente, punto\_critico, sen\_horizontal y sen\_vertical.

## **Paso 2: validación del insumo**

Se procede a realizar una validación de los insumos recopilados y revisados en el paso anterior, al compararlos con las fuentes cartográficas disponibles por el IGM. Luego del análisis respectivo, se efectúa una validación de la información para los siguientes usos.

- **Información de uso obligatorio:** LPI (Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana) objeto geográfico: limite\_administrativo\_1. Límite Político Administrativo (nivel provincial - CONALI) objeto geográfico: provincia\_a. Línea de costa (INOCAR) objeto geográfico: linea\_costa\_1. Poblados y zonas edificadas que corresponden a las capitales de provincia, sedes municipales y cabeceras parroquiales (CONALI) objetos geográficos: poblado\_p, zona\_edificada\_a.

---

<sup>65</sup> No se remite información de la provincia de Galápagos.

- **Información que sirve de apoyo y/o referencia:** aeropuertos y pistas de aterrizaje (nivel nacional - DAC), línea férrea (nivel nacional – Ferrocarriles del Ecuador EP), líneas de transmisión eléctrica (nivel nacional - ARCONEL), infraestructura petrolera (nivel nacional – EP PETROECUADOR), infraestructura de la red vial estatal (nivel nacional - MTOP), infraestructura vial y otras capas de información (23 provincias - CONGOPE); y el mapa de vegetación del Ecuador continental a escala 1:100 000 (nivel nacional - MAE), que debe someterse a un proceso de generalización cartográfica para su empleo a la escala 1:250 000.

Una vez validada la información, se indica que, la cartografía de uso obligatorio como el LPI y la línea de costa ingresan a las BDG de cada escala sin ninguna generalización cartográfica, y los objetos geográficos se adaptan a esa información. En contraste, la información que fue validada como apoyo se toma como referencia para la actualización del trazado del respectivo objeto geográfico; y si ingresa el objeto como tal y se encuentra a una mayor escala, este debe ser generalizado hacia la nueva escala, a través del procedimiento respectivo de este método.

### Paso 3: aplicación del insumo

Mediante la técnica de edición cartográfica, si procede se realiza la modificación del trazado de los objetos geográficos, con el apoyo de las herramientas de SIG. A continuación, en las siguientes matrices se determina la utilidad del insumo de este método:

#### Escala 1:250 000

Tabla 15

#### Utilidad del insumo información geográfica de otras entidades del Estado, en la actualización de los objetos geográficos de las áreas de muestreo a escala 1:250 000

Componentes	Objetos	C1	C2	C3	S1	S2	S3	O1	O2	O3	O4
<i>Red hidrográfica</i>	area_inundacion_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	ciénega_a	NA	NA	NA	NO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	embalse_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	lago_laguna_a	NA	NA	NA	NO	NA	NA	NA	NA	NO	NA
	rio_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NO	NA	NO
	rio_l	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	granja_acuatica_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	línea_costa_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	isla_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NO	NA	NA
	punto_desvanecido_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Red vial</i>	sendero_l	SI	NA	NA	SI	NA	SI	SI	NA	NA	SI
	rodera_l	SI	SI	SI	SI	SI	NA	NA	NO	NA	SI

	via_ruta_l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI
	ferrocarril_l	SI	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	punte_p	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI	NA	SI	SI
	punte_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	tunel_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	tunel_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<b>Misceláneos</b>	aeropuerto_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	aeropuerto_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	helipuerto_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	pista_aterrizaje_l	NA	NA	NA	NA	SI	SI	NA	NA	NA	SI
	pista_aterrizaje_p	NA	NA	NA	NA	SI	SI	NA	NA	NA	SI
	terraplen_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	poblado_p	SI	NA	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NA	SI
	zona_edificada_a	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA	NA	NA	NA
	muelle_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	muelle_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	puerto_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	faro_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	tuberia_l	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA	NA	NA	NA
	cantera_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	mina_p	NA	NA	SI	SI	SI	NA	NA	NA	SI	NA
	nombre_geografico_p	NA	NA	NO	NO	NA	NO	NO	NA	NO	NA
	nombre_geografico_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NO	NO
	nombre_sitio_p	NO	NA	NO	NO	NA	NA	NO	NO	NO	NA
	caracteristica_suelo_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	limite_nieve_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
limite_administrativo	NA	NA	NA	SI	NA	NA	SI	NA	NA	SI	
<b>Cobertura vegetal</b>	zona_manglar_a,	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	cultivo_a	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	matorral_a	NA	NA	SI	SI	NA	SI	SI	NA	SI	SI
	pastizal_a	NA	NA	SI	SI	NA	SI	SI	NA	SI	SI
	bosque_a	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<b>Altimetría</b>	curva_nivel_l	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	punto_acotado_p	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Fuente: Guerrón, P. (2021)

Escala 1:500 000

Tabla 16

**Utilidad del insumo información geográfica de otras entidades del Estado, en la actualización de los objetos geográficos de las áreas de muestreo a escala 1:500 000**

Componentes	Objetos	C1	C2	C3	S1	S2	S3	O1	O2	O3	O4
<b>Red hidrográfica</b>	embalse_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	lago_laguna_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	rio_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NO	NA	NO
	rio_l	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	línea_costa_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	isla_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NO	NA	NA
	punto_desvanecido_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<b>Red vial</b>	sendero_l	NA	NA	NA	NA	NA	SI	SI	NA	NA	NA
	rodera_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	via_ruta_l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NA	SI	SI

	ferrocarril_l	SI	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	punto_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Misceláneos</i>	aeropuerto_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	pista_aterrizaje_p	NA	NA	NA	NA	SI	SI	NA	NA	NA	SI
	poblado_p	SI	NA	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NA	SI
	zona_edificada_a	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA	NA	NA	NA
	faro_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	tuberia_l	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA	NA	NA	NA
	nombre_geografico_p	NA	NA	NA	NO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	nombre_geografico_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	nombre_sitio_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	caracteristica_suelo_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	limite_nieve_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	linea_transmision_electrica_l	NA	NA	NA	SI	SI	NA	NA	NA	NA	NA
	limite_administrativo_l	NA	NA	NA	SI	NA	NA	SI	NA	NA	SI
	provincia_a	SI	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA	SI	NA
<i>Cobertura vegetal</i>											
<i>Altimetría</i>	curva_nivel_l	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Fuente: Guerrón, P. (2021)

Escala 1:1 000 000

Tabla 17

**Utilidad del insumo información geográfica de otras entidades del Estado, en la actualización de los objetos geográficos de las áreas de muestreo a escala 1:1 000 000**

Componentes	Objetos	C1	C2	C3	S1	S2	S3	O1	O2	O3	O4
<i>Red hidrográfica</i>	embalse_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	lago_laguna_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	rio_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NO	NA	NO
	rio_l	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	linea_costa_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	punto_desvanecido_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	isla_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NO	NA	NA
<i>Red vial</i>	sendero_l	NA	NA	NA	NA	NA	SI	SI	NA	NA	NA
	rodera_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	via_ruta_l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NA	SI	SI
	ferrocarril_l	SI	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	punto_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Misceláneos</i>	aeropuerto_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	pista_aterrizaje_p	NA	NA	NA	NA	SI	SI	NA	NA	NA	SI
	poblado_p	SI	NA	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NA	SI
	zona_edificada_a	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA	NA	NA	NA
	faro_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	tuberia_l	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA	NA	NA	NA
	nombre_geografico_p	NA	NA	NA	NO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	nombre_geografico_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	nombre_sitio_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	limite_nieve_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	linea_transmision_electrica_l	NA	NA	NA	SI	SI	NA	NA	NA	NA	NA
	limite_administrativo_l	NA	NA	NA	SI	NA	NA	SI	NA	NA	SI
	provincia_a	SI	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA	SI	NA

<b>Cobertura vegetal</b>												
<b>Altimetría</b>	curva_nivel_l	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Fuente: Guerrón, P. (2021)

#### Paso 4: análisis de los resultados para cada escala

Posterior a los resultados obtenidos, en la Tabla 18 se observan los componentes y objetos geográficos, que luego del análisis de las matrices de las Tablas 15, 16 y 17 pueden ser actualizados o apoyados en su proceso de actualización, con el insumo de este método:

Tabla 18

#### Componentes y objetos geográficos que pueden ser actualizados con el insumo del método compilación de información geográfica de otras entidades del Estado

Escala	Componentes	Objetos geográficos
1:250 000	<b>Red hidrográfica</b>	linea_costa_l
	<b>Red vial</b>	sendero_l, rodera_l, via_ruta_l, ferrocarril_l, puente_p
	<b>Misceláneos</b>	pista_aterrizaje_p, pista_aterrizaje_l, poblado_p, zona_edificada_a, tubería_l, mina_p, limite_administrativo_l, (aeropuerto_a, aeropuerto_p)
	<b>Cobertura vegetal</b>	cultivo_a, matorral_a, pastizal_a, bosque_a
	<b>Altimetría</b>	
1:500 000	<b>Red hidrográfica</b>	linea_costa_l
	<b>Red vial</b>	sendero_l, rodera_l, via_ruta_l, ferrocarril_l
	<b>Misceláneos</b>	pista_aterrizaje_p, poblado_p, zona_edificada_a, línea_transmision_electrica_l, tubería_l, limite_administrativo_l, provincia_a, (aeropuerto_p)
	<b>Altimetría</b>	
1:1 000 000	<b>Red hidrográfica</b>	linea_costa_l
	<b>Red vial</b>	sendero_l, rodera_l, via_ruta_l, ferrocarril_l
	<b>Misceláneos</b>	pista_aterrizaje_p, poblado_p, zona_edificada_a, línea_transmision_electrica_l, tubería_l, provincia_a, (aeropuerto_p)
	<b>Altimetría</b>	

Fuente: Guerrón, P. (2021)

Cabe señalar que los objetos geográficos de la Tabla 18 que se muestran en paréntesis son aquellos que no se encuentran presentes en las áreas de muestreo, y que en las matrices de las Tablas 15, 16 y 17 aparecen como NA; sin embargo, pueden ser actualizados con la información recopilada y validada de este método, al disponer de esta información. Este particular es considerado, a fin de no descartar la utilidad de un método hacia un objeto geográfico, solo por no encontrarse en las áreas de muestreo que fueron determinadas al azar.

## 6.2 Método: obtención de información de objetos geográficos a través de imágenes satelitales

Este método alternativo permite la actualización de las bases cartográficas del país a las diferentes escalas, específicamente de las escalas pequeñas, al estar disponibles de manera gratuita imágenes satelitales de resolución espacial media a baja, a través de servicios web (geoservicios) y visores de teledetección.

En ese sentido, se debe considerar la amplia versatilidad y aplicabilidad que tienen las imágenes satelitales, sobre todo en la extracción y generación de información mediante el análisis digital de imágenes; no obstante, la investigación se enfoca en su empleo, como insumo para el proceso de actualización cartográfica. Esto significa, que a través de la técnica de fotointerpretación permita el reconocimiento de los elementos y/u objetos geográficos representados en las imágenes, para la extracción de la información concerniente a los objetos geográficos que componen la cartografía base.

### 6.2.1 Fundamentos teóricos

La utilización de imágenes satelitales, como insumo para la actualización cartográfica, requiere de la teledetección, que comprende: la adquisición de imágenes a través de sensores remotos instalados en plataformas aéreas (teledetección aérea) y espaciales (teledetección espacial), además del posterior tratamiento y la interpretación de la información obtenida, que se lleva a cabo mediante las técnicas de fotointerpretación, interpretación y análisis digital de imágenes. Para la investigación se considera la teledetección espacial y lo que se refiere al tratamiento de las imágenes con fines de actualización cartográfica.

Para un adecuado manejo y comprensión general de la teledetección, se resumen los principios físicos que la sustentan, como las leyes de la radiación electromagnética<sup>66</sup> y las magnitudes físicas empleadas<sup>67</sup>; como la radiancia, que es el total de energía radiada por un

---

<sup>66</sup> Ley de Planck: cualquier cuerpo físico con una temperatura superior a 0° kelvin, radia energía, y esta aumenta con la temperatura.

Ley del desplazamiento de Wien: la longitud de onda a la que se produce la máxima emitancia varía en función de la temperatura.

<sup>67</sup> Energía radiante: indica el total de energía radiada en todas las direcciones (J).

Flujo radiante: total de energía radiada en todas las direcciones, por unidad de tiempo (W).

Emitancia: total de energía radiada en todas las direcciones, desde una unidad de superficie y por unidad de tiempo (W/m<sup>2</sup>).

Irradiancia: total de energía radiada sobre una unidad de área y por unidad de tiempo (W/m<sup>2</sup>).

Intensidad radiante: total de energía radiada por unidad de tiempo y por ángulo sólido de medida (W/sr).

Emisividad: relación entre la emitancia de una superficie y la que ofrecería un emisor perfecto a la misma temperatura.

Reflectividad: relación entre el flujo incidente y el reflejado por una superficie.

objeto o superficie en una determinada dirección por unidad de área y por ángulo sólido de medida ( $W/m^2sr$ ), y ello se constituye en lo que realmente mide el sensor.

“Este flujo puede ser, en cuanto a su origen, de tres tipos:

- Radiación solar reflejada por los objetos (luz visible e infrarrojo reflejado) [Teledetección pasiva]
- Radiación terrestre emitida por los objetos (infrarrojo térmico) [Teledetección pasiva]
- Radiación emitida por el sensor y reflejada por los objetos (radar) [Teledetección activa]”. (Universidad de Murcia, s.f.a, párr. 1-2)

No obstante, la conceptualización del sistema de teledetección espacial, con sus elementos respectivos, permite un entendimiento de su funcionamiento, como se evidencia en la Figura 41 y como lo determinó Chuvieco (2008): 1. La fuente de energía es el origen de la radiación electromagnética que detecta el sensor; 2. La cubierta terrestre conformada por los elementos naturales y antrópicos, que reciben la energía de la fuente y la reflejan o emiten según sus características físicas; 3. El sistema sensor que está compuesto por el sensor y la plataforma que lo sustenta, cuyo objetivo es captar la energía procedente de la cubierta terrestre, codificarla, grabarla o enviarla directamente al sistema de recepción, el cual recibe la información transmitida por la plataforma, la graba en un formato estandarizado y la distribuye según los requerimientos, para su preparación por parte del intérprete y la generación de productos para el usuario final.

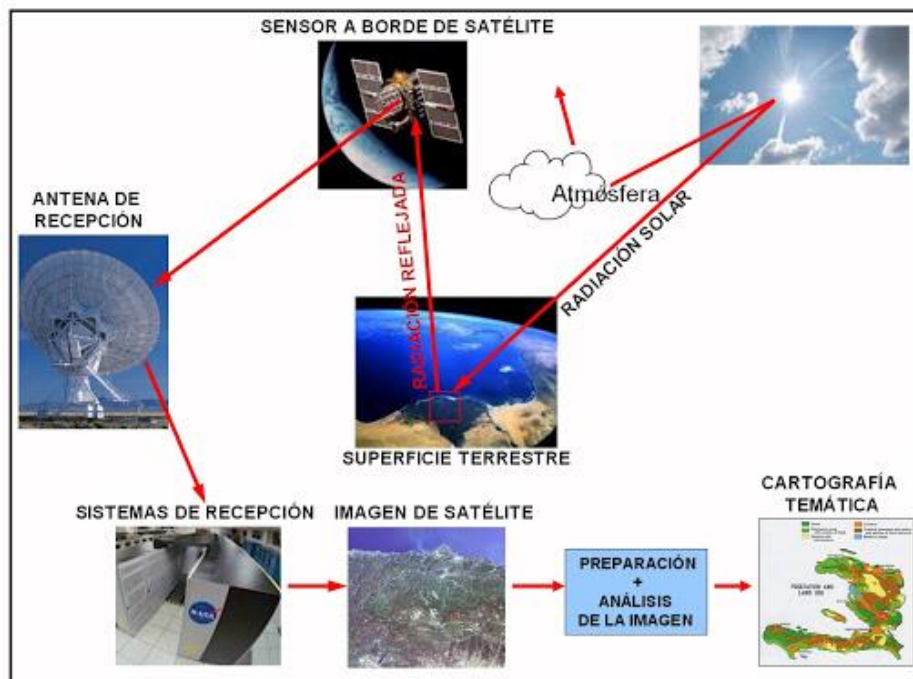
---

Absortividad: relación entre el flujo incidente y el que absorbe una superficie.

Trasmisividad: relación entre el flujo incidente y el transmitido por una superficie.



Figura 41  
**Componentes de un Sistema de Teledetección**



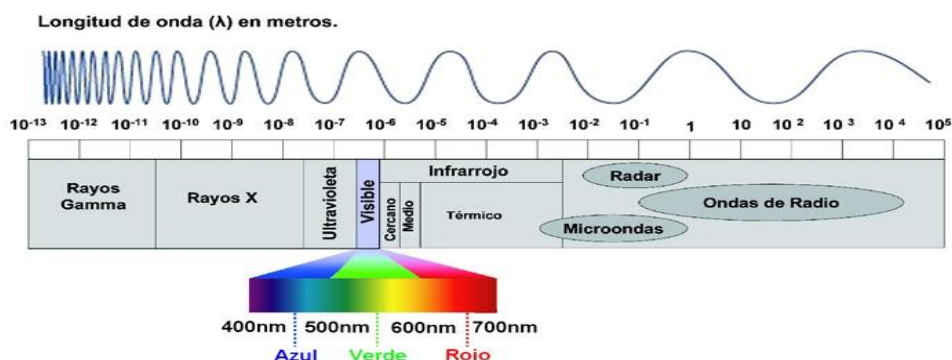
Fuente: (Memoria SERIDA. Año 2011, 2011)

Como se mencionó, el sistema sensor capta la energía de la cubierta terrestre (teledetección pasiva), que llega a través de ondas (haz ondulatorio):

“[Las cuales] se caracterizan por tener longitudes muy diferentes, desde los rayos X y gamma con longitudes de onda menores de 100 Armstrong hasta las ondas de televisión y radio con longitudes mayores de un metro. El conjunto de todas las longitudes de onda se denomina espectro electromagnético [...]” (Universidad de Murcia, s.f.a, párr. 5)

Asimismo, como se observa en la Figura 42:

Figura 42  
**Espectro Electromagnético**



Fuente: Mártil, I. (2016)

Dentro del espectro electromagnético, en función de la longitud de onda se distinguen varias regiones, las más utilizadas por la teledetección son:

- Luz visible: (0.4 - 0.7  $\mu\text{m}$ ) percibida por el ojo humano.
  - (0,4 – 0,5  $\mu\text{m}$ ) se denomina longitud de onda azul.
  - (0,5 – 0,6  $\mu\text{m}$ ) se denomina longitud de onda verde.
  - (0,6 – 0,7  $\mu\text{m}$ ) se denomina longitud de onda rojo.
- Infrarrojo reflejado.
- Infrarrojo térmico.
- Radar.

Ahora bien, la radiación solar domina aquellas regiones del espectro electromagnético que corresponden a la radiación visible y al infrarrojo reflejado. La radiación terrestre domina el infrarrojo térmico, mientras que las radiaciones que corresponden al radar no aparecen en la naturaleza, motivo por el cual son de origen artificial.

En el proceso de captación de la energía se dan una serie de interacciones entre la radiación y los objetos, los elementos de la superficie terrestre y la atmósfera. Cuando un objeto absorbe energía, esta es generalmente reemitida, en diferentes longitudes de onda produciéndose la emisión; tal característica de los objetos se denomina firma espectral y es la base de la percepción remota, para su discriminación.

Es preciso mencionar que la captación de esta energía se realiza con el apoyo de plataformas que corresponden a los satélites o aviones que transportan los dispositivos denominados sensores, los cuales captan, almacenan y transmiten imágenes a distancia además de recibir la información de las diferentes regiones del espectro llamados canales o bandas.

“La salida de radiación (emitida o reflejada) de la superficie terrestre es un fenómeno continuo en 4 dimensiones (espacio, tiempo, longitud de onda y radiancia). [El modo en que un sensor realiza la captura de información], define los cuatro tipos de resolución con los que se trabaja en teledetección:

- Resolución espacial (tamaño de pixel)
- Resolución temporal (tiempo que tarda el satélite en tomar dos imágenes del mismo sitio)

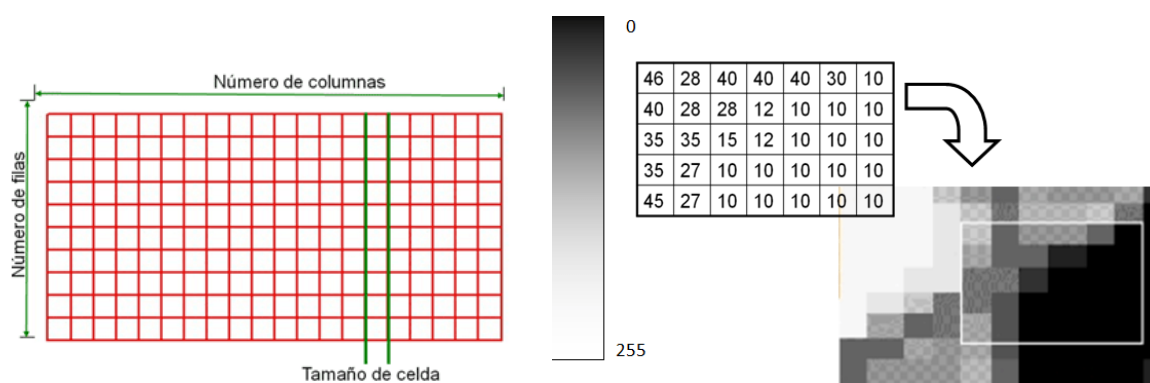
- Resolución espectral (capacidad de discriminar entre longitudes de onda vecinas en el espectro, así como el número de bandas disponible).
- Resolución radiométrica (número de intervalos de intensidad que puede captar el sensor).” (Universidad de Murcia, s.f.b, p. 189)

Por su parte, Marquina y Mogollón (2018) señalaron que “[...] la resolución espacial se refiere al objeto más pequeño que puede ser registrado por un sensor y posteriormente detectado en una imagen por el intérprete [...]” (p. 47), lo que hace referencia al tamaño de píxel, expresada en términos de dimensiones sobre el terreno. Generalmente, se presenta con un valor único, que corresponde a la longitud de un lado del cuadrado del píxel. Esta resolución permite conocer el potencial de detalle que ofrece una imagen, y se encuentra estrechamente relacionada con el concepto de escala cartográfica, el cual “[...] es una fracción definida por la relación existente entre las distancias medidas en un mapa y las correspondientes en el terreno” (Lencina y Siebert, 2009, p. 103). Por lo indicado, esta es la resolución espacial considerada en la investigación, y posibilita el cumplimiento de las especificaciones técnicas de las escalas en estudio.

La imagen de satélite resultante consiste en un conjunto de matrices, una por cada canal del sensor conformada por filas y columnas, en las que aparecen números del 0 al 255. El cero indica que no llega nada de radiación desde ese punto y el 255 que llega el valor más alto de radiación (ver Figura 43). Estos valores se denominan niveles digitales y requieren transformaciones hacia algún tipo de variable física. La transformación se suele dar a través de una ecuación lineal, cuyos parámetros se suministran junto con la imagen.

Figura 43

### Estructura y visualización de las imágenes satelitales



Fuente: Ingeoexpert (2020)

La imagen satelital en bruto es sometida a varios procedimientos, dependiendo el tipo de proyecto que se realice, como el paso de nivel digital a radiación recibida por el sensor, la georreferenciación mediante puntos de control, corrección atmosférica, corrección por luminosidad, cálculos y estimaciones de variables, entre otros.

Cabe aclarar que la interpretación visual sobre una imagen en bruto no es una tarea sencilla, por lo que se desarrollaron diferentes técnicas que resaltan determinados aspectos de la imagen que facilitan el análisis. Para mejorar su visualización, se somete a procedimientos de ajuste de contraste<sup>68</sup>, composición de color y filtros<sup>69</sup>. La composición de color se refiere a que la imagen de cada banda representa niveles de intensidad en los colores azul, verde y rojo; igualmente, al disponer los monitores y tarjetas de video los tres canales (**R** rojo **G** verde **B** azul), para representar los tres colores básicos, se utiliza cada canal con el fin de representar la intensidad de una banda y obtener así una composición de color.

La combinación denominada color real, verdadero o natural, se conforma al asignar a cada canal la banda del espectro que le corresponde, es decir la banda azul al canal azul, la banda verde al canal verde y la banda roja al canal rojo; sin embargo, se realizan visualizaciones denominadas de falso color, las cuales sirven para resaltar los elementos de mayor reflectividad presentes en las bandas utilizadas. De tal manera, la investigación considera las imágenes con tratamiento y combinación de color verdadero.

Con respecto a la actualización de la componente de altimetría, conformada por los objetos geográficos de puntos acotados y curvas de nivel, con ayuda de la teledetección se inicia con lo aseverado por Wilson y Gallant (como se citó en Pérez y Mas, 2009):

“Los datos de elevación digital pueden ser divididos básicamente en tres grupos por su estructura: *a*) datos vectoriales: líneas y puntos (curvas de nivel y puntos acotados) obtenidos a partir de mapas topográficos; *b*) red irregular de triángulos construidos a través de la unión de tres puntos adyacentes (TIN) y *c*) datos en formato de celdas

---

<sup>68</sup> “Los sensores utilizados en teledetección están calibrados para recibir valores muy altos de radiación sin llegar a saturarse por lo que lo normal es que todos los valores recibidos estén muy por debajo de los máximos posibles. La consecuencia es que los valores de ND obtenidos son muy bajos y las imágenes se van a ver oscuras, muy poco contrastadas. Una forma de solventar este problema es ajustar el contraste mediante diversas técnicas: Expansión lineal [...], Expansión lineal restringida [...] y Ecuilibración del histograma [...].” (Universidad de Murcia, s.f.b, p. 192)

<sup>69</sup> “Se utilizan para destacar algunos elementos de la imagen. Consiste en la aplicación a cada uno de los píxeles de la imagen de una matriz de filtrado (generalmente de 3\*3) que genera un nuevo valor mediante una media ponderada del valor original y de los 8 píxeles circundantes. [...] Los filtros más utilizados son los de paso bajo que asignan a cada píxel el valor medio de los píxeles circundantes, o los de paso alto (para resaltar zonas de gran variabilidad.” (Universidad de Murcia, s.f.b, p. 193)

(*raster*), los cuales representan el valor medio de unidades elementales con una distribución regular (datos matriciales). Estos últimos fueron ampliamente utilizados debido a su simplicidad y facilidad de almacenamiento y procesamientos de la información.” (párr. 5)

Existen diversas maneras de obtener un modelo digital de elevaciones (MDE)<sup>70</sup> o (DEM)<sup>71</sup>, por sus siglas en inglés, a través de la aplicación de algoritmos de interpolación hacia datos puntuales que se encuentren digitalizados, extraídos de pares estereoscópicos de fotografías aéreas o imágenes de satélite mediante procedimientos fotogramétricos; y a partir de imágenes de radar aplicando la interferometría o mediante Lidar (Oñate y Bosque, 2007).

Como se indicó, un MDE puede ser obtenido mediante imágenes radar, que corresponden a una teledetección activa, que capta la radiación emitida por el propio sensor y se refleja por el objeto, lo que significa que posee su propia fuente de energía. Este procedimiento se denomina interferometría de imágenes radar:

“[En la cual] Un sensor radar emite un impulso electromagnético y lo recoge tras reflejarse en la superficie terrestre, conociendo el tiempo de retardo del pulso y su velocidad puede estimarse la distancia entre satélite y terreno. En 1999 la NASA inició el proyecto SRTM (<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>) para elaborar un mapa topográfico de toda la Tierra a partir de interferometría radar.” (Universidad de Murcia, s.f.c, párr. 9).

En la actualidad, existen varias alternativas para obtener modelos digitales de elevación, por consiguiente de curvas de nivel y puntos acotados, por medio de algoritmos de interpolación, muchas alternativas relativamente no tan costosas por unidad de área, como es el caso de la interferometría, al considerar que existen proyectos institucionales y, a nivel mundial, como los de la NASA, o la Agencia Espacial Europea (ESA), con su Programa Copérnico, a través del cual suministran datos que pueden servir como base para la obtención de productos cartográficos de calidad (Guerrero y Hernández, 2017).

### **6.2.2 Consideraciones técnicas**

Las imágenes seleccionadas, deben cumplir con las siguientes consideraciones:

<sup>70</sup> “[...] una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno [...]” (Felicísimo, 1994, p. 12).

<sup>71</sup> Digital elevation model

1. **Fecha de la imagen:** período de búsqueda 01/03/20 hasta 01/03/21. Se priorizan las más actuales, como prioridad 1: 3 meses de antigüedad (hasta diciembre 2020), si no se encuentran resultados se procede con la prioridad 2: 6 meses de antigüedad (hasta octubre de 2020) o prioridad 3: máximo 1 año de antigüedad (hasta marzo 2020).
2. **Resolución de la imagen (resolución espacial):** para la selección de las imágenes satelitales de las diferentes plataformas y sensores, que garanticen la precisión y la calidad del producto final es necesario considerar:
  - **Precisión:** las escalas en estudio tienen las siguientes precisiones: 1:250 000 (75 m), 1:500 000 (150 m) y 1:1 000 000 (300 m); la resolución espacial de las imágenes satelitales que se utilizan de insumo debe cumplir con este requerimiento, y se debe considerar que un objeto es visible con la agrupación de dos a tres píxeles.
  - **Unidad mínima cartografiable:** la unidad mínima de representación de un objeto geográfico como elemento puntual, lineal o de área (figura geométrica: polígono), para la cartografía base a las escalas analizadas se considera un valor mínimo de 0,5 mm<sup>72</sup>, y se obtiene para la escala 1:250 000 (0,5mm \* 0,5mm) mapa = (125 m \* 125 m) terreno = 15 625 m<sup>2</sup> (1,5 has aprox.), para el 1:500 000 (0,5mm \* 0,5mm) mapa = (250 m \* 250 m) terreno = 62 500 m<sup>2</sup> (6,5 has aprox.) y para el 1:1 000 000 (0,5mm \* 0,5mm) mapa = (500 m \* 500 m) terreno = 250 000 m<sup>2</sup> (25 has).

A continuación, en la Tabla 19 se muestra un listado de sensores remotos con sus respectivas características para la elaboración de trabajos cartográficos:

---

<sup>72</sup> Se toma como referencia los criterios de la “Tabla de Tamaños mínimos y geometrías para cartografía base a escala 1:250 000” (IGM, 2020) que se encuentra en proceso de aprobación, que fueron generados en base a la “Tabla de Tamaños mínimos y geometrías para cartografía base a escala 1:25 000” aprobada en 2019, cuya fuente de referencia es: National Geospatial - Intelligence Agency (NGA), Multinational Geospatial Co-production Program (MGCP).

Tabla 19

**Sensores remotos y sus características para la elaboración de trabajos cartográficos**

Datos Satelitales	Resolución Espacial	Escala Cartográfica Máxima	Precisión Planimétrica 0,5 mm (90 %)	Unidad Mínima Cartografiable Areal (0,25 cm <sup>2</sup> )	Unidad Mínima Cartografiable Lineal (1 mm)
<b>World View3</b>	0,3 m 1,24 m	1:1.000 1:3.000	0,5 m 1,5 m	0,002 ha 0,02 ha	1 m 3 m
<b>Pléiades</b>	0,5 m 2,0 m	1:1.500 1:5.000	0,75 m 2,5 m	0,005 ha 0,06 ha	1,5 m 5 m
<b>QuickBird</b>	0,6 m 2,4 m	1:1.500 1:5.000	0,75 m 2,5 m	0,005 ha 0,06 ha	1,5m 5m
<b>Ikonos</b>	1,0 m 4,0 m	1:3.000 1:8.000	1,5 m 4,0 m	0,02 ha 0,16 ha	3 m 8 m
<b>Miranda</b>	2,5 m 10 m	1:5.000 1:15.000	2,5 m 7,5 m	0,06 ha 0,5 ha	5 m 15 m
<b>Spot V</b>	2,5 m 5,0 m 10 m	1:5.000 1:10.000 1:15.000	2,5 m 5,0 m 7,5 m	0,06 ha 0,25 ha 0,5 ha	5 m 10 m 15 m
<b>Spot VI - VII</b>	1,5 m 6 m	1:3.500 1:12.000	1,75 m 6,0 m	0,03 ha 0,3 ha	3,5 m 12 m
<b>ASTER</b>	15 m 30 m	1: 30.000 1:50.000	15,0 m 25,0 m	2,25 ha 6,25 ha	30 m 50 m
<b>Sentinel-2</b>	10 m 20m 60m	1:15.000 1:25.000 1:100.000	7,5 m 12,5 m 100 m	0,5 ha 1,5 ha 25 ha	15 m 25 m 100 m
<b>Landsat 8</b>	15 m 30 m	1:30.000 1:50.000	15,0 m 25 m	2,25 ha 6,25 ha	30 m 50 m

Fuente: Lencinas y Siebert, 2009 modificado por Marquina y Mogollón, 2018

Como se observa, todos los sensores: Word View3, Pléiades, QuickBird, Ikonos, Miranda, Spot V, VI, VII, ASTER, Sentinel-2, Landsat 8, y sus resoluciones espaciales, escala cartográfica máxima, unidades mínimas cartografiables, cumplen con las especificaciones técnicas de las escalas en estudio, que al ser escalas pequeñas no tienen una exigencia alta en lo referente a precisión y resolución espacial; sin embargo, se debe considerar la disponibilidad de la información de estos sensores, de acuerdo con Marquina y Mogollón (2018):

“[...] la gran variedad de sensores en el mercado tanto de dominio público (*Sentinel*, *Aster*, *Landsat* y *Miranda*), como comerciales, (*Ikonos*, *QuickBird*, *Spot*, *Pléiades*, *WorldView*, entre otros) [...] estará en función del requerimiento del proyecto de investigación, además del ámbito geográfico a levantar” (p. 51).

3. **Cobertura de nubes:** prioridad 1: menor o igual al 10 %; prioridad 2: menor o igual al 20 %; prioridad 3: menor o igual al 30 % de cobertura de nubes, en la zona de estudio del área de la muestra.
4. **Disponibilidad de la imagen:** debido a que la investigación se enfoca en métodos efectivos de actualización cartográfica, se consideran como insumo todas las imágenes satelitales que se puedan obtener de forma gratuita, ya procesadas y

tratadas, sin erogar esfuerzos y recursos en su adquisición y tratamiento, dado que estos se encuentran priorizados y enfocados en la generación de la escala 1:5000, mediante el proceso cartográfico convencional.

- 5. Componentes (objetos geográficos) que se pueden actualizar:** a través de la aplicación de este método, se considera a las imágenes como fotografías aéreas, es decir, con un tratamiento a la imagen y una combinación de bandas del espectro visible de color verdadero o natural, en donde la percepción del ojo humano asemeja la realidad: “[...] la vegetación aparece verde, el agua de azul a negro, y la tierra desnuda y las superficies impermeables gris claro y marrón [...]” (Earth Observing System, s.f., párr. 1); se procede con la técnica de fotointerpretación y con el apoyo de filtros que mejoran la imagen, a revisar, analizar, validar y actualizar la cartografía si procede.

Es de señalar que las escalas en estudio no exigen imágenes satelitales de alta resolución, no obstante, existen objetos geográficos, en especial de la escala 1:250 000, como tubería\_l, línea\_transmision\_electrica\_l, faros\_p, mina\_p, cantera\_p, pista\_l, pista\_p, puente\_p, puente\_l muelle\_l, muelle\_p, que requieren un buen nivel de detalle para poderlos discriminar; por tal motivo, se escogen todas las imágenes satelitales actualizadas que se encuentren disponibles de forma gratuita.

**Componente de altimetría:** para la escala 1:250 000, se consideran curvas de nivel con intervalos de 100 m y para la escala 1:500 000 y 1:1 000 000, el intervalo es de 200 m, los puntos acotados se encuentran ubicados en las elevaciones más representativas del territorio. Ante lo indicado, por el intervalo de curvas, no se requiere de altas precisiones, de modo que se analizan los insumos disponibles a nivel nacional que son mandatorios para este tipo de objetos y a nivel mundial el SRTM.

A continuación, se muestran los pasos para el tratamiento del insumo de este método alternativo.

### **Paso 1: recopilación y revisión de insumos**

En este paso se han determinado las siguientes fuentes para la recopilación de insumos: el archivo institucional del IGM, los geoservicios disponibles y los visores de teledetección. Seguidamente, se describen los insumos de cada fuente investigada, los cuales fueron revisados para su posterior validación:



## 1. Archivo institucional IGM

**Imágenes satelitales:** el instituto, al recibir las competencias del ex Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE), en julio de 2019, adquirió una vasta cantidad de imágenes satelitales estructuradas y georreferenciadas que fueron adquiridas para la ejecución de proyectos. Así, se procede a la revisión de los repositorios que contienen las imágenes más actuales:

**Imágenes RapidEye:** adquiridas para el proyecto nacional a escala 1:25 000<sup>73</sup>, con una resolución espacial de 5 m. Se dispone de un archivo digital por carpetas a nivel provincial, la cual contiene imágenes en formato \*.tiff de cada provincia. Las áreas de muestreo tienen un porcentaje de cobertura de 30 % con imágenes del 2011, un 28 % con imágenes del 2012 y un 42 % sin cobertura.

**Imágenes Landsat 8:** mosaico conformado por 17 imágenes Landsat 8, con una cobertura del 100 % del territorio continental, resolución espacial 30 m, tomadas en el año 2015.

**Imágenes Sentinel:** mosaico conformado por 26 imágenes Sentinel, con una cobertura del 100 % del territorio continental, resolución espacial 10 m, tomadas en el año 2018.

**Modelo Digital de Terreno (MDT):** es un producto generado por el instituto a nivel nacional en el 2013, a partir de la información de los objetos geográficos: curvas de nivel (40 m y 20 m de intervalo de curva) y puntos acotados disponibles de la BDG continua 50K, aquellos sectores que no disponían de información a esta escala fueron completados con información altimétrica de la BDG 250K. Se dispone de un archivo raster a nivel nacional, formato grid, con 30 m de tamaño de píxel.

**BDG de Altimetría:** el instituto dispone de una BDG de altimetría conformada por curvas de nivel y puntos acotados, de las ediciones cartográficas oficiales a las escalas: 1:50 000 (2013), 1:250 000 (2013), 1:500 000 (2012) y 1:1 000 000 (2008); esta información sirve de base y es mandataria para estos objetos geográficos. El primer y segundo proyecto de inversión (2011-2021) ha generado altimetría a la escala 1:5000 y su generalización a las escalas menores.

---

<sup>73</sup> Adquiridas para el Proyecto de Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a nivel Nacional a escala 1:25 000

## 2. Geoservicios (imágenes satelitales)

Los geoservicios desarrollados en el ámbito público y privado por instituciones, empresas y compañías, ponen a disposición de los usuarios datos geográficos que disponen, mediante un navegador de internet. Esta información se puede agregar a través de diferentes geoservicios<sup>74</sup> como el WMS, WMTS, WCA, WFS, entre otros. A continuación, se mencionan los programas, aplicaciones, herramientas y/o plugin propios o importados a plataformas SIG, que permiten la visualización de los geoservicios y la descarga de imágenes satelitales:

**SAS Planet:** es un programa informático gratuito que requiere la descarga del aplicativo, entre una de sus funcionalidades se tiene la visualización y descarga de imágenes de satélite de alta resolución de Google Earth, Google Maps, Bing Maps, Here, Yandex, OpenStreetMap y Esri. Para obtener información de las fechas de toma de las imágenes, se debe consultar en las respectivas plataformas de los geoservicios (Gis & Beers, 2018a). Disponible en <http://www.sasgis.org/download/>

**Terra Incógnita:** es un programa gratuito, que permite, entre otras funcionalidades, la visualización y la descarga de imágenes de satélite de visores habituales como Google, OpenStreetMap, ESRI y Bing, pero también incorpora visores territoriales específicos de países (Gis & Beers, 2018b). Disponible en <https://terra-incognita.en.lo4d.com/download>

### **Para entorno de ARCGIS (trabajado en la investigación):**

**Add Basemap:** de ARCGIS, gracias a las conexiones que disponen los SIG a servidores remotos, se puede obtener imágenes satelitales de áreas específicas de la tierra o, de otro tipo de mapas temáticos. A través de Add Basemap, se puede acceder a múltiples geoservicios con mapas base a nivel mundial, como se indica a continuación:

**Imagery:** Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community.

**Imagery with labels: World Imagery:** Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User

---

<sup>74</sup>“WMS: se trata de un servicio ideado para obtener mapas y capas en formato imagen. WMTS: estándar para servir y obtener teselas de mapas georeferenciadas por la red. WCS: Para obtener y consultar coberturas, orientado a capas raster conservando los valores de cada celda. WFS: Para obtener y editar entidades geográficas y atributos, orientado a capas de tipo vectorial.” (Estévez, 2020, párr. 11-14)

Community. **World Boundaries and Places:** Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community.

**Streets:** Esri, HERE, Garmin, USGS, Intermap, INCREMENT P, NRCan, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri Korea, Esri (Thailand), NGCC, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

**Topographic:** Esri, HERE, Garmin, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

**Dark Gray Canvas:** Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community

**Light Gray Canvas:** Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community

**National Geographic:** National Geographic, Esri, Garmin, HERE, UNEP-WCMC, USGS, NASA, ESA, METI, NRCAN, GEBCO, NOAA, increment P Corp.

**Terrain with Labels:** Esri, USGS, NOAA

**Oceans:** Esri, Garmin, GEBCO, NOAA NGDC, and other contributors

**OpenStreetMap:** © OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA

**ArcBruTile:** herramienta gratuita que permite incorporar en el entorno de ArcGIS y ArcGIS Pro, los servicios de los mapas de OpenStreetMap, Here, Bing, MapBox, TomTom. Su ventaja es la incorporación en la vista de trabajo del ArcMap, de los diferentes geoservicios, sin tener que descargar la información vectorial y raster. Varios de estos geoservicios, no se encuentran disponibles en el Add Basemap, como Bing, MapBox y Tom Tom (Gis & Beers, 2017).

#### **Opción para entorno de QGIS:**

**QuicMapServices:** es el plugin creado para QGIS, que permite añadir mapas base de Bing, ESRI, Geofabrik, Google, CARTO, Stamen, OpenStreetMap, Landsat, entre otros (Morales, 2016).

**OpenLayers:** es una librería Javascript de uso libre utilizado como un plugin en QGIS, que permite acceder, manipular y mostrar mapas en páginas web, con capas de OpenStreetMap, Google Maps, Bing Maps, MasQuest y Apple Maps (Alonso, 2014).

Cabe señalar que una limitante del uso de geoservicios para el tema de actualización cartográfica es la falta de información sobre la fecha de toma de la imagen que se visualiza, puesto que este tipo de servicios realiza un mosaico tomando las mejores imágenes de varios momentos temporales, con el objetivo de una visualización adecuada del sector. De las pruebas realizadas, el servicio Imagery de ArcGis proporciona esta información de cada zona específica que se desea consultar, como es el caso de las áreas de muestreo. Para el caso de las imágenes de Google Earth, se puede obtener esta información en el propio visor.

### 3. Visores para Teledetección

Se recopilan los diferentes visores para teledetección de iniciativas públicas y privadas, que en su mayoría permiten la descarga de imágenes satelitales y procesamientos en línea, con el fin de buscar las imágenes más idóneas que cubran las áreas de muestreo, las cuales serán posteriormente validadas, en función de las consideraciones técnicas establecidas.

Además, para la revisión se ingresa a cada uno de los visores, y a través de las opciones de búsqueda y/o scripts<sup>75</sup> que disponen, permiten la selección del tipo de imágenes o mosaicos que se requiere, al igual que sus características. Cada visor tiene un manejo específico de las áreas de interés (AOI), que en este caso corresponde a las áreas de muestreo, las cuales fueron ingresadas mediante coordenadas, importación del archivo (\*.SHP), como archivo zipiado o transformado a (\*.KMZ). A continuación, se presenta una breve descripción de los visores recopilados, según Gis & Beers (2018c):

- **Google Earth Pro**

**Descarga:** <https://www.google.com/intl/es/earth/download/gep/agree.html>

**Google Earth Engine:** <https://earthengine.google.com/>

**Versión Explorer:** <https://explorer.earthengine.google.com/#workspace>

La versión Engine y Explorer permiten la descarga gratuita de imágenes MODIS, Sentinel, Landsat y otras fuentes, incluidos Modelos Digitales de Elevación. A través del gestor de imágenes se pueden escoger momentos temporales específicos, seleccionar bandas de trabajo y realizar combinaciones de bandas. Además, se dispone de la opción de descarga

---

<sup>75</sup> “[Es] una serie de mandos que se almacenan dentro de un archivo de texto y los cuales se caracterizan por presentar un tamaño muy pequeño, que además de ello suelen ejecutarse en grupos [...] En el mundo de la informática [...] son muy utilizados ya que gracias a ellos es posible programar ciertas tareas para que se ejecuten de forma automática, solo con la creación de utilidades muy simples.” (Redacción ConceptoDefinición, 2021, párr. 1)

de mosaicos, selección de las bandas de trabajo, el formato de salida (JPG, PNG o GeoTIFF), proyección y resolución. Como parte de Google Earth Engine, se tiene la opción de crear timelapses (esta herramienta de Google ofrece información proveniente de múltiples recursos satélite compilados durante tres décadas).

**EarthMap:** <https://earthmap.org/login>

Con la misma información de Google Earth permite disponer de datasets procesados sin necesidad de recurrir a scripts de Google Earth Engine.

- **OpenAerialMap (OAM):** <https://map.openaerialmap.org/>

Denominado el mapa mundial de mosaicos de drones, provee mosaicos aéreos provenientes de drones e imágenes satelitales, de forma gratuita y mapeados colaborativamente.

- **Land Viewer:** <https://eos.com/landviewer/>

Es un visor de procesamiento de imágenes multiespectrales completo y sencillo de utilizar. Una interesante herramienta online capaz de integrar imágenes provenientes de varios satélites, analizar sus bandas para generar imágenes multiespectrales RGB a color real y falso color y descargar al instante. Están disponibles las imágenes de Landsat (4, 5, 7 y 8), Sentinel, MODIS, CBERS-4, NAIP. Adicionalmente, tienen la posibilidad de descargar Modelos Digitales de Elevación de manera libre; se puede acceder a 14 niveles de resolución de archivos terrain para cualquier localización mundial y descargar DEM con resoluciones entre los 5 metros y los 10 kilómetros aproximadamente.

- **World View:** <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>

No permite la descarga de imágenes satélite a partir de sus bandas, pero permite incorporar capas temáticas ya procesadas y descargar las imágenes visualizadas en formato GeoTIFF, JPG, PNG y KMZ. Asimismo, dispone de la herramienta de timelapses en formato GIF, con el propósito de visualizar cambios temporales en el territorio. Mapea la tierra aportando datos territoriales cada tres horas y actualizando la totalidad de los datos en intervalos de 24 horas. Permite incorporar al visor cartografía proveniente de los satélites Landsat, Terra, Aqua y Suomi bajo productos temáticos particulares.

- **Landsat Explorer:** <https://livingatlas2.arcgis.com/landsatexplorer/>

Visor para Teledetección de ESRI, el cual incorpora la posibilidad de analizar vía *online*, imágenes Landsat al recurrir a herramientas de geoprocésamiento sencillas y habituales en software de escritorio. No permite exportar las imágenes en todas sus bandas, pero se dispone de la función de exportación de imágenes analizadas en formato TIF perfectamente georreferenciadas. Para usuarios de cuentas de ArcGIS *online* es posible la introducción de mapas temáticos, al conectar la plataforma a la cuenta en la nube.

- **Landsat Lens:** <https://maps.esri.com/rc/landsat2/index.html>

Visor propio de Esri que permite trabajar con imágenes Landsat de una manera distinta al resto de visores. A través de ventanas móviles, se puede realizar comparativas de diversos momentos temporales sobre imágenes satélite provenientes de Landsat en cualquier rincón del mundo; se dispone de las secuencias temporales para los años 2002, 2005, 2010, 2015 y 2017. Aunado a ello, se puede acceder a imágenes multiespectrales, pero no permite la descarga de los datos brutos.

- **Glovis:** <https://glovis.usgs.gov/app?>

El visor GloVis de la USGS es de simple manejo para previsualizar y descargar de manera sencilla los recursos de satélite más habituales. Dispone de imágenes de toda la flota Landsat, las imágenes del Sentinel 2 y el DEM SRTM.

- **Earth Explorer:** <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Desde el portal de la USGS, se dispone de los productos de descarga de la colección NASA SRTM en el grupo de datasets Digital Elevation > SRTM (1 Arc-Second Global), que corresponde al de 30m \* 30 m. Previo al registro respectivo, se puede dibujar o importar la zona AOI y descargar los archivos DEM del SRTM.

- **LandLook Viewer:** <https://landlook.usgs.gov/viewer.html>

La plataforma pertenece a la USGS y, a diferencia de su visor convencional, se centra únicamente en la gestión de imágenes Landsat, junto a las imágenes satélite de la flota Sentinel 2. Esta permite la descarga directa de imágenes a color natural de manera predefinida y sin necesidad de combinar bandas.

- **Observer far Earth:** <http://observer.farearth.com/observer/>

No permite la descarga de imágenes satélite, solo las capturas en vivo, empero, se puede observar y analizar el territorio mediante imágenes satélite en tiempo real, a través de

satélites como Landsat. Es posible analizar las imágenes mediante sencillas combinaciones de bandas en tiempo real; adicionalmente, cuenta con el histórico de secuencias de barrido, y se puede acceder a la visualización de las trayectorias del satélite en los últimos días.

- **Copernicus Data Hub:** <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>

Permite, a través de varios portales, la descarga de imágenes Sentinel 1, 2, 3 y 5P con cada una de sus bandas a máxima resolución en función de la banda seleccionada. No es posible el desarrollo del procesado y el análisis de bandas *online*. El acceso a la descarga de imágenes se podrá realizar a través del portal de Imágenes Sentinel 2B, mediante el portal Imágenes Sentinel 3, o a través de las Imágenes Sentinel 5P (para datos atmosféricos). Para la investigación se utilizan las imágenes de Sentinel 2B.

- **Sentinel Hub Playground:** <https://apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground/>

Posibilita el análisis directo vía *online* de imágenes Sentinel 2, Landsat 8 y MODIS, se puede realizar correcciones de color y composiciones RGB personalizadas sobre las bandas multiespectrales en la imagen. Asimismo, permite exportar la información ya procesada en formato JPG, es decir, sin georreferencia.

- **Sentinel2Cloudless:** <https://s2maps.eu/>

Permite el acceso a imágenes de Sentinel libres de nubes; aunque no son imágenes generadas bajo un único momento temporal (el mosaico es fruto de la combinación de imágenes entre 2016, 2018, 2019). No dispone la opción para la descarga de las imágenes de manera directa desde el visor, pero presenta conexión con servicios WMS y WMTS para conectar con software GIS y realizar directamente la descarga o los análisis oportunos.

- **GEOSS (Global Earth Observation System of Systems)**

<https://www.geoportal.org/?m:activeLayerTileId=adds&f:dataSource=dab>

Permite recurrir a imágenes o datos satélites de todo tipo. La plataforma permite seleccionar una zona geográfica y recurrir a cualquier recurso satelital, indica su fuente original y es posible descargarla en caso de estar disponible para ello.

- **Earth Data** <https://search.earthdata.nasa.gov/search;>  
<https://search.asf.alaska.edu/#/>

“[...] visor de la NASA, [...] permite el acceso a infinidad de imágenes satélite y productos de análisis discriminando las imágenes principalmente por instrumentos de

análisis y modelos de satélite (Landsat, NOAA, Goes, Suomi, Nimbus...). Podremos descargar la información en formato TIF perfectamente georreferenciado y acceder al repertorio de recursos en base a momentos temporales predefinidos” (Gis & Beers, 2018c, párr. 15).

- **Landsat Viewer:** <https://maps.esri.com/rc/landsat-viewer/index.html>

Se trata de uno de los tres visores clave de Landsat desarrollados por ESRI. Landsat Viewer permite visualizar imágenes Landsat 1, 4, 5, 7 y 8; asimismo, se tiene la posibilidad de realizar búsquedas espaciales que quedarán apiladas unas sobre otras a través de este particular visor 3D. Se realizan filtros de búsquedas, se consigue priorizar imágenes, lo que permite su descarga en formato JPG.

- **EO Browser:** <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>

“[...] permite la combinación y manejo de bandas satelitales vía online mediante filtros predefinidos o personalizados, realizar mediciones geométricas sobre el visor o hacer comparativas entre imágenes temporales. Aunque no dispone de posibilidad de descargar las imágenes trabajando con bandas individuales, podremos recurrir a nueve recursos satelitales entre los que encontramos Landsat 5, 7 y 8, Sentinel 1, 2 y 3 o Envisat. El contar con Sentinel 1 como recurso, permite a la plataforma EO Browser distinguirse de otras plataformas ya que ofrece la posibilidad de trabajar con imágenes radar” (Gis & Beers, 2018c, párr. 20).

- **Planet Explorer:** <https://www.planet.com/>

Permite descargar imágenes satélites de varios recursos y mediante AOI completos. Las imágenes presentan resoluciones que van de los 5 a los 10, 25 y 30 metros, en función del recurso de descarga. A diferencia de otras plataformas, Planet permite dibujar la zona territorial deseada para componer el mosaico completo, de manera automática, sin necesidad de descargar fragmentos de imágenes complementarias o por defecto. Dispone de la opción de timelapses, así como un sencillo comparador de imágenes temporales.

## **Paso 2: Validación del insumo**

En este paso se procede a una validación de los insumos recopilados de las tres fuentes indicadas previamente, con base en las consideraciones técnicas realizadas en las áreas de muestreo.

1. **Archivo institucional del IGM:** las imágenes satelitales de los repositorios RapidEye, Landsat 8 y Sentinel poseen una adecuada cobertura a nivel nacional y



sobre las áreas de muestreo, sus resoluciones espaciales cumplen las especificaciones técnicas de las escalas en estudio y se encuentran georeferenciadas; no obstante, por los años de antigüedad de cada archivo, se descartan para el presente estudio.

**2. Geoservicios (imágenes satelitales):** luego de una revisión de los diferentes geoservicios disponibles sobre las áreas de muestreo, se validan aquellos que proporcionaron información de estas áreas, con el apoyo de las siguientes geotecnologías.

- Programa SAS Planet, para el geoservicio Google Satellite perteneciente a Google Earth.
- Extensión de ArcBruTile, en la plataforma de Arcgis, para el geoservicio Bing Satellite.
- Mediante el *Add Basemap* de la plataforma de Arcgis, para el geoservicio propio Imagery.

La Tabla 20 corresponde a un cuadro comparativo, con la información que los tres geoservicios analizados proveyeron de las áreas de muestreo:

Tabla 20

**Comparación de los geoservicios de imágenes satelitales analizados en las áreas de muestreo**

Áreas de muestreo	Google Satellite	Bing Satellite	Imagery
C1	Cobertura imagen: 100 % Nubes: 15 % Fecha: sin información Resolución espacial: sin información	Cobertura imagen: 100 % Nubes: 20 % Fecha: sin información Resolución espacial: sin información	Cobertura imagen: 100 % Nubes: 30 % Fecha: 23/06/2017 Resolución espacial: 0,5 m
C2	Cobertura imagen: 100% Nubes: 20 % Fecha: sin información Resolución espacial: sin información	Cobertura imagen: 100 % Nubes: 50 % Fecha: sin información Resolución espacial: sin información	Cobertura imagen: 100 % Nubes: 3 % Fecha: 22/01/2017 Resolución espacial: 0.5 m
C3	Cobertura imagen: 100 % Nubes: 10 % Fecha: sin información Resolución espacial: sin información	Cobertura imagen: 100 % Nubes: 40 % Fecha: sin información Resolución espacial: sin información	Cobertura imagen: 100 % Nubes: 20 % Fecha: 10/10/2012, 17/06/2020 Resolución espacial: 0,3 y 0,5 m
S1	Cobertura imagen: 100 % Nubes: 5 % Fecha: sin información Resolución espacial: sin información	Cobertura imagen: 100 % Nubes: 0 % Fecha: Sin información Resolución espacial: sin información	Cobertura imagen: 100 % Nubes: 15 % Fecha: 06/01/2010, 17/06/2020, 02/11/2020, Resolución espacial: 0,3 y 0,5 m

S2	Cobertura imagen: 100 % Nubes: 20 % Fecha: sin información Resolución espacial: sin información	Cobertura imagen: 100 % Nubes: 15 % Fecha: sin información Resolución espacial: sin información	Cobertura imagen: 100 % Nubes: 15 % Fecha: 25/04/2016, 20/07/2018, 21/03/2020 Resolución espacial: 0,3 m
S3	Cobertura imagen: 100 % Nubes: 20 % Fecha: sin información Resolución espacial: sin información	Cobertura imagen: 100 % Nubes: 30 % Fecha: sin información Resolución espacial: sin información	Cobertura imagen: 100 % Nubes: 15 % Fecha: 20/07/2017, 17/05/2019, 03/09/2019, 28/09/2020 Resolución espacial: 0,3 y 0,5 m
O1	Cobertura imagen: 100 % Nubes: 25 % Fecha: sin información Resolución espacial: sin información	Cobertura imagen: 100 % Nubes: 25 % Fecha: sin información Resolución espacial: sin información	Cobertura imagen: 100 % Nubes: 60 % Fecha: 17/05/2011 10/10/2012 Resolución espacial: 0,46 y 0,5 m
O2	Cobertura imagen: 100 % Nubes: 0 % Fecha: sin información Resolución espacial: sin información	Cobertura imagen: 100 % Nubes: 0 % Fecha: sin información Resolución espacial: sin información	Cobertura imagen: 100 % Nubes: 10 % Fecha: 06/02/2011 1/09/2013 Resolución espacial: 0,5 m
O3	Cobertura imagen: 100 % Nubes: 15 % Fecha: sin información Resolución espacial: sin información	Cobertura imagen: 100 % Nubes: 0 % Fecha: sin información Resolución espacial: sin información	Cobertura imagen: 100 % Nubes: 15 % Fecha: 13/09/2015 5/02/2020, 12/06/2020 Resolución espacial: 0,46 y 0,5 m
O4	Cobertura imagen: 100 % Nubes: 0 % Fecha: sin información Resolución espacial: sin información	Cobertura imagen: 100 % Nubes: 5 % Fecha: sin información Resolución espacial: sin información	Cobertura imagen: 100 % Nubes: 5 % Fecha: 23/06/2017 Resolución espacial: 0,5 m

Fuente: Guerrón, P. (2021)

Así pues, mediante un análisis de los resultados obtenidos en la Tabla 20, se concluyó que todas las áreas de muestreo presentan un 100 % de cobertura de imágenes satelitales en los tres geoservicios, las cuales se encuentra georeferenciadas y tienen un porcentaje bajo de cobertura de nubes; sin embargo, solo el servicio de Imagery proporciona información de la fecha de captura de la imagen, al igual que de su resolución espacial. Bajo este contexto, en función de la consideración técnica: año de la imagen (antigüedad del insumo), que se encuentra como requerimiento, solo las imágenes del geoservicio de Esri se analizan, lo que arroja las siguientes validaciones:

**No Aplica:** C1, C2, O1, O2, O4

**Sí Aplica (para sectores de las áreas de muestreo)<sup>76</sup>:** C3, S1, S2, S3, O3

<sup>76</sup> Se realiza esta precisión, debido a que sea analiza las consideraciones en las áreas específicas de muestreo y no de toda la imagen satelital, que abarca una mayor superficie.

**3. Visores para teledetección:** seguidamente, se presentan los resultados obtenidos de la búsqueda realizada de los visores recopilados.

- El visor Google Earth Pro permite elaborar una imagen compuesta, la cual se produce con las mejores imágenes obtenidas en un lapso. Para las cartas de muestreo, se obtuvo la composición de imágenes de las siguientes fechas:

C1: 1985/2016/2018

C2: 2016/2017

C3: 2013/2016/2017

S1: 2012/2016

S2: 1985/2016

S3: 1985/2016/2017

O1: 1985/2016

O2: 1985/2007/2016

O3: 1985/2014/2016

O4: 2017/10-31-20

- Con base en el cumplimiento de la consideración técnica: año de la imagen (marzo 2020 hasta 2021), se excluyen los visores: OpenAerialMap (2016), Landsat Lens (2017), EarthMap (2019), Sentinel2Cloudless (2019).
- Mediante una búsqueda en los otros visores recopilados, las imágenes satelitales de Landsat 8 y Sentinel 2 cumplieron las consideraciones técnicas definidas en las áreas de muestreo:

C1: Landsat 8 (04/03/20 y 08/06/20)

C2: Landsat 8 (08/06/20)

C3: Landsat 8 (26/08/20)

S1: Sentinel 2 (22/03/20) y Landsat 8 (08/06/20)

S2: NO

S3: Landsat 8 (21/04/20)

O1: Landsat 8 (08/06/20)

O2: Sentinel 2 (22/03/20) y Landsat 8 (10/06/20)

O3: Sentinel 2 (04/08/20 y 27/08/20)

O4: Landsat 8 (08/06/20)

A través de un análisis de los resultados obtenidos de las búsquedas realizadas, se obtienen las siguientes validaciones de esta fuente:

**No Aplica: S2**

**Sí Aplica (para sectores de las áreas de muestreo): C1, C2, C3, S1, S2, S3, O1, O2, O3 y O4.**

- Con el visor Earth Explorer de la USGS, se procede a la descarga del SRTM de 30m \* 30m de las áreas de muestreo. Con la herramienta de CREATE CONTOUR<sup>77</sup>, se selecciona el archivo raster descargado y se coloca el intervalo de curva requerido, en este caso cada 100 m para la escala 1:250 000 y 200 m para la escala 1:500 000 y 1:1 000 000, obteniéndose las curvas solicitadas. El SRTM presenta muchos espacios que no dispone de información; por lo anterior, se generan curvas entrecortadas que requieren un trabajo de edición y de completamiento con la información disponible del IGM.

Como se explicó en la fuente del archivo institucional del IGM, lo referente a la altimetría (puntos acotados y curvas de nivel) producida por el instituto en sus diferentes BDG oficiales es mandataria; siendo la información obtenida por otros medios, considerada como de referencia o apoyo.

Una vez analizados los resultados obtenidos de la validación de los insumos de las tres fuentes, en la Tabla 21 se observa la comparación de cada fuente en cada área de muestreo, y se obtuvo el insumo más idóneo para la aplicación del insumo del método.

Tabla 21

**Comparación de las fuentes recopiladas y validadas del método de empleo de imágenes satelitales**

Áreas de muestreo	Fuente 1: IGM	Fuente 2: Geoservicios (imágenes satelitales)	Fuente 3: Visores teledetección (descarga de imágenes)
C1	NO	NO	Landsat 8 (04/03/20 y 08/06/20)
C2	NO	NO	Landsat 8 (08/06/20)
C3	NO	SI (sectores)	Landsat 8 (26/08/20)
S1	NO	SI (sectores)	Sentinel 2 (22/03/20) y Landsat 8 (08/06/20)
S2	NO	SI (sectores)	NO
S3	NO	SI (sectores)	Landsat 8 (21/04/20)
O1	NO	NO	Landsat 8 (08/06/20)
O2	NO	NO	Sentinel 2 (22/03/20) y Landsat 8 (10/06/20)

<sup>77</sup> “Crear líneas de curvas de nivel a partir de una superficie raster” (Esri, 2018, párr. 3).

<b>O3</b>	NO	SI (sectores)	Sentinel 2 (04/08/20 y 27/08/20)
<b>O4</b>	NO	NO	Landsat 8 (08/06/20)

Fuente: Guerrón, P. (2021)

### Paso 3: aplicación del insumo

En este paso se aplica el tratamiento digital de imágenes con el objetivo de mejorar su visualización, lo que facilita la fotointerpretación, técnica ampliamente utilizada en este método. De acuerdo con Recio (2009):

“[...] Este reconocimiento precisa de un conocimiento por parte del intérprete de ciertas características propias de los objetos, como son la forma, la textura, el tono, el tamaño, su disposición espacial, las relaciones entre los objetos como por ejemplo las sombras proyectadas por ciertos elementos, etc. Este conocimiento debe estar acompañado de cierta información sobre el territorio analizado, ya que existen elementos similares en sus características perceptivas, pero con ubicaciones en el espacio muy diferentes. Es decir, hay que conocer tanto los objetos a discriminar como las características del territorio analizado.” (p. 113)

Luego, con la técnica de edición cartográfica se realiza la modificación del trazado de los objetos geográficos, si procede. Los resultados de la utilidad del insumo de este método alternativo en las áreas de muestreo se exponen a continuación:

#### Escala 1:250 000

Tabla 22

#### Utilidad del insumo de imágenes satelitales, en la actualización de los objetos geográficos de las áreas de muestreo a escala 1:250 000

Componentes	Objetos	C1	C2	C3	S1	S2	S3	O1	O2	O3	O4
<b>Red hidrográfica</b>	area_inundacion_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	ciénega_a	NA	NA	NA	SI	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	embalse_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	lago_laguna_a	NA	NA	NA	SI	NA	NA	NA	NA	SI	NA
	rio_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	SI	NA	SI
	rio_l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	granja_acuatica_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	linea_costa_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	isla_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA
punto_desvanecido_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
<b>Red vial</b>	sendero_l	SI	NA	NA	SI	NA	SI	SI	NA	NA	SI
	rodera_l	SI	SI	SI	SI	SI	NA	NA	SI	NA	SI
	via_ruta_l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	ferrocarril_l	NO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	punte_p	NO	NO	NA	SI	SI	SI	SI	NA	SI	SI
	punte_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	tunel_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	tunel_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

<i>Misceláneos</i>	aeropuerto_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	aeropuerto_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	helipuerto_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	pista_aterrizaje_l	NA	NA	NA	NA	SI	SI	NA	NA	NA	SI	
	pista_aterrizaje_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	terraplen_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	poblado_p	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NA	SI
	zona_edificada_a	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	muelle_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	muelle_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	puerto_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	faro_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	tuberia_l	NA	NA	NA	NA	NO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	cantera_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	mina_p	NA	NA	SI	SI	SI	NA	NA	NA	NA	SI	NA
	nombre_geografico_p	NA	NA	NO	NO	NA	NO	NO	NA	NO	NO	NA
	nombre_geografico_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NO	NO
	nombre_sitio_p	NO	NA	NO	NO	NA	NA	NO	NO	NO	NO	NA
	caracteristica_suelo_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA	NA
	limite_nieve_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
limite_administrativo	NA	NA	NA	NO	NA	NA	NO	NA	NA	NO	NO	
<i>Cobertura vegetal</i>	zona_manglar_a,	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	cultivo_a	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	
	matorral_a	NA	NA	NO	NO	NA	NO	NO	NA	NO	NO	
	pastizal_a	NA	NA	NO	NO	NA	NO	NO	NA	NO	NO	
	bosque_a	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	
<i>Altimetría</i>	curva_nivel_l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	
	punto_acotado_p	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	

Fuente: Guerrón, P. (2021)

**Escala 1:500 000**

Tabla 23

**Utilidad del insumo de imágenes satelitales, en la actualización de los objetos geográficos de las áreas de muestreo a escala 1:500 000**

Componentes	Objetos	C1	C2	C3	S1	S2	S3	O1	O2	O3	O4
<i>Red hidrográfica</i>	embalse_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	lago_laguna_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	rio_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	SI	NA	SI
	rio_l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	linea_costa_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	isla_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA
	punto_desvanecido_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Red vial</i>	sendero_l	NA	NA	NA	NA	NA	SI	SI	NA	NA	NA
	rodera_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA
	vía_ruta_l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NA	SI	SI
	ferrocarril_l	NO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	puente_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Misceláneos</i>	aeropuerto_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	pista_aterrizaje_p	NA	NA	NA	NA	SI	SI	NA	NA	NA	SI
	poblado_p	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NA	SI
	zona_edificada_a	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA	NA	NA	NA
	faro_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	tuberia_l	NA	NA	NA	NA	NO	NA	NA	NA	NA	NA

	nombre_geografico_p	NA	NA	NA	NO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	nombre_geografico_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	nombre_sitio_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	caracteristica_suelo_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	limite_nieve_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	linea_transmision_electrica_l	NA	NA	NA	NO	NO	NA	NA	NA	NA	NA
	limite_administrativo_l	NA	NA	NA	NO	NA	NA	NO	NA	NA	NO
	provincia_a	NO	NA	NA	NA	NA	NO	NA	NA	NO	NA
<b>Cobertura vegetal</b>											
<b>Altimetría</b>	curva_nivel_l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Fuente: Guerrón, P. (2021)

**Escala 1:1 000 000**

Tabla 24

**Utilidad del insumo de imágenes satelitales, en la actualización de los objetos geográficos de las áreas de muestreo a escala 1:1 000 000**

Componentes	Objetos	C1	C2	C3	S1	S2	S3	O1	O2	O3	O4
<b>Red hidrográfica</b>	embalse_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	lago_laguna_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	rio_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	SI	NA	SI
	rio_l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	linea_costa_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	punto_desvanecido_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	isla_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA
<b>Red vial</b>	sendero_l	NA	NA	NA	NA	NA	SI	SI	NA	NA	NA
	rodera_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA
	via_ruta_l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NA	SI	SI
	ferrocarril_l	NO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	puente_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<b>Misceláneos</b>	aeropuerto_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	pista_aterrizaje_p	NA	NA	NA	NA	SI	SI	NA	NA	NA	SI
	poblado_p	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NA	SI
	zona_edificada_a	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA	NA	NA	NA
	faro_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	tuberia_l	NA	NA	NA	NA	NO	NA	NA	NA	NA	NA
	nombre_geografico_p	NA	NA	NA	NO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	nombre_geografico_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	nombre_sitio_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	limite_nieve_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	linea_transmision_electrica_l	NA	NA	NA	NO	NO	NA	NA	NA	NA	NA
	limite_administrativo_l	NA	NA	NA	NO	NA	NA	NO	NA	NA	NO
	provincia_a	NO	NA	NA	NA	NA	NO	NA	NA	NO	NA
<b>Cobertura vegetal</b>											
<b>Altimetría</b>	curva_nivel_l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Fuente: Guerrón, P. (2021)

#### Paso 4: análisis de los resultados para cada escala

Luego de los resultados obtenidos, en la Tabla 25 se muestran los componentes y objetos geográficos, que luego del análisis de las matrices de las Tablas 22, 23 y 24 pueden ser actualizados o apoyados en su proceso de actualización con el insumo de este método:

Tabla 25

#### Componentes y objetos geográficos que pueden ser actualizados con el uso de imágenes satelitales

ESCALA	COMPONENTES	OBJETOS GEOGRÁFICOS
1:250 000	Red hidrográfica	cienega_a, lago_laguna_a, rio_a, rio_l, isla_a, (area_inundacion_a, embalse_a, granja_acuatica_a)
	Red vial	sendero_l, rodera_l, via_ruta_l, puente_p, (puente_l)
	Misceláneos	pista_terrissage_l, pista_aterrizaje_p, poblado_p, zona_edificada_a, mina_p, caracteristica_suelo_a, (aeropuerto_a, aeropuerto_p, helipuerto_p, muelle_l, muelle_p, puerto_p, limite_nieve_l, cantera_p),
	Cobertura vegetal	cultivo_a, bosque_a, (zona_manglar_a)
	Altimetría	curva_nivel_l, punto_acotado_p
1:500 000	Red hidrográfica	lago_laguna_a, rio_a, rio_l, isla_a, (embalse_a)
	Red vial	sendero_l, rodera_l, via_ruta_l, (puente_l)
	Misceláneos	poblado_p, zona_edificada_a, pista_aterrizaje_p, (aeropuerto_p, limite_nieve_l, caracteristica_suelo_a)
	Altimetría	curva_nivel_l
1:1 000 000	Red hidrográfica	lago_laguna_a, rio_a, rio_l, isla_a, (embalse_a)
	Red vial	sendero_l, rodera_l, via_ruta_l, (puente_l)
	Misceláneos	poblado_p, zona_edificada_a, pista_aterrizaje_p, (aeropuerto_p, limite_nieve_l)
	Altimetría	curva_nivel_l

Fuente: Guerrón, P. (2021)

Los objetos geográficos de la Tabla 25 que se muestran en paréntesis son aquellos que no se encuentran presentes en las áreas de muestreo; y, que en las matrices de las Tablas 22, 23 y 24 aparecen como NA, pero pueden ser actualizados con la información de las imágenes satelitales recopiladas y validadas de este método, al disponer de esta información. Este particular es considerado, para no descartar la utilidad de un método hacia un objeto geográfico, solo por no encontrarse en las áreas de muestreo que fueron determinadas al azar.

#### 6.3 Método: obtención de información de objetos geográficos a través de servicios de mapas web

Para la utilización de este método, se consideran los servicios de mapas web que no sean de imágenes satelitales, dado que estos se encuentran considerados como geoservicios en su



método respectivo, en la Figura 44 se observan ejemplos. Un mapa web es una visualización interactiva de información geográfica, con diferentes aplicaciones y usos. Pueden ser utilizados en navegadores web estándar, dispositivos móviles y en visores de mapas de escritorio. Adicionalmente, pueden compartirse a través de vínculos, integrarse en sitios web; o ser utilizados para crear aplicaciones web basadas en mapas,

“[Que] contienen un mapa base, capas, una extensión, una leyenda y herramientas de navegación como zoom, desplazamiento panorámico, buscadores de lugares y marcadores. Muchos mapas contienen además elementos interactivos, como una galería de mapas base que te permite alternar entre mapas como imágenes y calles, además de herramientas de medición, ventanas emergentes que muestran los atributos de una entidad específica y botones para reproducir los datos en el tiempo. Se construyen utilizando capas de datos de los servicios y los archivos para transmitir un mensaje específico o proporcionar capacidades específicas basadas en el mapa” ( Esri, 2016a, párr. 2).

Figura 44

### Ejemplos de servicios de mapas web: OpenStreepMap, Google Maps, Bing Maps, Yahoo Maps



Fuente: Schuager, M. (2012)

En lo referente a los mapas web, Beltrán (2013) realizó la siguiente clasificación en tres grupos.

- 1. Mapas privados y comerciales:** se trata de mapas realizados por empresas privadas que los presentan en forma de geoportales, donde se puede obtener información de diverso tipo de manera gratuita o pagada; de igual forma, se pueden acceder a sus

servicios a través de la web. Normalmente, las bases topográficas de estos mapas pertenecen a grandes empresas que generan dicha cartografía. A continuación, se muestran aquellos servicios que tienen una cobertura global que abarca el Ecuador, lo que es de utilidad para la investigación:

Google Maps: <https://www.google.es/maps>

Google Earth: <https://earth.google.com/web/>

Bing Maps: <https://www.bing.com/maps/>

Here Maps: <https://wego.here.com/>

2. **Mapas públicos y oficiales:** mapas realizados por parte de las administraciones públicas y se ponen al servicio de todos los ciudadanos. Se refieren a las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDEs), que consideran la cartografía estandarizada e interoperable entre los países. El IGM del Ecuador tiene su IDE institucional, donde pone a disposición de la ciudadanía a través de su geoportal, la cartografía básica oficial del país que genera, como geoservicios (WMS) de las escalas es estudio.
3. **Mapas sociales y ciudadanos:** mapas elaborados por los ciudadanos de forma colaborativa y, por otra parte, mapas que usan las redes sociales para geolocalizar su información que luego es compartida. El mapa colaborativo por excelencia es OpenStreetMap (<https://www.openstreetmap.org/>), aunque también existe otra iniciativa en este grupo, como Waze ([https://www.waze.com/es/live-map?utm\\_source=waze\\_website&utm\\_medium=homepage&utm\\_campaign=iframe+module](https://www.waze.com/es/live-map?utm_source=waze_website&utm_medium=homepage&utm_campaign=iframe+module)), para información de tráfico colaborativa a tiempo real.

**Consideración:** la información vectorial proporcionada por estos servicios corresponde a objetos geográficos de la cartografía básica, como vías, ríos, poblaciones, infraestructuras comerciales, educativas, de salud, etc. Por la naturaleza de esta información, debe ser considerada como de apoyo y/o referencial para el proceso de actualización de cartografía básica oficial. Seguidamente, se muestran los pasos para la aplicación del insumo de este método alternativo:

### Paso 1: recopilación y revisión de insumos

Para la recopilación del insumo no fotográfico de este método, no se considera los servicios de mapas de imágenes satelitales, ni los servicios WMS del IGM, al ser la información que requiere actualización. Se consideran solo los servicios de mapas web vectoriales que proveen una cobertura a nivel nacional, en específico de las áreas de muestreo. De acuerdo con lo expuesto, los servicios que son analizados para su validación y aplicación son:

Google Maps: <https://www.google.es/maps>

Bing Maps: <https://www.bing.com/maps/>

Here Maps: <https://wego.here.com/>

OpenStreetMap: <https://www.openstreetmap.org/>

Servicios ESRI: World Street Map, World Topographic Map

### Paso 2: validación del insumo

En este paso se procede a validar el insumo proporcionado por los servicios de mapas web definidos en las áreas de muestreo, con el apoyo de siguientes geotecnologías:

- Programa SAS Planet, para los servicios: Google Maps y Here Maps.
- Con la extensión de ArcBruTile, en la plataforma de Arcgis, para el servicio Bing Maps.
- Mediante el *Add Basemap* de la plataforma de Arcgis, para los servicios: World Street Map, World Topographic Map y OpenStreetMap.

Entonces, con el objetivo de validar los insumos obtenidos, para su aplicación en un proceso de actualización cartográfica, en la Tabla 26 se muestran cada uno de los servicios y los resultados obtenidos en cada una de las componentes:

Tabla 26

#### Obtención de información de cada componente, a partir de cada servicio de mapas web (vectorial)

Componentes	Google Maps	Bing Maps	Here Maps	OpenStreetMap	World Street y Topographic Map
Red hidrográfica	NO	NO	SI	NO	SI
Red vial	NO	NO	SI/NO	SI	SI/NO
Misceláneos	NO	NO	NO	SI	NO

Cobertura vegetal	NO	NO	NO	NO	NO
Altimetría	NO	NO	NO	NO	SI

Fuente: Guerrón, P. (2021)

En consonancia con el análisis a los resultados obtenidos en la Tabla 26, se considera el uso de los siguientes servicios para la aplicación del método:

- **Componente red hidrográfica:** Here Maps, World Street Map y World Topographic Map. Considerar el tema de nombres geográficos como referencial. Para el objeto geográfico granja\_acuatica\_a el servicio OpenStreetMap.
- **Componente red vial:** OpenStreetMap.
- **Componente de misceláneos:** OpenStreetMap. Considerar el tema de nombres geográficos como referencial.
- **Componente cobertura vegetal:** ninguno.
- **Componente altimetría:** World Topographic Map. Considerar como referencial

### Paso 3: aplicación del insumo

En este paso se aplican las técnicas de interpretación visual y edición cartográfica, con las cuales se procede a realizar una actualización de los objetos geográficos, si procediese. Los resultados de la aplicación del insumo de este método alternativo en las áreas de muestreo se encuentran a continuación:

#### Escala 1:250 000

Tabla 27

### Utilidad del insumo de los servicios de mapas web, en la actualización de los objetos geográficos de las áreas de muestreo a escala 1:250 000

Componentes	Objetos	C1	C2	C3	S1	S2	S3	O1	O2	O3	O4
<i>Red hidrográfica</i>	area_inundacion_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	ciénega_a	NA	NA	NA	NO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	embalse_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	lago_laguna_a	NA	NA	NA	SI	NA	NA	NA	NA	SI	NA
	rio_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NO
	rio_l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI
	granja_acuatica_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	linea_costa_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	isla_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA
punto_desvanecido_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
<i>Red vial</i>	sendero_l	SI	NA	NA	SI	NA	SI	SI	NA	NA	SI
	rodera_l	SI	SI	SI	SI	SI	NA	NA	SI	NA	SI
	via_ruta_l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	ferrocarril_l	NO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	punte_p	NO	NO	NA	NO	NO	NO	SI	NA	SI	NO
	punte_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

	tunel_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	tunel_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Misceláneos</i>	aeropuerto_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	aeropuerto_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	helipuerto_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	pista_aterrizaje_l	NA	NA	NA	NA	SI	NO	NA	NA	NA	NO
	pista_aterrizaje_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	terraplen_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	poblado_p	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	NO	NA	SI
	zona_edificada_a	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA	NA	NA	NA
	muelle_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	muelle_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	puerto_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	faro_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	tuberia_l	NA	NA	NA	NA	NO	NA	NA	NA	NA	NA
	cantera_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	mina_p	NA	NA	NO	NO	NO	NA	NA	NA	NO	NA
	nombre_geografico_p	NA	NA	NO	SI	NA	NO	NO	NA	NO	NA
	nombre_geografico_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NO	NO
	nombre_sitio_p	NO	NA	NO	NO	NA	NA	NO	NO	NO	NA
	caracteristica_suelo_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NO	NA	NA
	limite_nieve_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
limite_administrativo	NA	NA	NA	NO	NA	NA	NO	NA	NA	NO	
<i>Cobertura vegetal</i>	zona_manglar_a,	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	cultivo_a	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	matorral_a	NA	NA	NO	NO	NA	NO	NO	NA	NO	NO
	pastizal_a	NA	NA	NO	NO	NA	NO	NO	NA	NO	NO
	bosque_a	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
<i>Altimetría</i>	curva_nivel_l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	punto_acotado_p	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Fuente: Guerrón, P. (2021)

**Escala 1:500 000**

Tabla 28

**Utilidad del insumo de los servicios de mapas web, en la actualización de los objetos geográficos de las áreas de muestreo a escala 1:500 000**

Componentes	Objetos	C1	C2	C3	S1	S2	S3	O1	O2	O3	O4
<i>Red hidrográfica</i>	embalse_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	lago_laguna_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	rio_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NO
	rio_l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI
	linea_costa_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	isla_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA
	punto_desvanecido_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Red vial</i>	sendero_l	NA	NA	NA	NA	NA	SI	SI	NA	NA	NA
	rodera_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA
	vía_ruta_l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NA	SI	SI
	ferrocarril_l	NO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	puente_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Misceláneos</i>	aeropuerto_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	pista_aterrizaje_p	NA	NA	NA	NA	SI	NO	NA	NA	NA	NO
	poblado_p	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	NO	NA	SI
	zona_edificada_a	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA	NA	NA	NA

	faro_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	tuberia_l	NA	NA	NA	NA	NO	NA	NA	NA	NA	NA
	nombre geografico_p	NA	NA	NA	NO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	nombre_geografico_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	nombre_sitio_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	caracteristica_suelo_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	limite_nieve_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	linea_transmision_electrica_l	NA	NA	NA	NO	NO	NA	NA	NA	NA	NA
	limite_administrativo_l	NA	NA	NA	NO	NA	NA	NO	NA	NA	NO
	provincia_a	NO	NA	NA	NA	NA	NO	NA	NA	NO	NA
<b>Cobertura vegetal</b>											
<b>Altimetría</b>	curva_nivel_l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Fuente: Guerrón, P. (2021)

Escala 1:1 000 000

Tabla 29

**Utilidad del insumo de los servicios de mapas web, en la actualización de los objetos geográficos de las áreas de muestreo a escala 1:1 000 000**

Componentes	Objetos	C1	C2	C3	S1	S2	S3	O1	O2	O3	O4
<b>Red hidrográfica</b>	embalse_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	lago_laguna_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	rio_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NO
	rio_l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI
	linea_costa_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	punto_desvanecido_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	isla_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA
<b>Red vial</b>	sendero_l	NA	NA	NA	NA	NA	SI	SI	NA	NA	NA
	rodera_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA
	via_ruta_l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NA	SI	SI
	ferrocarril_l	NO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	puente_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<b>Misceláneos</b>	aeropuerto_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	pista_aterizaje_p	NA	NA	NA	NA	SI	NO	NA	NA	NA	NO
	poblado_p	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	NO	NA	SI
	zona_edificada_a	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA	NA	NA	NA
	faro_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	tuberia_l	NA	NA	NA	NA	NO	NA	NA	NA	NA	NA
	nombre geografico_p	NA	NA	NA	NO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	nombre_geografico_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	nombre_sitio_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	limite_nieve_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	linea_transmision_electrica_l	NA	NA	NA	NO	NO	NA	NA	NA	NA	NA
	limite_administrativo_l	NA	NA	NA	NO	NA	NA	NO	NA	NA	NO
	provincia_a	NO	NA	NA	NA	NA	NO	NA	NA	NO	NA
<b>Cobertura vegetal</b>											
<b>Altimetría</b>	curva_nivel_l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Fuente: Guerrón, P. (2021)

#### Paso 4: análisis de los resultados para cada escala

Luego de los resultados obtenidos, en la Tabla 30 se evidencian los componentes y objetos geográficos, que luego del análisis de las matrices de las Tablas 27, 28 y 29 pueden ser actualizados o apoyados en su proceso de actualización con el insumo de este método:

Tabla 30

#### Componentes y objetos geográficos que pueden ser actualizados con el insumo de la información cartográfica de los servicios de mapas web

Escala	Componentes	Objetos geográficos
1:250 000	Red hidrográfica	lago_laguna_a, rio_a, rio_l, isla_a, (granja_acuatica_a, embalse_a)
	Red vial	sendero_l, rodera_l, via_ruta_l, puente_p, (puente_l)
	Misceláneos	pista_terrissage_l, poblado_p, zona_edificada_a, (aeropuerto_a, aeropuerto_p)
	Cobertura vegetal	
	Altimetría	curva_nivel_l
1:500 000	Red hidrográfica	lago_laguna_a, rio_a, rio_l, isla_a, (embalse_a)
	Red vial	sendero_l, rodera_l, via_ruta_l, (puente_l)
	Misceláneos	pista_aterrizaje_p, poblado_p, zona_edificada_a, (aeropuerto_p)
	Altimetría	curva_nivel_l
1:1 000 000	Red hidrográfica	lago_laguna_a, rio_a, rio_l, isla_a, (embalse_a)
	Red vial	sendero_l, rodera_l, via_ruta_l, (puente_l)
	Misceláneos	pista_aterrizaje_p, poblado_p, zona_edificada_a, (aeropuerto_p)
	Altimetría	curva_nivel_l

Fuente: Guerrón, P. (2021)

Es de mencionar que los objetos geográficos de la Tabla 30 que se muestran en paréntesis son aquellos que no se encuentran presentes en las áreas de muestreo, y que en las matrices de las Tablas 27, 28 y 29 aparecen como NA; empero, pueden ser actualizados con la información del insumo cartográfico de los servicios de mapas web recopilados y validados, al disponer de esta información. Este particular es considerado, para no descartar la eficacia de un método hacia un objeto geográfico, solo por no encontrarse en las áreas de muestreo que fueron determinadas al azar.

#### 6.4 Método: obtención de información de objetos geográficos a través de navegadores (GPS)

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS), con el uso de los dispositivos denominados navegadores que integran en un solo equipo la antena, el receptor y la unidad de control, es utilizado en el proceso de actualización cartográfica, sobre todo en lo referente a la red vial; no obstante, requerir de comisiones de campo para la realización de esta actividad en

específico encarece a este método, por los recursos económicos que se erogan en su ejecución. Ante esta situación, se propone este método como una opción, por considerar que las áreas de Geodesia y Nombres Geográficos del IGM, tienen una planificación permanente de salidas de campo, las cuales recorren todo el territorio nacional para ejecutar sus procesos propios, y estas salidas se pueden aprovechar para la obtención de los trackings vehiculares capturados y almacenados en los navegadores. A continuación, se expone un breve resumen de sus inicios y aplicabilidad.

Esta geotecnología, como muchas de las innovaciones y los avances tecnológicos, se creó con una finalidad de carácter militar, pero fue liberada al ámbito civil a partir de 1989. Sus aplicaciones actuales son diversas, tanto para actividades científicas, profesionales y de ocio. La posibilidad de conocer una ubicación sobre la superficie de la tierra mediante coordenadas se lleva a cabo a través de la triangulación que puede efectuar el GPS, el cual reconoce algunos de los satélites que se encuentran en órbita (Chaparro Mendivelso, 2002).

De acuerdo con Ucha (2013), los GPS, en asociación con satélites de posicionamiento, se encuentran desde hace un tiempo disponibles en los teléfonos celulares, ofrecen a los usuarios una inmejorable ubicación y la posibilidad de planificar viajes seguros y rápidos, mediante la selección de la mejor ruta disponible para el trayecto buscado. Esta tecnología permite dar contestación a la necesidad del ser humano de conocer el lugar donde vive y la zona en la que se mueve.

Como se ha indicado, la geotecnología GPS se ha convertido en una herramienta fundamental para el trabajo del geógrafo y de otras disciplinas, al proporcionarnos información de la ubicación espacial de los diferentes objetos. En la presente investigación se explota este potencial y se obtuvo un método alternativo aplicable y factible, que permite la elaboración de una propuesta de procedimiento, para la actualización permanente de la red vial del país.

#### **6.4.1 Fundamentos técnicos**

El Sistema GPS es concebido para determinar ubicaciones en cualquier sector de la tierra, para lo cual parte de las posiciones conocidas de una constelación de satélites; cada uno de ellos emite una señal que es continuamente registrada por un receptor en la superficie terrestre. La sincronización de los relojes del satélite y del receptor permite el cálculo del tiempo de viaje de la señal, al saber en qué momento se emite la señal en el satélite y en qué momento la recibe el receptor. Este tiempo se multiplica por la velocidad de la luz y se

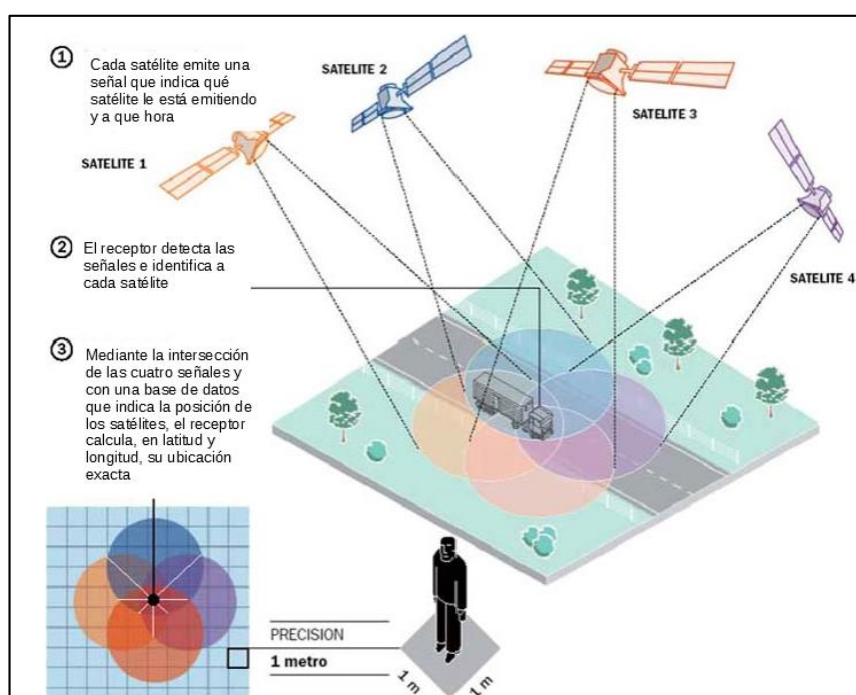


obtiene la distancia entre cada satélite y receptor. Cada distancia define una esfera con centro en el satélite, y la intersección de tres esferas proporciona analíticamente la posición del punto, a través de sus tres coordenadas tridimensionales (X, Y, Z). No obstante, es difícil lograr una sincronización perfecta en los relojes u osciladores; por tal motivo, para solucionar este problema se necesita al menos cuatro satélites (Puente, 2007).

En la Figura 45 se observa el funcionamiento del GPS, al realizar una cuadrangulación respecto a la posición de cuatro satélites, para calcular la ubicación del usuario:

Figura 45

### Esquema del funcionamiento del Sistema de Posicionamiento Global (GPS)



Fuente: European Space Agency (ESA)

La Oficina de Coordinación Nacional de Posicionamiento, Navegación, y Cronometría por Satélite, auspiciado por la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA), informa lo siguiente:

“El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un servicio propiedad de los EE. UU. que proporciona a los usuarios información sobre posicionamiento, navegación y cronometría. Este sistema está constituido por tres segmentos: el segmento espacial, el segmento de control y el segmento del usuario. La Fuerza Aérea de los Estados Unidos desarrolla, mantiene y opera los segmentos espacial y de control.

**Segmento Espacial:** [...] consiste en una constelación nominal formada por 24 satélites operativos que transmiten señales unidireccionales que proporcionan la posición y la hora de cada satélite del GPS.

**Segmento de Control:** [...] está formada por estaciones de seguimiento y control distribuidas por todo el mundo a fin de mantener los satélites en la órbita apropiada mediante maniobras de mando y ajustar los relojes satelitales. Esas estaciones también realizan el seguimiento de los satélites del GPS, cargan información de navegación actualizada y garantizan el funcionamiento adecuado de la constelación de satélites.

**Segmento del Usuario:** [...] consiste en el equipo receptor del GPS que recibe las señales de los satélites del GPS y los procesa para calcular la posición tridimensional y la hora precisa". (GPS, s.f., párr. 1-4)

Como parte del segmento espacial se encuentra la constelación de satélites NAVSTAR (*Navigation Satellite Timing and Ranging*), y consta de un mínimo de 24 satélites dispuestos en seis planos orbitales, con 55° de inclinación con respecto a la línea equinoccial o Ecuador. Se encuentran a una altura de 20 000 km, y actúan como un punto de referencia conocido, transmiten la información a través de dos frecuencias de referencia L1=1575,42 MHz y L2=1227,60 MHz, sobre estas frecuencias se modulan dos códigos, llamados C/A y P: el código C/A (Clear/Access o Course/Acquisition) está disponible para todos los usuarios, mientras que el código P (Precision-code), se reserva para usos militares. Los satélites tienen una distribución, que garantiza al menos cuatro satélites visibles desde cualquier punto del mundo las 24 horas del día. Como parte del segmento de control, se dispone de cinco estaciones situadas en Tierra de gran precisión, y se encuentran ubicadas en Hawái, Colorado Springs, Isla de Ascensión en el Atlántico Sur, Diego García en el Índico y Kwajalein en el Pacífico Norte (Puente, 2007).

Como se observa, el sistema GPS, con su constelación NAVSTAR, es de origen norteamericano, pero existen otras constelaciones a nivel mundial como la Europea GALILEO con 30 satélites, la rusa GLONASS con 24 satélites y la China BEIDOU con 35 satélites, los cuales se manejan con los mismos fundamentos. El término correcto para hacer referencia a todas las constelaciones es *Global Navigation Satellite System* (GNSS), que hace referencia al uso de un sistema a través de satélites, lo que permite ver la ubicación en cualquier parte del mundo.

Las utilidades y aplicaciones de GNSS son amplias hacia diferentes ámbitos de acción, no obstante, el presente estudio se enfoca en el segmento del usuario, se considera la

utilización del navegador GPS como un instrumento topográfico y su aplicación hacia la navegación en tierra. El equipo de campo se encuentra conformado por los siguientes elementos, como lo indica (Peñañiel y Zayas, 2001):

“Antena: Componente que se encarga de recibir y amplificar la señal recibida por los satélites.

Receptor: Recibe la señal recogida por la antena y decodifica esta para convertirla en información legible.

Terminal GPS o Unidad de Control: Ordenador de campo que muestra la información transmitida por los satélites y recoge todos datos útiles para su posterior cálculo, de aplicaciones Topográficas.

En aplicaciones de navegación o de observaciones en modo absoluto (recepción de señal con un solo receptor), por lo general, estos tres elementos irán unidos para formar una sola unidad.” (pp. 38-39)

Lo indicado hace referencia a los dispositivos GPS denominados navegadores, los cuales permiten, en la investigación, la obtención del insumo respectivo para la validación del método. Estos dispositivos posibilitan la actualización de los objetos geográficos de la red vial: sendero\_l, rodera\_l, via\_ruta\_l, ferrocarril\_l, puente\_p, puente\_l; y, de la componente de misceláneos como aeropuerto\_p, helipuerto\_p, pista\_terrizaje\_l, pista\_aterrizaje\_p, poblado\_p, muelle\_l, muelle\_p, puerto\_p, faro\_p, cantera\_p, mina\_p. Los objetos geográficos de toponimia como nombre geografico\_p, nombre\_sitio\_p se actualizan al guardar la posición (coordenada) con el nombre en el navegador. Como se ha indicado, este trabajo conlleva campo con sus respectivos costos, por lo cual solo se toman en cuenta aquellos objetos geográficos: via\_l, rodera\_l y sendero\_l, que pueden ser actualizados con el insumo proveniente de otros proyectos.

#### **6.4.2 Consideraciones técnicas**

Para la aplicación de este método se considera lo siguiente:

- 1. Precisión:** las escalas en estudio tienen las precisiones 1:250 000 (75 m), 1:500 000 (150 m) y 1:1 000 000 (300 m).
- 2. Escala de trabajo:** se considera la escala mayor de las escalas en estudio 1:250 000.
- 3. Equipos GPS/Navegadores:** se dispone de los navegadores ETREX 20 y GPSMAP 62s de GARMIN. Como se observa en las características técnicas (Club del GPS, 2018) en la Tabla 31, cualquiera de los dos navegadores disponibles cumple con las

consideraciones de precisión requeridas en las escalas en estudio; sin embargo, en la fase de aplicación se utiliza el GPSMAP 62s por su capacidad de almacenamiento.

Tabla 31

### Características técnicas navegadores

Navegador	Sistema	Capacidad almacenamiento	Precisión
ETREX 20 (GARMIN)	GPS/GLONASS	2000 waypoints 100 rutas	± 10 m
GPSMAP 62s (GARMIN)	GPS/GLONASS	2000 waypoints 200 rutas	1 a 3 metros sin necesidad de post proceso

Fuente: Guerrón, P. (2021)

De lo expuesto, se procede a continuación el desarrollo del insumo del método:

#### **Paso 1: recopilación y revisión de insumos<sup>78</sup>**

Se toma como insumo la información obtenida en un trabajo personal de campo realizado en un área urbana del cantón Quito y en un área rural del Cantón Mejía, pertenecientes a la provincia de Pichincha. En este se llevaron a cabo trackings vehiculares y peatonales, que fueron almacenados en el navegador GPSMAP 62s de GARMIN. Esta información es descargada para su respectiva revisión.

#### **Paso 2: validación del insumo**

La información revisada pasa por un proceso de edición y comparación con la cartografía básica disponible del sector, se utiliza como referencia la información de los geoservicios (vectoriales y raster). Mediante la aplicación de la técnica de interpretación visual, se observan cambios en la red vial con respecto a los tramos obtenidos en campo, lo que conlleva una actualización cartográfica de estos objetos geográficos. Con los resultados obtenidos, se valida la información vial obtenida mediante el navegador: vial\_1, rodera\_1 y sendero\_1; y permite, en el Capítulo 7, la respectiva ponderación y comparación con los otros métodos utilizados.

#### **Paso 3: Utilidad del insumo**

En este paso se considera la utilidad del insumo para los objetos geográficos de la red vial, de acuerdo con su existencia en las áreas de muestreo:

<sup>78</sup> No se dispone de un insumo obtenido en campo de la ejecución de otros proyectos, debido a que el instituto no tiene declarado este proceso de optimización y aprovechamiento.

**Escala 1:250 000**

Tabla 32

**Utilidad del insumo obtenido con el navegador (GPS), en la actualización de los objetos geográficos de las áreas de muestreo a escala 1:250 000**

Componentes	Objetos	C1	C2	C3	S1	S2	S3	O1	O2	O3	O4
<i>Red vial/</i>	sendero_1	SI	NA	NA	SI	NA	SI	SI	NA	NA	SI
	rodera_1	SI	SI	SI	SI	SI	NA	NA	SI	NA	SI
	via_ruta_1	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Fuente: Guerrón, P. (2021)

**Escala 1:500 000**

Tabla 33

**Utilidad del insumo obtenido con el navegador (GPS), en la actualización de los objetos geográficos de las áreas de muestreo a escala 1:500 000**

Componentes	Objetos	C1	C2	C3	S1	S2	S3	O1	O2	O3	O4
<i>Red vial/</i>	sendero_1	NA	NA	NA	NA	NA	SI	SI	NA	NA	NA
	rodera_1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA
	via_ruta_1	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NA	SI	SI

Fuente: Guerrón, P. (2021)

**Escala 1:1 000 000**

Tabla 34

**Utilidad del insumo obtenido con el navegador (GPS), en la actualización de los objetos geográficos de las áreas de muestreo a escala 1:1 000 000**

Componentes	Objetos	C1	C2	C3	S1	S2	S3	O1	O2	O3	O4
<i>Red vial/</i>	sendero_1	NA	NA	NA	NA	NA	SI	SI	NA	NA	NA
	rodera_1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA
	via_ruta_1	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NA	SI	SI

Fuente: Guerrón, P. (2021)

**Paso 4: análisis de los resultados para cada escala**

Luego de los resultados obtenidos, en la Tabla 35 se evidencian los componentes y objetos geográficos, que posterior al análisis de las matrices de las Tablas 32, 33 y 34 pueden ser actualizados con el insumo de este método:

Tabla 35

**Componentes y objetos geográficos que pueden ser actualizados con el insumo obtenido de navegadores (GPS)**

Escala	Componentes	Objetos geográficos
<b>1:250 000</b>	<b>Red vial</b>	sendero_1, rodera_1, via_ruta_1
<b>1:500 000</b>	<b>Red vial</b>	sendero_1, rodera_1, via_ruta_1
<b>1:1 000 000</b>	<b>Red vial</b>	sendero_1, rodera_1, via_ruta_1

Fuente: Guerrón, P. (2021)

## 6.5 Método: generalización cartográfica

Se considera la generalización cartográfica como uno de los métodos alternativos de generación y actualización cartográfica en el Ecuador, cuando se dispone de información actualizada de mayor escala, como es el caso de la nueva cartografía del IGM a escala 1:5000 proveniente de los proyectos de inversión. No obstante, la problemática que motiva la presente investigación y se encuentra definida en la zona de estudio no permite la aplicación de este método para la escala 1:250 000, pero sí para las escalas 1:500 000 y 1:1 000 000, una vez obtenida la escala mayor.

### 6.5.1 Fundamentos y consideraciones técnicas

El mapa es la representación de la superficie de la tierra o una parte de ella, por lo que una gran cantidad de información espacial debe ser generalizada, a un nivel de resolución legible, para que sea comprensible. En cartografía, el único proceso que permite esta disminución de escalas es la generalización cartográfica (Galvis, 2007). Este proceso ha sido definido “por la Asociación Cartográfica Internacional (ICA) como la selección y representación simplificada de los detalles apropiados para la escala y/o el propósito del mapa” (Vásquez y Martín, 1995 como se citaron en Palomar y Pardo, 2004, p. 111).

Según Jiménez Mesa (s.f.), existen dos tipos de generalización: por sus características (topográfica y temática), y por su nivel de generalización (estructural y conceptual). La generalización topográfica y temática se encuentran definidas por el tipo de información que es sometida a la generalización; la generalización estructural se refiere a la reducción de la cantidad de información, aplicable en los mapas topográficos, y la conceptual se produce cuando hay un cambio conceptual en el mapa, es decir, cambia la escala y los objetivos de este (Galvis, 2007). La investigación considera la generalización del tipo topográfica y estructural, al trabajar sobre cartografía base oficial vectorial.

Ante lo expuesto, se menciona que el método de generalización cartográfica es complejo y exige un profundo conocimiento cartográfico; así como también una amplia experiencia en el manejo de un SIG, que permite la automatización de sus operaciones digitales. Esta herramienta útil de trabajo permite aplicar los criterios cartográficos para la tarea compleja de generalizar, como lo confirmó Palomar (2001): “[...] la potencialidad de los Sistemas de Información Geográfica en la automatización de los procesos de generalización cartográfica orientada a la obtención de información cartográfica generalizada para su explotación [...]” (p. 1).

Como lo aseguraron Flores y Aldana (2000), este proceso es percibido como un simple procedimiento, netamente mecánico; empero, está integrada por acciones de elevada complejidad, que involucra procesos mentales, perceptivos y cognoscitivos. Este proceso de abstracción cartográfica está constituido por un conjunto de operaciones cartográficas, orientadas a favorecer la concepción y el diseño de una representación gráfica, ajustada a especificaciones técnicas en concordancia con la escala seleccionada. Estas operaciones se ejecutan de una manera ordenada y secuencial, como se indica a continuación:

1. **Selección:** es una operación cuyo objetivo es la determinación de los objetos geográficos que van en la nueva BDG. Como se había indicado, a través del CONAGE, se dispone de un Catálogo Nacional de Objetos Geográficos (Senplades, 2013a); y el IGM, como ente rector, tiene determinado uno para cada escala oficial, los cuales se encuentran estructurados en subcategorías con los objetos geográficos correspondientes<sup>79</sup>. Cuando se pasa de una escala mayor a una menor, existen subcategorías y objetos completos que se eliminan, los que permanecen permiten una adecuada visualización de la cartografía a la escala trabajada<sup>80</sup>.
2. **Clasificación:** En esta operación, se agrupan los objetos geográficos que mantienen una relación por su naturaleza, como los objetos geográficos relacionados a la red hídrica (ríos, lagunas, embalses, islas, canales, entre otros) lo que permite un trabajo con criterios homogéneos de generalización y una adecuada estructura topológica entre sus objetos. En la Tabla 8 se muestra los resultados de esta agrupación que permite un mejor trabajo para la aplicación de todos los métodos analizados, al agruparlos por componentes: Red hidrográfica, Red vial, Misceláneos, Cobertura vegetal y Altimetría, para cada escala de estudio.
3. **Simplificación:** La operación de selección, ya constituye un primer nivel de simplificación. Esta operación en específico “Consiste en la eliminación de detalles de un objeto complejo, debido al cambio de escala [...]” (Jiménez Mesa, s.f., p.5). Esta operación se la realiza en tres etapas, con el apoyo de las herramientas de SIG:

<sup>79</sup> 1:250 000 (Tabla 5), 1:500 000 (Tabla 6) y 1:1 000 000 (Tabla 7).

<sup>80</sup> Tabla 8. Clasificación de los objetos geográficos por componentes y por escalas.

**3.1 Agrupación y/o Agregación:** se realiza a los objetos geográficos poligonales que, por su naturaleza y cercanía entre ellos, son agrupados para conformar un objeto geográfico de mayor tamaño y dimensión, para que no sea eliminado por el criterio de tamaños mínimos. Esta operación se aplica a los objetos geográficos poligonales: *area\_inundacion\_a*, *cienega\_a*, *embalse\_a*, *lago\_laguna\_a*, *granja\_acuatica\_a*, *isla\_a*, *aeropuerto\_a*, *zona\_edificada\_a*, *zona\_manglar\_a*, *cultivo\_a*, *matorral\_a*, *pastizal\_a*, *bosque\_a*.

Para llevar a cabo esta etapa se utiliza la herramienta Aggregate Polygon<sup>81</sup>, la cual combina los polígonos dentro de una determinada distancia entre sí para formar nuevos polígonos. Esta distancia debe ser ingresada en el campo *aggregation\_distance*, y para las escalas en estudio se considera una distancia entre objetos geográficos de 1mm en impreso, es decir para la escala 1:250 000 (250 m), 1:500 000 (500 m) y 1:1 000 000 (1000 m).

Dicha herramienta tiene la opción de escoger: elementos ortogonales y no ortogonales, debiéndose seleccionar la opción, de acuerdo con la naturaleza del objeto geográfico poligonal que se encuentre agrupándose.

**3.2 Eliminación o cambio de geometrías:** según Jaramillo (2006) “La eliminación de [objetos geográficos] no se puede ni se debe hacer al azar, ni siquiera siguiendo criterios matemáticos de manera estricta [...]” (p. 4). Se debe considerar su valor y su importancia con respecto al propósito y objetivo del mapa. Un concepto importante en esta operación es el denominado tamaño mínimo, el cual representa el tamaño más pequeño en la que un objeto geográfico es representado a la escala y, en que geometría. La aplicación de este criterio ocasiona, que los objetos geográficos al pasar a una escala menor puedan ser eliminados o cambiar de geometría; por ejemplo, de un objeto poligonal a un objeto lineal o puntual, o de un objeto lineal a un objeto puntual.

Para la aplicación de este criterio es necesaria la determinación de los tamaños mínimos tanto en objetos poligonales como lineales. El instituto dispone de los

---

<sup>81</sup> “Esta herramienta está diseñada para reducir y agregar escalas de manera moderada cuando, debido a un espacio de mapa limitado o a la resolución de datos requerida, las entidades de entrada no se pueden seguir representando individualmente. La agregación solamente tendrá lugar cuando dos límites de polígono se encuentren dentro de la distancia de agregación especificada uno del otro. No se producirá una autoagregación (es decir, una agregación dentro de una entidad poligonal de entrada en su propio límite) ni una agregación entre algunas de las partes de una entidad poligonal multiparte.” (Esri, 2016f, párr. 2)



siguientes documentos: tabla de tamaños mínimos y geometrías para cartografía a escala 1:25 000 (aprobado), 1:50 000, 1:100 000 y 1:250 000 que se encuentran en proceso de aprobación, las escalas 1:500 000 y 1:1 000 000 no disponen de documentación; sin embargo, se consideran los mismos criterios técnicos de las escalas mayores. Para su aplicación, se realiza la búsqueda respectiva en la tabla de atributos del objeto geográfico, en los campos que corresponde a longitud y área; además, con base en los tamaños mínimos que se muestra a continuación, por cada escala de estudio, se procede a eliminar o cambiar de geometría:

Tabla 36

**Tamaños mínimos y geometría para cartografía base a escala 1:250 000**

Eliminación o Cambio Geometría	Tamaños / Longitud / Áreas	Medidas en terreno	Medidas en impreso	Objetos geográficos
Eliminación o línea	>1750 m	1750 m	7 mm	linea_transmision_electrica_l
	>6250 m	6250 m	25 mm	tubería_l
	>1500 m	1500 m	6 mm	rodera_l
	Espaciado áreas densas: ≥5000 m áreas dispersas ≥1500 m	5000 m	20 mm	
	≥1500 m	1500 m	6 mm	via_l
	Espaciado: ≥1500 m áreas urbanizadas ≥1000 m	1500 m	6 mm	
	1000 m	4 mm		
≥625 m	625 m	2,5 mm	terraplen_l	
Eliminación o polígono	≥390,625 m <sup>2</sup>	625m*625m	2,5mm*2,5mm	isla_a area_inundacion_a ciénega_a embalse_a lago_laguna_a caracteristica_suelo_a zona_manglar_a cultivo_a matorral_a pastizal_a bosque_a ciénega_a granja_acuatica_a
Eliminación o línea o polígono	Línea <1500 m	1500 m	6 mm	rio_l

	<p>Polígono ≥1500 m y ancho &lt; 125m</p> <p>Espaciado entre ríos ≥1000 m</p>	<p>≥1500 m y ancho &lt; 125m</p> <p>1000 m</p>	<p>≥ 6 mm y ancho &lt; 0,5 mm</p> <p>4 mm</p>	<p>rio_a</p>
Línea a punto	<p>Punto &lt;125 m</p> <p>Línea: ≥125 m</p>	<p>125 m</p>	<p>0,5 mm</p>	<p>puente_p puente_l pista_aterrizaje_p pista_aterrizaje_l</p>
Línea a punto	<p>Punto &lt;625 m</p> <p>Línea: ≥625 m</p>	<p>625 m</p>	<p>2,5 mm</p>	<p>muelle_p muelle_l</p>
Polígono a punto	<p>Punto &lt; 15 625 m<sup>2</sup></p> <p>Polígono: ≥15 625 m<sup>2</sup></p>	<p>125m * 125m</p>	<p>0,5mm*0,5mm</p>	<p>roca_a</p>
Polígono a punto	<p>Punto &lt; 390 625 m<sup>2</sup> (poblado)</p> <p>Polígono: ≥390 625 m<sup>2</sup></p>	<p>625m*625m</p>	<p>2,5mm*2,5mm</p>	<p>poblado_p zona_edificada_a</p>
Polígono a punto	<p>Punto &lt; 390 625 m<sup>2</sup></p> <p>Polígono: ≥390 625 m<sup>2</sup></p>	<p>625m*625m</p>	<p>2,5mm * 2,5mm</p>	<p>cantera_p cantera_a mina_p mina_a aeropuerto_p aeropuerto_a</p>

Fuente: Guerrón, P. (2020) con base en la información en proceso de aprobación, IGM (2020b)

De acuerdo con la tabla de tamaños mínimos y geometrías a escala 1:250 000, los siguientes objetos geográficos no tienen determinado un valor específico, y se encuentran con el enunciado “Todos los requeridos a escala 1:250 000”:

- Por conectividad: ferrocarril\_l, sendero\_l
- Por complementariedad de información: puerto\_p, faro\_p, helipuerto\_p
- Por representación del relieve: a escala 1:250 000 se dejan las curvas de nivel, con intervalo de 100m en la región geográfica de la Sierra y 50m en la región geográfica de la Costa y Oriente, el resto de las curvas se eliminan. Con respecto a los puntos acotados se dejan los representativos: elevaciones, planicies y sectores característicos según el sector. Se considera dejar por densidad al menos

un punto acotado por cuadrícula a la escala 1:250 000, que se conforma de 10 km \* 10 km.

Tabla 37

**Tamaños mínimos y geometría para cartografía base a escala 1:500 000**

Eliminación o Cambio Geometría	Tamaños / Longitud / Áreas	Medidas en terreno	Medidas en impreso	Objetos geográficos
Eliminación o línea	>3500 m	3500 m	7 mm	linea_transmision_electr ica_l
	>12 500 m	12 500 m	25 mm	tuberia_l
	>3000 m	3000 m	6 mm	rodera_l
	Espaciado áreas densas: ≥10 000 m áreas dispersas ≥3000 m	10 000 m	20 mm	
	≥3000 m	3000 m	6 mm	via_l
	Espaciado: ≥3000 m	3000 m	6 mm	
	áreas urbanizadas ≥2000 m	2000 m	4 mm	
Línea: ≥250 m	250 m	0,5 mm	punte_l	
Eliminación o polígono	≥1 562 500 m <sup>2</sup>	1250 m*1250 m	2,5 mm*2,5 mm	isla_a lago_laguna_a
Eliminación o línea o polígono	Línea <3.000 m	3000 m	6 mm	rio_l
	Polígono ≥3.000 m y ancho < 250m  Espaciado entre ríos ≥2000 m	≥3000 m y ancho < 250 m  2000 m	≥ 6 mm y ancho < 0.5 mm  4 mm	rio_a
Polígono a punto	Punto < 62 500 m <sup>2</sup>  Polígono: ≥62 500 m <sup>2</sup>	250 m * 250 m	0,5 mm*0,5 mm	roca_p
Polígono a punto	Punto < 1.562.500 m <sup>2</sup> (poblado) Polígono: ≥1 562 500 m <sup>2</sup>	1250 m*1250 m	2,5 mm*2,5 mm	poblado_p zona_edificada_a

Fuente: Guerrón, P. (2020) con base en la información en proceso de aprobación, IGM (2020b)

Igualmente, a esta escala se incorporan los siguientes objetos geográficos, que son requeridos en la geometría indicada:

- Por conectividad: ferrocarril\_1, sendero\_1
- Por complementariedad de información: faro\_p, aeropuerto\_p, pista\_aterrizaje\_p, limite\_nieve\_1.
- Por representación del relieve: a escala 1:500 000 se dejan las curvas de nivel, con intervalo de 200m, el resto de las curvas se eliminan. Con respecto a los puntos acotados, se dejan los de las elevaciones representativas.

Tabla 38

### Tamaños mínimos y geometría para cartografía base a escala 1:1 000 000

Eliminación o Cambio Geometría	Tamaños / Longitud / Áreas	Medidas en terreno	Medidas en impreso	Objetos geográficos
Eliminación o línea	>7000 m	7000 m	7 mm	linea_transmision_electrica_1
	>25 000 m	25 000 m	25 mm	tubería_1
	>6000 m	6000 m	6 mm	rodera_1
	Espaciado áreas densas: ≥20.000 m áreas dispersas ≥6.000 m	20 000 m 6000 m	20 mm 6 mm	
	≥6.000 m	6000 m	6 mm	via_1
	Espaciado: ≥6.000 m	6000 m	6 mm	
	áreas urbanizadas ≥4.000 m	4000 m	4 mm	
Línea: ≥500 m	500 m	0,5 mm	punteo_1	
Eliminación o polígono	≥6 250 000 m <sup>2</sup>	2500 m*2500 m	2,5 mm*2,5 mm	isla_a lago_laguna_a caracteristica_suelo_a
Eliminación o línea o polígono	Línea <3000 m	6000 m	6 mm	rio_1
	Polígono ≥6000 m y ancho < 500m	≥6000 m y ancho < 500m	≥ 6 mm y ancho < 0,5 mm	rio_a
	Espaciado entre ríos ≥ 4000 m	4000 m	4 mm	

Polígono a punto	Punto < 6 250 000 m <sup>2</sup> (poblado)	2500 m*2500 m	2,5 mm*2,5 mm	poblado_p
	Polígono: ≥6 250 000 m <sup>2</sup>			zona_edificada_a

Fuente: Guerrón, P. (2020) con base en la información en proceso de aprobación, IGM (2020b)

De igual modo, a esta escala se incorporan los siguientes objetos geográficos, que son requeridos en la geometría indicada:

- Por conectividad: ferrocarril\_1, sendero\_1
- Por complementariedad de información: faro\_p, aeropuerto\_p, pista\_aterrizaje\_p, limite\_nieve\_1.
- Por representación del relieve: a escala 1:1 000 000 se dejan las curvas de nivel y puntos acotadas considerados en la escala 1:500 000.

**3.3 Simplificación geométrica y suavizado:** se realiza a los objetos geográficos lineales o poligonales, cuya sinuosidad y/o detalles son simplificados al pasar a una escala menor; y luego, los trazos resultantes son sometidos a un suavizado. Para realizar esta operación se utilizan las siguientes herramientas de SIG, con sus respectivos algoritmos:

De simplificación:

Simplify\_line/polygon:

“La simplificación de entidades lineales o límites de polígono es un tipo de operación de generalización (Esri, 1996) que quita curvaturas extrañas, y pequeñas intrusiones y extrusiones, de una línea o límite de polígono sin destruir su forma esencial [...].

[Para su realización se tiene dos opciones:]

POINT\_REMOVE<sup>82</sup> [eliminación de puntos] es eficaz para la compresión de datos y para eliminar detalles redundantes; sin embargo, la línea resultante puede contener ángulos agudos y picos que reducen la calidad cartográfica de la línea. Utilice

<sup>82</sup> “[...] aplica un algoritmo publicado (Douglas y Peucker, 1973) con mejoras. Es un algoritmo de simplificación de línea simple y rápido. Conserva los llamados puntos críticos que describen la forma esencial de una línea y quita todos los demás puntos. El algoritmo conecta los nodos finales de un arco con una "línea de tendencia". La distancia de cada vértice hasta la línea de tendencia se mide perpendicularmente. Los vértices situados más cerca de la línea que la tolerancia se eliminarán. El arco se divide por el vértice más lejano a la línea de tendencia, lo que crea dos nuevas líneas de tendencia. Los vértices restantes se miden respecto a estas líneas, y el proceso continúa hasta que se eliminan todos los vértices dentro de la tolerancia [...].” (Esri, 2016b, párr. 2)

POINT\_REMOVE para cantidades pequeñas de reducción o compresión de datos, y cuando no necesite una calidad cartográfica alta.

BEND\_SIMPLIFY<sup>83</sup> [simplificación de curvaturas], aplica técnicas de reconocimiento de formas que detectan curvas, analizan sus características y eliminan las insignificantes. Una curva que es demasiado estrecha se ampliará ligeramente para satisfacer la tolerancia. La línea resultante es más fiel a la original y muestra mejor calidad cartográfica.” (Esri, 2016b, párr. 2-5)

Ahora bien, para el empleo de las opciones indicadas se requiere el establecimiento de la tolerancia de eliminación, que determina el grado de simplificación. Para cumplir con las especificaciones técnicas de cada escala, se redondea el valor obtenido del criterio de precisión de  $0,3\text{mm} * \text{factor de escala}$ , con los siguientes valores de tolerancia para las escalas 1:250 000 (80 m), 1:500 000 (150 m) y 1:1 000 000 (300 m)

De suavizado:

Smooth\_line/polygon: suaviza ángulos cerrados en líneas y ángulos cerrados en contornos poligonales para mejorar la calidad estética o cartográfica, y en objetos poligonales. Se utilizan los siguientes algoritmos: PAEK<sup>84</sup> y BEZIER\_INTERPOLATION<sup>85</sup>. En esta investigación se escoge la opción PAEK, al permitir ingresar un valor de tolerancia y poder mantener un control en la precisión de los resultados. Para las escalas en estudio se considera como valor de tolerancia 1mm en impreso: 1:250 000 (250 m), 1:500 000 (500 m) y 1:1 000 000 (1 000 m).

---

<sup>83</sup> “[...] Una entidad lineal se puede ver compuesta de una serie de curvaturas (Wang, 1996), cada una tiene el mismo signo (positivo o negativo) para los ángulos de inflexión en sus vértices consecutivos. Varias propiedades geométricas de cada curvatura se comparan con las de medio círculo de referencia, cuyo diámetro es igual a la tolerancia de simplificación especificada. Estas medidas determinan si una curvatura se mantiene o se elimina, lo que significa que se reemplaza la curvatura por su línea base (la línea que conecta los extremos de la curvatura). La simplificación se realiza reiteradamente de manera que las curvaturas más pequeñas "desaparezcan" en los primeros procesos y formen curvaturas más grandes [...].” (Esri, 2016c, párr. 4)

<sup>84</sup> “[...] Acrónimo de Polynomial Approximation with Exponential Kernel (Aproximación polinomial con núcleo exponencial). Calcula una línea suavizada que no pasará a través de los vértices de la línea de entrada. Esta es la opción predeterminada” (Esri, 2016d, párr. 8).

<sup>85</sup> “[...] Ajusta las curvas de Bézier entre los vértices. La línea resultante pasa a través de los vértices de la línea de entrada. Este algoritmo no requiere una tolerancia. Las curvas de Bézier se aproximarán en una salida de shapefile. (Esri, 2016d, párr. 8)

Tabla 39

**Aplicación de las herramientas de simplificación geométrica y suavizado a los objetos geográficos en las escalas en estudio**

Escala	Geometría	Objetos geográficos	Herramienta Opción	Tolerancia
250 000	<i>Objetos lineales</i>	sendero_l, rodera_l, via_ruta_l, ferrocarril_l, rio_l, tuberia_l, linea_transmision_electrica_l, curva_nivel_l,	Simplify_line BEND_SIMPLIFY  Smooth_line PAEK	80 m  250 m
	<i>Objetos poligonales</i>	aeropuerto_a, zona_edificada_a, caracteristica_suelo_a area_inundacion_a, cienega_a, embalse_a, lago_laguna_a, rio_a, granja_acuatica_a, isla_a, zona_manglar_a, cultivo_a, matorral_a, pastizal_a, bosque_a	Simplify_polygon BEND_SIMPLIFY  Smooth_polygon PAEK	150 m  500 m
500 000	<i>Objetos lineales</i>	sendero_l, rodera_l, via_ruta_l, ferrocarril_l, rio_l, tuberia_l, linea_transmision_electrica_l, curva_nivel_l,	Simplify_line BEND_SIMPLIFY  Smooth_line PAEK	150 m  250 m
	<i>Objetos poligonales</i>	zona_edificada_a, caracteristica_suelo_a embalse_a, lago_laguna_a, rio_a, isla_a,	Simplify_polygon BEND_SIMPLIFY  Smooth_polygon PAEK	150 m  500 m
1 000 000	<i>Objetos lineales</i>	sendero_l, rodera_l, via_ruta_l, ferrocarril_l, rio_l, tuberia_l, linea_transmision_electrica_l, curva_nivel_l,	Simplify_line BEND_SIMPLIFY  Smooth_line PAEK	150 m  250 m
	<i>Objetos poligonales</i>	zona_edificada_a, embalse_a, lago_laguna_a, rio_a, isla_a,	Simplify_polygon BEND_SIMPLIFY  Smooth_polygon PAEK	300 m  1 000 m

Fuente: Guerrón, P. (2020)

- 4. Simbolización:** esta operación considera que “[...] A medida que disminuye la escala aumenta el número de elementos que no pueden ser representados en sus dimensiones reales cartográficas y han de ser sustituidos por símbolos [...].” (Jaramillo, 2006, p. 2). Con esta disminución de la escala, la precisión de la ubicación de los elementos

representados pasa a ser menos importante, pero debe precautelar las especificaciones técnicas de cada escala al ser cartografía oficial. Es de resaltar que se realiza esta operación cuando un elemento sea lineal o poligonal pasa a convertirse en un elemento puntual, con su respectivo símbolo cartográfico para su representación. En las BDG, estos objetos geográficos quedan con la geometría de puntos; sin embargo, al momento de publicar un producto cartográfico sea impreso o digital, estas BDG son sometidas a un proceso de simbolización y diseño cartográfico.

5. **Exageración:** esta operación se realiza cuando un objeto geográfico, por sus dimensiones y tamaño no debería ir a la escala de trabajo, pero su importancia hace que el objeto permanezca sin generalización ni eliminación; asimismo, en el proceso de simbolización y diseño cartográfico se pueda resaltar. Ejemplos de estos objetos geográficos se encuentran especificados en el literal 4.3.1 de Consideraciones Generales.
  
6. **Armonización:** esta operación se realiza una vez finalizadas las anteriores; y, con los objetos geográficos resultantes de todas las operaciones: Selección, Clasificación, Simplificación, Simbolización y Exageración; se procede a realizar una visualización y simbolización previa de todos los objetos a la escala de trabajo, con su respectiva etiquetación, para realizar un afinamiento de densidad (eliminación de objetos geográficos de acuerdo a criterios de priorización y jerarquización) si es requerido y que todo guarde una armonía, conexión y consistencia lógica. Se toma como referencia las versiones anteriores que se disponga de la cartografía.

Como criterios de priorización y jerarquización se tiene:

- *Componente de la red hidrográfica:*
  - Criterio de importancia limítrofe: no se eliminan ríos que forman parte de un límite político administrativo.
  - Criterio de cuencas hidrográficas: se eliminan ríos del orden menor al mayor.
  - Criterio de perennidad: se prioriza los ríos con cause perenne, y se eliminan ríos con caudales intermitentes y/ o secos.
  - Criterio de nombres geográficos: se prioriza los ríos con nombres, y se eliminan ríos sin nombre.



- *Componente de la red vial:*

Criterio de importancia del objeto geográfico: se prioriza el objeto geográfico de vía, en segunda instancia el objeto geográfico de rodera y por último sendero.

Criterio del tipo de orden de la vía: se eliminan vías del orden menor al mayor.

Criterio de conexión vial: no se eliminan vías que conectan las arterias viales dentro de las zonas edificadas.

- *Componente de misceláneos:*

Criterio de nombres geográficos: se priorizan de manera general, todos los objetos geográficos que tienen un nombre.

Criterio de importancia del objeto geográfico: se priorizan y no se eliminan, si el objeto geográfico de este componente es el único en el sector.

A continuación, se muestran los pasos para la aplicación del insumo de este método alternativo:

### **Paso 1: recopilación y revisión de insumos**

Un requerimiento fundamental para la aplicación de este método es la existencia de información cartográfica digital a una escala de mayor detalle, de la que se desea obtener. Ante lo expuesto, para la aplicación de este método es indispensable como insumo la cartografía oficial actualizada a mayores escalas que la 1:250 000, es decir, cartografía básica generada por el IGM a la escala 1:100 000 y mayores, con las cuales se pueda aplicar las operaciones cartográficas digitales expuestas.

Igualmente, las áreas de muestreo que fueron determinadas de la zona de estudio corresponden a los sectores que no se dispone de cobertura fotográfica de los proyectos de inversión; por tal motivo, este método no puede ser aplicado para la actualización cartográfica de la escala 1:250 000, al no haber insumo. No obstante, también se analiza y considera en la investigación, al ser un método que puede ser aplicado en las escalas 1:500 000 y 1:1 000 000, cuando la escala 1:250 000 sea obtenida con la aplicación del insumo de los otros métodos alternativos.

### **Paso 2: Validación del insumo recopilado**

Se ha explicado la falta de insumo cartográfico a una mayor escala en la zona de estudio y por consiguiente de las áreas de muestreo determinadas, lo que da origen a la necesidad y

la importancia de la presente investigación; por este motivo, se considera a este método para las escalas 1:500 000 y 1:1 000 000.

### Paso 3: aplicación del insumo

En este paso, sobre la cartografía actualizada de la BDG 1:250 000 obtenida con el empleo de los insumos de los otros métodos alternativos, se procede a realizar las operaciones cartográficas del método.

#### Escala 1:250 000

El método de generalización cartográfica no puede ser aplicado en el proceso de actualización cartográfica a la escala 1:250 000, al no disponer de insumo.

#### Escala 1:500 000

Tabla 40

### Utilidad del insumo obtenido de generalización cartográfica, para la actualización de los objetos geográficos de las áreas de muestreo a escala 1:500 000

Componentes	Objetos	C1	C2	C3	S1	S2	S3	O1	O2	O3	O4
<i>Red hidrográfica</i>	embalse_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	lago_laguna_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	rio_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	SI	NA	SI
	rio_l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	linea_costa_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	isla_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA
	punto_desvanecido_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Red vial/</i>	sendero_l	NA	NA	NA	NA	NA	SI	SI	NA	NA	NA
	rodera_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA
	via_ruta_l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NA	SI	SI
	ferrocarril_l	SI	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	punto_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Misceláneos</i>	aeropuerto_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	pista_aterrizaje_p	NA	NA	NA	NA	SI	SI	NA	NA	NA	SI
	poblado_p	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NA	SI
	zona_edificada_a	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA	NA	NA	NA
	faro_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	tuberia_l	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA	NA	NA	NA
	nombre_geografico_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	nombre_geografico_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	nombre_sitio_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	caracteristica_suelo_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	limite_nieve_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	linea_transmision_electrica_l	NA	NA	NA	SI	SI	NA	NA	NA	NA	NA
	limite_administrativo_l	NA	NA	NA	SI	NA	NA	SI	NA	NA	SI
	provincia_a	SI	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA	SI	NA
	<i>Cobertura vegetal</i>										
<i>Altimetría</i>	curva_nivel_l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	

Fuente: Guerrón, P. (2020)

## Escala 1:1 000 000

Tabla 41

**Utilidad del insumo obtenido de generalización cartográfica, para la actualización de los objetos geográficos de las áreas de muestreo a escala 1:1 000 000**

Componentes	Objetos	C1	C2	C3	S1	S2	S3	O1	O2	O3	O4
<i>Red hidrográfica</i>	embalse_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	lago_laguna_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	rio_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	SI	NA	SI
	rio_l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	línea_costa_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	punto_desvanecido_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Red vial</i>	isla_a	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA
	sendero_l	NA	NA	NA	NA	NA	SI	SI	NA	NA	NA
	rodera_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA
	via_ruta_l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NA	SI	SI
	ferrocarril_l	SI	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	puente_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Misceláneos</i>	aeropuerto_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	pista_aterrizaje_p	NA	NA	NA	NA	SI	SI	NA	NA	NA	SI
	poblado_p	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NA	SI
	zona_edificada_a	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA	NA	NA	NA
	faro_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	tubería_l	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA	NA	NA	NA
	nombre_geografico_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	nombre_geografico_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	nombre_sitio_p	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	límite_nieve_l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	línea_transmisión_electrica_l	NA	NA	NA	SI	SI	NA	NA	NA	NA	NA
	límite_administrativo_l	NA	NA	NA	SI	NA	NA	SI	NA	NA	SI
	provincia_a	SI	NA	NA	NA	NA	SI	NA	NA	SI	NA
	<i>Cobertura vegetal</i>										
<i>Altimetría</i>	curva_nivel_l	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Fuente: Guerrón, P. (2021)

**Paso 4: análisis de los resultados para cada escala**

Una vez obtenidos los resultados obtenidos para la escala 1:500 000 y 1:1 000 000, en la Tabla 42 se muestran los componentes y los objetos geográficos, que luego del análisis de las matrices de las Tablas 40 y 41 pueden ser actualizados o apoyados en su proceso de actualización con el insumo de este método:

Tabla 42

**Componentes y objetos geográficos que pueden ser actualizados con el insumo del método de generalización cartográfica**

ESCALA	COMPONENTES	OBJETOS GEOGRÁFICOS
	<b>Red hidrográfica</b>	rio_a, rio_l, isla_a, (embalse_a, lago_laguna_a),

<b>1:500 000</b>	<b>Red vial</b>	sendero_l, rodera_l, via_ruta_l, ferrocarril_l, (puente_l)
	<b>Misceláneos</b>	pista_aterrizaje_p, poblado_p, zona_edificada_a, linea_transmision_electrica_l, (aeropuerto_p, tuberia_l, caracteristica_suelo_a, limite_nieve_l)
	<b>Altimetría</b>	curva_nivel_l
<b>1:1 000 000</b>	<b>Red hidrográfica</b>	rio_a, rio_l, isla_a, (embalse_a, lago_laguna_a),
	<b>Red vial</b>	sendero_l, rodera_l, via_ruta_l, ferrocarril_l, (puente_l)
	<b>Misceláneos</b>	pista_aterrizaje_p, poblado_p, zona_edificada_a, nombre_geografico_p, linea_transmision_electrica_l, (aeropuerto_p, tuberia_l, limite_nieve_l)
	<b>Altimetría</b>	curva_nivel_l

Fuente: Guerrón, P. (2021)


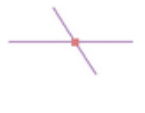
Los objetos geográficos de la Tabla 42 que se muestran en paréntesis son aquellos que no se encuentran presentes en las áreas de muestreo, y que en las matrices de las Tablas 40 y 41 aparecen como NA, pero que pueden ser actualizados con el insumo de este método, al disponer de esta información de la escala mayor obtenida con otros métodos. Este particular es considerado, para no descartar la eficacia de un método hacia un objeto geográfico, solo por no encontrarse en las áreas de muestreo que fueron determinadas al azar.




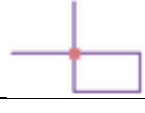




## 6.6 Estructura Topológica / Revisión de las BDG actualizadas con la aplicación del insumo no fotográfico de los métodos alternativos


Una vez generada y/o actualizada la cartografía, con la aplicación del insumo de los métodos alternativos desarrollados, para que sea considerada una geodatabase (BDG) la información debe cumplir con una estructura topológica, para lo cual se procede a pasar las reglas topológicas a todos los objetos geográficos que lo ameriten, de acuerdo con su geometría, como se logra observar en la Tabla 43:

Tabla 43

### Reglas topológicas que se aplican a los elementos lineales y poligonales

<b>Regla Topológica Líneas</b>	<b>Descripción</b>	<b>Posibles soluciones</b>	<b>Ejemplo</b>
<i>Must Not Overlap</i> (No debe superponerse)	Requiere que las líneas no se superpongan con las líneas en la misma clase (o subtipo) de entidad.	<i>Subtract</i> (Sustraer)	
<i>Must Not Intersect</i> (No debe cruzarse)	Requiere que las entidades de línea desde la misma clase (o subtipo) de entidad no se crucen ni se superpongan entre sí. Las líneas pueden compartir extremos.	<i>Subtract</i> (Sustraer) <i>Split</i> (Dividir)	

<i>Must Not Have Dangles</i> (No deben quedar nodos colgados)	Requiere que una entidad de línea deba tocar las líneas desde la misma clase (o subtipo) de entidad en ambos extremos. Un extremo que no esté conectado con otra línea se llama nodo colgado (dangle).	<i>Extend</i> (Extender) <i>Trim</i> (Acortar) <i>Snap</i> (Alinear)	
<i>Must Not Have Pseudos Nodes</i> (No deben quedar pseudonodos).	Requiere que una línea se conecte, por lo menos, con otras dos líneas en cada extremo. Las líneas que se conectan con otra línea (o con ellas mismas) se dice que tienen pseudonodos. Esta regla se utiliza donde las entidades de línea deben formar bucles cerrados, como cuando definen los límites de los polígonos o cuando las entidades de línea se deben conectar de forma lógica con otras dos entidades de línea en cada extremo.	<i>Merge To Largest</i> (Unir con la mayor)  <i>Merge</i> (Unir)	
<i>Must Not Self-Overlap</i> (No debe superponerse con sí mismo)	Requiere que las entidades de línea no se superpongan entre sí. Pueden cruzarse o tocarse, pero no deben tener segmentos coincidentes.	<i>Simplify</i> (Simplificar)	
<i>Must Not Self-Intersect</i> (No debe intersectarse con sí mismo)	Requiere que las entidades de línea no se crucen ni se superpongan entre sí. Esta regla es útil para las líneas, tales como líneas de contorno, que no se puedan cruzar entre sí.	<i>Simplify</i> (Simplificar)	
<i>Must Be Single Part</i> (Debe ser una simple parte)	Requiere que las líneas tengan una única parte.	Expandir	
<i>Must Not Intersect or Touch Interior</i> (No debe cruzarse ni tocar el interior)	Requiere que una línea en una clase (o subtipo) de entidad deba tocar únicamente otras líneas de la misma clase (o subtipo) de entidad en extremos. Cualquier segmento de línea en el que las entidades se superpongan o cualquier intersección que no se produzca en un extremo es un error.	<i>Subtract</i> (Sustraer)  <i>Split</i> (Dividir)	
<b>Regla Topológica Polígonos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Posibles soluciones</b>	<b>Ejemplo</b>
<i>Must Not Overlap</i> (No debe superponerse)	Requiere que las líneas no se superpongan con las líneas en la misma clase (o subtipo) de entidad.	<i>Subtract</i> (Sustraer) <i>Merge</i> (Unir) <i>Create Feature</i> (Sustraer)	
<i>Must Not Have Gaps</i> (No debe cruzarse)	Requiere que las entidades de línea desde la misma clase (o subtipo) de entidad no se crucen ni se superpongan entre sí. Las líneas pueden compartir extremos.	<i>Create Feature</i> (Sustraer)	
<b>Regla Topológica entre Objetos Poligonales</b>			
<i>Must Not Overlap With</i>	Requiere que el interior de los polígonos en una clase (o subtipo) de entidad no se deba	<i>Subtract</i> (Sustraer)	

(No debe superponerse con)	superponer con el interior de los polígonos en otra clase (o subtipo) de entidad. Los polígonos de las dos clases de entidad pueden compartir ejes o vértices o estar completamente inconexos. Esta regla se utiliza cuando un área no puede pertenecer a dos clases de entidad separadas.	<i>Merge</i> (Unir)	
----------------------------	--	------------------------	---

Fuente: Guerrón, P. (2020) con base en Esri (2016e)

Una vez aplicadas las reglas topológicas de la Tabla 43 a los objetos geográficos lineales y poligonales de cada escala, se realiza la estructura topológica, mediante el siguiente procedimiento:

1. En ArcMap se trae a la vista el archivo de topología generado de cada objeto geográfico y se revisan los errores topológicos, regla por regla (dependiendo si es un elemento lineal o poligonal).
2. En aquellas reglas que presenten errores, se procede a revisar cada caso y verificar si realmente son errores, los cuales se corrigen con las opciones de solución propuestos en la Tabla 43; asimismo, pueden ser considerados como omisiones.
3. Una vez realizado el chequeo anteriormente indicado, se procede a pasar la regla topológica *Must Not Overlap With* entre los objetos geográficos poligonales. La información que requiere esta revisión es la siguiente: Componente Red hidrográfica, Misceláneos y Cobertura vegetal (Tabla 8): *zona\_edificada\_a*, *area\_inundacion\_a*, *cienea\_a*, *embalse\_a*, *lago\_laguna\_a*, *rio\_a*, *isla\_a*, *granja\_acuatica\_a*, *zona\_manglar\_a*, *cultivo\_a*, *matorral\_a*, *pastizal\_a*, *bosque\_a*.
4. Se realiza el chequeo topológico entre *rio\_a* y *rio\_l*; y, entre *rio\_l* y *lago\_laguna\_a*. Para verificar la coincidencia de nodos (dangle), se realiza un *Select by Location* (seleccionar por ubicación) entre *rio\_a* y *rio\_l*, con la opción *touch the boundary of* (tocar el límite de), y de esta manera se verifica que el objeto geográfico *rio\_l* se encuentre en conexión con el objeto *rio\_a*, al seleccionarse los elementos que cumplen esta condición, los que no se seleccionan deben ser revisados y realizar la edición de la conexión si corresponde. Este mismo procedimiento se aplica entre *rio\_l* y *lago\_laguna\_a*.
5. Se realiza el chequeo topológico entre *via\_l*, *rodera\_l* y *sendero\_l*. Para verificar la coincidencia de nodos (dangle), se realiza un *Select By Location* (seleccionar por ubicación) entre *via\_l* y *rodera\_l*, entre *vial\_l* y *rodera\_l*; y, entre *rodera\_l* y *sendero\_l* con la opción *touch the boundary of* (tocar el límite de), y así se verifica que el objeto

geográfico se encuentre en conexión con el otro objeto, al seleccionar los elementos que cumplen esta condición; cabe aclarar que los que no se seleccionan deben ser revisados, para realizar la edición de la conexión si corresponde.

6. Se realiza el chequeo topológico entre la Componente vial (via\_1, rodera\_1 y sendero\_1) y la hidrográfica (rio\_a y rio\_l). En este caso, el tipo de vía debe llegar hasta el rio\_a y nunca sobrepasarlo. Si se da el caso de que un tipo de vía traspasa un rio\_a y este no sea seco, o no exista un puente o alguna otra estructura que lo justifique, se debe editar el tipo de vía hasta hacerlo coincidir con el borde del rio\_a. En el caso de rio\_l, si algún tipo de vía lo sobrepasa, se debe observar si el tipo de río tiene las condiciones para que ocurra este suceso, por ejemplo: si el río tiene un caudal intermitente, es decir que en ciertas épocas del año se encuentra seco, ante lo cual, un sendero lo pueda estar cursando perfectamente.
7. Una vez realizados todos los anteriores pasos, se procede a revisar en las tablas de los objetos geográficos, a saber:
  - Cumplimiento de los tamaños mínimos de la escala que se encuentra en proceso de actualización (ver Tablas 36, 37 y 38).
  - Catalogación de los objetos geográficos, en cumplimiento al catálogo nacional (ver Anexo 1).
  - Campos vacíos o con *Null*.

**CUARTA PARTE**  
**Resultados y Conclusiones**



## Capítulo 7. Determinación de la efectividad del insumo no fotográfico de los métodos alternativos y definición de una propuesta de proceso de actualización cartográfica

El presente capítulo aborda las fases metodológicas 4 y 5, que contempla la determinación de la efectividad del insumo no fotográfico de cada método alternativo y la elaboración de una propuesta de proceso de actualización cartográfica de las BDG analizadas, en conjunto con un procedimiento validado en función de la efectividad determinada. Para cumplir con la finalidad propuesta, se requieren los siguientes conceptos establecidos por Drucker (2005) en su obra<sup>86</sup>, mencionados en Master Business Administrator (2018):

“**Eficacia** es ‘hacer las cosas correctas’, es decir, hacer las cosas que mejor conducen a la consecución de los resultados. La eficacia se relaciona con ‘qué’ cosas se hacen.

**Eficiencia** es ‘hacer bien las cosas’, es decir, hacer las cosas buscando la mejor relación posible entre los recursos empleados y los resultados obtenidos. La eficiencia tiene que ver con ‘cómo’ se hacen las cosas.

**Efectividad** es ‘hacer bien las cosas correctas, es decir, hacer las cosas de forma eficiente y eficaz. La efectividad tiene que ver con ‘qué’ cosas se hacen y con “cómo” se hacen esas cosas.” (párr. 9-11)

Ahora bien, la relación de estos tres términos se lo evidencia a través de la siguiente fórmula (Rizo, 2019, párr. 21):

$$\text{“Eficacia + Eficiencia = Efectividad”}$$

Los métodos alternativos son referidos de la siguiente manera en el presente capítulo:

**M1:** Compilación de información geográfica de otras entidades del Estado

**M2:** Obtención de información de objetos geográficos a través de imágenes satelitales.

**M3:** Obtención de información de objetos geográficos a través de servicios de mapas web.

**M4:** Obtención de información de objetos geográficos a través de navegadores (GPS)

**M5:** Generalización cartográfica

---

<sup>86</sup> La productividad del trabajador del conocimiento: máximo desafío.

### 7.1 Consideraciones para la determinación de variables

Para la determinación de las variables de eficacia y eficiencia se toma en consideración lo siguiente:

- Una vez obtenidos los resultados sobre las áreas de muestreo del Capítulo 6 (determinadas mediante un muestreo probabilístico aleatorio simple), se considera para el análisis de la variable de eficiencia toda la zona de estudio, es decir los 31 111 km<sup>2</sup>.
- Se considera que todos los métodos alternativos analizados requieren de un recurso humano técnico y calificado.
- No se considera el costo de la geotecnología SIG empleada, debido a que la tendencia a nivel mundial y del instituto es el uso del Sw libre; no obstante, en el caso del Sw comercial utilizado, se dispone de la licencia respectiva.
- No se consideran los gastos administrativos, como pago de servicios básicos, materiales e insumos de oficina, depreciación del equipamiento tecnológico, al ser parte del rubro de turno de trabajo.
- No se considera el costo del producto final que llega al usuario, debido a que el mantenimiento y actualización de las BDG oficiales del país, es un servicio que brinda el Instituto, en cumplimiento de su misión.
- Con base en el conocimiento y la experiencia empírica en la generación y actualización de cartografía básica a escalas medianas y pequeñas, por parte de la autora, se considera:

Al ser la fórmula para la determinación de la efectividad, una ecuación lineal, las variables de eficacia y eficiencia ingresan con una misma ponderación; y, con el objetivo de estandarizarlas y normalizarlas, cada una ingresa con una valoración máxima de uno (1). Esta consideración permite, que el valor más alto que se pueda obtener de la efectividad, sea de dos (2).

Bajo este contexto, se considera: para la valoración del indicador de la variable de eficacia, los datos cualitativos que se colocan como “SI” son considerados EFICACES con una valoración de uno (1), y los que se colocan como “NO” son considerados como INEFICACES con una valoración de cero (0). Con la finalidad

de que esta variable represente el grado de eficacia del insumo aplicado, se considera la cantidad de objetos geográficos que cada insumo permite su actualización con respecto al total, para luego ser normalizados a uno (1).

Para la valoración de los indicadores de la variable de eficiencia: recurso económico y recurso humano:

Para el indicador de recurso económico (costo del insumo y del trabajo de campo) se considera cero (0) para todos los métodos alternativos analizados.

Para el indicador de recurso humano se determinan cinco rangos cualitativos con valores cuantitativos normalizados a uno (1). Se considera que el costo del recurso humano es inversamente proporcional al grado de efectividad de un insumo. En función de lo indicado, para este indicador que define a la variable de eficiencia se tiene: MUY ALTO (MA) con una valoración de 1,00 ALTO (A) con una valoración de 0,80; MEDIO (M) con una valoración de 0,60; BAJO (B) con una valoración de 0,40 y MUY BAJO (MB) con una valoración de 0,2.

## 7.2 Determinación de variables

A partir de la fórmula expuesta, para el cálculo de la efectividad del insumo no fotográfico de un método alternativo, se deben determinar las variables de eficacia y eficiencia.

### 7.2.1 Determinación de la variable de eficacia

La variable de eficacia es referida específicamente en el logro de los objetivos deseados o propuestos. Para su determinación, se verifica los resultados obtenidos en las tablas de análisis de resultados (Tabla 18, 25, 30, 35 y 40) de cada método alternativo del Capítulo 6. Para su calificación, se utiliza la siguiente leyenda:

- **SI:** el insumo del método alternativo aplicado permite la actualización del objeto geográfico o sirvió de referencia para su actualización. Este resultado tiene la consideración de EFICAZ, con una valoración de uno (1).
- **NO:** el insumo del método alternativo aplicado no permite la actualización del objeto geográfico, tampoco sirve de referencia para su actualización. Este resultado tiene la consideración de INEFICAZ, con una valoración de cero (0).

Tabla 44

**Eficacia del insumo no fotográfico de los métodos alternativos aplicados en los objetos geográficos de las escalas 1:250 000, 1:500 000 y 1:1 000 000**

Escala	Componentes	Objetos	M1	M2	M3	M4	M5
1: 250 000	Red hidrográfica	area_inundacion_a	NO (0)	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		cienega_a	NO (0)	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		embalse_a	NO (0)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	NO (0)
		lago_laguna_a	NO (0)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	NO (0)
		rio_a	NO (0)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	NO (0)
		rio_l	NO (0)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	NO (0)
		granja_acuatica_a	NO (0)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	NO (0)
		linea_costa_l	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		isla_a	NO (0)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	NO (0)
		punto_desvanecido_p	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
	Red vial	sendero_l	SI (1)	SI (1)	SI (1)	SI (1)	NO (0)
		rodera_l	SI (1)	SI (1)	SI (1)	SI (1)	NO (0)
		via_ruta_l	SI (1)	SI (1)	SI (1)	SI (1)	NO (0)
		ferrocarril_l	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		puente_p	SI (1)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	NO (0)
		puente_l	NO (0)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	NO (0)
		tunel_l	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		tunel_p	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
	Misceláneos	aeropuerto_a	SI (1)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	NO (0)
		aeropuerto_p	SI (1)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	NO (0)
		helipuerto_p	NO (0)	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		pista_aterrizaje_l	SI (1)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	NO (0)
		pista_aterrizaje_p	SI (1)	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		terraplen_l	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		poblado_p	SI (1)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	NO (0)
		zona_edificada_a	SI (1)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	NO (0)

		muelle_l	NO (0)	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		muelle_p	NO (0)	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		puerto_p	NO (0)	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		faro_p	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		tuberia_l	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		cantera_p	NO (0)	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		mina_p	SI (1)	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		nombre geografico_p	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		nombre_geografico_l	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		nombre_sitio_p	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		caracteristica_suelo_a	NO (0)	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		limite_nieve_l	NO (0)	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		limite_administrativo_l	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
	<b>Cobertura vegetal</b>	zona_manglar_a,	NO (0)	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		cultivo_a	SI (1)	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		matorral_a	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		pastizal_a	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		bosque_a	SI (1)	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
	<b>Altimetría</b>	curva_nivel_l	NO (0)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	NO (0)
		punto_acotado_p	NO (0)	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
<b>1:500 000</b>	<b>Red hidrográfica</b>	embalse_a	NO (0)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	SI (1)
		lago_laguna_a	NO (0)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	SI (1)
		rio_a	NO (0)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	SI (1)
		rio_l	NO (0)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	SI (1)
		linea_costa_l	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		isla_a	NO (0)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	SI (1)
		punto_desvanecido_p	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
	<b>Red vial</b>	sendero_l	SI (1)	SI (1)	SI (1)	SI (1)	SI (1)
		rodera_l	SI (1)	SI (1)	SI (1)	SI (1)	SI (1)

		via_ruta_l	SI (1)	SI (1)	SI (1)	SI (1)	SI (1)
		ferrocarril_l	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	SI (1)
		punte_l	NO (0)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	SI (1)
	<b>Misceláneos</b>	aeropuerto_p	SI (1)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	SI (1)
		pista_aterrizaje_p	SI (1)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	SI (1)
		poblado_p	SI (1)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	SI (1)
		zona_edificada_a	SI (1)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	SI (1)
		faro_p	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		tuberia_l	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	SI (1)
		nombre_geografico_p	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		nombre_geografico_l	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		nombre_sitio_p	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		caracteristica_suelo_a	NO (0)	SI (1)	NO (0)	NO (0)	SI (1)
		limite_nieve_l	NO (0)	SI (1)	NO (0)	NO (0)	SI (1)
		linea_transmision_electrica_l	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	SI (1)
		limite_administrativo_l	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		provincia_a	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
	<b>Altimetría</b>	curva_nivel_l	NO (0)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	NO (0)
<b>1:1 000 000</b>	<b>Red hidrográfica</b>	embalse_a	NO (0)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	SI (1)
		lago_laguna_a	NO (0)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	SI (1)
		rio_a	NO (0)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	SI (1)
		rio_l	NO (0)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	SI (1)
		linea_costa_l	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		isla_a	NO (0)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	SI (1)
		punto_desvanecido_p	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
	<b>Red vial</b>	sendero_l	SI (1)	SI (1)	SI (1)	SI (1)	SI (1)
		rodera_l	SI (1)	SI (1)	SI (1)	SI (1)	SI (1)
		via_ruta_l	SI (1)	SI (1)	SI (1)	SI (1)	SI (1)
		ferrocarril_l	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	SI (1)

		puente_l	NO (0)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	SI (1)
	<b>Misceláneos</b>	aeropuerto_p	SI (1)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	SI (1)
		pista_aterrizaje_p	SI (1)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	SI (1)
		poblado_p	SI (1)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	SI (1)
		zona_edificada_a	SI (1)	SI (1)	SI (1)	NO (0)	SI (1)
		faro_p	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		tuberia_l	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	SI (1)
		nombre_geografico_p	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		nombre_geografico_l	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		nombre_sitio_p	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		limite_nieve_l	NO (0)	SI (1)	NO (0)	NO (0)	SI (1)
		linea_transmision_electrica_l	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	SI (1)
		limite_administrativo_l	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		provincia_a	SI (1)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
		<b>Altimetría</b>	curva_nivel_l	NO (0)	SI (1)	SI (1)	NO (0)

Fuente: Guerrón, P. (2021)

Con los valores obtenidos en la Tabla 44, se procede a calcular la cantidad de objetos geográficos por cada componente, que fueron efectivamente actualizados con los insumos no fotográficos aplicados. Estos valores son normalizados a uno (1), asignando a quien tiene la mayor cantidad de objetos este valor, y mediante reglas de tres se asignan los valores proporcionales que correspondan, como se muestra en la Tabla 45:

Tabla 45

**Determinación de la eficacia del insumo no fotográfico de cada método alternativo (normalizado a 1), en las escalas 1:250 000, 1:500 000 y 1:1 000 000**

Escala	Componentes	Nro. Objetos	M1	M2	M3	M4	M5
<b>1: 250 000</b>	<b>Red hidrográfica</b>	<b>10</b>	1	8	6	0	0
	<b>Red vial</b>	<b>8</b>	5	5	5	3	0
	<b>Misceláneos</b>	<b>21</b>	9	14	5	0	0
	<b>Cobertura vegetal</b>	<b>5</b>	4	3	0	0	0

	<b>Altimetría</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>Total 1:250 000 (%)</b>	<b>46 (100 %)</b>	<b>19 (41 %)</b>	<b>32 (70 %)</b>	<b>17 (37 %)</b>	<b>3 (7 %)</b>	<b>0 (0 %)</b>
	<b>Valor normalizado</b>		<b>0,59</b>	<b>1,00</b>	<b>0,53</b>	<b>0,10</b>	<b>0</b>
<b>1: 500 000</b>	<b>Red hidrográfica</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>5</b>
	<b>Red vial</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>5</b>
	<b>Misceláneos</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>8</b>
	<b>Altimetría</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>Total 1:500 000 (%)</b>	<b>27 (100 %)</b>	<b>13 (48 %)</b>	<b>16 (59 %)</b>	<b>14 (52 %)</b>	<b>3 (11 %)</b>	<b>18 (67 %)</b>
	<b>Valor normalizado</b>		<b>0,71</b>	<b>0,88</b>	<b>0,78</b>	<b>0,16</b>	<b>1,00</b>
<b>1: 1 000 000</b>	<b>Red hidrográfica</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>5</b>
	<b>Red vial</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>5</b>
	<b>Misceláneos</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>7</b>
	<b>Altimetría</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>Total 1:1 000 000 (%)</b>	<b>26 (100 %)</b>	<b>13 (50 %)</b>	<b>15 (58 %)</b>	<b>14 (54 %)</b>	<b>3 (12 %)</b>	<b>17 (65 %)</b>
	<b>Valor normalizado</b>		<b>0,77</b>	<b>0,89</b>	<b>0,83</b>	<b>0,18</b>	<b>1,00</b>

Fuente: Guerrón, P. (2021)

En base a los resultados obtenidos de la Tabla 45, las variables de eficacia normalizados a uno (1) para cada método alternativo a cada escala, son los siguientes:

- **M1:** 250 000 (0,59), 500 000 (0,71), 1 000 000 (0,77).
- **M2:** 250 000 (1,00), 500 000 (0,88), 1 000 000 (0,89).
- **M3:** 250 000 (0,53), 500 000 (0,78), 1 000 000 (0,83).
- **M4:** 250 000 (0,10), 500 000 (0,16), 1 000 000 (0,18).
- **M5:** 250 000 (0), 500 000 (1,00), 1 000 000 (1,00).

**Resultados:** A continuación, se observa el orden de los métodos alternativos por escala, de acuerdo a su eficacia determinada:

- **1:250 000:** 1) M2, 2) M1, 3) M3, 4) M4, 5) M5
- **1:500 000:** 1) M5, 2) M2, 3) M3, 4) M1, 5) M4
- **1: 1 000 000:** 1) M5, 2) M2, 3) M3, 4) M1, 5) M4



### 7.2.2 *Determinación de la variable de eficiencia*

La variable de eficiencia es referida específicamente al empleo óptimo de los recursos para la consecución de los resultados. En este contexto, los recursos requeridos para el proceso de actualización cartográfica son de tipo: económicos y humanos, los cuales se convierten en los indicadores de esta variable, se toma en cuenta las consideraciones enunciadas en el literal 7.1.

Para la valoración de los indicadores de la variable de eficiencia, como se había indicado, se considera la zona de estudio determinada en el Capítulo 4, de 31 111 km<sup>2</sup>, distribuida en las tres regiones geográficas del país continental. Igualmente, se debe considerar que existe información que es remitida a nivel nacional por parte de las entidades oficiales, en específico del M1; por tal motivo, para su revisión, análisis y validación se realiza a nivel nacional y no solo en la zona de estudio.

#### - **Indicador: recurso económico**

Para la valoración de este indicador se considera: el costo del insumo y el costo del trabajo de campo:

En primer lugar, con respecto al costo del insumo, desde el inicio de la investigación y en cumplimiento a su objetivo planteado, se consideraron los métodos alternativos cuyos insumos no fotográficos sean óptimos; es decir, puedan ser obtenidos sin la erogación de recursos económicos, esto se logra con insumos obtenidos a través de otras instituciones del Estado (M1), geoservicios y visores web (M2 y M3), de otros proyectos (M4 y M5). En el tema de imágenes satelitales (M2), el insumo puede ser costoso, pero en el caso específico de la investigación, el insumo obtenido de forma gratuita a través del internet, permitió el cumplimiento del objetivo.

**Valoración:** ante lo explicado, en la matriz de valoración se colocaría un NO, con una ponderación de cero (0).

En segundo lugar, con relación al costo del trabajo de campo, una comisión considera costos directos como viáticos de los servidores públicos que integran la comisión (señor conductor y técnicos), costo de la gasolina y peajes, y costos indirectos como remuneraciones, depreciación del transporte y equipos; el costo total depende del número de días de la comisión, lo que hace que sean onerosas para la institución. Ante esta situación, los métodos alternativos propuestos (M1, M2, M3 y M5) no requieren comisiones de campo,

y el único método que lo requiere (M4) sería aprovechado y obtenido de las comisiones de otros proyectos.

**Valoración:** ante lo explicado, en la matriz de valoración se colocaría un NO, con una ponderación de cero (0).

- **Indicador: recurso humano**

Para la valoración de este indicador, se considera el costo de un turno de trabajo del personal del instituto, el cual contempla el rubro de remuneración con una jornada laboral de ocho horas diarias destinadas específicamente al trabajo encomendado y gastos administrativos, que incluyen: servicios básicos, depreciación de la tecnología, materiales e insumos de oficina. El costo de los turnos de trabajo<sup>87</sup> sin IVA<sup>88</sup> para el personal del IGM es:

USD 88, este valor se considera para el personal profesional “P”.

USD 60, este valor se considera para el personal técnico “T”.

**Valoración:** este indicador se halla estrechamente vinculado con el tiempo, razón por la que, para su análisis, se tienen en cuenta los turnos de trabajo y el personal (profesional o técnico) requeridos para las diferentes actividades de las fases del proceso de actualización cartográfica de la zona de estudio de 31 111 km<sup>2</sup>. Para poder establecer una valoración, se consideran y relacionan indicadores de producción óptimos:

- Un técnico generaliza 1 000 km<sup>2</sup> todos los objetos geográficos de la escala 1:250 000 en 10 turnos de trabajo.
- Un técnico generaliza 1 000 km<sup>2</sup> todos los objetos geográficos de la escala 1:500 000 en dos turnos de trabajo.
- Un técnico generaliza 1 000 km<sup>2</sup> todos los objetos geográficos de la escala 1:1 000 000 en un turno de trabajo.
- Un técnico actualiza 1 000 km<sup>2</sup> con imágenes satelitales a la escala 1:250 000, de tres a cinco turnos de trabajo (depende región geográfica). En el caso de los servicios de mapas web vectoriales, se consideran de uno a dos turnos para la actualización vial específicamente.

<sup>87</sup> Listado de precios de productos y servicios de la Gestión de Mercadotecnia del IGM, abril 2021.

<sup>88</sup> Impuesto de valor agregado (12 %).

- Un técnico actualiza 1 000 km<sup>2</sup> con imágenes satelitales a la escala 1:500 000, en un turno de trabajo. En el caso de los servicios de mapas web vectoriales, tiene la misma consideración.
- Un técnico actualiza 1 000 km<sup>2</sup> con imágenes satelitales a la escala 1:1 000 000, en un turno de trabajo. En el caso de los servicios de mapas web vectoriales, tiene la misma consideración.

De acuerdo con lo anterior, para analizar tales indicadores, se consideran las etapas de ejecución de los métodos alternativos: recopilación, revisión, validación, aplicación del insumo y estructuración topológica, para un proceso de actualización cartográfica con las respectivas actividades generales que se desarrollan, como se muestra en la Tabla 46.

Tabla 46

**Actividades generales que se desarrollan en las etapas de ejecución de los métodos alternativos de insumos no fotográficos**

<b>M1</b>	
<b>Etapas</b>	<b>Actividades</b>
Recopilación	Solicitar de manera oficial la información de las otras entidades del Estado.
Revisión	Revisar la información proporcionada en los diferentes formatos.
Validación	Espacializar la información tabular.  Espacializar la información geográfica.  Validar la información proporcionada, mediante la comparación con cartografía oficial disponible de versiones anteriores.  Validar la información proporcionada, a través de la comparación con ortofotos e imágenes satelitales actualizadas disponibles.  Determinar la información que es de uso obligatorio, la de uso mandatorio y la que sirve de apoyo al proceso de actualización.
Aplicación (actualización cartográfica)	Actualizar los objetos geográficos, mediante la creación, modificación o eliminación.  En el caso de la componente de cobertura vegetal, se requiere la aplicación del M5.
Estructuración	Estructurar los objetos geográficos con base al catálogo de objetos de cada escala.  Estructurar topológicamente la BDG: someter los objetos geográficos a las herramientas de topología de líneas y polígonos.
<b>M2</b>	
<b>Etapas</b>	<b>Actividades</b>
Recopilación	Buscar en los servicios web de imágenes satelitales y visores de teledetección, las imágenes satelitales requeridas, según los criterios de búsqueda determinados para el cumplimiento del objetivo del proyecto.  Descarga de las imágenes satelitales o de los servicios que hayan cumplido los criterios de búsqueda.

Revisión	Revisar la información descargada, mediante su espacialización.  Revisar si el sector específico requerido se encuentra cubierto con el insumo recopilado y descargado.
Validación	Validar la correcta georreferenciación de las imágenes satelitales, comparando con cartografía vectorial oficial.  Validar el cumplimiento de la resolución espacial de la imagen, que permita la actualización de los objetos geográficos requeridos.  Determinar la información válida, que servirá para el proceso de actualización cartográfica.
Aplicación (actualización cartográfica)	Actualizar los objetos geográficos, por medio de la fointerpretación de la imagen satelital, lo que permite: crear, modificar y eliminar.  La componente de cobertura vegetal requiere del análisis digital de imágenes
Estructuración	Estructurar los objetos geográficos en base al catálogo de objetos de cada escala.  Estructurar topológicamente la BDG: someter los objetos geográficos a las herramientas de topología de líneas y polígonos.
<b>M3</b>	
<b>Etapas</b>	<b>Actividades</b>
Recopilación	Buscar en los servicios web de información vectorial aquellos que provean información de acuerdo con los criterios de búsqueda determinados.
Revisión	Revisar la información disponible de los servicios de mapas WEB recopilados (los diferentes objetos geográficos)
Validación	Validar la correcta georreferenciación de la información vectorial de los servicios, comparando con cartografía vectorial oficial.  Determinar los servicios de mapas web que servirán de apoyo al proceso de actualización cartográfica.
Aplicación (actualización cartográfica)	Actualizar los objetos geográficos, mediante la creación, modificación o eliminación.
Estructuración	Estructurar los objetos geográficos en base al catálogo de objetos de cada escala  Estructurar topológicamente la BDG: someter los objetos geográficos a las herramientas de topología de líneas y polígonos.
<b>M4</b>	
<b>Etapas</b>	<b>Actividades</b>
Recopilación	Solicitar la información del tracking realizado en la comisión de campo.
Revisión	Descargar, revisar y espacializar la información proporcionada.
Validación	Validar el <i>tracking</i> vial actualizado, por medio de la comparación con la cartografía disponible del sector. Apoyarse con la información de los geoservicios raster (M2) y vectoriales (M3) disponibles.  Determinar la existencia de nuevos tramos viales.
Aplicación (actualización cartográfica)	Actualizar la red vial, mediante la creación o la modificación de sus tramos.
Estructuración	Estructurar los objetos geográficos de la red vial en base al catálogo de objetos.  Estructurar topológicamente la BDG: someter los objetos geográficos a las herramientas de topología de líneas.

M5	
Etapas	Actividades
Recopilación	<p>Buscar la cartografía básica oficial actualizada del sector, a escalas mayores.</p> <p><i>En la presente investigación, se realiza la aplicación de este método para la escala 1:500 000 y 1:1 000 000, al no haber cartografía actualizada de la zona de estudio a escalas mayores.</i></p>
Revisión	Revisar la información recopilada.
Validación	Validar la información que pasará a la etapa de aplicación del método de generalización cartográfica.
Aplicación (actualización cartográfica)	Aplicar las operaciones cartográficas digitales: selección, clasificación, simplificación, simbolización, exageración y armonización.
Estructuración	<p>Estructurar los objetos geográficos en base al catálogo de objetos de cada escala.</p> <p>Estructurar topológicamente la BDG: someter los objetos geográficos a las herramientas de topología de líneas y polígonos.</p>

Fuente: Guerrón, P. (2021)

Con base en las actividades generales mencionadas en las etapas de la Tabla 46, la experiencia y el conocimiento empírico en la coordinación y la ejecución de proyectos de cartografía básica oficial por parte de la autora; igualmente, los resultados obtenidos en el desarrollo de los pasos de cada método del Capítulo 6; seguidamente, en la Tabla 47 se expone la valoración de los indicadores de la variable de eficiencia, para cada escala en estudio:

Tabla 47

**Matriz de valoración de los indicadores de la variable de eficiencia en las etapas de ejecución de los métodos alternativos, para cada escala en estudio**

Etapas	Recurso económico	M1	M2	M3	M4	M5
Recopilación	Insumo	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
	Campo	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
Revisión	Insumo	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
	Campo	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
Validación	Insumo	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
	Campo	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
Aplicación	Insumo	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
	Campo	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
Estructuración	Insumo	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)
	Campo	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)	NO (0)

<b>Escala 1:250 000</b>						
	<b>Recurso humano</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>
Recopilación	Personal	1 P	1 P, 2 T	1 P	1 P	-
	Turnos de trabajo	1	3	1	1	-
Revisión	Personal	1 P	1 P, 2 T	1 P	1 T	-
	Turnos de trabajo	1	3	1	1	-
Validación	Personal	1 P, 2 T	1 P	1 P	1 P	-
	Turnos de trabajo	3	5	1	1	-
Aplicación	Personal	1 P, 6 T	6 T	6 T	1 T	-
	Turnos de trabajo	5	24	8	1	-
Estructuración	Personal	2 T	6 T	6 T	1 T	-
	Turnos de trabajo	3	1	1	1	-
<b>Escala 1:500 000</b>						
	<b>Recurso humano</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>
Recopilación	Personal	1 P	1 P, 1 T	1 P	1 P	1 P
	Turnos de trabajo	1	3	1	1	1
Revisión	Personal	1 P	1 P, 1 T	1 P	1 T	1 P
	Turnos de trabajo	1	3	1	1	1
Validación	Personal	1 P, 2 T	1 P	1 P	1 P	1 P
	Turnos de trabajo	3	3	1	1	1
Aplicación	Personal	1 P, 2 T	6 T	6 T	1 T	6 T
	Turnos de trabajo	3	6	6	1	12
Estructuración	Personal	1 T	6 T	6 T	1 T	6 T
	Turnos de trabajo	1	1	1	1	1
<b>Escala 1:1 000 000</b>						
	<b>Recurso humano</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>
Recopilación	Personal	1 P	1 P, 1 T	1 P	1 P	1 P
	Turnos de trabajo	1	3	1	1	1
Revisión	Personal	1 P	1 P, 1 T	1 P	1 T	1 P
	Turnos de trabajo	1	3	1	1	1
Validación	Personal	1 P, 2 T	1 P	1 P	1 P	1 P
	Turnos de trabajo	3	3	1	1	1
Aplicación	Personal	1 P, 2 T	6 T	6 T	1 T	6 T
	Turnos de trabajo	3	6	6	1	6
Estructuración	Personal	1 T	6 T	6 T	1 T	6 T
	Turnos de trabajo	1	1	1	1	1

Fuente: Guerrón, P. (2021)

A continuación, en la Tabla 48 se evidencia el costo en USD del recurso humano requerido, según las valoraciones expuestas en la Tabla 47, para la actualización de los 31 111 km<sup>2</sup> de la zona de estudio, mediante la aplicación de los diferentes insumos de los métodos alternativos que son analizados, con lo que se debe considerar que cada método tiene su eficacia en objetos geográficos específicos, como se destacó en la Tabla 45:

Tabla 48

**Costos (USD) del indicador de recurso humano en cada método alternativo para cada escala en estudio**

<b>Escala 1:250 000</b>					
<b>Etapas</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>
Recopilación	88	624	88	88	-
Revisión	88	624	88	60	-

Validación	624	440	88	88	-
Aplicación	2240	8640	2880	60	-
Estructuración	360	360	360	60	-
<b>Costo USD</b>	<b>3400</b>	<b>10 688</b>	<b>3504</b>	<b>356</b>	-
<b>Escala 1:500 000</b>					
Recopilación	88	444	88	88	88
Revisión	88	444	88	60	88
Validación	624	264	88	88	88
Aplicación	624	2160	2160	60	4320
Estructuración	60	360	360	60	360
<b>Costo USD</b>	<b>1484</b>	<b>3672</b>	<b>2784</b>	<b>356</b>	<b>4944</b>
<b>Escala 1:1 000 000</b>					
Recopilación	88	444	88	88	88
Revisión	88	444	88	60	88
Validación	624	264	88	88	88
Aplicación	624	2160	2160	60	2160
Estructuración	60	360	360	60	360
<b>Costo USD</b>	<b>1484</b>	<b>3672</b>	<b>2784</b>	<b>356</b>	<b>2784</b>

Fuente: Guerrón, P. (2021)

Para el cálculo del indicador de recurso humano se considera, que entre más costoso es la ejecución del método, el indicador de eficiencia es menor. Con esta consideración se toma como referencia los resultados de los costos obtenidos en la Tabla 48 para cada método, y se le asigna un rango cualitativo con su respectiva valoración cuantitativa normalizada a uno (1) en función de su costo [MUY ALTO (MA) con una valoración de 1; ALTO (A) con una valoración de 0,80; MEDIO (M) con una valoración de 0,60; BAJO (B) con una valoración de 0,40 y MUY BAJO (MB) con una valoración de 0,20]. Ante lo expuesto, se muestra a continuación cada método, a cada escala, con la valoración respectiva:

- **M1:** 250 000 (M) (0,60); 500 000 (A) (0,80); 1 000 000 (A) (0,80).
- **M2:** 250 000 (MB) (0,20); 500 000 (B) (0,40); 1 000 000 (B) (0,40).
- **M3:** 250 000 (B) (0,40); 500 000 (M) (0,60); 1 000 000 (M) (0,60).
- **M4:** 250 000 (MA) (1); 500 000 (MA) (1); 1 000 000 (MA) (1).
- **M5:** ( NO APLICA ) ; 500 000 (MB) (0,20); 1 000 000 (M) (0,60).

**Resultados:** Así pues, la variable de eficiencia quedaría definida solo con el indicador del costo de recurso humano, al considerarse que el indicador del recurso económico – costo de insumo y trabajo de campo- para todos los métodos alternativos tiene una valoración de cero (0). A continuación, se observa el orden de los métodos alternativos por escala, de acuerdo a su eficiencia determinada:

- **1:250 000:** 1) M4, 2) M1, 3) M3, 4) M2
- **1:500 000:** 1) M4, 2) M1, 3) M3, 4) M2, 5) M5
- **1: 1 000 000:** 1) M4, 2) M1, 3) M4 y M5, 4) M2

### 7.2.3 Determinación de la variable de efectividad

Con referencia a la fórmula de efectividad indicada, al haber determinado las variables de eficacia y eficiencia, se procede a su determinación. En la Tabla 49 se muestra cada objeto geográfico con las variables de eficacia y eficiencia determinadas y normalizadas al valor de uno (1). En el campo de efectividad se observa el método o métodos alternativos eficaces; es decir, los que permiten o sirven de apoyo al proceso de actualización cartográfica de ese objeto geográfico en esa escala, y el cálculo de su efectividad:

Tabla 49

#### Determinación de la efectividad del insumo de cada método alternativo para cada objeto geográfico a cada escala en estudio

Escala 1:250 000				
Componentes	Objetos	Eficacia	Eficiencia	Efectividad Eficacia + Eficiencia
<b>Red hidrográfica</b>	area_inundacion_a	M2 (1,00)	MB (0,20)	M2 (1,20)
	ciénega_a	M2 (1,00)	MB (0,20)	M2 (1,20)
	embalse_a	M2 (1,00) M3 (0,53)	MB (0,20) M (0,40)	M2 (1,20) M3 (0,93)
	lago_laguna_a	M2 (1,00) M3 (0,53)	MB (0,20) M (0,40)	M2 (1,20) M3 (0,93)
	rio_a	M2 (1,00) M3 (0,53)	MB (0,20) M (0,40)	M2 (1,20) M3 (0,93)
	rio_l	M2 (1,00) M3 (0,53)	MB (0,20) M (0,40)	M2 (1,20) M3 (0,93)
	granja_acuatica_a	M2 (1,00) M3 (0,53)	MB (0,20) M (0,40)	M2 (1,20) M3 (0,93)
	linea_costa_l	M1 (0,59)	M (0,60)	M1 (1,19)
	isla_a	M2 (1,00) M3 (0,53)	MB (0,20) M (0,40)	M2 (1,20) M3 (0,93)
	punto_desvanecido_p	-	-	-
<b>Red vial</b>	sendero_l	M1 (0,59)	M (0,60)	M1 (1,19)
		M2 (1,00)	MB (0,20)	M2 (1,20)
		M3 (0,53)	B (0,40)	M3 (0,93)
		M4 (0,10)	MA (1,00)	M4 (1,10)
	rodera_l	M1 (0,59)	M (0,60)	M1 (1,19)
		M2 (1,00)	MB (0,20)	M2 (1,20)
		M3 (0,53)	B (0,40)	M3 (0,93)
		M4 (0,10)	MA (1,00)	M4 (1,10)
	via_ruta_l	M1 (0,59)	M (0,60)	M1 (1,19)
		M2 (1,00)	MB (0,20)	M2 (1,20)
		M3 (0,53)	B (0,40)	M3 (0,93)
		M4 (0,10)	MA (1,00)	M4 (1,10)
	ferrocarril_l	M1 (0,59)	M (0,60)	M1 (1,19)
	puente_p	M1 (0,59)	M (0,60)	M1 (1,19)
		M2 (1,00)	MB (0,20)	M2 (1,20)
		M3 (0,53)	B (0,40)	M3 (0,93)
	puente_l	M2 (1,00)	MB (0,20)	M2 (1,20)
		M3 (0,53)	M (0,40)	M3 (0,93)



	tunel_l	-	-	-
	tunel_p	-	-	-
<b>Misceláneos</b>	aeropuerto_a	M1 (0,59) M2 (1,00) M3 (0,53)	M (0,60) MB (0,20) B (0,40)	M1 (1,19) M2 (1,20) M3 (0,93)
	aeropuerto_p	M1 (0,59) M2 (1,00) M3 (0,53)	M (0,60) MB (0,20) B (0,40)	M1 (1,19) M2 (1,20) M3 (0,93)
	helipuerto_p	M2 (1,00)	MB (0,20)	M2 (1,20)
	pista_aterrizaje_l	M1 (0,59) M2 (1,00) M3 (0,53)	M (0,60) MB (0,20) B (0,40)	M1 (1,19) M2 (1,20) M3 (0,93)
	pista_aterrizaje_p	M1 (0,59) M2 (1,00)	M (0,60) MB (0,20)	M1 (1,19) M2 (1,20)
	terraplen_l	-	-	-
	poblado_p	M1 (0,59) M2 (1,00) M3 (0,53)	M (0,60) MB (0,20) B (0,40)	M1 (1,19) M2 (1,20) M3 (0,93)
	zona_edificada_a	M1 (0,59) M2 (1,00) M3 (0,53)	M (0,60) MB (0,20) B (0,40)	M1 (1,19) M2 (1,20) M3 (0,93)
	muelle_l	M2 (1,00)	MB (0,20)	M2 (1,20)
	muelle_p	M2 (1,00)	MB (0,20)	M2 (1,20)
	puerto_p	M2 (1,00)	MB (0,20)	M2 (1,20)
	faro_p	-	-	-
	tuberia_l	M1 (0,59)	M (0,60)	M1 (1,19)
	cantera_p	M2 (1,00)	MB (0,20)	M2 (1,20)
	mina_p	M1 (0,59) M2 (1,00)	M (0,60) MB (0,20)	M1 (1,19) M2 (1,20)
	nombre_geografico_p	-	-	-
	nombre_geografico_l	-	-	-
	nombre_sitio_p	-	-	-
	caracteristica_suelo_a	M2 (1,00)	MB (0,20)	M2 (1,20)
	limite_nieve_l	M2 (1,00)	MB (0,20)	M2 (1,20)
	limite_administrativo_l	M1 (0,59)	M (0,60)	M1 (1,19)
<b>Cobertura vegetal</b>	zona_manglar_a,	M2 (1,00)	MB (0,20)	M2 (1,20)
	cultivo_a	M1 (0,59) M2 (1,00)	M (0,60) MB (0,20)	M1 (1,19) M2 (1,20)
	matorral_a	M1 (0,59)	M (0,60)	M1 (1,19)
	pastizal_a	M1 (0,59)	M (0,60)	M1 (1,19)
	bosque_a	M1 (0,59) M2 (1,00)	M (0,60) MB (0,20)	M1 (1,19) M2 (1,20)
<b>Altimetría</b>	curva_nivel_l	M2 (1,00) M3 (0,53)	MB (0,20) M (0,40)	M2 (1,20) M3 (0,93)
	punto_acotado_p	M2 (1,00)	MB (0,20)	M2 (1,20)
<b>Escala 1:500 000</b>				
<b>Red hidrográfica</b>	embalse_a	M2 (0,88) M3 (0,78) M5 (1,00)	B (0,40) M (0,60) MB (0,20)	M2 (1,28) M3 (1,38) M5 (1,20)
	lago_laguna_a	M2 (0,88) M3 (0,78) M5 (1,00)	B (0,40) M (0,60) MB (0,20)	M2 (1,28) M3 (1,38) M5 (1,20)
	rio_a	M2 (0,88) M3 (0,78) M5 (1,00)	B (0,40) M (0,60) MB (0,20)	M2 (1,28) M3 (1,38) M5 (1,20)
	rio_l	M2 (0,88)	B (0,40)	M2 (1,28)

		M3 (0,78) M5 (1,00)	M (0,60) MB (0,20)	M3 (1,38) M5 (1,20)
	linea_costa_l	M1 (0,71)	A (0,80)	M1 (1,51)
	isla_a	M2 (0,88) M3 (0,78) M5 (1,00)	B (0,40) M (0,60) MB (0,20)	M2 (1,28) M3 (1,38) M5 (1,20)
	punto_desvanecido_p	-		-
<b>Red vial</b>	sendero_l	M1 (0,71)	A (0,80)	M1 (1,51)
		M2 (0,88)	B (0,40)	M2 (1,28)
		M3 (0,78)	M (0,60)	M3 (1,38)
		M4 (0,16)	MA (1,00)	M4 (1,16)
		M5 (1,00)	MB (0,20)	M5 (1,20)
	rodera_l	M1 (0,71)	A (0,80)	M1 (1,51)
		M2 (0,88)	B (0,40)	M2 (1,28)
		M3 (0,78)	M (0,60)	M3 (1,38)
		M4 (0,16)	MA (1,00)	M4 (1,16)
		M5 (1,00)	MB (0,20)	M5 (1,20)
	via_ruta_l	M1 (0,71)	A (0,80)	M1 (1,51)
		M2 (0,88)	B (0,40)	M2 (1,28)
M3 (0,78)		M (0,60)	M3 (1,38)	
M4 (0,16)		MA (1,00)	M4 (1,16)	
M5 (1,00)		MB (0,20)	M5 (1,20)	
ferrocarril_l	M1 (0,71)	A (0,80)	M1 (1,51)	
puente_l	M2 (0,88)	B (0,40)	M2 (1,28)	
	M3 (0,78)	M (0,60)	M3 (1,38)	
	M5 (1,00)	MB (0,20)	M5 (1,20)	
<b>Misceláneos</b>	aeropuerto_p	M1 (0,71)	A (0,80)	M1 (1,51)
		M2 (0,88)	B (0,40)	M2 (1,28)
		M3 (0,78)	M (0,60)	M3 (1,38)
		M5 (1,00)	MB (0,20)	M5 (1,20)
	pista_aterrizaje_p	M1 (0,71)	A (0,80)	M1 (1,51)
		M2 (0,88)	B (0,40)	M2 (1,28)
		M3 (0,78)	M (0,60)	M3 (1,38)
		M5 (1,00)	MB (0,20)	M5 (1,20)
	poblado_p	M1 (0,71)	A (0,80)	M1 (1,51)
		M2 (0,88)	B (0,40)	M2 (1,28)
		M3 (0,78)	M (0,60)	M3 (1,38)
		M5 (1,00)	MB (0,20)	M5 (1,20)
	zona_edificada_a	M1 (0,71)	A (0,80)	M1 (1,51)
		M2 (0,88)	B (0,40)	M2 (1,28)
		M3 (0,78)	M (0,60)	M3 (1,38)
		M5 (1,00)	MB (0,20)	M5 (1,20)
	faro_p	-	-	-
	tuberia_l	M1 (0,71)	A (0,80)	M1 (1,51)
		M5 (1,00)	MB (0,20)	M5 (1,20)
	nombre_geografico_p	-	-	-
nombre_geografico_l	-	-	-	
nombre_sitio_p	-	-	-	
caracteristica_suelo_a	M2 (0,88)	B (0,40)	M2 (1,28)	
	M5 (1,00)	MB (0,20)	M5 (1,20)	
limite_nieve_l	M2 (0,88)	B (0,40)	M2 (1,28)	
	M5 (1,00)	MB (0,20)	M5 (1,20)	
linea_transmision_electrica_l	M1 (0,71)	A (0,80)	M1 (1,51)	
	M5 (1,00)	MB (0,20)	M5 (1,20)	
limite_administrativo_l	M1 (0,71)	A (0,80)	M1 (1,51)	
provincia_a	M1 (0,71)	A (0,80)	M1 (1,51)	
<b>Altimetría</b>	curva_nivel_l	M2 (0,88)	B (0,40)	M2 (1,28)

		M3 (0,78) M5 (1,00)	M (0,60) MB (0,20)	M3 (1,38) M5 (1,20)
<b>Escala 1:1 000 000</b>				
<b>Red hidrográfica</b>	embalse_a	M2 (0,89) M3 (0,83) M5 (1,00)	B (0,40) M (0,60) M (0,60)	M2 (1,29) M3 (1,43) M5 (1,60)
	lago_laguna_a	M2 (0,89) M3 (0,83) M5 (1,00)	B (0,40) M (0,60) M (0,60)	M2 (1,29) M3 (1,43) M5 (1,60)
	rio_a	M2 (0,89) M3 (0,83) M5 (1,00)	B (0,40) M (0,60) M (0,60)	M2 (1,29) M3 (1,43) M5 (1,60)
	rio_l	M2 (0,89) M3 (0,83) M5 (1,00)	B (0,40) M (0,60) M (0,60)	M2 (1,29) M3 (1,43) M5 (1,60)
	linea_costa_l	M1 (0,77)	A (0,80)	M1 (1,57)
	isla_a	M2 (0,89) M3 (0,83) M5 (1,00)	B (0,40) M (0,60) M (0,60)	M2 (1,29) M3 (1,43) M5 (1,60)
	punto_desvanecido_p	-	-	-
<b>Red vial</b>	sendero_l	M1 (0,77) M2 (0,89) M3 (0,83) M4 (0,18) M5 (1,00)	A (0,80) B (0,40) M (0,60) MA (1,00) M (0,60)	M1 (1,57) M2 (1,29) M3 (1,43) M4 (1,18) M5 (1,60)
	rodera_l	M1 (0,77) M2 (0,89) M3 (0,83) M4 (0,18) M5 (1,00)	A (0,80) B (0,40) M (0,60) MA (1,00) M (0,60)	M1 (1,57) M2 (1,29) M3 (1,43) M4 (1,18) M5 (1,60)
	via_ruta_l	M1 (0,77) M2 (0,89) M3 (0,83) M4 (0,18) M5 (1,00)	A (0,80) B (0,40) M (0,60) MA (1,00) M (0,60)	M1 (1,57) M2 (1,29) M3 (1,43) M4 (1,18) M5 (1,60)
	ferrocarril_l	M1 (0,77)	A (0,80)	M1 (1,57)
	puente_l	M2 (0,89) M3 (0,83) M5 (1,00)	B (0,40) M (0,60) M (0,60)	M2 (1,29) M3 (1,43) M5 (1,60)
<b>Misceláneos</b>	aeropuerto_p	M1 (0,77) M2 (0,89) M3 (0,83) M5 (1,00)	A (0,80) B (0,40) M (0,60) M (0,60)	M1 (1,57) M2 (1,29) M3 (1,43) M5 (1,60)
	pista_aterrizaje_p	M1 (0,77) M2 (0,89) M3 (0,83) M5 (1,00)	A (0,80) B (0,40) M (0,60) M (0,60)	M1 (1,57) M2 (1,29) M3 (1,43) M5 (1,60)
	poblado_p	M1 (0,77) M2 (0,89) M3 (0,83) M5 (1,00)	A (0,80) B (0,40) M (0,60) M (0,60)	M1 (1,57) M2 (1,29) M3 (1,43) M5 (1,60)
	zona_edificada_a	M1 (0,77) M2 (0,89) M3 (0,83) M5 (1,00)	A (0,80) B (0,40) M (0,60) M (0,60)	M1 (1,57) M2 (1,29) M3 (1,43) M5 (1,60)
	faro_p	-	-	-
	tuberia_l	M1 (0,77) M5 (1,00)	A (0,80) M (0,60)	M1 (1,57) M5 (1,60)

	nombre_geografico_p	-	-	-
	nombre_geografico_l	-	-	-
	nombre_sitio_p	-	-	-
	limite_nieve_l	M2 (0,89) M5 (1,00)	B (0,40) M (0,60)	M2 (1,29) M5 (1,60)
	linea_transmision_electrica_l	M1 (0,77) M5 (1,00)	A (0,80) M (0,60)	M1 (1,57) M5 (1,60)
	limite_administrativo_l	M1 (0,77)	A (0,80)	M1 (1,57)
	provincia_a	M1 (0,77)	A (0,80)	M1 (1,57)
<b>Altimetría</b>	curva_nivel_l	M2 (0,89) M3 (0,83) M5 (1,00)	B (0,40) M (0,60) M (0,60)	M2 (1,29) M3 (1,43) M5 (1,60)

Fuente: Guerrón, P. (2021)

**Resultados:** De los resultados obtenidos en la Tabla 49; a continuación, se muestra en orden descendente, los métodos alternativos por escala de acuerdo a su eficiencia determinada:

- **1:250 000:** 1) M2, 2) M1, 3) M4, 4) M3
- **1:500 000:** 1) M1, 2) M3, 3) M2, 4) M5, 5) M4
- **1: 1 000 000:** 1) M5, 2) M1, 3) M3, 4) M2, 4) M4

### **7.3 Determinación de un proceso y procedimiento de actualización cartográfica con la aplicación de métodos alternativos de insumos no fotográficos efectivo**

En concordancia con los resultados obtenidos en la determinación de la efectividad del insumo de los métodos alternativos realizada en la Tabla 49, se concluye que para la actualización cartográfica de cada componente se requiere de una combinación de los insumos de los diferentes métodos investigados, un método o dos son los más efectivos y el resto sirve de apoyo. Adicionalmente, se considera que todos tienen un costo económico de cero en lo referente al insumo, lo que posibilita una óptima actualización de la mayor parte de los objetos geográficos.

A partir de lo expuesto, para actualizar las BDG nacionales que permiten publicar una nueva versión de los mapas geográficos del país (con su etapa respectiva de diseño y simbolización cartográfica), se muestran a continuación los procedimientos generales de cada método con sus actividades; seguidamente, una propuesta de proceso y procedimiento de actualización cartográfica óptimo y validado, con el uso combinado de los insumos de los métodos alternativos, con base en los resultados obtenidos, considerándose trabajar inicialmente a la mayor escala:

### **7.3.1 Procedimiento general de cada método alternativo**

#### **7.3.1.1 M1: Compilación de información geográfica de otras entidades del Estado**

1. Se analiza cada área que se desea actualizar y se recopila la cartografía vectorial de la última versión a la escala requerida. Luego, mediante operaciones digitales de corte, se obtiene una BDG del área, sobre la cual se realiza el proceso de actualización, a través de la edición cartográfica.
2. Se procede a la recopilación de la información generada por las instituciones y entidades de Estado, disponible en formato raster y vectorial.
3. Se realiza revisión y análisis de los objetos geográficos compilados, a fin de determinar cuáles son de uso obligatorio y cuáles sirven solo de apoyo y/o referencia en el proceso de actualización cartográfica.
4. Se realiza una validación cartográfica a la información de otras fuentes, que se determine como de referencia o apoyo al proceso de actualización, el cual se lleva a cabo mediante una comparación con la información cartográfica oficial disponible, apoyada del uso de imágenes satelitales actualizadas, de las fuentes recopiladas en el método de imágenes satelitales.
5. Una vez validada la información, sirve como referencia para la actualización del correspondiente objeto geográfico, el cual se somete a una estructura topológica (numeral 6.6), para ser parte de la BDG que corresponda.

#### **7.3.1.2 M2: Obtención de información de objetos geográficos a través de imágenes satelitales.**

1. En primera instancia se determina el objetivo que persigue la actualización cartográfica y las consideraciones técnicas para la búsqueda del insumo, como la disponibilidad y gratuidad de las imágenes, su fecha de captura, resolución espacial, el porcentaje de cobertura de las nubes y los objetos geográficos a ser actualizados. Estas consideraciones se sustentan en base a los siguientes requerimientos:

**Trabajo de pronta respuesta (Ejecución 1 día, en sectores específicos):** la alternativa de los geoservicios de imágenes satelitales disponibles en las plataformas SIG es una opción efectiva, puesto que se puede interactuar con estos servicios a través de una conexión de internet, lo que ayuda a la actualización del trazado de los objetos geográficos en la misma interfaz.

Ahora bien, como desventajas de esta opción se tiene: el costo de la licencia de los Sw y de algunos geoservicios, y la falta de información sobre el año de la imagen satelital: la primera se solventa con Sw libre, y la segunda mediante la técnica de fotointerpretación y comparación con la información disponible (cartografía versión antigua) versus la información de la imagen, en la cual se puede observar si existe una actualización de los objetos que desean actualizarse.

**Trabajo planificado:** se dispone de tiempo para su ejecución y se considera el tiempo de vigencia de un mapa y la edición de una nueva versión, como es el caso de la presente investigación, que se realiza a los 13 años para la escala 1:1 000 000, 9 años para la escala 1:500 000 y 8 años para la escala 1:250 000, ante la promulgación de nuevos límites políticos administrativos. Para este tipo de proyectos, se analiza la fecha de actualización de las imágenes de los geoservicios, de modo que, si no cumple el requerimiento, se procede a la búsqueda y descarga de imágenes gratuitas que se encuentren disponibles en los visores de teledetección, como las imágenes de Sentinel y Landsat, cuyas resoluciones espaciales cumplen con los requerimientos de precisión de las escalas pequeñas. La búsqueda y la descarga requieren dedicación y tiempo, por lo que se deben escoger los visores que, a través de scripts, posibiliten la búsqueda rápida con base en las consideraciones establecidas.

2. A continuación, se analiza cada área que se desea actualizar y se recopila la cartografía vectorial de la última versión a la escala requerida, y mediante operaciones digitales de corte, se obtiene una BDG del área. Sobre esta información se realiza el proceso de actualización, por medio de la edición cartográfica.
3. Se procede mediante la técnica de recopilación, la búsqueda, el análisis y la revisión de las imágenes que cumplan las consideraciones técnicas establecidas de las diversas fuentes que hayan sido investigadas, como ejemplo de la investigación: el archivo institucional del IGM, los geoservicios disponibles y los visores de teledetección para la de descarga de imágenes satelitales. Una vez determinadas las imágenes en las diferentes fuentes, se analiza si el insumo va a ser de una; o la combinación de algunas fuentes, que permitan el cumplimiento del objetivo. Las imágenes escogidas son descargadas, y/o utilizadas a través de su geoservicio si se encuentra disponible.

4. Todas las imágenes satelitales validadas en el paso anterior ingresan al proceso de actualización cartográfica, para lo cual se procede a revisar su georreferenciación (posición en x, y). Esto se realiza con una comparación cartográfica, tomando como referencia la cartografía vectorial disponible de ediciones previas, y el objeto geográfico que se visualiza en la imagen satelital (se recomienda la red vial). Se realiza un análisis con mediciones aleatorias entre el desplazamiento del objeto vectorial y el raster; estas diferencias no deben sobrepasar las especificaciones técnicas que tiene cada escala (IGM, 2019b)<sup>89</sup>, para que los trazos o modificaciones que se realicen sobre las imágenes cumplan mencionadas especificaciones.
5. El insumo validado puede ser sometido a un tratamiento digital de imágenes, si se requiere un mejoramiento en la calidad de la imagen para la aplicación de la técnica de fotointerpretación.
6. Con la BDG que se va a actualizar y las imágenes satelitales validadas y mejoradas (si se sometieron a un tratamiento digital), se procede, mediante la técnica de fotointerpretación, a una actualización cartográfica por cada objeto geográfico que tenga la escala y que el mencionado insumo lo permita. Todas las actualizaciones realizadas a los diferentes objetos geográficos de la cartografía vectorial deben considerar una estructura topológica (numeral 6.6).

#### **7.3.1.3 M3: Obtención de información de objetos geográficos a través de servicios de maps web**

1. Se analiza cada área que se desea actualizar, se recopila la cartografía vectorial de la última versión a la escala requerida (1:250 000, 1:500 000 y 1:1 000 000), y a través de operaciones digitales de corte, se obtiene una BDG del área. Sobre esta información se hace el proceso de actualización mediante la edición cartográfica.
2. Se utilizan como referencia los servicios de los mapas WEB (información vectorial), disponibles de las fuentes investigadas y que permitan brindar un apoyo al proceso de actualización cartográfica de los objetos geográficos.
3. La información de los servicios de los mapas web que ingresen al proceso de actualización cartográfica deben ser validados, para lo cual se procede a revisar su georreferenciación (posición en x, y). Esto se realiza por medio de una comparación cartográfica, tomando como referencia la cartografía vectorial disponible de

---

<sup>89</sup> Para planimetría: Precisión = 0.3mm \* factor de escala.

ediciones previas; además, el objeto geográfico que se visualiza en el mapa web (se recomienda la red vial). Se realiza un análisis con mediciones aleatorias entre el desplazamiento del objeto vectorial y el observado en el mapa WEB; estas diferencias no deben sobrepasar las especificaciones técnicas que tiene cada escala (IGM, 2019b)<sup>90</sup>, para que los trazos o modificaciones que se realicen sobre las imágenes cumplan con las especificaciones.

4. Al disponer de un insumo validado en su posición, se procede, a través de una interpretación visual, a comparar cada objeto geográfico disponible en la BDG, y se lleva a cabo con la información proporcionada de los servicios de los mapas WEB. Si se observa una actualización o cambio, este debe ser validado y corroborado con una imagen satelital actualizada, por lo que se procede a realizar la edición y la actualización que corresponda.
5. Todas las actualizaciones realizadas a los diferentes objetos geográficos de la cartografía vectorial deben considerar una estructura topológica y ser incorporados a una BDG (numeral 6.6).

#### **7.3.1.4 M4: Obtención de información de objetos geográficos a través de navegadores (GPS)**

1. Se recopila la última versión de la BDG del país y se extraen los objetos geográficos de *via\_1*, *rodera\_1* y *sendero\_1*. Se recomienda trabajar sobre la mayor escala disponible, y que la precisión de los navegadores disponibles lo permita, para que cualquier actualización a la red pueda ser replicada a sus escalas menores.
2. Para su aplicación, es necesario la determinación de sectores que presentan un alto dinamismo a nivel nacional y tenerlos como una prioridad para su actualización. Según estas zonas y en coordinación con las áreas y/o procesos del instituto que constantemente realizan comisiones de campo, se realiza una planificación. Si existen áreas de interés, se procede a solicitar la captura de la información vial, a través del *tracking* obtenido con el GPS/navegador durante la ejecución de la comisión.
3. La información de los *trackings* vehiculares obtenidas de los navegadores, una vez finalizada la comisión es descargada y comparada con la información cartográfica vial que se dispone.

---

<sup>90</sup> Para planimetría: Precisión = 0.3mm \* factor de escala.



4. Si se observa la presencia de nuevos tramos en la red vial, estos deben ser incorporados a su respectivo objeto geográfico, mediante edición cartográfica con la respectiva estructura topológica (numeral 6.6). Esta actividad puede ser apoyada con el uso de los geoservicios de mapas web (vectoriales y de imágenes).
5. Si existe la actualización de tramos en la red vial nacional, estos deben ser replicados mediante su respectiva generalización cartográfica para el resto de las escalas menores.

### 7.3.1.5 M5: Generalización cartográfica

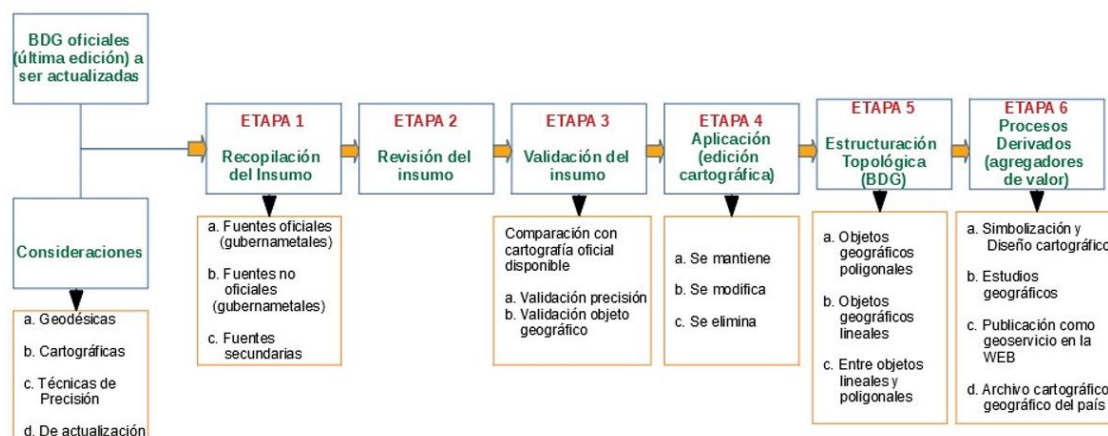
1. Se recopila la información cartográfica de la última versión y a la mayor escala disponible. Esta información es sometida a un proceso de generalización cartográfica, por medio de la aplicación secuencial de operaciones cartográficas. El procedimiento detallado de este método se encuentra en el Capítulo 6, literal 6.5.1.

### 7.3.2 Propuesta de un proceso y procedimiento de actualización cartográfica con la aplicación de métodos alternativos de insumos no fotográficos, para las BDG a escalas 1:250 000, 1:500 000 y 1:1 000 000

En consonancia con lo expuesto, en la Figura 46 se muestra una propuesta de un proceso general de actualización cartográfica con la utilización de métodos alternativos de insumo no fotográfico. Seguidamente, se describe una propuesta del procedimiento a ser aplicado en las escalas de estudio, con una combinación de los métodos, en base en los resultados obtenidos de su efectividad.

Figura 46

#### Propuesta de un proceso general de actualización cartográfica, con la aplicación de los insumos no fotográficos de métodos alternativos



Fuente: Guerrón, P. (2021)

1. Recopilación de la cartografía básica oficial más actualizada, a una escala mayor de la requerida, para proceder a ejecutar el M5 (Procedimiento M5, numeral 7.3.1.5 - Capítulo 6, literal 6.5.1). Si no se dispone de esta información, como es la situación de la investigación, se recopila la BDG de la última versión disponible, sobre esta información se procede a realizar el proceso de actualización cartográfica.
2. Los objetos geográficos que no pudieron ser actualizados con los insumos no fotográficos de los métodos alternativos analizados son: punto\_desvanecido\_p, tunel\_l, tunel\_p, terraplen\_l, faro\_p, nombre\_sitio\_l, nombre\_geografico\_p, nombre\_geografico\_l. Para estos objetos geográficos se considera la información de la última versión de la base cartográfica oficial disponible. Los que corresponden a nombres geográficos, se solicita al proceso respectivo de cada institución, su revisión, para que se informe la existencia de modificaciones y/o actualizaciones.
3. Los objetos geográficos hito\_p, vertice\_p y puntos\_acotado\_p (escala 1:500 000 y 1:1 000 000) son tomados directamente de fuente IGM. El objeto geográfico roca\_p, sólo se considera en la escala 1:250 000 y 1:500 000 en la provincia de Galápagos.
4. Con la aplicación del **M1** (Procedimiento M1, numeral 7.3.1.1), se obtiene la siguiente información que es de uso obligatorio:

LPI: limite\_administrativo\_l (Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana)

Límite Político Administrativo: provincia\_a (nivel provincial - CONALI)

Línea de costa: linea\_costa\_l y curvas batimétricas: curva\_batimetrica\_l (INOCAR)

Poblados: poblado\_p y zonas edificadas: zona\_edificada\_a, que corresponden a las capitales de provincia, sedes municipales y cabeceras parroquiales (CONALI).

*Nota:* cuando se ha planificado realizar una nueva edición de un mapa, se debe solicitar a las instituciones oficiales respectivas, la última versión disponible y vigente de esta información.

Con la aplicación de este método, también se puede obtener los siguientes objetos geográficos: ferrocarril\_l, tuberia\_l y mina\_a, los objetos geográficos aeropuerto\_a, aeropuerto\_p, pista\_aterizaje\_l, pista\_aterizaje\_p, puente\_p, puente\_l, via\_l, rodera\_, sendero\_l, cultivo\_a, matorral\_a, pastizal\_a y bosque\_a. Los mismos que fueron obtenidos también por otros métodos; no obstante, esta información es respaldada por una institución, y requiere una validación con el M2 y M3.

5. La mayor parte de objetos geográficos son obtenidos con la aplicación del insumo del M2 (Procedimiento M2, numeral 7.3.1.2), y su complemento con el insumo del M3 (Procedimiento M3, numeral 7.3.1.3). Para su aplicación en los diferentes objetos geográficos, se debe considerar su uso:

***Para verificación y validación de la información disponible:*** area\_inundacion\_a, cienega\_a, helipuerto\_p, caracteristica\_suelo\_a, limite\_nieve\_l, muelle\_l, muelle\_p, puerto\_p, cantera\_p, zona\_manglar\_a.

***Para verificación y validación de la información obtenida también por otros métodos:*** embalse\_a, lago\_laguna\_a, rio\_a, rio\_l, granja\_acuatica\_a, isla\_a, sendero\_l, rodera\_l, via\_ruta\_l, puente\_p, puente\_l, aeropuerto\_a, aeropuerto\_p, pista\_aterrizaje\_l, pista\_aterrizaje\_p, poblado\_p, zona\_edificada\_a, mina\_a, cultivo\_a, matorral\_a, pastizal\_a, bosque\_a

***De referencia (Uso de DEM):*** curval\_nivel\_l, punto\_acotado\_p

6. El insumo del método alternativo más eficiente determinado es el M4, pero la aplicación del insumo de este método solo permite la actualización de los objetos geográficos: via\_ruta\_l, rodera\_l y sendero\_l, que pueden ser actualizados por todos los insumos de los demás métodos. Por lo anterior, la aplicación de este método quedaría para su uso, en el mantenimiento y la actualización permanente de la red vial, aprovechando el insumo obtenido de las comisiones de campo (Procedimiento M4, numeral 7.3.1.4).
7. Mediante la aplicación conjunta de los insumos de los métodos alterativos previamente expuesta M1, M2, M3, se obtiene la cartografía actualizada a la mayor escala, es decir a 1:250 000. Con esta información se procede mediante la aplicación del M5, a la actualización de las escalas siguientes 1:500 000 y 1:1 000 000.

Como un ejemplo del trabajo realizado, en el Anexo 3 se observan las áreas de muestreo en el Mapa Geográfico del Ecuador del 2012, y sus correspondientes áreas en el nuevo mapa actualizado del 2021 (con el proceso respectivo de simbolización y diseño cartográfico), obtenido del trabajo realizado en la investigación; el cual se encuentra en trámite de aprobación por parte de las entidades competentes en el tema de límites internos y externos.

## Capítulo 8. Conclusiones y Recomendaciones

De acuerdo con toda la información investigada, recopilada y analizada en las diferentes temáticas que aborda la presente investigación, y al considerar también los resultados obtenidos en el desarrollo de las fases metodológicas, se llega a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

### 8.1 Conclusiones

- La cartografía y la geografía en un escenario transdisciplinario, se enfrentan a permanentes cambios y requerimientos de una sociedad cada vez más tecnificada. Su desafío actual, es apoyarse y fortalecerse con en el uso de las geotecnologías (SIG, Teledetección, GPS) que se encuentran en continua evolución, y convertirse en geoinformación actualizada, útil, práctica y disponible, cada vez más al alcance de todos.
- La evolución y la importancia de la cartografía en el Ecuador fue sintetizada en seis períodos, y se puede observar que a lo largo de la historia ha sido un instrumento valioso, sea para la representación de tierras descubiertas, en proceso de conquista, delimitación de territorios, nacimiento de Estados, impases limítrofes, planificación de operaciones militares y de ordenamiento del territorio, entre otras. En conclusión, la cartografía de manera conjunta con los avances tecnológicos que se han desarrollados a nivel mundial, ha permitido evidenciar y plasmar la evolución y desarrollo de los pueblos en las diferentes épocas, brindado un producto que, representa la pertenencia de un pueblo hacia su territorio: y, tomando palabras utilizadas en el ámbito militar, refleja cuántos km<sup>2</sup> de patria se debe amar y proteger su soberanía hasta con la vida misma.
- La noble labor de plasmar el territorio en un plano, carta o mapa en el país, recae en el Instituto Geográfico Militar (IGM), que desde sus inicios como Servicio Geográfico Militar (SGM) en 1928 y su categoración a Instituto en 1947, es la entidad encargada por el Estado ecuatoriano para la elaboración de la cartografía básica oficial y el archivo de datos geográfico y cartográfico del país. Esta misión y competencia se encuentra enmarcada en la Ley de la Cartografía Nacional (1978) y su Reglamento (1991), el cual es el marco legal vigente para su accionar.

- En la actualidad, el IGM mantiene como proceso convencional de generación de cartografía básica, el realizado a través del método aerofotogramétrico con la aplicación de la técnica de restitución, cuyo insumo básico es la fotografía aérea, que conlleva la erogación de ingentes recursos. Este proceso se encuentra desarrollado en ocho etapas, la presente investigación se enfoca en una redefinición de las etapas 2, 3, 4, y 5, al incorporar métodos alternativos con insumos no fotográficos y sus respectivas técnicas, enfocadas en un proceso y procedimiento efectivo de actualización cartográfica.
- Ante la importancia de la cartografía como base para la planificación territorial, el Estado ecuatoriano, financia desde 2011 dos proyectos de inversión, cuyo objetivo es la generación de la cartografía básica a escala 1:5000; las escalas menores (25 000, 50 000, 100 000, 250 000, 500 000 y 1 000 000) han sido obtenidas a través de procesos de generalización cartográfica, lo que ha permitido una concatenación y lógica en todas las BDG nacionales. Es importante resaltar que, a nivel de la región, ningún país cuenta con esta escala para cubrimiento a nivel nacional, lo que evidencia su importancia y compromiso para el Estado.
- Las BDG a escalas medianas y pequeñas generadas del insumo de los proyectos de inversión, tienen una zona no cubierta de 31 111 km<sup>2</sup>, lo que representa el 12,5 % del territorio continental. En estas zonas se ha imposibilitado la toma de fotografía aérea, por condiciones meteorológicas adversas, pese a los ingentes recursos que se destina para su cubrimiento. Se encuentran distribuidas en las tres regiones geográficas del continente, en mayor porcentaje en el Oriente (40,11 %), segundo en la Costa (31,68 %) y, por último, en la Sierra (28,21 %). Las provincias que abarcan un mayor porcentaje son: Esmeraldas, Sucumbíos y Morona Santiago, en menor porcentaje las provincias de Carchi, Santo Domingo de los Tsáchilas, Napo y Pichincha; el resto de las provincias se encuentra con un aproximado del 2 % cada una. En cambio, al comparar la zona de estudio, en relación con el área de cada provincia, se observa que las provincias de Carchi, Santo Domingo de los Tsáchilas y Esmeraldas son las más afectadas sin cubrimiento fotográfico de los dos proyectos de inversión; en menor grado las provincias de Sucumbíos, Bolívar y Cañar.
- Actualmente, ante la entrega oficial de nuevos límites administrativos en 2019 por parte del Comité Nacional de Límites Internos (CONALI), cuya Ley se encuentra en trámite de aprobación, se requiere la publicación de los mapas oficiales nacionales.

Por este motivo, es necesario un proceso de actualización cartográfica de sus últimas ediciones digitales: BDG: 1:250 000 (II versión: 2013), 1:500 000 (I versión: 2012) y 1:1 000 000 (I versión: 2008). La zona no cubierta indicada previamente de los proyectos de inversión, genera una problemática para la generación de estos productos solicitados, ya que son requeridos para su elaboración BDG continuas y completas.

- Para dar una solución a este 12,5 % sin cubrimiento de fotografía aérea y por consecuencia de cartografía, se procede a utilizar métodos alternativos que son empleados por el IGM y sus afines, cuyo insumo no sea fotográfico, y que no conlleve un gasto económico su adquisición, para que pueda ser aplicado y replicado ampliamente. Como métodos alternativos se analizó: la compilación de información geográfica de otras entidades del Estado, la obtención de información de los objetos geográficos requeridos para su actualización a través de imágenes satelitales, servicios de mapas web, navegadores (GPS) y la generalización cartográfica. Las técnicas aplicadas en los métodos, que a su vez se convierten en sus etapas de ejecución: recopilación, revisión, validación y aplicación del insumo no fotográfico, para luego realizar un análisis de los resultados obtenidos, con el apoyo de las Geotecnologías.
- Para dar contestación a los objetivos e hipótesis planteadas en la investigación, que conlleven al cumplimiento del requerimiento del Estado, se desarrolló una metodología con la ejecución de cinco fases:
  - Fase 1.** Selección y agrupación de los objetos geográficos que corresponden a cada escala en estudio.
  - Fase 2.** Determinación de la muestra de la zona de estudio.
  - Fase 3.** Desarrollo y tratamiento del insumo no fotográfico de cada método alternativo, que considera lo siguiente:
    - Fundamentos y consideraciones teóricas y/o técnicas (solo para los métodos de empleo de imágenes satelitales, navegadores (GPS) y generalización cartográfica).
    - Paso 1: recopilación y revisión del insumo no fotográfico de cada método.
    - Paso 2: validación del insumo no fotográfico recopilado de cada método.
    - Paso 3: aplicación del insumo no fotográfico de cada método, en cada objeto geográfico a cada escala en estudio, evidenciable a través de matrices.
    - Paso 4: análisis de los resultados obtenidos, evidenciable a través de matrices.

- Paso 5: estructuración topológica de los objetos geográficos que fueron actualizados.

**Fase 4.** Determinación de la eficiencia y la eficacia, es decir de la efectividad del insumo no fotográfico de cada método alternativo.

**Fase 5.** Elaboración de un proceso de actualización cartográfica y un procedimiento validado, considerando el uso combinado de los métodos alternativos más efectivos, para las escalas en estudio.

- Una vez determinada la zona de estudio de la investigación (31 111 km<sup>2</sup>), se procedió a calcular una muestra, cuya unidad de análisis son las dimensiones de una carta topográfica a escala 1:50 000. Se consideró inicialmente criterios geográficos de representatividad y su posterior selección fue realizada mediante un muestreo probabilístico aleatorio simple. Luego de la aplicación de la fórmula de Fisher y Navarro aplicada para un tamaño de la población de valor conocido y finito, se obtuvieron tres áreas de muestreo para la costa, tres para la sierra y cuatro para el oriente, las cuales fueron seleccionadas con la técnica del azar.
- Actualmente, existe una gran cantidad de geoinformación generada por otras entidades públicas y privadas, disponible de forma gratuita en el internet a través de geoservicios raster y vectoriales, visores, entre otros, que permiten brindar un insumo valioso para un proceso de actualización cartográfica a escalas pequeñas, inclusive de cartografía oficial, luego de un proceso riguroso de validación; y, de generalización cartográfica si fuese requerido.
- El proceso cartográfico convencional contempla la toma de fotografía aérea que conlleva tiempo y recursos; en cambio, la imagen satelital es más versátil solo requiere de puntos fotoidentificables, para que, mediante un modelo de ajuste, se pueda georreferenciar; y, en muchas de las ocasiones ya se encuentra tratada y georeferenciada. Estos recursos, cada vez más disponibles y al alcance de los usuarios, facilitan un análisis de la realidad territorial, con una capacidad de actualización muy complicada de conseguir con la cartografía convencional.
- Hoy en día, el dinamismo territorial es cada vez más rápido, la expansión de las áreas urbanas, la provisión de los servicios básicos, los cambios en las áreas rurales y la construcción de infraestructura (vial, energética, petrolera y minera), motivo por el cual, demanda de una actualización cartográfica permanente, no lograda alcanzar con el proceso cartográfico convencional. Por consiguiente, el uso de geotecnologías

como la teledetección, con su capacidad de análisis multitemporal y el aprovechamiento del insumo valioso de las imágenes satelitales, junto con el empleo de los SIG, permiten dar una solución alternativa a esta problemática.

- Existe un grupo de objetos geográficos que no pudieron ser actualizados con la aplicación de los insumos de los métodos alternativos analizados, estos son: punto\_desvanecido\_p, tunel\_l, tunel\_p, terraplen\_l, faro\_p, nombre\_sitio\_l, nombre\_geografico\_p, nombre\_geográfico\_l. Estos objetos deben ser mantenidos de la última versión disponible de la escala. En el tema de nombres geográficos, se solicita al proceso respectivo dentro del Intituto, la revisión, validación, actualización o eliminación de los vigentes.
- Para la determinación de la efectividad del insumo no fotográfico de cada método alternativo, se analizaron las variables de eficacia más eficiencia, con el objetivo de establecer cual insumo permitía el logro de resultados con el uso más óptimo de recursos, para cada objeto geográfico, de cada escala analizada; asimismo, con esos resultados elaborar una propuesta de proceso de actualización cartográfica con su procedimiento validado.
- Con base en el conocimiento y la experiencia empírica por parte de la autora, se considera para el cálculo de la efectividad, rangos cualitativos en conjunto con valoraciones cuantitativas normalizadas a uno (1) para cada variable, las cuales ingresan a la ecuación simple sin ninguna ponderación.
- El método de generalización cartográfica resulta ser el más eficaz de los cinco analizados, dado que permite replicar todos los objetos geográficos actualizados de una escala mayor, y llevarla a sus escalas menores con la ejecución de su respectivo proceso; no obstante, es requerida esta información y al no disponerla, como en el caso de esta investigación; el método con el uso de imágenes satelitales permite el mayor porcentaje de objetos geográficos actualizados y; de igual manera, sirve de base para la validación de los otros métodos. Esto se debe a que la imagen satelital con la técnica de fotointerpretación suple el papel de la fotografía aérea, con la técnica de restitución.
- En particular, la componente vial con los objetos geográficos: via\_l, rodera\_l y sendero\_l, de las escalas analizadas son los que obtuvieron resultados eficaces con todos los métodos alternativos analizados, por lo que la red vial del país, ante una adecuada planificación, puede ser permanentemente actualizada.



- El insumo del método alternativo más eficiente para todas las escalas es el obtenido de los navegadores (GPS), y los menos eficientes son el empleo de imágenes satelitales y generalización cartográfica. Estos resultados guardan estrecha relación con la efectividad de estos métodos, ya que el insumo del método más eficiente, es el que menos objetos geográficos puede o sirve de apoyo para su actualización, razón por la cual, se destina menos recursos humanos para su aplicación. En cambio, el insumo de los otros dos métodos, permiten la actualización de la mayor cantidad de objetos geográficos.
- De los resultados obtenidos en la determinación de la efectividad del insumo no fotográfico de los métodos alternativos, se concluye que, para la actualización cartográfica de los objetos geográficos de cada componente a cada escala, se requiere de una combinación de los insumos de los diferentes métodos investigados, un método o dos son los más efectivos y el resto puede servir de apoyo o referencia.
- Como resultado de la investigación, se obtiene un nuevo proceso de actualización cartográfica con su procedimiento validado, conformado con la combinación de los insumos de los métodos alternativos de acuerdo a su efectividad. Esto permite dar respuesta a las necesidades de actualización cartográfica que requiere el país a estas escalas para la promulgación de nuevos mapas oficiales, cuyo uso puede ser replicable en los demás Institutos y/o Servicios Geográficos-Cartográficos, contribuyendo de esta manera al ámbito geográfico.

## 8.2 Recomendaciones

- Ante los resultados obtenidos en la investigación, se recomienda incorporar en la línea de producción cartográfica, el empleo de insumos no fotográficos de métodos alternativos que permitan, de acuerdo con el insumo disponible, la generación, actualización y/o el mantenimiento de las bases cartográficas oficiales multiescala del país. Proceso que conlleva al cumplimiento de la misión institucional de los Institutos y/o Servicios Geográficos-Cartográficos y, en particular del IGM de Ecuador.
- Se deben optimizar los recursos asignados, mediante el aprovechamiento del insumo de geoinformación disponible de otras entidades del Estado. Igualmente, de forma gratuita en internet, como los servicios de mapas web (geoservicios), visores de teledetección que permiten la descarga de imágenes satelitales, con el objetivo de

mantener actualizadas las bases cartográficas del país, y dar cumplimiento a lo establecido en la misión institucional.

- La geoinformación proporcionada por otras entidades del Estado siempre debe ser validada para su uso e incorporación en los mapas oficiales del país, a excepción de la información que es de uso obligatorio: LPI, límites políticos administrativos y línea de costa.
- El trabajo de las comisiones de campo es oneroso, pero al ser necesarias en la ejecución de procesos del instituto y encontrarse planificadas y presupuestadas, pueden ser aprovechadas para el mantenimiento y la actualización de la red vial nacional, al traer de cada comisión el *tracking* vehicular respectivo.
- Ante los resultados obtenidos de la recopilación, la revisión, la validación y la aplicación de los insumos no fotográficos de los métodos y su análisis respectivo, se recomienda trabajar a la mayor escala cartográfica que los insumos lo permitan; como en este caso, la escala 1:250 000; así, por medio de la aplicación del método de generalización cartográfica, llegar técnicamente a las escalas menores.
- Replicar la metodología obtenida hacia las escalas cartográficas oficiales medianas y grandes del país.
- Se recomienda la difusión y aplicación de los resultados obtenidos en la investigación, la cual permite mantener las bases cartográficas oficiales del país a escalas pequeñas actualizadas, contribuyendo a esta área del conocimiento y logrando un impacto en el ámbito de las investigaciones geográficas.

## 9 Bibliografía

- Aldana, A., Maldonado, J., & Matos, T. (2011). Marco semiológico/semiótico de la comunicación cartográfica. *Geoenseñanza*, 16(2), 167-192.
- Alonso, D. (2014). *OpenLayers plugin: capas base de Google, OSM, Bing para QGIS*. Obtenido de <http://mappinggis.com/2014/11/openlayers-plugin-capas-base-para-qgis/>
- Alonso, D. (2019). *Qué es la topología y cómo crearla en ArcGIS Pro*. Obtenido de MappingGIS: <https://mappinggis.com/2019/10/que-es-la-topologia-y-como-crearla-en-arcgis-pro/>
- Aplitop. (s.f.). 2. Conceptos y definiciones. Obtenido de [https://www.aplitop.com/subidas/ayuda/es/tcpstereo/2\\_5\\_\\_bloque\\_fotogrametrico.htm?ms=AQY%3D&st=MA%3D%3D&sct=MA%3D%3D&mw=MjQw;](https://www.aplitop.com/subidas/ayuda/es/tcpstereo/2_5__bloque_fotogrametrico.htm?ms=AQY%3D&st=MA%3D%3D&sct=MA%3D%3D&mw=MjQw;) y [https://www.aplitop.com/subidas/ayuda/es/tcpstereo/2\\_2\\_\\_orientaciones\\_interna\\_y\\_externa.htm?ms=AQY%3D&st=MA%3D%3D&sct=MA%3D%3D&mw=MjQw#](https://www.aplitop.com/subidas/ayuda/es/tcpstereo/2_2__orientaciones_interna_y_externa.htm?ms=AQY%3D&st=MA%3D%3D&sct=MA%3D%3D&mw=MjQw#)
- Arenal, C. (2019). *Investigación y recogida de información de mercados. UF1780*. Tutor Formación.
- Asamblea Nacional de Ecuador. (2010). Oficio No. T.5458-SNJ-10-1558 del 20 de octubre de 2010. [Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas]. Quito, Ecuador.
- Asamblea Nacional de Ecuador. (2017). Decreto Ejecutivo 1435 del 27 de junio de 2017. Registro Oficial Suplemento No. 9. [Reglamento Código Orgánico Economía Social de los Conocimientos]. Quito, Ecuador.
- Avilés, E. (2000). *República del Ecuador*. Obtenido de Enciclopedia del Ecuador: <http://www.encyclopediadelecuador.com/historia-del-ecuador/republica-del-ecuador/>
- Azócar-Fernández, P. (2017). Un análisis epistemológico desde la cartografía postmoderna y su relación con la segunda filosofía de Wittgenstein. *Cinta de moebio*(59), 129–142. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-554X2017000200129>
- Barros, J. G., & Troncoso, A. Y. (2010). *Atlas climatológico del Ecuador [Tesis de grado]*. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

- Beltrán, G. (2013). *Los 25 tipos de mapas en Internet*. Obtenido de <https://www.goodrebels.com/es/los-25-tipos-de-mapas-en-internet/>
- Berlyant, A. (2005). Geoimages of the future. *Mapping approaches into a changing*, Proceedings of the XXII International Cartographic Conference, Coruña, España.
- Bosque Sendra, J., y Zamora Ludovic, H. (2002). Visualización geográfica y nuevas cartografías. *GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, (2), 61-77.
- Bravo, K. A. (2014). *Historia de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*. Quito, Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Bravo, K. A. (2018). *Instituto Geográfico Militar: 90 años de historia*. Quito, Ecuador: IGM.
- Buitrón, A., & Salisbury, B. (2007). Indios, blancos y mestizos en Otavalo, Ecuador. *Revista Ecuador Debate*, (70), 147-168.
- Buzai, G. D. (2006). Sistemas de Información Geográfica y Geografía. Líneas de avance teórico-metodológico a comienzos del siglo XXI. En D. Hiernaux, & A. Lindón (Dir.), *Tratado de Geografía Humana* (págs. 582-600). Barcelona, España: Anthropos.
- Camargo, C. (2011). *Estudio y Diseño de Metodología con Técnicas GPS para la actualización de la Cartografía Catastral del Municipio Palavecino (Venezuela) [Tesis doctoral]*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Campos, E. G. (2013). *Teoría y epistemología de la geografía. Curso: Geografía Turística Nacional e Internacional [Diapositivas]*. Obtenido de Slideshare: <https://es.slideshare.net/lusacramentoly/epistemologia-delageografia>
- Capelo, E. (2010). Mapas, obras y representaciones sobre la nación y el territorio. De la corografía al Instituto Geográfico Militar. En V. Coronel, & M. Prieto (Coords.), *Celebraciones centenarias y negociaciones por la nación ecuatoriana* (págs. 77-121). Quito, Ecuador: FLACSO.
- Carrera, P. (2021). *Theatrum Orbis Terrarum*. Obtenido de IberLibro: <https://www.iberlibro.com/mapas/theatrum-orbis-terrarum/index.shtml>
- Castillo, M. Á. (2018). América en la cartografía del siglo XVI (1500-1556) (II). *Quiroga. Revista de Patrimonio Iberoamericano*, 1(14), 57-71.

- Castro-Díaz, R., & Zamboni, P. (2018). Repensando el papel de la geomática aplicada en la cuestión ambiental. *El Ojo del Cóndor*(9), 46-47.
- Cedeño, J., Donoso, M. C. 2010. Atlas pluviométrico del Ecuador. *Programa hidrológico internacional de la UNESCO para América Latina y el Caribe*, (21), 1–86. Guayaquil, Ecuador.
- Chaparro Mendivelso, J. (2002). El trabajo del geógrafo y las nuevas tecnologías de la información y la comunicación. Entre la cartografía digital y la geografía virtual: una aproximación. *Scripta Nova Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 6(119), 79.
- Checa-Artasu, M. (2014). El espacio geográfico, una reflexión desde la interdisciplinariedad. En CHECA-ARTASU, M; CHÁVEZ TORRES, (Editores). El espacio en las ciencias sociales. Geografía, interdisciplinariedad y compromiso. Vol. 1. Zamora: El Colegio de Michoacán, 53-68. ISBN: 978-607-8257-46-1.
- Chen, C. (s.f.). *Proceso y procedimiento*. Obtenido de Diferenciador: <https://www.diferenciador.com/diferencia-entre-proceso-y-procedimiento/>
- Chiriboga, N., & Ángel, I. (1936). *Las misiones científicas francesas en el Ecuador: la primera misión (1735-1744) (1899-1906)*. Obtenido de <http://repositorio.casadelacultura.gob.ec/bitstream/34000/401/3/FR1-F-000363.01-Chiriboga-Misiones.pdf>
- Chuvieco, E. (2008). *Teledetección ambiental* (3.ª ed.). Barcelona, España: Ariel.
- Cisneros, D. A. (2013). *Análisis de la red nacional GPS Pasiva Enlazada al Sistema de Referencias SIRGA95 y su evolución hacia la nueva infraestructura soportada por la red GNSS de monitoreo continuo del ecuador*. Obtenido de SIRGAS: [http://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Boletines/Cisneros\\_2013\\_RedPasiva\\_y\\_REGME\\_Ecuador.pdf](http://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Boletines/Cisneros_2013_RedPasiva_y_REGME_Ecuador.pdf)
- Club del GPS. (2018). *Comparativa entre GPS Etrex 20x y 30x de Garmin*. Obtenido de <https://clubdelgps.com/garmin/gps-garmin-etrex-10-20-30/>
- Comisión Interdepartamental Estadística y Cartográfica. (2013). *Norma Técnica Cartográfica de Andalucía*. Obtenido de [https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/ieagen/sea/ntca/02\\_procesos/NTCA\\_02005\\_Vuelo\\_fotogrametrico\\_BORRADOR.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/ieagen/sea/ntca/02_procesos/NTCA_02005_Vuelo_fotogrametrico_BORRADOR.pdf)

- Comité Nacional de Límites Internos [CONALI]. (2013). *Informe del cálculo del área de la organización territorial provincial del Ecuador*. Quito, Ecuador: CONALI.
- Consejo Supremo de Gobierno. (1978). Decreto Supremo 2686 del 4 de agosto de 1978. Registro Oficial No. 643. [Ley de Cartografía Nacional]. Quito, Ecuador.
- Consejo Nacional de Geoinformática [CONAGE]. (2010a). *Políticas Nacionales de Información Geoespacial*. Registro Oficial No. 269, del 1 de septiembre de 2010. Obtenido de [https://www.ipgh.gob.ec/portal/images/imagenes/descargas/documentos/Políticas\\_Nacionales\\_de\\_Informacion\\_Geoespacial.pdf](https://www.ipgh.gob.ec/portal/images/imagenes/descargas/documentos/Políticas_Nacionales_de_Informacion_Geoespacial.pdf)
- Consejo Nacional de Geoinformática [CONAGE]. (2010b). *Perfil Ecuatoriano de Metadatos - PEM. Según Norma ISO 19115:2003 e ISO 19115-2:2009*. Obtenido de [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/PORTAL/IG/8\\_Perfil\\_Ecuatoriano\\_de\\_Metadatos.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/PORTAL/IG/8_Perfil_Ecuatoriano_de_Metadatos.pdf)
- Consejo Nacional de Geoinformática [CONAGE]. (2017). *Plan Geográfico Nacional 2017-2021*. Quito, Ecuador: CONAGE.
- Copernicus. (s.f.). *Sobre Copernicus*. Obtenido de <https://www.copernicus.eu/es/sobre-copernicus>
- Cuadra, D. E. (2014). Los Enfoques de la Geografía en su evolución como ciencia. *Revista Geográfica Digital*. IGUNNE. Facultad de Humanidades. UNNE. Año 11(21),1-22. ISSN: 1668-5180. Disponible en: <http://hum.unne.edu.ar/revistas/geoweb/default.htm>
- Dobson, J. E. (1983). Automated geography. *The Professional Geographer*, 35(2), 135-143. <https://doi.org/10.1111/j.0033-0124.1983.00135.x>.
- Douglas, D. H., & Peucker, T. (1973). Algorithms for the Reduction of the Number of Points Required to Represent a Digitized Line or Its Caricature. *The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 10(2), 112-122. doi:<https://doi.org/10.3138/FM57-6770-U75U-7727>
- Drucker, P. F. (2005). *La productividad del trabajador del conocimiento: máximo desafío*. Obtenido de <https://www.harvard-deusto.com/la-productividad-del-trabajador-del-conocimiento-maximo-desafio>

- Earth Observing System. (s.f.). *Color Natural*. Obtenido de <https://eos.com/es/natural-color/>
- Environmental Systems Research Institute [Esri]. (2016a). *¿Qué es un mapa Web de ArcGIS?* Obtenido de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/map/web-maps-and-services/what-are-web-maps-.htm>
- Environmental Systems Research Institute [Esri]. (2016b). *Cómo funciona Simplificar líneas o polígonos (cobertura)*. Obtenido de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/coverage-toolbox/how-simplify-line-or-polygon-works.htm>
- Environmental Systems Research Institute [Esri]. (2016c). *Cómo funciona Simplificar línea*. Obtenido de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/cartography-toolbox/how-simplify-line-works.htm>
- Environmental Systems Research Institute [Esri]. (2016d). *Suavizar línea*. Obtenido de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/cartography-toolbox/smooth-line.htm>
- Environmental Systems Research Institute [Esri]. (2016e). *Reglas topológicas de las geodatabases y soluciones a los errores de topología*. Obtenido de <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/editing-topology/geodatabase-topology-rules-and-topology-error-fixes.htm>
- Environmental Systems Research Institute [Esri]. (2016f). *Agregar polígonos*. Obtenido de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/cartography-toolbox/aggregate-polygons.htm>
- Environmental Systems Research Institute [Esri]. (2018). *Derivar líneas de curvas de nivel a partir de una superficie*. Obtenido de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/extensions/3d-analyst/how-to-derive-contour-lines-from-a-surface.htm>
- Estévez, R. (2020). *Estándares WMS, WMTS, WFS y WCS del OGC: qué son y diferencias*. Obtenido de <http://www.geomapik.com/webmapping-gis/estandares-ogc-wms-wmts-wfs-wcs/>
- Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales [FLACSO]. (s.f.). *Descripción de los impases*. Obtenido de <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=16118>

- Felicísimo, Á. M. (1994). *Modelos digitales del terreno. Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales*. España: Pentalfa.
- Fisher, L., & Navarro, A. (1996). *Introducción a la Investigación de Mercados*. Editorial McGraw Hill Interamericana.
- Flores, E. J., & Aldana, A. T. (2000). La generalización, controles y procesos en la producción cartográfica. *Geoenseñanza*, 5(1), 81-94.
- Franco, T., Pardo, C. J., & López-Davaillo, J. (2011). *El uso de la cartografía en la investigación geográfica regional* (2.<sup>a</sup> ed.). Madrid, España: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Furones, A. M. (2010). Sistema y marco de referencia terrestre. Sistemas de coordenadas. Obtenido de <http://www.upv.es/unigeo/index/docencia/etsigct/astrologia/teoria/astrologia210.pdf>
- Galvis, M. F. (2007). La generalización en cartografía básica y temática. *Revista Científica*, (9), 207-239. <https://doi.org/10.14483/23448350.360>.
- Geoportal. (s.f.). *Inicio*. Obtenido de [www.geoportaligm.gob.ec](http://www.geoportaligm.gob.ec)
- Giraldo Restrepo, J. C. (2015). La cartografía en el ámbito de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). *Revista Didáctica, Innovación y Multimedia (DIM)*, (31), 1-18.
- Gis & Beers. (2017). *ArcBruTile: mapas base míticos para tu vista ArcMap*. Obtenido de <http://www.gisandbeers.com/arcbrutitle-descargar-mapas-base-arcmap/>
- Gis & Beers. (2018a). *SAS Planet para descarga de imágenes y mapas*. Obtenido de <http://www.gisandbeers.com/sas-planet-descarga-de-imagenes-y-mapas/>
- Gis & Beers. (2018b). *Descarga de mapas base con Terra Incognita*. Obtenido de <http://www.gisandbeers.com/Descarga-mapas-base-terra-incognita/>
- Gis & Beers. (2018c). *Recopilatorio de los mejores visores para teledetección*. Obtenido de <http://www.gisandbeers.com/recopilatorio-de-los-mejores-visores-para-teledeteccion/>
- Gómez Piñeiro, J. (1995). Geografía y cartografía: teoría y práctica. *Lurralde: Investigación Espacio*, 8, 13-19.



- Gómez, R. (2015). Mapoteca histórica del ministerio de relaciones exteriores: la construcción histórica del espacio nacional, como soporte institucional y científico a la investigación. *AFESE: Revista del Servicio Exterior Ecuatoriano*, 62(1), 244-248.
- GPS. (s.f.). *El Sistema de Posicionamiento Global*. Obtenido de <https://www.gps.gov/systems/gps/spanish.php>
- Guerra, S. (2018). *El poder del mapa*. Obtenido de Dialoguemos: <https://dialoguemos.ec/2018/04/el-poder-del-mapa/>
- Guerrero, C. A., & Hernández, P. A. (2017). *Determinación de un modelo digital de elevación a partir de imágenes de Radar Sentinel-1 usando Interferometría SAR*. [Tesis de grado]. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11349/5915>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. d. (2010). *Metodología de la Investigación (5a ed.)*. McGraw Hill.
- Ingeoexpert. (2020). *Configuración, estructura y características de las imágenes en teledetección*. Obtenido de <https://ingeoexpert.com/articulo/21969/>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (2018). Control Terrestre y Clasificación de Campo. Obtenido de <https://www.igac.gov.co/es/contenido/que-es-la-clasificacion-de-campo-y-para-que-sirve>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (2019). *Para actualizar la cartografía del país el IGAC cubrirá 4,2 millones hectáreas de fotografía aérea en lo que resta de 2019*. Obtenido de <https://igac.gov.co/es/noticias/para-actualizar-la-cartografia-del-pais-el-igac-cubrira-42-millones-hectareas-de-fotografia>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (2020a). Resolución 471 del 1 de junio de 2020. [Por medio de la cual se establecen las especificaciones técnicas mínimas que deben tener los productos de la cartografía básica oficial de Colombia]. Bogotá, Colombia.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (2020b). *Las nuevas especificaciones técnicas para la cartografía oficial de Colombia*. Obtenido de <https://www.igac.gov.co/es/noticias/las-nuevas-especificaciones-tecnicas-para-la-cartografia-oficial-de-colombia>

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (2020c). GEODESIA. <https://www.igac.gov.co/es/contenido/areas-estrategicas/geodesia>
- Instituto Geográfico Militar [IGM]. (1957). *Mapa geográfico de la República del Ecuador. Escala: 1 500 000*. Obtenido de CCE Benjamín Carrión: <http://repositorio.casadelacultura.gob.ec/handle/34000/17677>
- Instituto Geográfico Militar [IGM]. (1968). *Primer Simposio Continental de Geografía y Cartografía en la mitad del mundo*. Quito, Ecuador: IGM.
- Instituto Geográfico Militar [IGM]. (1974). *Instituto Geográfico Militar 1928-1974*. Quito, Ecuador: IGM.
- Instituto Geográfico Militar [IGM]. (1979). *Mapa geográfico de la República del Ecuador. Escala: 1:500.000*. Quito, Ecuador: IGM.
- Instituto Geográfico Militar [IGM]. (1983). *Guía cartográfica del Ecuador*. Quito, Ecuador: IGM.
- Instituto Geográfico Militar [IGM]. (1988). *Guía cartográfica del Ecuador*. Quito, Ecuador: IGM.
- Instituto Geográfico Militar [IGM]. (1990). *Mapa político de la República del Ecuador. Escala: 1:1 000 000*. Quito, Ecuador: IGM.
- Instituto Geográfico Militar [IGM]. (1991). *Guía cartográfica del Ecuador*. Quito, Ecuador: IGM.
- Instituto Geográfico Militar [IGM]. (1993). *Mapa Geográfico de la República del Ecuador. Escala: 1:500.000*. Quito, Ecuador: IGM.
- Instituto Geográfico Militar [IGM]. (1999). *Mapa Físico de la República del Ecuador. Escala: 1:1 000 000*. Quito, Ecuador: IGM.
- Instituto Geográfico Militar [IGM]. (2002). *El Instituto Geográfico Militar a través de la Historia. 75 años al servicio del Ecuador*. Quito, Ecuador: IGM.
- Instituto Geográfico Militar [IGM]. (2007). *Diccionario de términos geográficos*. Obtenido de [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal%20SNI%202014/GEOGRAFICA/Conage/Documentos/Documentos\\_revision/Glosario\\_terminos\\_igm.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal%20SNI%202014/GEOGRAFICA/Conage/Documentos/Documentos_revision/Glosario_terminos_igm.pdf)

- Instituto Geográfico Militar [IGM]. (2008). *Mapa físico de la República del Ecuador. Escala: 1:1 000 000*. Quito, Ecuador: IGM.
- Instituto Geográfico Militar [IGM]. (2012). *Mapa geográfico de la República del Ecuador. Escala: 1:1 500 000*. Quito, Ecuador: IGM.
- Instituto Geográfico Militar [IGM]. (2013a). *Atlas geográfico de la República del Ecuador (2.ª ed.)*. Quito, Ecuador: IGM.
- Instituto Geográfico Militar [IGM]. (2013b). *Especificaciones técnicas para el diseño y simbolización de mapas a escalas 1:500 000, 1:1 000 000 y 1:2 000 000*. Quito, Ecuador: IGM.
- Instituto Geográfico Militar [IGM]. (2015). *El arte del grabado cartográfico - reseña histórica*. Quito, Ecuador: IGM.
- Instituto Geográfico Militar [IGM]. (2016). *Especificaciones técnicas para la producción de cartografía escala 1:5000*. Quito, Ecuador: IGM.
- Instituto Geográfico Militar [IGM]. (2017a). *Proyecto de inversión. Obtención de cartografía escala 1:5.000 y generación de cartografía básica oficial escala 1:25.000 a nivel nacional*. Quito, Ecuador: IGM.
- Instituto Geográfico Militar [IGM]. (2017b). *Obtención de cartografía básica oficial actualizada del país multiescala*. Quito, Ecuador: IGM.
- Instituto Geográfico Militar [IGM]. (2019). Resolución 2019-037-IGM-JUR del 20 de diciembre de 2019. Quito, Ecuador.
- Instituto Geográfico Militar [IGM]. (2020a). *Mapa Físico de la República del Ecuador a escala 1:4 000 000 (en proceso de aprobación)*. Quito, Ecuador.
- Instituto Geográfico Militar [IGM]. (2020b). *Tabla de Tamaños mínimos y geometrías para cartografía base a escala 1:250 000 (borrador)*. Quito, Ecuador.
- Instituto Geográfico Nacional [IGN]. (2017). *Plan Nacional de Observación del Territorio (PNOT)*. XVII Congreso de la Asociación Española de Teledetección.
- Instituto Geográfico Nacional de España [IGN]. (s.f.). *Bases geográficas*. Obtenido de <https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/CBG-BD.pdf>
- Instituto Geográfico Militar [IGM]. (2019b). *Proyecto. Obtención de cartografía básica oficial actualizada del país multiescala*. IGM.

- Instituto Panamericano de Geografía e Historia [IPGH]. (1978). *Especificaciones de producción para cartas topográficas a escala 1:250 000. Edición Provisional*. IPGH.
- Jaramillo, L. (2006). *Generalización cartográfica. Principios básicos de generalización cartográfica*. Obtenido de [http://www.igm.gob.ec/work/files/Gen\\_Carto.pdf](http://www.igm.gob.ec/work/files/Gen_Carto.pdf)
- Jauregui, L. (2006). *Capítulo 1. Introducción a la Fotogrametría*. Obtenido de Web del profesor:  
<http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/iluis/publicaciones/Fotogrametr%eda/CAPITULO1.pdf>
- Jiménez Mesa, O. (s.f.). *Generalización Cartográfica*. Obtenido de [https://www.academia.edu/4373792/Generalizacion\\_Cartografica](https://www.academia.edu/4373792/Generalizacion_Cartografica)
- Junta Militar de Gobierno. (1963). Decreto Supremo 27 del 18 de julio de 1963. Registro Oficial No. 13. [Ley de la Cartografía]. Quito, Ecuador.
- Justo, A. (2010). Dionisio de Alcedo y Herrera, el puente de la Merced y el plano de la ciudad de Quito de 1734. *Laboratorio de Arte*, 22, 263-275.
- Lafuente, A. (1995). *La medida de la figura de la tierra como experimento crucial*. Obtenido de  
[http://museovirtual.csic.es/salas/medida/medidas\\_y\\_matematicas/articulos/Capitulo4.pdf](http://museovirtual.csic.es/salas/medida/medidas_y_matematicas/articulos/Capitulo4.pdf)
- Leal, A., Sarmiento, F. J., & Pérez, S. A. (2018). *Modelado geoidal para la zona norte del Colombia: propuesta metodológica [Diapositivas]*. Obtenido de Geodesia:  
[http://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Boletines/Bol23/43\\_Leal\\_et\\_al\\_2018\\_Modelo\\_geoide\\_norte\\_Colombia.pdf](http://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Boletines/Bol23/43_Leal_et_al_2018_Modelo_geoide_norte_Colombia.pdf)
- Lencinas, J. D., & Siebert, A. (2009). Relevamiento de bosques con información satelital: resolución espacial y escala. *Quebracho*, 17(1.2), 101-105.
- Lerma, J. L. (1999). *Aerotriangulación: cálculo y compensación de un bloque fotogramétrico*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Lincango, J. (2007). *Vuelos aéreos cinemáticos para la obtención de fotografía aérea en la región insular [Tesis]*. Instituto de Altos Estudios Nacionales, Quito, Ecuador.

- Lloret-Orellana, P. (2015). *La misión militar italiana*. Obtenido de <http://patriciolloretorellana.blogspot.com/2015/04/la-mision-militar-italiana.html>
- López, S. (2006). La Carta de Juan de la Cosa (1500), colofón de la cartografía medieval. En R. Espada (Coord.), *Piezas del Mes. Museo Naval de Madrid 2003/2005* (págs. 10-31). Madrid, España: Museo Naval de Madrid.
- Lynch, J. D., & Duellman, W. E. (1980). *The Eleutherodactylus of the Amazonian Slopes of the Ecuadorian Andes (Anura: Leptodactylidae)*. Lawrence, Estados Unidos: University of Kansas.
- Marquina, J. J., & Mogollón, A. (2018). Niveles y escalas de levantamiento de información geográfica en sensores remotos. *Revista Geográfica Venezolana*, 59(1), 42-52.
- Mártel, I. (2016). *La invisible y muy real radiación infrarroja*. Obtenido de <https://blogs.publico.es/ignacio-martil/2016/05/27/la-invisible-y-muy-real-radiacion-infrarroja/>
- Master Business Administrator. (2018). *Diferencias entre Eficiencia, Eficacia y Efectividad*. Obtenido de <http://www.mba3.com/comblog/crecimiento-profesional/item/diferencias-entre-eficiencia-eficacia-y-efectividad.html>
- Memoria SERIDA. Año 2011. (2011). Serida. Recuperado 7 de septiembre de 2020, de <http://www.serida.org/memoriaPublicaciondetalle.php?anyo=2011&id=4981>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca [MAGAP] y Ministerio del Ambiente [MAE]. (2013-2014). *Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra del Ecuador Continental a escala 1:100.000*. MAGAP - MAE.
- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana [MITMA]. (2020). *Plan Cartográfico Nacional 2017-2020*. Obtenido de <https://cdn.fomento.gob.es/portal-web-drupal/BIM/PROGRAMA%20OPERATIVO%20ANUAL%202020.pdf>
- Monmonier, M.S. (1985). *Technological transition in cartography*. University of Wisconsin Press: Wisconsin, Estados Unidos.
- Montaner García, C. (2004). Los Geógrafos y los Institutos Cartográficos. En Comité Español de la unión Geográfica Internacional. (Ed.), *La Geografía española ante los retos de la sociedad actual* (pp. 251-260). Madrid, España: Mayoral.

- Morales, A. (2016). *Plugin QuickMapServices: Google, Landsat, OpenStreetMap para QGIS*. Obtenido de [https://mappinggis.com/2016/09/plugin-quickmapservices-capas-base-de-google-landsat-openstreetmap-para-qgis/#Plugin\\_QuickMapServices\\_para\\_QGIS](https://mappinggis.com/2016/09/plugin-quickmapservices-capas-base-de-google-landsat-openstreetmap-para-qgis/#Plugin_QuickMapServices_para_QGIS)
- Moreira, J. M. (2001). La cartografía hoy: ¿evolución o revolución? Las nuevas tecnologías y los cambios en la representación del territorio. En Sociedad Estatal España Nuevo Milenio. En Año mil, año dos mil. Dos milenios en la historia de España (II) (págs. 1-27). Madrid, España: Sociedad Estatal. Obtenido de [http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Red\\_informacion\\_ambiental/productos/Publicaciones/articulos/articulos\\_pdf/Evolrevo.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Red_informacion_ambiental/productos/Publicaciones/articulos/articulos_pdf/Evolrevo.pdf)
- Moreno Proaño, A. (2011). Valores humanos de Cotacachi. En: Academia Nacional de Historia & Municipio de Cotacachi (Eds.). En *Cotacachi, ayer y hoy* (págs. 127-155). Quito, Ecuador: Academia Nacional de Historia .
- Moreno, M., Torres, M., Menchaca, R., Quintero, R., & Guzmán, G. (2011). Enfoques para la generalización automática de datos geográficos. *Revista Digital Univeritaria*, 12(11), 1-17.
- León Pazmiño, M.F., Narváez, R., y Rubio, M. L. (2016). 87 años de Generación Cartográfica en el Ecuador, información y comunicación. *6º Simposio Iberoamericano de Historia de la Cartografía*, (6), 1-8. doi: 10.13140/RG.2.1.1993.0483. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/303376420\\_87\\_anos\\_de\\_Generacion\\_Cartografica\\_en\\_el\\_Ecuador\\_Informacion\\_y\\_Comunicacion](https://www.researchgate.net/publication/303376420_87_anos_de_Generacion_Cartografica_en_el_Ecuador_Informacion_y_Comunicacion)
- Neill, D. A., & Jørgensen, P. M. (1999). Climates. En P. M. Jørgensen, & S. León-Yáñez (Eds.), *Catalogue of the vascular plants of Ecuador* (págs. 8-13). St. Louis, Estados Unidos: Missouri Botanical Garden.
- Núñez, J. (2014). *Diferencia entre método, técnica, procedimiento y proceso*. Obtenido de Alegs: <https://www.alegsa.com.ar/Diccionario/C/25129.php>
- Oñate, F., & Bosque, J. (2007). Extracción de modelos digitales de elevación a partir de imágenes ASTER para la determinación de características morfométricas de cuencas hidrográficas. En R. Rivas, A. Grisotto, & M. Sacido (Eds.), *Teledetección - Hacia*

- un mejor entendimiento de la dinámica global y regional* (pág. 457.464). Buenos Aires, Argentina: Editorial Martin.
- Oropeza, M., & Díaz, N. (2007). La geotecnología y su inserción en el pensamiento geográfico. *Terra. Nueva Etapa*, 33(34), 71-95.
- Ortíz, C. (2002). Pedro Vicente Maldonado, Biografía (1704–1748) (1.a ed.). Quito, Ecuador: Editorial Pedro Jorge Vera.
- Palomar, J. (2001). *Los SIG como herramientas de ayuda en la generalización cartográfica bajo demanda*. Obtenido de <http://cgat.webs.upv.es/BigFiles/palomar5.pdf>
- Palomar, J., & Pardo, J. E. (2004). Resolución de conflictos visuales entre curvas de nivel en los procesos de generalización cartográfica. *GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, (4), 110-135.
- Peñafiel, J., & Zayas, J. (2001). *Fundamentos del sistema GPS y aplicaciones en la topografía*. Madrid, España: Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía.
- Pérez, A., & Mas, J. F. (2009). Evaluación de los errores de modelos digitales de elevación obtenidos por cuatro métodos de interpolación. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*(69), 53-67.
- Pérez, G. (1922). *Carta geográfica de la República del Ecuador. Escala: 1:1 000 000*. Obtenido de CCE Benjamín Carrión: <http://repositorio.casadelacultura.gob.ec/bitstream/34000/17698/1/C080.jpg>
- Pérez Álvarez, J. A. (2001). *Apuntes de fotogrametría III*. Mérida, España: Universidad de Extremadura.
- Pérez, J., & Gardey, A. (2008). *Definición de método*. Obtenido de Definición.de: <http://definicion.de/metodo/>
- Pix4d. (s.f.). *Tamaño de pixel en el terreno (GSD)*. Obtenido de <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/360033638951-Tama%C3%B1o-de-pixel-en-el-terreno-GSD>
- Porro, J. M. (2011). La cartografía histórica como fuente para la investigación histórica y patrimonial (Antigüedad y Edad Media). *PH: Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, 19(77), 54-61.

- Pourrut, P. (1983). *Los climas del Ecuador. Fundamentos explicativos*. Quito, Ecuador: Orstom.
- Presidente Constitucional de la República del Ecuador. (1928). Decreto Ejecutivo 163 del 11 de abril de 1928. Quito, Ecuador.
- Presidente Constitucional de la República del Ecuador. (1947). Decreto Presidencial 1578 del 15 de agosto de 1947. Quito, Ecuador.
- Presidente Constitucional de la República del Ecuador. (1991). Decreto Ejecutivo 2913, Registro Oficial 828 de 9 de diciembre de 1991. [Reglamento a la Ley de Cartografía Nacional]. Quito, Ecuador.
- Presidente Constitucional de la República del Ecuador. (2004). Decreto Ejecutivo 2250 del 11 de noviembre de 2004. [Creación del Consejo Nacional de Geoinformática (CONAGE)]. Quito, Ecuador.
- Presidente Constitucional de la República del Ecuador. (2011). Decreto Ejecutivo 940 del 16 de noviembre de 2011. [Se adscribe al Ministerio de Defensa Nacional los institutos de investigación pertenecientes a las Fuerzas Armadas del Ecuador, entre ellos el IGM y se lo considera como un instituto generador de . *geoinformación y servicios especializados, en los ámbitos de defensa de la soberanía e integridad territorial, apoyo al desarrollo nacional, cooperación con organismos del estado e internacionales*]. Quito, Ecuador.
- Presidente Constitucional de la República del Ecuador. (2019). Decreto Ejecutivo 714 del 11 de abril de 2019. Registro Oficial No. 481. Quito, Ecuador.
- Prieto, G. (2015). *Latinoamérica a través de los mapas antiguos*. Obtenido de Geografía Infinita: <https://www.geografiainfinita.com/2015/02/latinoamerica-a-traves-de-12-mapas-antiguos/>
- Prieto, G. (2016). *La historia de la cartografía mundial a través de los mapas*. Obtenido de Geografía Infinita: <https://www.geografiainfinita.com/2016/09/la-evolucion-de-la-cartografia-a-traves-de-15-mapas/>
- Puente, V. (2007). *Fundamentos del GPS*. Obtenido de Xataka Ciencia: <https://www.xatakaciencia.com/tecnologia/fundamentos-del-gps>



- Pullas, G. E. (2021). Los mapas oficiales como instrumentos históricos de la identidad nacional. *Revista Informativa IGM*, (1), 27-31.
- Quirós, E. (2014). *Introducción a la fotogrametría y cartografía aplicadas a la ingeniería civil*. Mérida, España: Universidad de Extremadura.
- Raffino, M. E. (2020). *Métodos de investigación*. Obtenido de Concepto.de: <https://concepto.de/metodos-de-investigacion/#ixzz6rCa9IJ1w>
- Recio, J.A. (2009). *Técnicas de extracción de características y clasificación de imágenes orientada a objetos aplicadas a la actualización de bases de datos de ocupación del suelo [Tesis doctoral]*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Redacción ConceptoDefinición. (2021). *Script*. Obtenido de <https://conceptodefinicion.de/script/>
- Registro Oficial de la República del Ecuador. (2016). Primer Suplemento No. 899 del 9 de diciembre de 2016. Quito, Ecuador.
- Registro Oficial de la República del Ecuador. (2018). Registro Oficial No. 306 del 16 de agosto de 2018. Quito, Ecuador.
- Rizo, M. (2019). *Eficiencia, eficacia, efectividad: ¿son lo mismo?* Obtenido de <https://www.forbes.com.mx/eficiencia-eficacia-efectividad-son-lo-mismo/>
- Rojas, T. (2005). Epistemología de la geografía... Una aproximación para entender esta disciplina. *Terra Nueva Etapa*, 21(30), 141-162.
- Salvado Larar, J. (2002). *El Instituto Geográfico Militar a través de la historia. 75 años al servicio del Ecuador*. Quito, Ecuador: IGM.
- Santamaría, J., y Sanz, T. (2011). *Fundamentos de fotogrametría*. La Rioja, España: Universidad de la Rioja.
- Schuager, M. (2012). *5 servicios web para comparar mapas de diferentes plataformas*. Obtenido de <https://www.whatsnew.com/2012/11/04/5-servicios-web-para-comparar-mapas-de-diferentes-plataformas/>
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [SENPLADES]. (2013a). *Catálogo Nacional de Objetos Geográficos. Versión 2.0*. Quito, Ecuador: Ecográficas.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [SENPLADES]. (2013b). *Estándares de Información Geográfica. Tomo 1*. Quito, Ecuador: Ecográficas.

- Sevilla Pérez, A. M. (2013). *El Ecuador en sus mapas: Estado y nación desde una perspectiva espacial*. Quito, Ecuador: FLACSO.
- Significados. (2017). *Significado de proceso técnico*. Obtenido de <https://www.significados.com/proceso-tecnico/#:~:text=Se%20denomina%20proceso%20t%C3%A9cnico%20la,%C3%A1mbitos%20de%20la%20vida%20humana>.
- Ucha, F. (2013). *Importancia cartografía*. Obtenido de Importancia: una guía de ayuda: <https://www.importancia.org/cartografia.php>
- Universidad de Murcia. (s.f.a). *Tema 1 Fundamentos físicos de la teledetección*. Obtenido de <https://www.um.es/geograf/sig/teledet/fundamento.html>
- Universidad de Murcia. (s.f.b). *Capítulo 10. Teledetección*. Obtenido de [https://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario\\_10.pdf](https://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario_10.pdf)
- Universidad de Murcia. (s.f.c). *1 El Modelo Digital de Elevaciones (MDE)*. Obtenido de <https://www.um.es/geograf/sigmur/temariohtml/node49.html>
- Urroz, R. (2010). Mayer, A. (coord.; 2009), América en la cartografía. A 500 años del mapa de Martín Waldseemüller. *Investigaciones Geográficas*, (73), 138-142.
- Vaca, O. (1998). *Breve reseña histórica, IGM en sus 70 años de vida institucional*. Quito, Ecuador: IGM.
- Varela, L. A., & Ron, S. R. (2019). *Geografía y clima del Ecuador*. Obtenido de Anfibios del Ecuador: <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/GeografiaClima/>
- Vargas, H. (2002). *El proceso cartográfico. Breve reseña histórica de la división geográfica*. Quito, Ecuador.
- Vargas Ulate, G. (2012). *Espacio y Territorio en el Análisis Geográfico. Reflexiones*, 91(1), 313-326. ISSN: 1021-1209. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72923937025>
- Venturini, O. L. (1977). *Epistemología de la Geografía. En Síntesis Geográfica. Breve reseña histórica de la división geográfica*. Año I(1).

## 10 Anexos

**Anexo 1. Descripción de los objetos geográficos de las bases cartográficas oficiales a escalas: 1:250 000, 1:500 000 y 1:1 000 000, de acuerdo con el Catálogo de Objetos Nacional e Institucional 1:5 000**

**A\_AEROPUERTO\_SUPERFICIE**

aeropuerto\_a

aeropuerto\_p

GB005	Aeropuerto	Polígono	Zona provista de un conjunto de pistas, instalaciones y servicios destinados al tráfico regular de aeronaves.
GB005	Aeropuerto	nam	Nombre
		acc	Código de Categoría de Precisión Horizontal
		iko	ICAO Indicador de Posición Estructurada de Texto
		agg	Agregación
		fuc	Código de Uso de Funcionalidad
		txt	Texto Asociado

helipuerto\_p

Objeto:	Helipuerto		Alias:			
GB035	Descripción:	Área definida sobre una estructura artificial destinada a ser utilizada, total o parcialmente, para la llegada, la salida y el movimiento de superficie de los helicópteros.	Institución Generadora:			
Atributos del Objeto						
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio
<i>fcde</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	GB035
<i>lpth</i>	<i>Tipo de helipuerto</i>	Indica la categorización en función del uso y funcionamiento del helipuerto.	Lista	30	N/A	Ver Dominios. Atributo: Tipo de helipuerto
<i>ixf</i>	<i>Longitud del área de aproximación final y de despegue (FATO)</i>	Área definida sobre la cual se completa la fase final de la maniobra de aproximación hasta el vuelo estacionario o el aterrizaje y a partir de la cual empieza la maniobra de despegue; la FATO, cuando está destinada a los helicópteros de clase de performance 1, comprenderá el área de despegue interrumpido disponible.	Número decimal	20	Metros	
<i>lac</i>	<i>Longitud del área de toma de contacto y elevación inicial (TLOF)</i>	Área resistente a la carga sobre la FATO, o en un lugar independiente separado, sobre la cual el helicóptero pueda realizar la toma de contacto o la elevación inicial.	Número decimal	20	Metros	
<i>ena</i>	<i>Elevación aeronáutica</i>	Corresponde a la elevación del área de toma de contacto, de elevación inicial y la elevación de cada umbral del área de aproximación final y de despegue (cuando corresponda). Se medirán y se notificarán a la autoridad de los servicios de información aeronáutica redondeando al metro o pie más próximo.	Número entero	20	Pies	
<i>crj</i>	<i>Calle de rodaje</i>	Traectoria definida sobre la superficie, establecida para facilitar el movimiento de los helicópteros.	Lista	10	N/A	Ver Dominios. Atributo: Calle de rodaje
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre

pista\_aterrizaje\_l

pista\_aterrizaje\_p

Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio	
							Atributos del Objeto
GB055	Objeto:	<b>Pista de aterrizaje</b>			Alias:	Runway	
	Descripción:	Área rectangular definida en un aeródromo terrestre preparada para el aterrizaje y el despegue de aeronaves.			Institución Generadora:	MTOPI	
Atributos del Objeto							
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio	
<i>fcode</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	GB055	
<i>nam</i>	<i>Nombre</i>	Un identificador de texto o código que se utiliza para designar un objeto. (Nombre oficial).	Texto	80	N/A	Texto libre	
<i>oaci</i>	<i>Identificador de lugar (OACI)</i>	Código que se asigna para identificar a un objeto de acuerdo a las reglas de la Organización de la Aviación Civil Internacional (OACI).	Texto	5	N/A	Texto libre	
<i>msl</i>	<i>Elevación</i>	Distancia vertical de un punto o nivel fijo en la superficie de la tierra medido desde el nivel medio del mar.	Número decimal	10	Metros		
<i>dem</i>	<i>Designación magnética</i>	Denominación de la pista en función del norte magnético.	Número decimal	20	N/A		

<i>anp</i>	<i>Ancho de pista</i>	Distancia transversal del área operativa disponible para el aterrizaje y despegue de aeronaves.	Número decimal	20	Metros	
<i>pdt</i>	<i>Pendiente</i>	Inclinación de la superficie con respecto a la horizontal y destinada al drenaje de las aguas.	Número decimal	5	Porcentaje	
<i>mrd</i>	<i>Material de superficie</i>	Material constitutivo de la superficie de rodadura.	Lista	30	N/A	Ver Dominios. Atributo: Material de superficie
<i>rtc</i>	<i>Resistencia</i>	Capacidad portante de la superficie destinada al despegue y aterrizaje de aeronaves.	Número decimal	20	Libras	
<i>ayv</i>	<i>Ayudas visuales</i>	Disponibilidad de señales marcadas en la superficie.	Booleano	5	N/A	Texto libre
<i>hds</i>	<i>Horario de servicio</i>	Horario de operación de la pista con relación a la hora de salida y puesta del sol.	Texto	20	N/A	Texto libre
<i>adm</i>	<i>Administración general</i>	Determinación del tipo de administración.	Lista	10	N/A	Ver Dominios. Atributo: Administración general
<i>nute</i>	<i>Nute</i>	Nomenclatura de las unidades territoriales. Se maneja los códigos de la división política administrativa del país.	Texto	11	N/A	Texto libre
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre

## B\_ECOSISTEMAS

zona\_manglar\_a

Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio	
							Atributos del Objeto
BH050	Objeto:	<b>Granja acuática</b>			Alias:		
	Descripción:	Área cerrada de agua, utilizada para la reproducción o cría de peces, camarones y similares.			Institución Generadora:	CONELEC	
Atributos del Objeto							
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio	
<i>fcode</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	BH050	
<i>nam</i>	<i>Nombre</i>	Un identificador de texto o código que se utiliza para designar un objeto. (Nombre oficial).	Texto	80	N/A	Texto libre	
<i>oop</i>	<i>Propietario</i>	Nombre del propietario.	Texto	80	N/A	Texto libre	
<i>acu</i>	<i>Acuerdo</i>	Indica el tipo de acuerdo otorgado a la granja acuática.	Lista	20	N/A	Ver Dominios. Atributo: Acuerdo	
<i>tpu</i>	<i>Tipo de granja acuática</i>	Indica la especie de semovientes existentes en la granja acuática.	Lista	10	N/A	Ver Dominios. Atributo: Tipo de granja acuática	
<i>lzn</i>	<i>Localización</i>	Indica la zona en donde se encuentra la granja acuática.	Lista	20	N/A	Ver Dominios. Atributo: Localización	
<i>adr</i>	<i>Dirección</i>	Domicilio de la granja acuática.	Texto	80	N/A	Texto libre	
<i>nute</i>	<i>Nute</i>	Nomenclatura de las unidades territoriales. Se maneja los códigos de la división política administrativa del país.	Texto	11	N/A	Texto libre	
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre	

## CT\_TIERRAS\_AGROPECUARIAS

cultivo\_a

EA010	Objeto:	<b>Cultivo</b>					Alias:	
	Descripción:	Producto agrícola, resultado de un conjunto de técnicas y conocimientos para cultivar la tierra.				Institución Generadora:	IEE MAGAP-SINAGAP	
<b>Atributos del Objeto</b>								
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio		
<i>fcode</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	EA010		
<i>tmp</i>	<i>Temporalidad</i>	Indica el tiempo de duración del ciclo de cultivo.	Lista	50	N/A	Ver Dominios. Atributo: Temporalidad		
<i>tcu</i>	<i>Tipo de cultivo</i>	Indica el grupo alimenticio o el uso que tiene el cultivo.	Lista	50	N/A	Ver Dominios. Atributo: Tipo de cultivo		
<i>ncu</i>	<i>Nombre cultivo</i>	Nombre propio o denominación verbal de la especie de cultivo.	Lista	80	N/A	Texto libre		
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre		

## CT\_TIERRAS\_ARBUSTIVAS\_HERBACEAS

matorral\_a

EB020	Matorral	Polígono	Zona cubierta principalmente por especies arbustivas no cultivadas, que están densamente enredadas entre sí.				
EB020	Matorral		txt	Texto Asociado			

pastizal\_a

EB010	Objeto:	<b>Pastizal</b>					Alias:	
	Descripción:	Vegetación herbácea dominada por especies de gramíneas y leguminosas introducidas, utilizadas con fines pecuarios, que para su establecimiento y conservación, requieren de labores de cultivo y manejo.				Institución Generadora:	MAE IEE MAGAP-SINAGAP	
<b>Atributos del Objeto</b>								
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio		
<i>fcode</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	EB010		
<i>npz</i>	<i>Nombre pastizal</i>	Nombre propio o denominación verbal de la especie de pasto cultivado.	Lista	50	N/A	Ver Dominios. Atributo: Nombre pastizal		
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre		

## CT\_TIERRAS\_FORESTALES

bosque\_a

EC015	Objeto:	<b>Bosque</b>					Alias:	
	Descripción:	Formación dominada por elementos arbóreos caracterizados por poseer un tronco lignificado y ramificado que forma una corona bien definida. El dosel mínimo es de 5 m de altura y puede alcanzar sobre los 35 m, presenta estratificación vertical por efecto de la luz.				Institución Generadora:	IGM	
<b>Atributos del Objeto</b>								
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio		
<i>fcode</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	EC015		
<i>nam</i>	<i>Nombre</i>	Un identificador de texto o código que se utiliza para designar un objeto. (Nombre oficial).	Texto	80	N/A	Texto libre		
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre		

**D\_LIMITE\_POLITICO\_ADMINISTRATIVO**

## limite\_administrativo\_1

HA000	Objeto:	Limite(s) de la organización territorial del Estado	Alias:			
	Descripción:	Es el trazado de los límites internos de la organización territorial del Estado, realizado sobre la base de un diagnóstico jurídico y geográfico aprobado por el Comité Nacional de Límites Internos (CONALI).	Institución Generadora:	CONALI		
Atributos del Objeto						
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio
<i>fcode</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	HA000
<i>lot</i>	<i>Código limite de organización territorial</i>	Código de identificación del límite de organización territorial.	Lista	12	N/A	Texto libre
<i>not</i>	<i>Nivel de organización territorial</i>	Nivel de organización territorial.	Lista	50	N/A	Ver Dominios. Atributo: Nivel de organización territorial
<i>elt</i>	<i>Estado del limite</i>	Caracterización de la situación de los límites territoriales internos.	Lista	50	N/A	Ver Dominios. Atributo: Estado del limite
<i>trm</i>	<i>Tramo</i>	Segmento de límite territorial, entre dos unidades de acuerdo a la organización territorial del Estado.	Texto	150	N/A	Texto libre
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre

**D\_ORGANIZACION\_TERRITORIAL\_ESTADO**

## limite\_organizacion\_territorial\_estado\_1

HA000	Objeto:	Limite(s) de la organización territorial del Estado	Alias:			
	Descripción:	Es el trazado de los límites internos de la organización territorial del Estado, realizado sobre la base de un diagnóstico jurídico y geográfico aprobado por el Comité Nacional de Límites Internos (CONALI).	Institución Generadora:	CONALI		
Atributos del Objeto						
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio
<i>fcode</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	HA000
<i>lot</i>	<i>Código limite de organización territorial</i>	Código de identificación del límite de organización territorial.	Lista	12	N/A	Texto libre
<i>not</i>	<i>Nivel de organización territorial</i>	Nivel de organización territorial.	Lista	50	N/A	Ver Dominios. Atributo: Nivel de organización territorial
<i>elt</i>	<i>Estado del limite</i>	Caracterización de la situación de los límites territoriales internos.	Lista	50	N/A	Ver Dominios. Atributo: Estado del limite
<i>trm</i>	<i>Tramo</i>	Segmento de límite territorial, entre dos unidades de acuerdo a la organización territorial del Estado.	Texto	150	N/A	Texto libre
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre

## provincia\_a

HA002	Objeto:	Provincia	Alias:			
	Descripción:	Circunscripciones territoriales integradas por los cantones que legalmente les correspondan sobre las que se extiende su jurisdicción.	Institución Generadora:	INEC		
Atributos del Objeto						
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio
<i>fcode</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	HA002
<i>DPA_PROVIN</i>	<i>Código provincia</i>	Codificación de dos dígitos para cada provincia.	Texto	20	N/A	Ver Dominios. Atributo: Código provincia
<i>DPA_DESPRO</i>	<i>Nombre provincia</i>	Nombre de la provincia.	Texto	40	N/A	Ver Dominios. Atributo: Nombre provincia
<i>DPA_ANIO</i>	<i>Año</i>	Año de generación de la información.	Texto	4	N/A	Texto libre
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre

## D\_LINDEROS\_DE\_PROPIEDAD

hito\_p

ZB030	<b>Objeto:</b>	<b>Hito</b>					<b>Alias:</b>	
	<b>Descripción:</b>	Marca que indica un punto físico sobre la superficie de la tierra cuya posición ha sido medida.			<b>Institución Generadora:</b>	IGM		
<b>Atributos del Objeto</b>								
<b>Código</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tipo de Dato</b>	<b>Extensión</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Valores de Dominio</b>		
<i>fcode</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	ZB030		
<i>nam</i>	<i>Nombre</i>	Un identificador de texto o código que se utiliza para designar un objeto. (Nombre oficial).	Texto	80	N/A	Texto libre		
<i>na2</i>	<i>Nombre alterno</i>	Código o identificador turístico que se utiliza para denotar un objeto. (Nombre secundario).	Texto	80	N/A	Texto libre		
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre		

vertice\_geodesico\_p

ZB060	<b>Objeto:</b>	<b>Vértice geodésico</b>					<b>Alias:</b>	
	<b>Descripción:</b>	Punto físico sobre la superficie de la tierra que tiene una posición conocida y se estableció como parte de una red geodésica.			<b>Institución Generadora:</b>	IGM		
<b>Atributos del Objeto</b>								
<b>Código</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tipo de Dato</b>	<b>Extensión</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Valores de Dominio</b>		
<i>fcode</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	ZB060		
<i>nam</i>	<i>Nombre</i>	Un identificador de texto o código que se utiliza para designar un objeto. (Nombre oficial).	Texto	80	N/A	Texto libre		
<i>acc</i>	<i>Precisión horizontal</i>	Evaluación general de la precisión horizontal de un objeto en una posición geográfica, como una categoría.	Lista	20	N/A	Ver Dominios. Atributo: Precisión horizontal		
<i>cpa</i>	<i>Tipo del punto de control de levantamiento</i>	Tipo de punto de control establecido por levantamientos basado en métodos establecidos y/o usos previstos.	Lista	5	N/A	Texto libre		
<i>zvh</i>	<i>Elevación más alta</i>	La elevación del datum vertical especificado en el punto más alto de un objeto.	Número decimal	10	Metros			
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre		

## F\_EDAFOLOGIA

caracteristica\_suelo\_a

DA010	Característica del Suelo	Poligono	Región de la tierra que es homogénea con respecto a una característica del suelo.				
DA010	Característica del Suelo	smc	Código del Tipo de Material de Superficie				
		txt	Texto Asociado				

## F\_GEOMORFOLOGIA

terraplen\_l

Objeto: Terraplén		Alias:				
DB090	Descripción:	Montículo largo de tierra u otro material, realizado por el hombre, que se levanta para hacer una defensa, camino u otra obra semejante.	Institución Generadora: IGM			
Atributos del Objeto						
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio
<i>fcode</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	DB090
<i>nam</i>	<i>Nombre</i>	Un identificador de texto o código que se utiliza para designar un objeto. (Nombre oficial).	Texto	80	N/A	Texto libre
<i>fuc</i>	<i>Uso de funcionalidad</i>	Categoría general del funcionamiento o uso de las instalaciones.	Texto	5	N/A	Ver Dominios. Atributo: Uso de funcionalidad
<i>tuc</i>	<i>Uso de la transportación</i>	Uso(s) primario(s) de un sistema de transporte.	Lista	30	N/A	Ver Dominios. Atributo: Uso de la transportación
<i>cet</i>	<i>Tipo de clasificación</i>	El número de lados del objeto en el terreno o cualquier relleno o corte del algún material que está expuesto.	Lista	50	N/A	Ver Dominios. Atributo: Tipo de clasificación
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre

## F REPRESENTACION RELIEVE

### curva\_nivel\_1

Objeto: Curva de nivel		Alias:				
CA010	Descripción:	Línea que conecta puntos que tienen el mismo valor de altura respecto al datum vertical.	Institución Generadora: IGM			
Atributos del Objeto						
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio
<i>fcode</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	CA010
<i>acc</i>	<i>Precisión horizontal</i>	Evaluación general de la precisión horizontal de un objeto en una posición geográfica, como una categoría.	Lista	20	N/A	Ver Dominios. Atributo: Precisión horizontal
<i>hqc</i>	<i>Tipo de representación hipsográfica</i>	Tipo de curva de nivel.	Lista	80	N/A	Ver Dominios. Atributo: Tipo de representación hipsográfica
<i>ela</i>	<i>Precisión de la elevación</i>	Evaluación general de la precisión de la posición vertical de un objeto. Indica si el valor de la elevación es de precisión conocida o no.	Lista	50	N/A	Ver Dominios. Atributo: Precisión de la elevación
<i>crv</i>	<i>Valor de curva</i>	Valor específico asignado a la curva de nivel de elevación o profundidad.	Número decimal	5	Metros	
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre

### punto\_acotado\_p

Objeto: Punto acotado		Alias:				
CA030	Descripción:	Localización con un valor de elevación relativa al datum vertical.	Institución Generadora: IGM			
Atributos del Objeto						
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio
<i>fcode</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	CA030
<i>acc</i>	<i>Precisión horizontal</i>	Evaluación general de la precisión horizontal de un objeto en una posición geográfica, como una categoría.	Lista	20	N/A	Ver Dominios. Atributo: Precisión horizontal
<i>ela</i>	<i>Precisión de la elevación</i>	Evaluación general de la precisión de la posición vertical de un objeto. Indica si el valor de la elevación es de precisión conocida o no.	Lista	50	N/A	Ver Dominios. Atributo: Precisión de la elevación
<i>emx</i>	<i>Elevación máxima</i>	La elevación de un datum vertical especificado en el punto más alto.	Número decimal	10	Metros	
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre



## GS\_CONSTRUCCIONES

poblado\_p

AL105	Objeto:	<b>Poblado</b>	Alias:	Recinto		
	Descripción:	Concentración continua ocupada de tiendas o ligeras estructuras fijas que sirven como residencia (por ejemplo: chozas).	Institución Generadora:	IGM		
<b>Atributos del Objeto</b>						
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio
<i>fcode</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	AL105
<i>nam</i>	<i>Nombre</i>	Un identificador de texto o código que se utiliza para designar un objeto. (Nombre oficial).	Texto	80	N/A	Texto libre
<i>na2</i>	<i>Nombre alterno</i>	Código o identificador turístico que se utiliza para denotar un objeto. (Nombre secundario).	Texto	80	N/A	Texto libre
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre

zona\_edificada\_a

AL020	Objeto:	<b>Zona edificada</b>	Alias:	Área edificada, Zona urbana		
	Descripción:	Área que contiene concentración de casas y otras estructuras.	Institución Generadora:	IGM MIDUVI		
<b>Atributos del Objeto</b>						
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio
<i>fcode</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	AL020
<i>nam</i>	<i>Nombre</i>	Un identificador de texto o código que se utiliza para designar un objeto. (Nombre oficial).	Texto	80	N/A	Texto libre
<i>na2</i>	<i>Nombre alterno</i>	Código o identificador turístico que se utiliza para denotar un objeto. (Nombre secundario).	Texto	80	N/A	Texto libre
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre

## HO\_AGUAS\_INTERIORES

area\_inundacion\_a

BH090	Área de Inundación	Polígono	Área periódicamente cubierta por agua, excluyendo el agua por marea.
BH090	Área de Inundación	txt	Texto Asociado

cienaga\_a

BH015	Objeto:	<b>Ciénaga</b>	Alias:	Pantano		
	Descripción:	Área permanentemente húmeda de la tierra formada por materia orgánica en descomposición y sobre todo de agua dulce estancada.	Institución Generadora:	IGM		
<b>Atributos del Objeto</b>						
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio
<i>fcode</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	BH015
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre

embalse\_a

BH130	<b>Objeto:</b>	<b>Reservorio</b>					<b>Alias:</b>	
	<b>Descripción:</b>	Confinamiento artificial o área creada para almacenar agua.				<b>Institución Generadora:</b>	MAGAP	
<b>Atributos del Objeto</b>								
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio		
<i>fcode</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	BH130		
<i>nam</i>	<i>Nombre</i>	Un identificador de texto o código que se utiliza para designar un objeto. (Nombre oficial).	Texto	80	N/A	Texto libre		
<i>oop</i>	<i>Propietario</i>	Nombre del propietario.	Texto	80	N/A	Texto libre		
<i>vlm</i>	<i>Volumen</i>	Es la magnitud escalar definida como el espacio ocupado por un objeto.	Número decimal	10	Metros cúbicos			
<i>nute</i>	<i>Nute</i>	Nomenclatura de las unidades territoriales. Se maneja los códigos de la división política administrativa del país.	Texto	11	N/A	Texto libre		
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre		

lago\_laguna\_a

BH080	<b>Objeto:</b>	<b>Lago</b>					<b>Alias:</b>	Laguna
	<b>Descripción:</b>	Cuerpo de agua, dulce o salada, rodeada por tierra.				<b>Institución Generadora:</b>	IGM	
<b>Atributos del Objeto</b>								
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio		
<i>fcode</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	BH080		
<i>nam</i>	<i>Nombre</i>	Un identificador de texto o código que se utiliza para designar un objeto. (Nombre oficial).	Texto	80	N/A	Texto libre		
<i>na2</i>	<i>Nombre alterno</i>	Código o identificador turístico que se utiliza para denotar un objeto. (Nombre secundario).	Texto	80	N/A	Texto libre		
<i>hyp</i>	<i>Persistencia hidrológica</i>	Código de valor que indica una persistencia hidrológica.	Lista	20	N/A	Ver Dominios. Atributo: Persistencia hidrológica		
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre		

rio\_a  
rio\_l

BH140	<b>Objeto:</b>	<b>Rio</b>					<b>Alias:</b>	
	<b>Descripción:</b>	Curso de agua que fluye naturalmente.				<b>Institución Generadora:</b>	IGM	
<b>Atributos del Objeto</b>								
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio		
<i>fcode</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	BH140		
<i>nam</i>	<i>Nombre</i>	Un identificador de texto o código que se utiliza para designar un objeto. (Nombre oficial).	Texto	80	N/A	Texto libre		
<i>na2</i>	<i>Nombre alterno</i>	Código o identificador turístico que se utiliza para denotar un objeto. (Nombre secundario).	Texto	80	N/A	Texto libre		
<i>hyp</i>	<i>Persistencia hidrológica</i>	Código de valor que indica una persistencia hidrológica.	Lista	20	N/A	Ver Dominios. Atributo: Persistencia hidrológica		
<i>acc</i>	<i>Precisión horizontal</i>	Evaluación general de la precisión horizontal de un objeto en una posición geográfica, como una categoría.	Lista	20	N/A	Ver Dominios. Atributo: Precisión horizontal		
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre		

## HO\_RIESGOS\_OBSTRUCCIONES (Galápagos)

roca\_p

MA000	Objeto: Roca	Geometría:	Punto, línea o polígono	Alias:		
Descripción:	Agregado de uno o más minerales. Un cuerpo de materia mineral indiferenciado, o de material orgánico sólido.		Institución Generadora:	INIGEMM		
Atributos del Objeto						
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio
<i>fcod</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	MA000
<i>ncr</i>	<i>Origen de la roca</i>	Clasificación de las rocas/depositos basada en el origen, la profundidad y las condiciones de formación.	Lista	50	N/A	Ver Dominios. Atributo: Origen de la roca
<i>sto</i>	<i>Tipo de roca</i>	El tipo general de una roca sobre la base de su origen geológico y/o características observadas.	Lista	50	N/A	Ver Dominios. Atributo: Tipo de roca
<i>den</i>	<i>Densidad</i>	Densidad efectiva de materiales con sus poros total o parcialmente rellenos de agua u otros fluidos. Está constituida por la contribución proporcional de la densidad de la matriz y del fluido.	Número decimal	8	g/m <sup>3</sup>	
<i>por</i>	<i>Porosidad de la roca</i>	Relación entre el volumen de huecos en un material y su volumen total.	Número decimal	8	N/A	
<i>pmb</i>	<i>Permeabilidad</i>	Es la capacidad que tiene un material de permitirle a un flujo que lo atraviese sin alterar su estructura interna.	Lista	30	N/A	Ver Dominios. Atributo: Permeabilidad
<i>mgf</i>	<i>Magnetismo</i>	Es un fenómeno físico por el que los objetos ejercen fuerzas de atracción o repulsión sobre otros materiales.	Lista	30	N/A	Ver Dominios. Atributo: Magnetismo
<i>drz</i>	<i>Dureza</i>	Propiedad de los minerales que se determina por referencia a una escala empírica de minerales normalizados (Mohs).	Lista	30	N/A	Ver Dominios. Atributo: Dureza
<i>ter</i>	<i>Textura de roca</i>	Es la relación existente entre los granos de los minerales que forman una roca.	Lista	30	N/A	Ver Dominios. Atributo: Textura de roca
<i>rkf</i>	<i>Estructura de la roca</i>	Conjunto de características a escala geológica que describe los aspectos derivados de la deformación de la corteza terrestre. La estructura comprende forma, dimensiones y articulación de los componentes de las rocas.	Lista	50	N/A	Ver Dominios. Atributo: Estructura de la roca
<i>tar</i>	<i>Tamaño de afloramiento rocoso</i>	Hace referencia a la dimensión del afloramiento rocoso.	Lista	30	N/A	Ver Dominios. Atributo: Tamaño de afloramiento rocoso
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre

## II ELECTRICA

linea\_transmision\_electrica\_1

AD000	Objeto: Línea de transporte eléctrica	Alias:				
Descripción:	Conjunto de conductores y accesorios que se extiende entre dos subestaciones adyacentes.		Institución Generadora:	CONELEC		
Atributos del Objeto						
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio
<i>fcod</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	AD000
<i>nam</i>	<i>Nombre</i>	Un identificador de texto o código que se utiliza para designar un objeto. (Nombre oficial).	Texto	80	N/A	Texto libre
<i>tdl</i>	<i>Tipo de línea</i>	Clasifica las líneas por su uso.	Lista	20	N/A	Ver Dominios. Atributo: Tipo de línea
<i>eps</i>	<i>Tipo de empresa</i>	Tipo de empresa a la que pertenece la línea.	Lista	20	N/A	Ver Dominios. Atributo: Tipo de empresa
<i>oop</i>	<i>Propietario</i>	Nombre del propietario.	Texto	80	N/A	Texto libre
<i>tft</i>	<i>Capacidad transmisión límite térmico (MW)</i>	Capacidad máxima de la línea por límite térmico expresado en megavatios (MW).	Número decimal	10	MVA	
<i>trv</i>	<i>Capacidad transmisión regulación voltaje (MW)</i>	Capacidad máxima de la línea por regulación de voltaje expresado en megavatios (MW).	Número decimal	10	MVA	
<i>vol</i>	<i>Voltaje (kV)</i>	Voltaje nominal de la línea expresado en kilovoltios (kV).	Número decimal	5	Kilovoltios	Ver Dominios. Atributo: Voltaje (kV)
<i>nci</i>	<i>Número circuitos</i>	Número de circuitos que tiene la línea.	Número entero	5	N/A	
<i>mcf</i>	<i>Material conductor fase</i>	Material del conductor de fase.	Texto	80	N/A	Texto libre
<i>cfa</i>	<i>Calibre conductor fase</i>	Calibre del conductor de fase en AWG o kcmil (MCM).	Texto	80	N/A	Texto libre
<i>gcm</i>	<i>Material cable guarda</i>	Material del cable de guarda.	Texto	80	N/A	Texto libre
<i>mcm</i>	<i>Calibre cable guarda (MCM)</i>	Calibre del cable de guarda.	Texto	80	N/A	Texto libre
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre

## HO\_PUERTOS\_MUELLES

muelle\_l  
muelle\_p

BB190	Muelle	Línea / Polígono	Obra construida en un puerto de mar o en la orilla de un río navegable para facilitar las tareas de carga, descarga y para atracar los barcos.
BB190	Muelle	nam	Nombre
		loc	Código de Ubicación Vertical Relativa
		pwc	Código del Tipo de Construcción en Orilla
		fuc	Código de Uso de Funcionalidad
		txt	Texto Asociado

puerto\_p

BB005	Objeto:	Puerto	Alias:			
	Descripción:	Una instalación portuaria con un servicio u operación comercial de interés público.	Institución Generadora:	INOCAR		
Atributos del Objeto						
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio
<i>fcode</i>	Código	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	BB005
<i>cip</i>	Categoría de instalación portuaria	Proporciona las facilidades para manipular diferentes tipos de carga. (Diccionario de la OHI, S-32, 5a. Edición, 5343).	Lista	30	N/A	Ver Dominios. Atributo: Categoría de instalación portuaria
<i>cdn</i>	Condición	Codifica las diversas condiciones de edificios y otras construcciones. La condición "por defecto" debe considerarse como terminada, sin daños y operando con normalidad. Por lo tanto, este atributo solo debe utilizarse para indicar objetos cuya condición es distinta a la "normal".	Lista	20	N/A	Ver Dominios. Atributo: Condición
<i>ndc</i>	Naturaleza de la construcción	Material con el que está construido el objeto.	Lista	30	N/A	Ver Dominios. Atributo: Naturaleza de la construcción
<i>nam</i>	Nombre	Un identificador de texto o código que se utiliza para designar un objeto. (Nombre oficial).	Texto	80	N/A	Texto libre
<i>est</i>	Estado	Descripción del estado administrativo, de uso o de funcionalidad del objeto.	Lista	30	N/A	Ver Dominios. Atributo: Estado
<i>txt</i>	Texto asociado	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre

## HO\_REGULACION\_ZONAS\_RESTRINGIDAS

granja\_acuatica\_a

BH050	Objeto:	Granja acuática	Alias:			
	Descripción:	Área cerrada de agua, utilizada para la reproducción o cría de peces, camarones y similares.	Institución Generadora:	CONELEC		
Atributos del Objeto						
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio
<i>fcode</i>	Código	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	BH050
<i>nam</i>	Nombre	Un identificador de texto o código que se utiliza para designar un objeto. (Nombre oficial).	Texto	80	N/A	Texto libre
<i>oop</i>	Propietario	Nombre del propietario.	Texto	80	N/A	Texto libre
<i>acu</i>	Acuerdo	Indica el tipo de acuerdo otorgado a la granja acuática.	Lista	20	N/A	Ver Dominios. Atributo: Acuerdo
<i>tpu</i>	Tipo de granja acuática	Indica la especie de semovientes existentes en la granja acuática.	Lista	10	N/A	Ver Dominios. Atributo: Tipo de granja acuática
<i>lzn</i>	Localización	Indica la zona en donde se encuentra la granja acuática.	Lista	20	N/A	Ver Dominios. Atributo: Localización
<i>adr</i>	Dirección	Domicilio de la granja acuática.	Texto	80	N/A	Texto libre
<i>nute</i>	Nute	Nomenclatura de las unidades territoriales. Se maneja los códigos de la división política administrativa del país.	Texto	11	N/A	Texto libre
<i>txt</i>	Texto asociado	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre

**HO\_RUTAS\_NAVEGACION**

faro\_p

BC050	Faro	Punto	Estructura distintiva dentro o fuera de la costa con luz en su parte superior, diseñado para servir como una ayuda a la navegación.			
BC050	Faro		nam	Nombre		
			txt	Texto Asociado		

**HO\_ZONAS\_COSTERAS**

linea\_costa\_1

BA011	Línea de Costa	Línea	Línea generada por el contacto entre la tierra y un cuerpo de agua afectado por mareas y definida por el nivel de la pleamar media.			
BA011	Línea de Costa		acc	Código de Categoría de Precisión Horizontal		
			vdc	Código de Dátum Vertical		
			txt	Texto Asociado		

isla\_a

BA030	Objeto:	Isla				Alias:	
	Descripción:	Masa de tierra más pequeña que un continente y rodeada por agua.				Institución Generadora:	IGM INOCAR
<b>Atributos del Objeto</b>							
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio	
<i>fcode</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	BA030	
<i>nam</i>	<i>Nombre</i>	Un identificador de texto o código que se utiliza para designar un objeto. (Nombre oficial).	Texto	80	N/A	Texto libre	
<i>na2</i>	<i>Nombre alterno</i>	Código o identificador turístico que se utiliza para denotar un objeto. (Nombre secundario).	Texto	80	N/A	Texto libre	
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre	

**II\_ESTRUCTURA\_ASOCIADA\_INDUSTRIA**

tuberia\_1

AQ113	Tubería	Línea	Serie de tubos conectados para el transporte de sólidos, líquidos o gases.			
AQ113	Tubería		acc	Código de Categoría de Precisión Horizontal		
			loc	Código de Ubicación Vertical Relativa		
			ppo	Código de Producto		
			fco	Código de Configuración del Objeto		
			txt	Texto Asociado		

## II- EXTRACCION

### cantera\_p

AA012	Objeto:	Cantera	Alias:			
	Descripción:	Explotación minera a cielo abierto en la que se obtienen rocas industriales, ornamentales, áridos o materiales pétreos.	Institución Generadora:	ARCOM		
Atributos del Objeto						
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio
<i>fcode</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	AA012
<i>nam</i>	<i>Nombre</i>	Un identificador de texto o código que se utiliza para designar un objeto. (Nombre oficial).	Texto	80	N/A	Texto libre
<i>con</i>	<i>Concesionario</i>	Nombre de la persona natural o jurídica a la que ha sido adjudicada la concesión minera.	Texto	80	N/A	Texto libre
<i>scv</i>	<i>Superficie volumétrica</i>	Valor métrico del volumen de la explotación minera.	Número decimal	80	Metros	
<i>edc</i>	<i>Estado actual</i>	Calificativo descriptivo de acuerdo a su condición actual.	Lista	20	N/A	Ver Dominios. Atributo: Estado actual
<i>prc</i>	<i>Producto de cantera</i>	Nombre del producto explotado a nivel de cantera.	Lista	30	N/A	Ver Dominios. Atributo: Producto de cantera
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre

### mina\_p

AA010	Objeto:	Mina	Alias:			
	Descripción:	Yacimiento mineral y conjunto de labores, instalaciones y equipos que permiten su explotación racional y adecuada.	Institución Generadora:	ARCOM		
Atributos del Objeto						
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio
<i>fcode</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	AA010
<i>nam</i>	<i>Nombre</i>	Un identificador de texto o código que se utiliza para designar un objeto. (Nombre oficial).	Texto	80	N/A	Texto libre
<i>com</i>	<i>Concesión minera</i>	Nombre del área en la que se desarrolla la actividad minera (exploración y explotación).	Texto	80	N/A	Texto libre
<i>con</i>	<i>Concesionario</i>	Nombre de la persona natural o jurídica a la que ha sido adjudicada la concesión minera.	Texto	80	N/A	Texto libre
<i>edc</i>	<i>Estado actual</i>	Calificativo descriptivo de acuerdo a su condición actual.	Lista	20	N/A	Ver Dominios. Atributo: Estado actual
<i>tmin</i>	<i>Tipo de mina</i>	Tipo de extracción en las fases de exploración y explotación en la que ejecuta las actividades mineras.	Lista	20	N/A	Ver Dominios. Atributo: Tipo de mina
<i>ppo</i>	<i>Producto</i>	Indica el(los) producto(s) principal(es) resultante(s) de una actividad de producción o explotación.	Lista	30	N/A	Ver Dominios. Atributo: Producto
<i>pfd</i>	<i>Profundidad</i>	Valor métrico de la extensión de la explotación minera subterránea.	Número decimal	80	Metros	
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre

## IT\_ASOCIADO\_TRANSPORTACION

### tunel\_l

### tunel\_p

AQ130	Objeto:	Túnel	Alias:			
	Descripción:	Paso subterráneo, abierto para establecer comunicación.	Institución Generadora:	IGM MTOF		
Atributos del Objeto						
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio
<i>fcode</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	AQ130
<i>nam</i>	<i>Nombre</i>	Un identificador de texto o código que se utiliza para designar un objeto. (Nombre oficial).	Texto	80	N/A	Texto libre
<i>tra</i>	<i>Transitable por peatones</i>	Indicación de que el objeto es transitable a pie.	Booleano	5	N/A	Texto Libre
<i>tuc</i>	<i>Uso de la transportación</i>	Uso(s) primario(s) de un sistema de transporte.	Lista	30	N/A	Ver Dominios. Atributo: Uso de la transportación
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre

## IT\_CRUCES\_ENLACES

puente\_p

puente\_l

Objeto: Puente		Alias:				
AQ040	Descripción:	Una estructura que conecta dos centros, se lo usa para el paso de una ruta de transporte (por ejemplo: una carretera o un ferrocarril) o para solventar un obstáculo del terreno (por ejemplo: un cuerpo de agua, un barranco, y/o una carretera).	Institución Generadora:	IGM MTOP		
Atributos del Objeto						
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio
<i>fcode</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	AQ040
<i>nam</i>	<i>Nombre</i>	Un identificador de texto o código que se utiliza para designar un objeto. (Nombre oficial).	Texto	80	N/A	Texto libre
<i>na2</i>	<i>Nombre alterno</i>	Código o identificador turístico que se utiliza para denotar un objeto. (Nombre secundario).	Texto	80	N/A	Texto libre
<i>acc</i>	<i>Precisión horizontal</i>	Evaluación general de la precisión horizontal de un objeto en una posición geográfica, como una categoría.	Lista	20	N/A	Ver Dominios. Atributo: Precisión horizontal
<i>bsc</i>	<i>Tipo de estructura</i>	El tipo de diseño estructural de un puente, el periodo de puente, o de la superestructura del puente.	Lista	50	N/A	Ver Dominios. Atributo: Tipo de estructura
<i>itn</i>	<i>Pista (conteo de carriles)</i>	El número total de rutas de acceso independiente o en paralelo (por ejemplo: una vía férrea y/o un carril en la carretera en ambas direcciones).	Número entero	5	N/A	
<i>tuc</i>	<i>Uso de la transportación</i>	Uso(s) primario(s) de un sistema de transporte.	Lista	30	N/A	Ver Dominios. Atributo: Uso de la transportación
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre

## IT\_FERROCARRILES

ferrocarril\_l

Objeto: Línea de ferrocarril		Alias:				
CA000	Descripción:	Uno o mas vías de ferrocarril que comprende una red, la misma que se utiliza durante el transporte de pasajeros y mercancías.	Institución Generadora:	IGM FEPP		
Atributos del Objeto						
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio
<i>fcode</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	CA000
<i>nam</i>	<i>Nombre</i>	Un identificador de texto o código que se utiliza para designar un objeto. (Nombre oficial).	Texto	80	N/A	Texto libre
<i>acc</i>	<i>Precisión horizontal</i>	Evaluación general de la precisión horizontal de un objeto en una posición geográfica, como una categoría.	Lista	20	N/A	Ver Dominios. Atributo: Precisión horizontal
<i>coe</i>	<i>Certeza de existencia</i>	Evaluación general de la valoración de la calidad de un objeto, como una categoría. Dependerá del método (directo o indirecto) utilizado.	Lista	20	N/A	Ver Dominios. Atributo: Certeza de existencia

## IT\_TRANSPORTE\_TERRESTRE

sendero\_l

Objeto: Sendero		Alias:				
AP050	Descripción:	Camino desgastado por el paso de personas o animales.	Institución Generadora:	IGM MTOP		
Atributos del Objeto						
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio
<i>fcode</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	AP050
<i>coe</i>	<i>Certeza de existencia</i>	Evaluación general de la valoración de la calidad de un objeto, como una categoría. Dependerá del método (directo o indirecto) utilizado.	Lista	20	N/A	Ver Dominios. Atributo: Certeza de existencia
<i>wtc</i>	<i>Restricción del camino por el tiempo</i>	Tipo de condiciones climáticas bajo las cuales un camino se puede utilizar.	Lista	30	N/A	Ver Dominios. Atributo: Restricción del camino por el tiempo
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre

## rodera\_1

Objeto:		Herradura o rodera	Alias:			
Descripción:		Camino sin mejoras.	Institución Generadora:		IGM MTOP	
Atributos del Objeto						
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio
<i>fcode</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	AP010
<i>rdt</i>	<i>Uso de vía</i>	Uso que se le da a la vía como parte del sistema de transporte.	Lista	20	N/A	Ver Dominios. Atributo: Uso de vía
<i>rst</i>	<i>Composición física de la superficie de la vía</i>	Composición física de la superficie de un terreno que es destinado para vía y/o carretera.	Lista	50	N/A	Ver Dominios. Atributo: Composición física de la superficie de la vía
<i>hct</i>	<i>Clase de vía</i>	Clase de vía en función de su importancia en la red de transporte en general.	Lista	20	N/A	Ver Dominios. Atributo: Clase de vía
<i>wtc</i>	<i>Restricción del camino por el tiempo</i>	Tipo de condiciones climáticas bajo las cuales un camino se puede utilizar.	Lista	30	N/A	Ver Dominios. Atributo: Restricción del camino por el tiempo
<i>ltn</i>	<i>Pista (conteo de carriles)</i>	El número total de rutas de acceso independiente o en paralelo (por ejemplo: una vía férrea y/o un carril en la carretera en ambas direcciones).	Número entero	5	N/A	
<i>tuc</i>	<i>Uso de la transportación</i>	Uso(s) primario(s) de un sistema de transporte.	Lista	30	N/A	Ver Dominios. Atributo: Uso de la transportación
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre

## via\_ruta\_1

Objeto:		Vía	Alias:			
Descripción:		Sistema de transporte o comunicación.	Institución Generadora:		IGM MTOP	
Atributos del Objeto						
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio
<i>fcode</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	AP030
<i>nam</i>	<i>Nombre</i>	Un identificador de texto o código que se utiliza para designar un objeto. (Nombre oficial).	Texto	80	N/A	Texto libre
<i>na2</i>	<i>Nombre alterno</i>	Código o identificador turístico que se utiliza para denotar un objeto. (Nombre secundario).	Texto	80	N/A	Texto libre
<i>acc</i>	<i>Precisión horizontal</i>	Evaluación general de la precisión horizontal de un objeto en una posición geográfica, como una categoría.	Lista	20	N/A	Ver Dominios. Atributo: Precisión horizontal
<i>rdt</i>	<i>Uso de vía</i>	Uso que se le da a la vía como parte del sistema de transporte.	Lista	20	N/A	Ver Dominios. Atributo: Uso de vía
<i>typ</i>	<i>Tipo de vía</i>	Tipo de vía pública basado en su designación.	Lista	30	N/A	Ver Dominios. Atributo: Tipo de vía
<i>rst</i>	<i>Composición física de la superficie de la vía</i>	Composición física de la superficie de un terreno que es destinado para vía y/o carretera.	Lista	50	N/A	Ver Dominios. Atributo: Composición física de la superficie de la vía
<i>hct</i>	<i>Clase de vía</i>	Clase de vía en función de su importancia en la red de transporte en general.	Lista	20	N/A	Ver Dominios. Atributo: Clase de vía
<i>wtc</i>	<i>Restricción del camino por el tiempo</i>	Tipo de condiciones climáticas bajo las cuales un camino se puede utilizar.	Lista	30	N/A	Ver Dominios. Atributo: Restricción del camino por el tiempo
<i>loc</i>	<i>Ubicación vertical relativa</i>	La relación entre la función y el suelo subyacente (terreno) o el fondo del cuerpo de agua.	Lista	50	N/A	Ver Dominios. Atributo: Ubicación vertical relativa
<i>ltn</i>	<i>Pista (conteo de carriles)</i>	El número total de rutas de acceso independiente o en paralelo (por ejemplo: una vía férrea y/o un carril en la carretera en ambas direcciones).	Número entero	5	N/A	
<i>mes</i>	<i>Presencia de parterre</i>	Indicación de la presencia de una división entre carriles o pistas de una ruta de transporte terrestre (una carretera o un ferrocarril). Su separación es una barrera vertical en el medio.	Booleano	5	N/A	Texto libre
<i>tuc</i>	<i>Uso de la transportación</i>	Uso(s) primario(s) de un sistema de transporte.	Lista	30	N/A	Ver Dominios. Atributo: Uso de la transportación
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre



## T\_NOMBRES

nombre\_geografico\_p

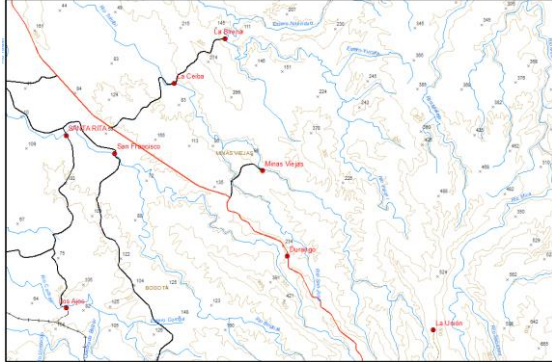

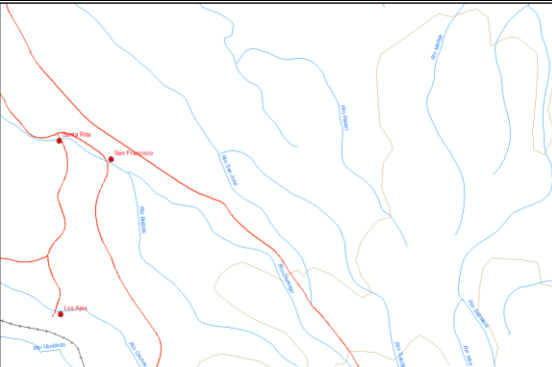
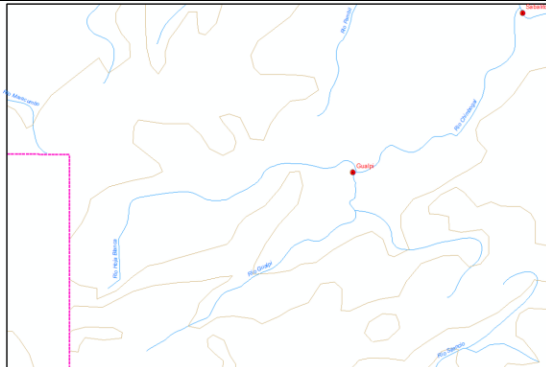
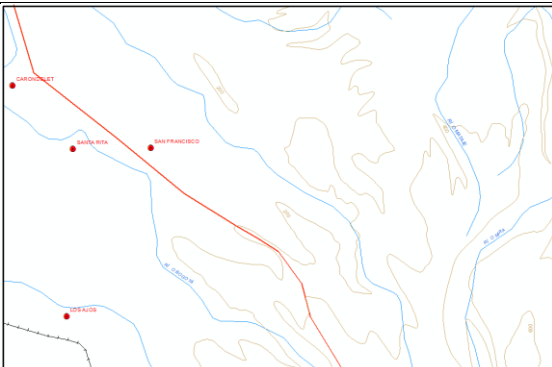
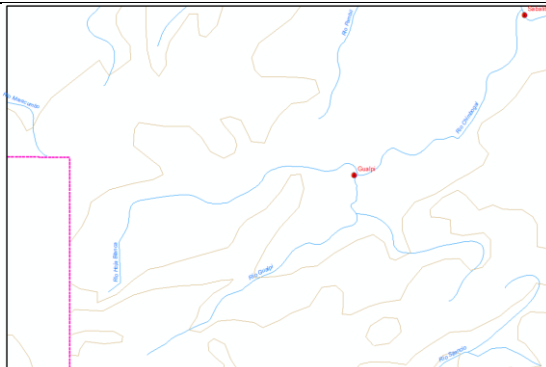
nombre\_geografico\_l

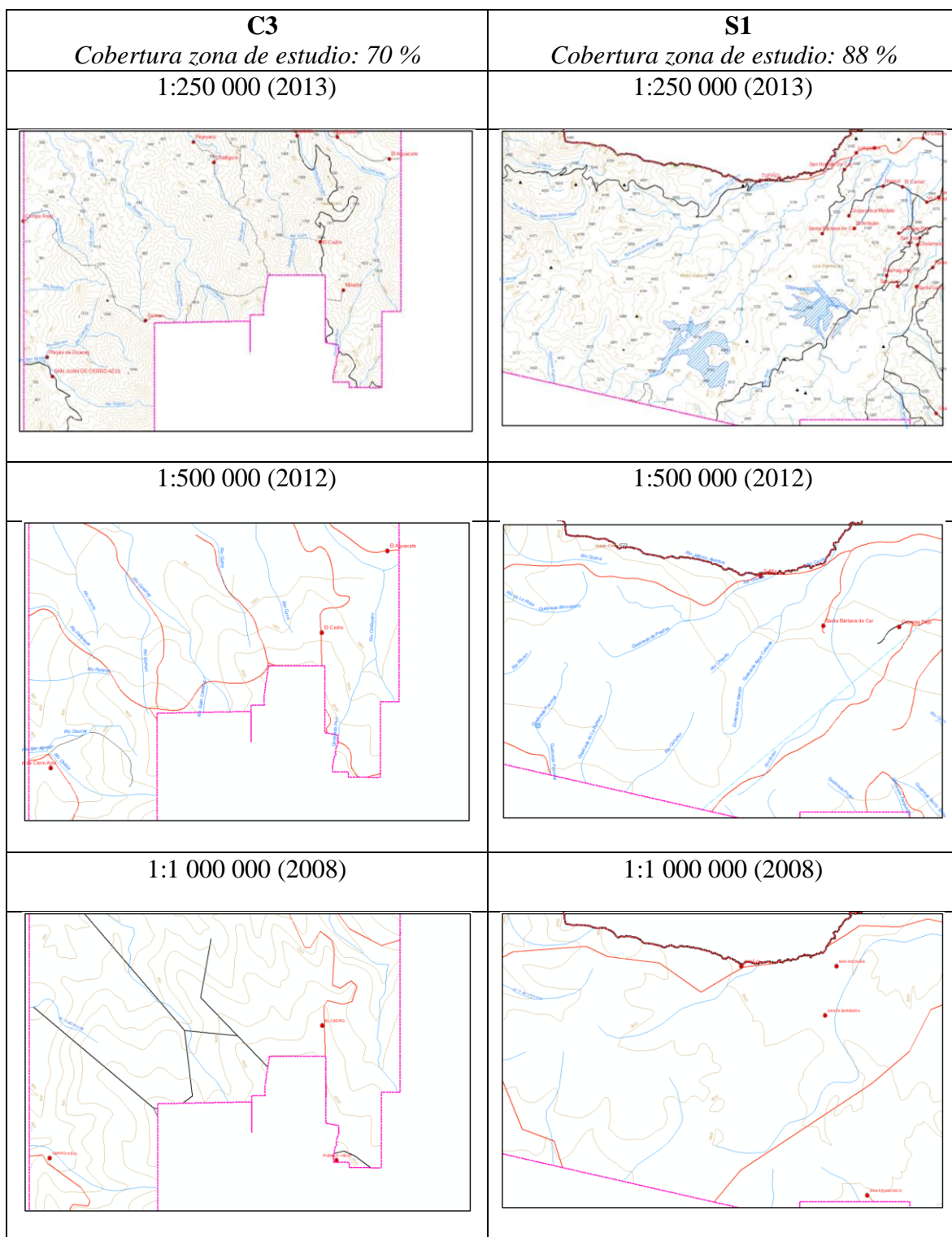
Z1005	<b>Objeto:</b>	<b>Nombre geográfico</b>					<b>Alias:</b>	
	<b>Descripción:</b>	Nombre usado para denotar un objeto y la información de relación para establecer el contexto del uso.				<b>Institución Generadora:</b>	IGM	
<b>Atributos del Objeto</b>								
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio		
<i>fcode</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	Z1005		
<i>nam</i>	<i>Nombre</i>	Un identificador de texto o código que se utiliza para designar un objeto. (Nombre oficial).	Texto	80	N/A	Texto libre		
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre		

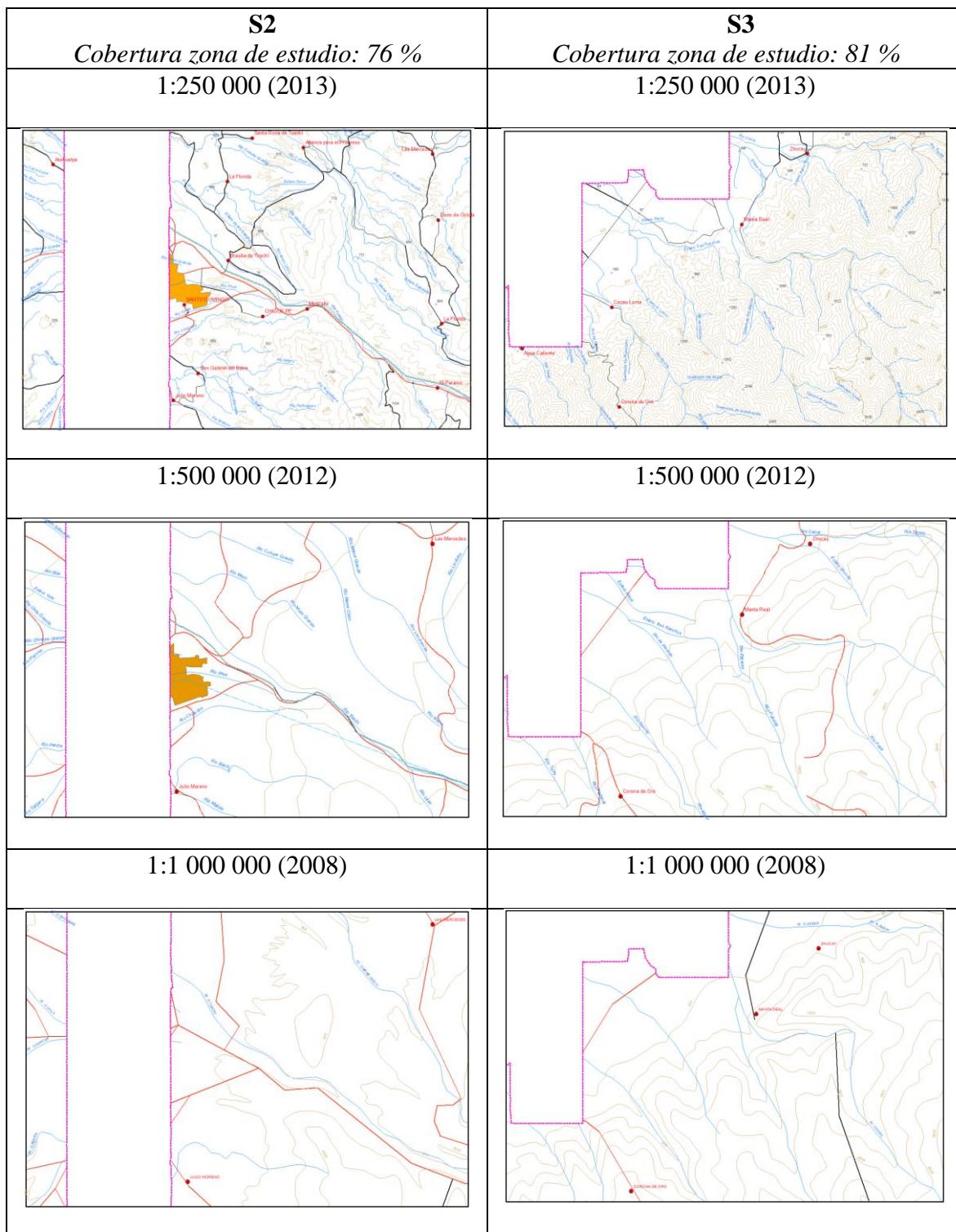
nombre\_sitio\_p

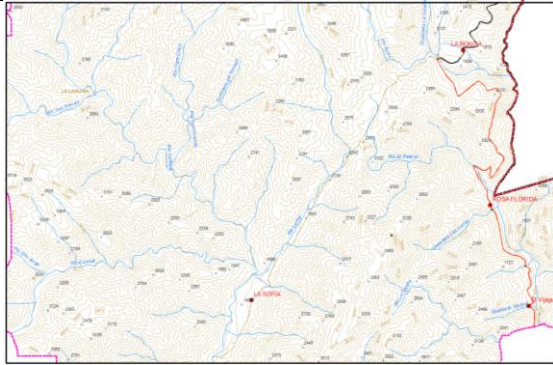
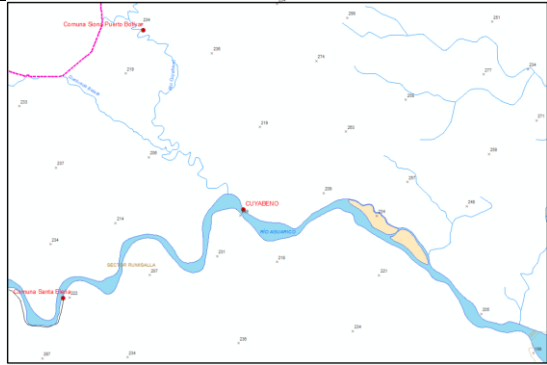
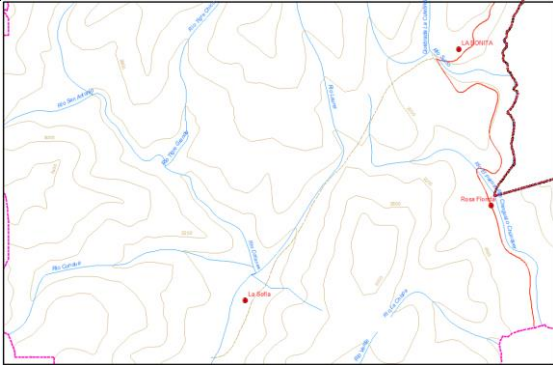
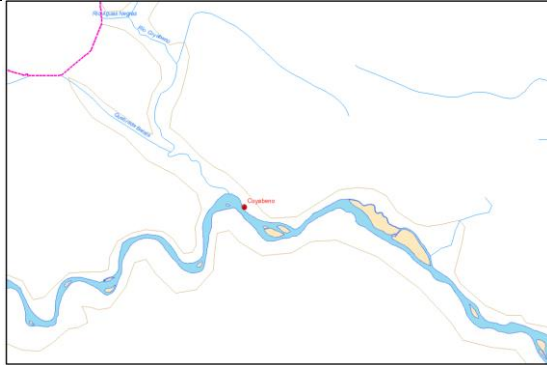
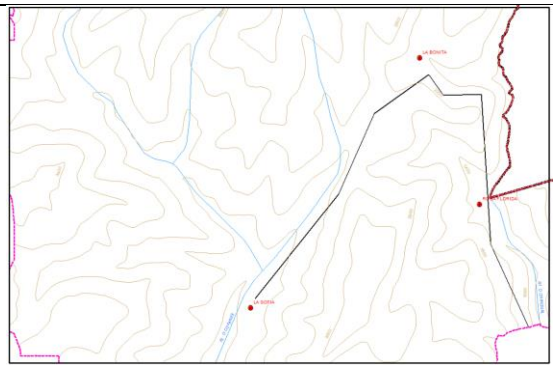
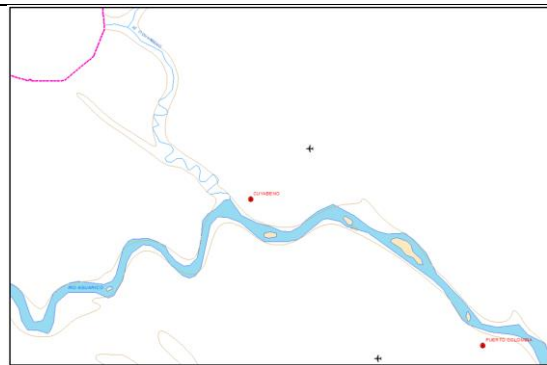
ZD040	<b>Objeto:</b>	<b>Sitios y áreas</b>					<b>Alias:</b>	
	<b>Descripción:</b>	Sitio geográfico sobre la superficie de la tierra que tiene nombre propio.				<b>Institución Generadora:</b>	IGM INPC	
<b>Atributos del Objeto</b>								
Código	Nombre	Descripción	Tipo de Dato	Extensión	Unidad de Medida	Valores de Dominio		
<i>fcode</i>	<i>Código</i>	Código de identificación del objeto geográfico según el Catálogo Nacional.	Texto	5	N/A	ZD040		
<i>nam</i>	<i>Nombre</i>	Un identificador de texto o código que se utiliza para designar un objeto. (Nombre oficial).	Texto	80	N/A	Texto libre		
<i>fna</i>	<i>Nombre completo</i>	Nombre completo que se utiliza para designar una entidad que usualmente sería escrita por la cultura original en un mapa o una carta.	Texto	80	N/A	Texto libre		
<i>sna</i>	<i>Nombre corto</i>	Forma abreviada de un nombre completo que lo podría sustituir y consta de una parte específica del nombre completo.	Texto	80	N/A	Texto libre		
<i>gna</i>	<i>Nombre genérico</i>	Porción de un nombre completo que hace referencia a una característica común, por lo general geomorfológica; por ejemplo: una montaña.	Texto	80	N/A	Texto libre		
<i>txt</i>	<i>Texto asociado</i>	Texto aclaratorio del objeto.	Texto	250	N/A	Texto libre		

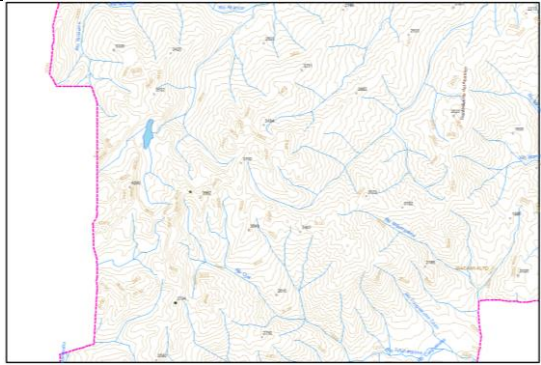
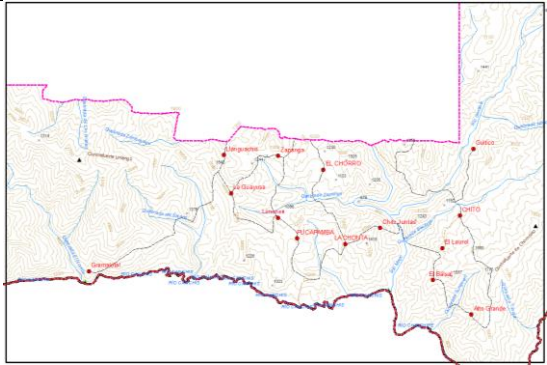
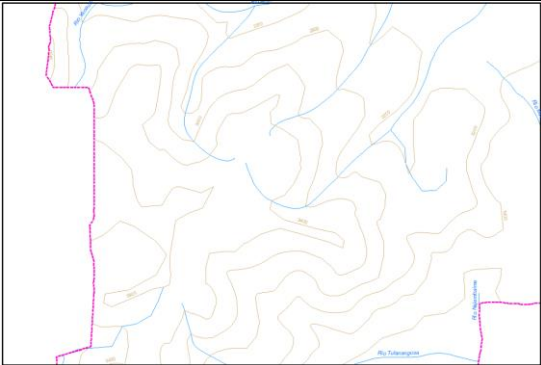
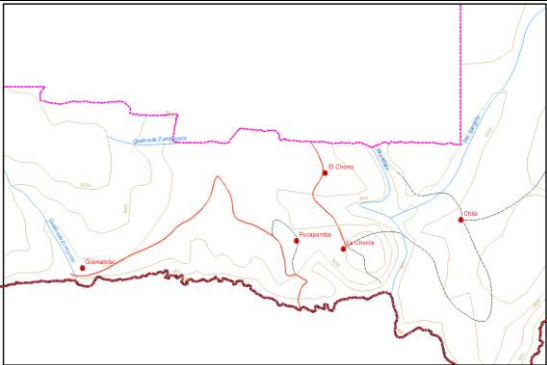
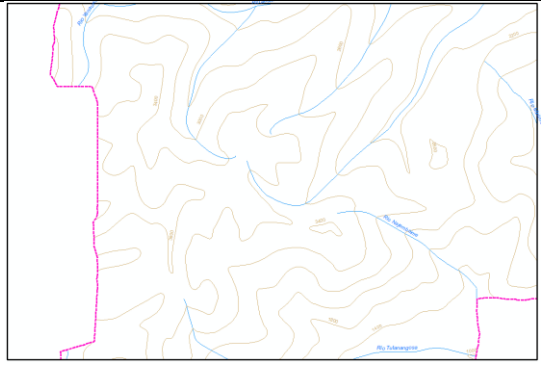
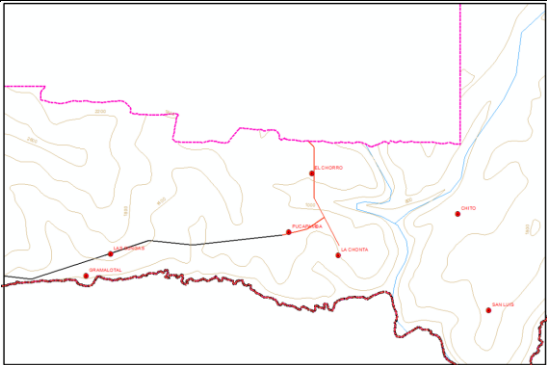
**Anexo 2. Áreas de muestreo cortadas, de las BDG disponibles de las escalas en estudio para ser actualizadas con insumos no fotográficos**

<p><b>C1</b> Cobertura zona de estudio: 100 %</p>	<p><b>C2</b> Cobertura zona de estudio: 95 %</p>
<p>1:250 000 (2013)</p>	<p>1:250 000 (2013)</p>
	
<p>1:500 000 (2012)</p>	<p>1:500 000 (2012)</p>
	
<p>1:1 000 000 (2008)</p>	<p>1:1 000 000 (2008)</p>
	





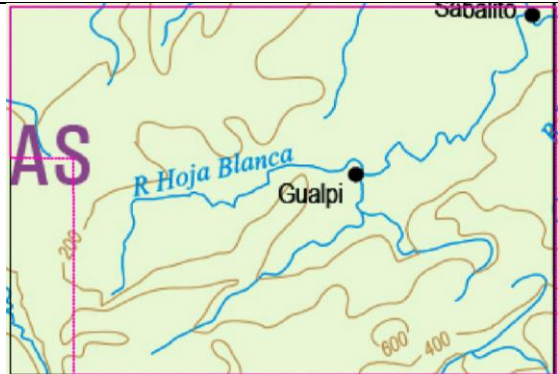

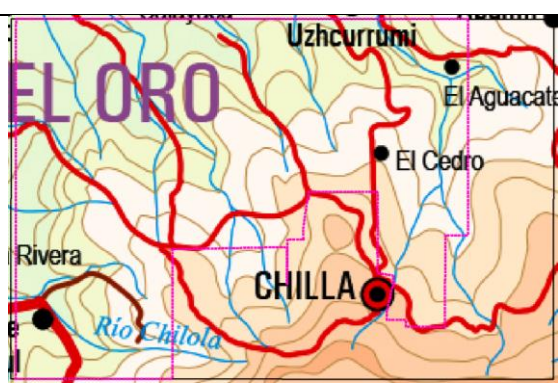



<p><b>O1</b> Cobertura zona de estudio: 93 % 1:250 000 (2013)</p>	<p><b>O2</b> Cobertura zona de estudio: 97 % 1:250 000 (2013)</p>
	
<p>1:500 000 (2012)</p>	<p>1:500 000 (2012)</p>
	
<p>1:1 000 000 (2008)</p>	<p>1:1 000 000 (2008)</p>
	

<p><b>O3</b> Cobertura zona de estudio: 83 % 1:250 000 (2013)</p>	<p><b>O4</b> Cobertura zona de estudio: 70 % 1:250 000 (2013)</p>
	
<p>1:500 000 (2012)</p>	<p>1:500 000 (2012)</p>
	
<p>1:1 000 000 (2008)</p>	<p>1:1 000 000 (2008)</p>
	

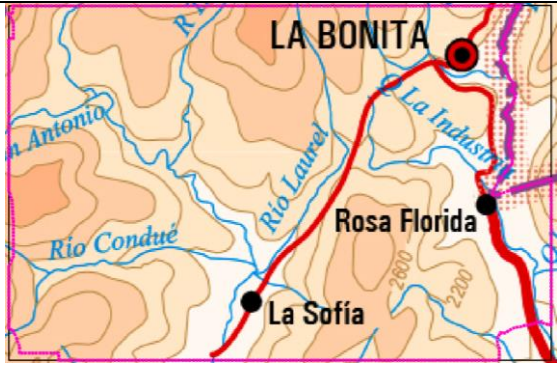



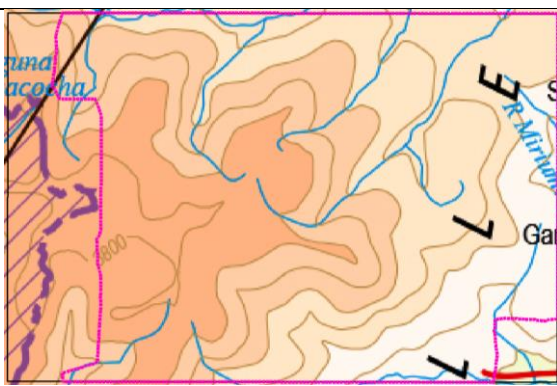
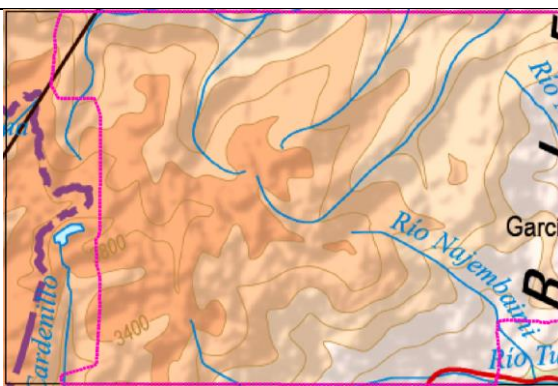
**Anexo 3. Áreas de muestreo actualizadas, con la aplicación de métodos alternativos de insumo no fotográfico, para el nuevo Mapa Geográfico del Ecuador a escala**

**1:500 000**

Mapa Geográfico de la República del Ecuador. 1:500 000. IGM. 2012	Mapa Geográfico de la República del Ecuador. 1:500 000. IGM. 2021 (en trámite de aprobación)
<b>Área de muestreo: C1 (Escala de impresión aproximada: 1:500 000)</b>	
	
<b>Área de muestreo: C2 (Escala de impresión aproximada: 1:500 000)</b>	
	
<b>Área de muestreo: C3 (Escala de impresión aproximada: 1:500 000)</b>	
	

<p>Mapa Geográfico de la República del Ecuador. 1:500 000. IGM. 2012</p>	<p>Mapa Geográfico de la República del Ecuador. 1:500 000. IGM. 2021 (en trámite de aprobación)</p>
<p>Área de muestreo: S1 (Escala de impresión aproximada: 1:500 000)</p>	
<p>Área de muestreo: S2 (Escala de impresión aproximada: 1:500 000)</p>	
<p>Área de muestreo: S3 (Escala de impresión aproximada: 1:500 000)</p>	



<p>Mapa Geográfico de la República del Ecuador. 1:500 000. IGM. 2012</p>	<p>Mapa Geográfico de la República del Ecuador. 1:500 000. IGM. 2021 (en trámite de aprobación)</p>
<p>Área de muestreo: O1 (Escala de impresión aproximada: 1:500 000)</p>	
	
<p>Área de muestreo: O2 (Escala de impresión aproximada: 1:500 000)</p>	
	
<p>Área de muestreo: O3 (Escala de impresión aproximada: 1:500 000)</p>	
	
<p> </p>	

Área de muestreo: O4 (Escala de impresión aproximada: 1:500 000)

