

Capítulo 1. CONCEPTOS BÁSICOS

1.1 CARTOGRAFÍA

De acuerdo con el Instituto Geográfico Nacional de España (IGN, 2009), la cartografía, es aquella ciencia que estudia los procesos y métodos para representar sobre un mapa una porción de la superficie terrestre, considerando su curvatura y haciendo uso de las proyecciones cartográficas. En los mapas, se utiliza una superficie de referencia denominada elipsoide de revolución. La cartografía se clasifica en cartografía digital y analógica, cada una con múltiples ventajas y desventajas. Actualmente, la cartografía digital es mayormente difundida debido a su facilidad de adquisición, tratamiento, edición y producción de mapas en formato digital mediante el uso de software GIS.

1.1.1 Mapa

En la opinión de Niño (2011), un mapa “es una representación gráfica de una porción de superficie terrestre con todo lo que en ella existe, o lo que el hombre percibe que existe” (p. 111).

De manera general, el IGN (2009), argumenta que los mapas se pueden clasificar desde su escala o su propósito. Según su escala, consiguen ser mapas de escala pequeña, los cuales representan amplias zonas de la superficie terrestre. Por otro lado, los mapas de gran escala representan zonas pequeñas de la tierra,

presentando un mejor detalle en los elementos cartográficos. En relación con su propósito, pueden ser mapas topográficos o temáticos donde los mapas topográficos presentan la elevación de la superficie y los mapas temáticos una variable en particular. Finalmente, un mapa no es equivalente a un plano, pues en los planos no se considera la curvatura de la tierra.

1.1.2 Escala

La escala cartográfica tiene su origen en la antigua Grecia. Este concepto se puede definir como la relación entre la dimensión representada en la cartografía y la dimensión real del objeto. Existen 3 diferentes tipos de escalas.

- a. Absoluta: adimensional, representa la equivalencia directa de la dimensión de un objeto. Por ejemplo, una escala 1:1000 representa que 1 m en el mapa equivale a 1000 m en la realidad.
- b. Relativa: Expresa una relación numérica y textual, por ejemplo, 1 m = 1 Km.
- c. Gráfica: Representada mediante una línea con marcas graduadas de acuerdo a un rango de valores definidos.

1.1.3 Proyecciones

Una proyección cartográfica es un modelo matemático mediante el cual se representa cierto objeto espacial, eliminando la curvatura de la superficie terrestre. Toda clase de proyección implica una serie de deformaciones. Este concepto ha evolucionado a lo largo de la historia y del uso de la cartografía, se han creado diferentes proyecciones dependiendo de la propiedad que se desee conservar del objeto espacial.

Con base en IGAC (2005), las proyecciones se pueden clasificar de acuerdo a la figura geométrica que se superpone al globo (cilíndrica, azimutal y cónica), según la posición de la figura (normal, transversal y oblicua), de acuerdo al contacto con el globo (secante y tangente), según la deformación que corrige (conforme, equivalente y equidistante) y finalmente, teniendo como referencia la posición de la fuente de luz (Stereográfica, Ortográfica y Gnomónica).

1.2 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Los sistemas de información geográfica (SIG) o Geographic Information Systems (GIS), por sus siglas en inglés, no poseen una definición formal y estandarizada, entre las propuestas más comunes se encuentra la del Environmental Systems Research Institute (ESRI, s.f.-a), que define los SIG como “un sistema empleado para describir y categorizar la tierra y otras geografías con el objetivo de mostrar y analizar la información a la que se hace referencia espacialmente”. Por otro lado, Olaya (2012), menciona que “los SIG permiten realizar la gestión, el análisis y publicación de datos espaciales” (p. 8).

Finalmente, Campbell y Shin (2011), agregan que, los SIG “son un tipo especial de tecnología de la información que puede ayudarnos a comprender y relacionarnos con el “¿qué?”, “¿cuándo?”, “¿cómo?” y “¿por qué?” del mundo respondiendo “¿dónde?” (p. 4).

Los SIG, están compuestos por datos, personas, procesos, hardware y software; que, en conjunto, permiten la captura, manejo, análisis y presentación de resultados de diversos problemas. A continuación se define cada uno de ellos:

1.2.1 Datos

Son entidades espacio - temporales que describen la distribución, el estado y la relación entre un determinado fenómeno o situación (IGAC, 1995). Es el parámetro o insumo básico para la realización de los diferentes análisis. Existen múltiples plataformas para su captura, entre ellas, se encuentran los GPS, la fotogrametría convencional y fotogrametría con drones, la teledetección y procesos de digitalización, entre otros. Conocer sus principales características resulta relevante para la toma de decisiones, pues de omitirse conllevaría a cometer errores.

1.2.2 Software

Es el andamiaje computacional basado en algoritmos de programación que permite la captura, visualización, edición, almacenamiento y producción de información geográfica en un entorno especialmente diseñado para ello.

1.2.3 Hardware

Comprende todo el sistema o instrumento físico que interviene en los procesos geográficos. Incluyen todos los equipos de cómputo utilizados durante las etapas del tratamiento de los datos.

1.2.4 Personas

Incluye el recurso humano que interviene en las diferentes etapas de captura, edición, almacenamiento y producción relacionado con información geográfica. La capacitación y la experiencia del personal influyen directamente en la calidad de los resultados.

1.2.5 Procesos

Son todas aquellas metodologías o flujos de trabajo que intervienen en las etapas del tratamiento de los datos espaciales.

1.3 TIPOS DE DATOS GEOGRÁFICOS

Los datos geográficos se pueden definir como entidades espacio temporales que permiten describir o cuantificar la distribución, el estado y las relaciones con fenómenos de diversa índole (IGAC, 1995). A continuación se describen los formatos más comunes y sus principales características:

1.3.1 Shapefile

Un shapefile es un formato almacenamiento geográfico que permite la administración de atributos. Las geometrías típicas de este tipo de archivo, son el punto, línea y polígono. Su principal desventaja es no soportar topología. Como señala ESRI (s.f.-b), entre las extensiones obligatorias para el adecuado funcionamiento de estos archivos se encuentra el *.shp (almacena la geometría), *.shx (almacena el índice de la geometría) y *.dbf (almacena los atributos de las entidades). Las extensiones opcionales son: *.prj (referencia espacial, coordenadas), *.sbn y *.sbx (índices

espaciales de las entidades), *.xml (metadatos). Cada archivo debe tener el mismo prefijo, por ejemplo: acueducto.shp, acueducto.shx y acueducto.dbf.

1.3.2 Ráster

Cada elemento de la realidad a representar se divide en filas y columnas, formando una matriz regular de celdas o píxeles. Cada celda es rectangular, no necesariamente cuadrada. Cada celda guarda coordenadas X e Y al igual que el valor del atributo a representar, por ejemplo, la elevación del terreno. Según Aldana (2019), “en este formato, el espacio no es continuo, sino que se divide en unidades discretas (...) permitiendo la superposición de mapas o cálculo de superficies” (p. 158).

El tamaño del píxel se refiere a la unidad de medida del formato ráster. A mayor tamaño de píxel, menor es el peso del archivo ráster. De igual forma, es común que la dimensión del píxel se relacione con la resolución espacial y escala de trabajo.

1.3.3 Tabla

Formato característico para almacenar los datos en un modelo matricial compuesto por filas y columnas. Este tipo de almacenamiento permite realizar consultas, filtros y estadísticas basadas en las características (columnas) y en los elementos individuales (filas).

El interés sobre este modelo recae, en que, en varias ocasiones, la información proviene de bases de datos almacenadas en este formato. Existen algunos inconvenientes en el uso de los grandes registros de datos en software de información geográfica, de acuerdo con el tipo de software utilizado, se limitan la cantidad de datos que se pueden añadir.

1.3.4 Geodatabase

Una Geodatabase se puede definir como “un conjunto de datasets geográficos de distintas clases que están almacenados en una carpeta común del sistema de archivos o en un sistema de administración de bases de datos relacionales” (ESRI, s.f.-c). La ventaja en el uso de este formato de almacenamiento, es que favorece la administración de dominios y subtipos que reducen el tiempo en los procesos de edición, por otro lado, este modelo permite realizar procesos topológicos sobre los datos.

1.4 FUENTES DE DATOS GEOGRÁFICOS

Las políticas de datos abiertos al igual que el uso de plataformas de libre acceso, han generado una reducción de tiempos en los flujos de trabajo con información geográfica. A continuación se resumen algunas fuentes de datos utilizadas en la investigación:

- a. DANE: Dentro de su geoportal, es posible consultar límites administrativos del país a escala departamental, municipal y veredal. En su plataforma REDATAM, se puede consultar la información de los censos de población del 2005 y 2018.
- b. IGAC: En su geoportal de datos abiertos, es posible consultar archivos de tipo vectorial a diferentes escalas.

1.5 ASPECTOS BÁSICOS DE LA CIUDAD

Hasta este punto, han sido expuestas las definiciones, componentes y clases de datos usualmente administrados mediante los SIG. Es así como en el presente apartado, se entregarán conceptos básicos como el relieve, pendientes y sectorización con base en el DANE y el POT del casco urbano de la ciudad de Tunja y sectorizaciones relevantes para la interpretación de los resultados expuestos en capítulos posteriores. La ubicación general del casco urbano se presenta en la Figura 1.

1.5.1 Sectorización

Con el fin de presentar algunas características notables de la población, su distribución espacial, el desarrollo urbano de la ciudad y otras variables, se sectorizó la ciudad bajo dos propuestas: la primera de ellas, la planteada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (en adelante DANE) y la segunda, la trazada en el Plan de Ordenamiento Territorial - POT. Dentro de la propuesta del DANE, la ciudad está dividida en 24 sectores.

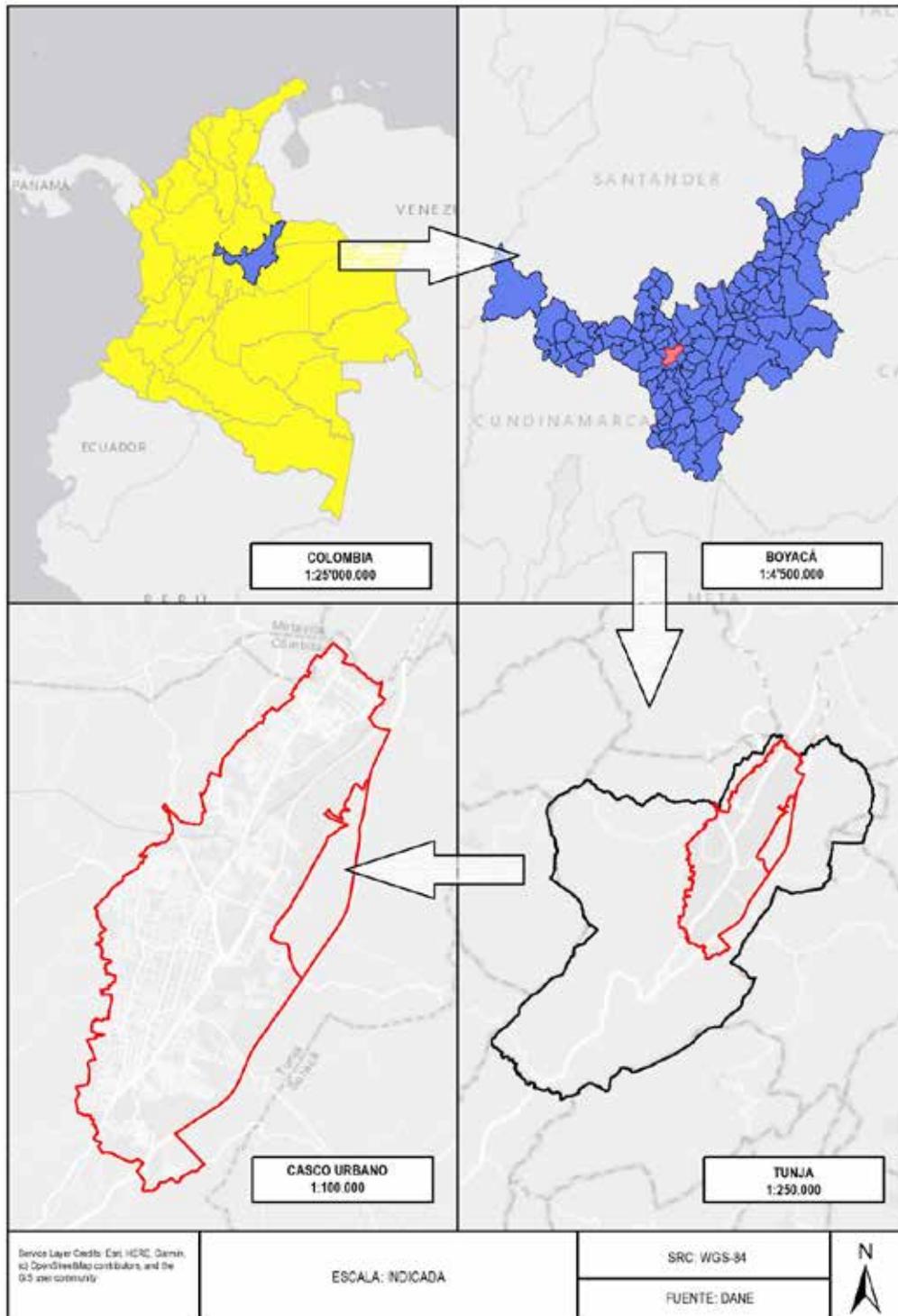
Los barrios más representativos de cada sector se presentan en la Tabla 1 y Figura 2. Por otro lado, la sectorización propuesta en el POT, divide al casco urbano en 10 sectores, cada uno de ellos con unas características demográficas, sociales, económicas y de equipamientos urbanos característicos (Ver Figura 3).

Tabla 1. Sectorización propuesta por DANE

SECTOR	BARRIOS	SECTOR	BARRIOS	SECTOR	BARRIOS
1	El Triunfo, La Trinidad, Libertador.	9	Cojines, San Lázaro.	17	Casas Fiscales Maldonado, Conjunto El Recreo.
2	San Francisco, La Florida.	10	La Calleja, La Fuente.	18	Los Patriotas, El Dorado, Mesopotamia.
3	Paraíso, Ricaurte.	11	Veinte de Julio, El Carmen.	19	La Granja, Estancia del Roble.
4	El Bosque, Suárez Rendón.	12	Popular.	20	Obrero.
5	El Jordán, Hunza.	13	San Ignacio.	21	Los Muiscas, Suamox.
6	Cooservicios, San Antonio.	14	Las Nieves.	22	Manantial, Portales del Norte.
7	Santa Bárbara, El Consuelo.	15	Las Nieves, San Ignacio.	23	Santa Inés, Las Quintas.
8	El Topo, El Milagro.	16	Maldonado.	24	Asís, Santa Rita, Villa Luz.

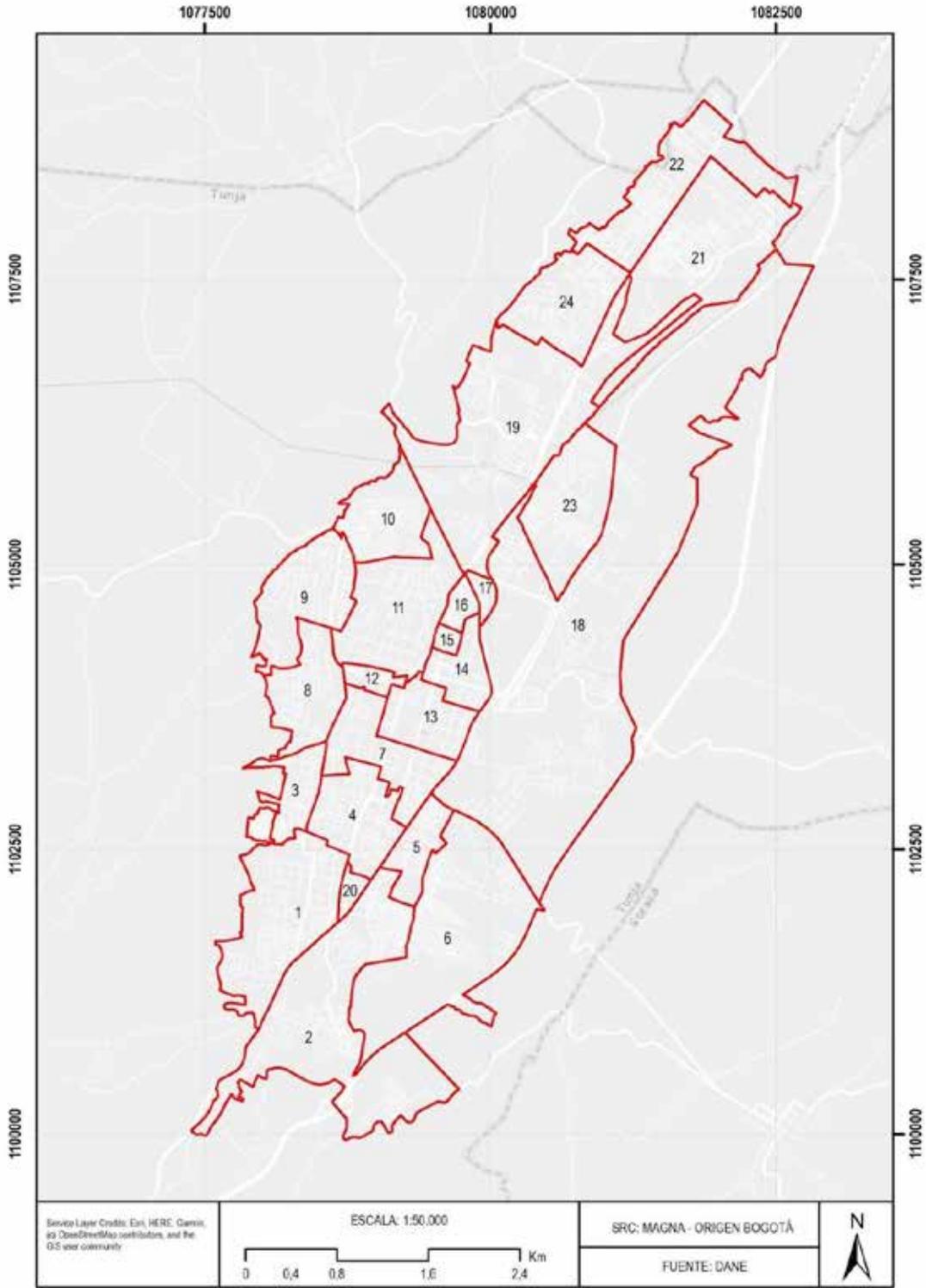
Fuente: Los Autores.

Figura 1. Ubicación general de la zona de estudio.



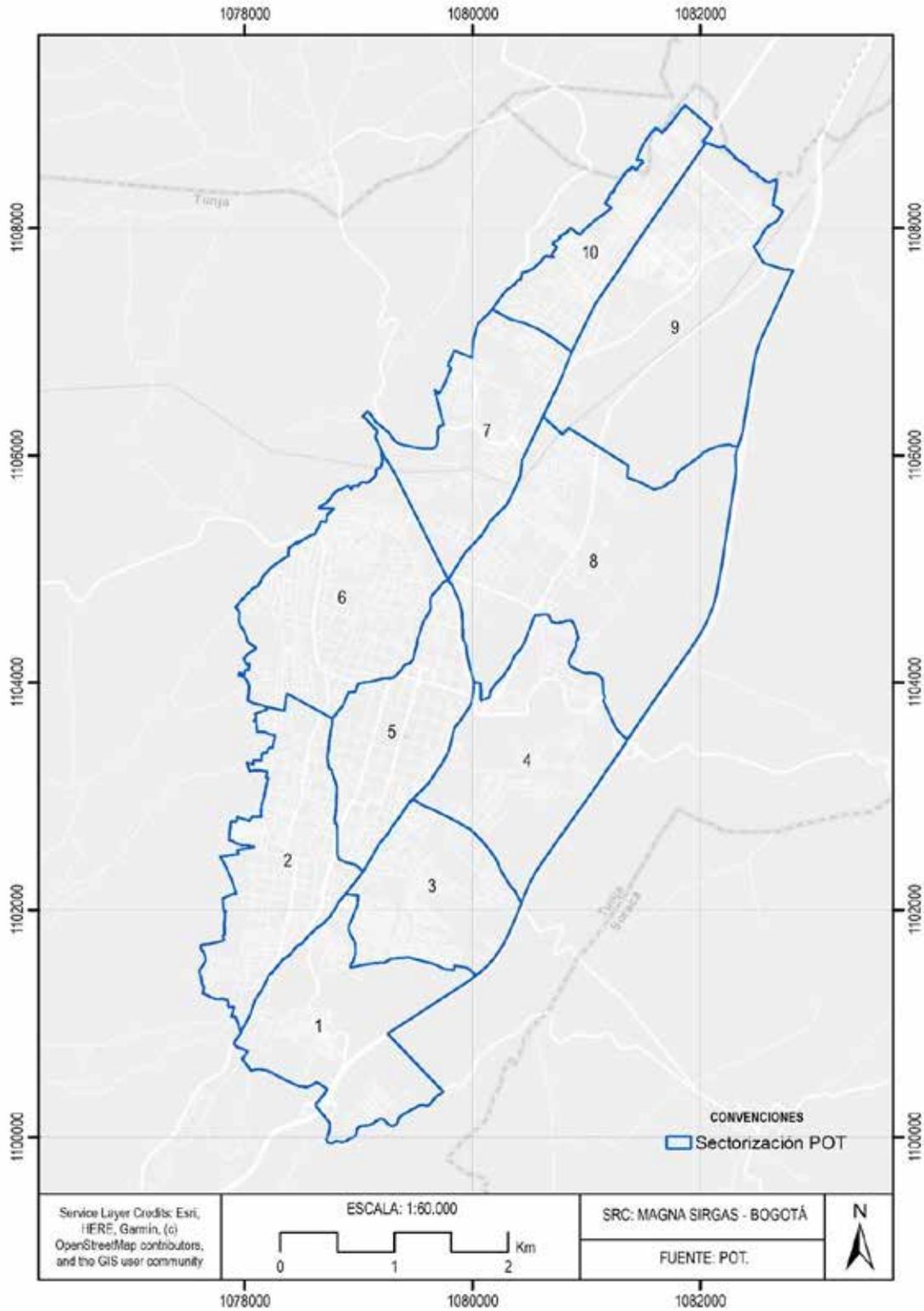
Fuente: DANE.

Figura 2. Sectorización urbana propuesta por DANE.



Fuente: DANE.

Figura 3. Sectorización urbana propuesta por POT



Fuente: POT.

1.5.2 Relieve

Para este aspecto, se utilizó un modelo digital de elevación (DEM) del *Advanced Land Observation Satellite*, conocido comúnmente por sus siglas (ALOS), y de su sensor radar PALSAR, este modelo posee una resolución espacial de 12.5 m. Para la selección del DEM, se buscó el modelo con mejor ajuste a las elevaciones de la ciudad, para tal fin, se utilizaron las cotas de aquellos puntos que pertenecen a la red magna pasiva del IGAC.

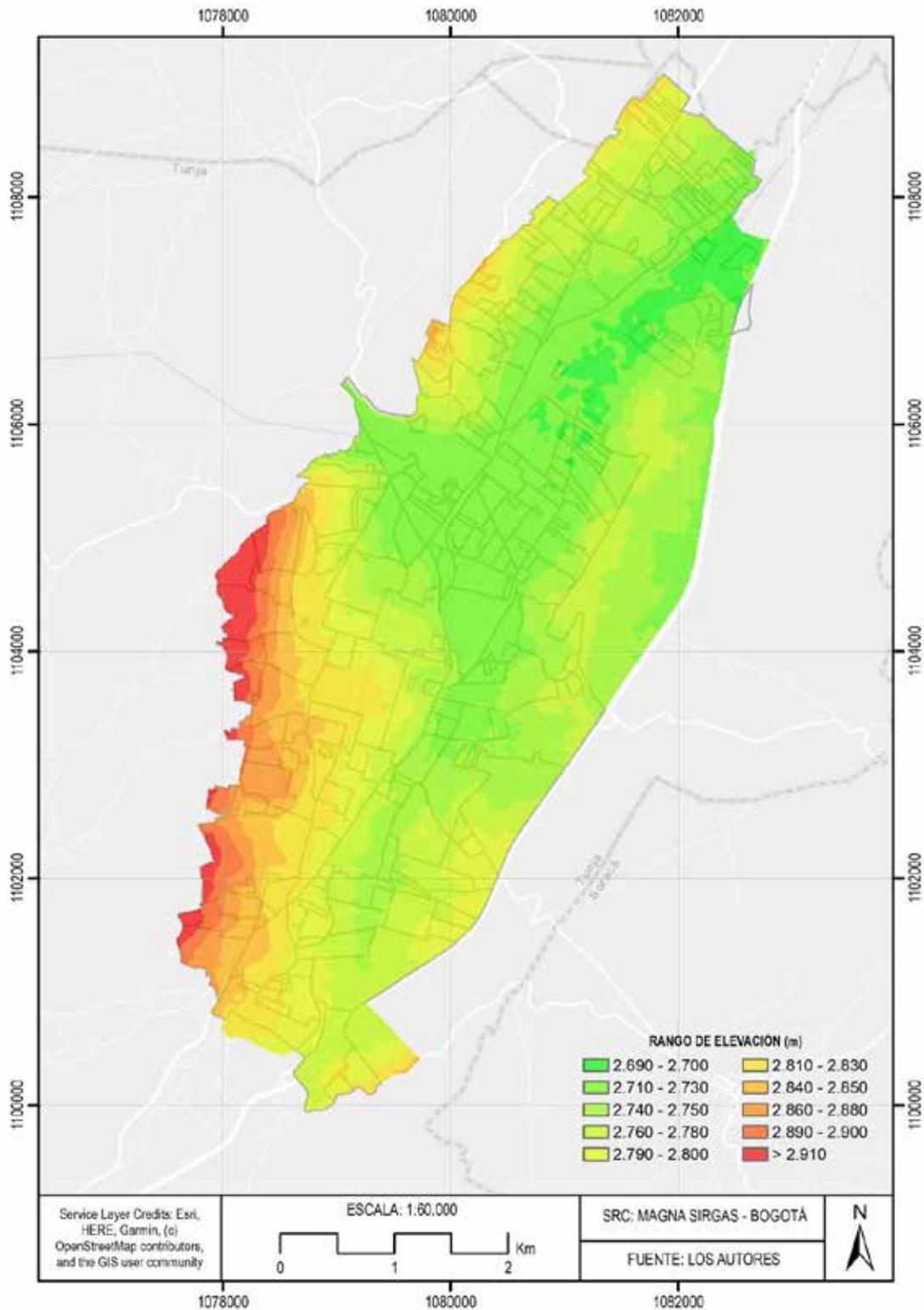
Con base en los rangos definidos, es posible visualizar las elevaciones en el casco urbano de la ciudad. A grandes rasgos, se hace evidente la existencia de una zona plana y de menor elevación, al igual que dos zonas con gran variación y mayor elevación, esto se debe a la estructura geológica característica del casco urbano de la ciudad que se conoce como sinclinal. La elevación mínima es de 2960 m y la máxima de 2980 m, como se muestra en la Figura 4.

Entre los barrios de menor elevación se encuentran: Santa Teresa (2698 m), San Antonio del Bosque (2701 m), Las Quintas (2703 m), Lirio Real (2703 m), Urbanización Manolete (2703 m), La Gran Reserva (2704 m), Pozo de Donato (2706 m), Santa Inés (2706 m), Quince de Mayo (2707 m), Remansos de Santa Inés (2707 m). Algunos de ellos afectados por el evento invernal registrado en el periodo 2011 y 2012.

Por otro lado, los barrios con mayor elevación son: El Triunfo (2859 m), Ricaurte (2860 m), Paraíso (2862 m), San Lázaro (2863 m), Altamira (2876 m), La Trinidad (2877 m), Mirador Escandinavo (2888 m), La Concepción (2899 m), Altos del Triunfo (2901 m), Cojines (2904 m) y El Milagro (2907 m).

La elevación promedio para los sectores del DANE, se presenta a continuación. Los sectores 1, 3, 8 y 9 son aquellos que poseen una mayor elevación promedio, este conjunto de sectores se ubican sobre la zona suroriental de la ciudad. Los sectores con la menor elevación promedio se encuentran en la zona centro y noroccidental de la ciudad.

Figura 4. Variación espacial de la elevación en el casco urbano de Tunja



Fuente: Los Autores.

1.5.3 Pendientes

Como se mencionó anteriormente, la ciudad está enmarcada en una estructura geomorfológica conocida como sinclinal, con el modelo de pendientes es posible evidenciar que, sobre los flancos de este, se encuentran las mayores pendientes. Del mismo modo, es posible observar que la zona plana posee pendientes promedio menores a 4°. Sobre los flancos se evidencian sistemas de carcavamiento estudiados por Alarcón y López, (2016); Bautista y Roberto (2003); Carrillo (2011); Echeverría y Fonseca (2004); Roa (2017); Salamanca y Corredor (2011); Torres (2004) y, Vargas et al. (2012).

En la Tabla 2., se presenta la zonificación de pendientes en la ciudad, los barrios que se encuentran dentro de cada clase y el porcentaje de área que esta ocupa.

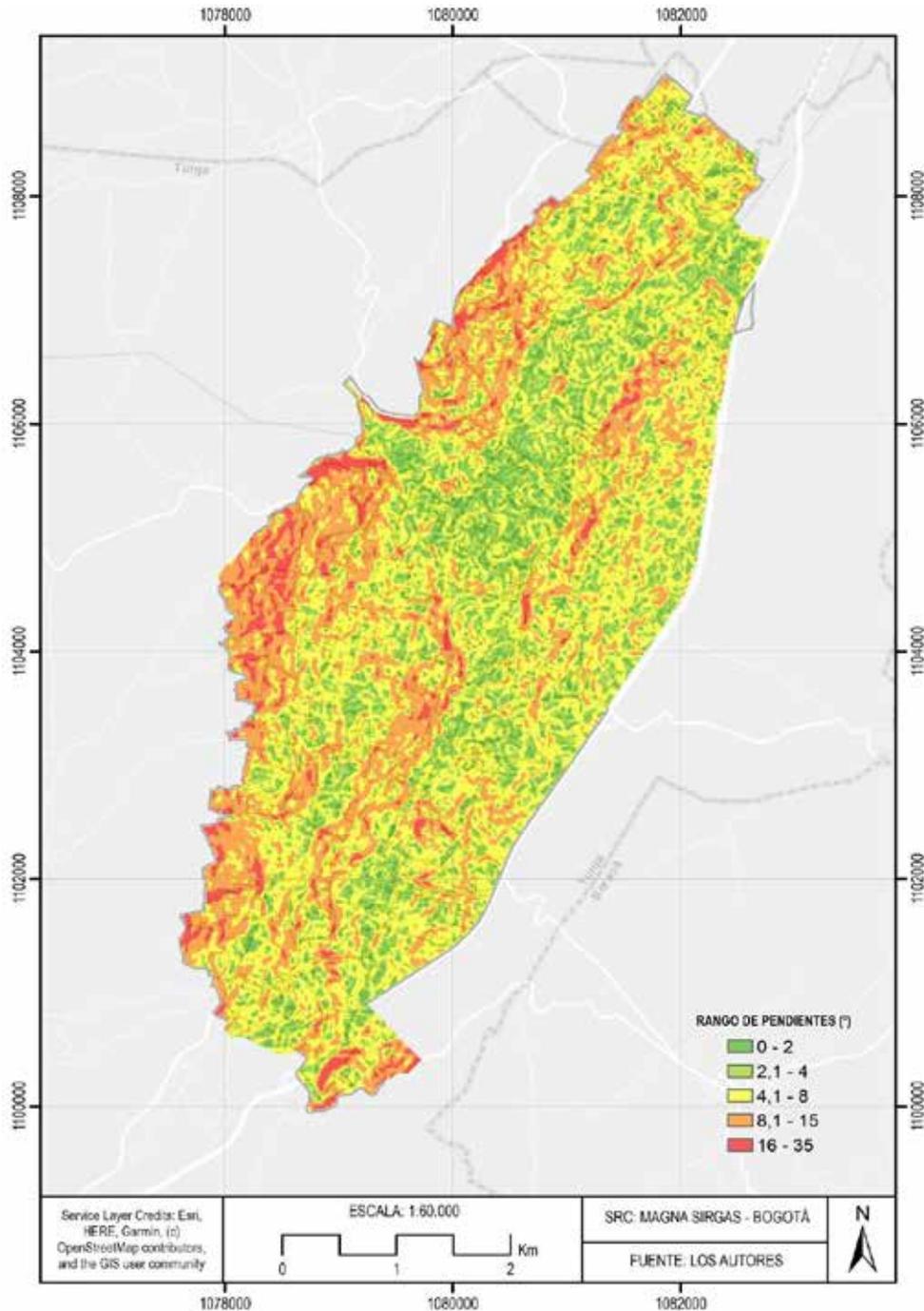
Tabla 2. Rango de pendientes.

CLASIFICACIÓN	RANGO DE PENDIENTE (°)	BARRIOS	% ÁREA
Plano a casi plano	0-2	La Gran Reserva – Los Urapanes.	0,04
Suavemente inclinado	2-4	Remansos de Santa Inés, Las Quintas, Villa María, Quince de Mayo, Parques del Nogal, Granja Sur.	5,87
Inclinado	4-8	Asís, Sol de Oriente, Los Muiscas, Centenario, Cooservicios, Portal de Oriente, Xativilla, Santa Bárbara, Paraíso, Batallón, Maldonado, La Florida, Canapro, Suamox, El Bosque, El Carmen, Veinte de Julio, La Granja.	69,08
Modernamente abrupto	8-16	Cojines, La Colina, Milagro, Villa Toledo, Buenavista, La Fuente, Libertador, Nazaret, El Topo, Ricaurte, Los Rosales, JJ Camacho.	22,89
Abrupto	16-35	San Lázaro, La Calleja, Altamira, Altos del Triunfo.	2,12

Fuente: Adaptado de (Servicio Geológico Colombiano, 2017)

La elevación promedio para los sectores del DANE, se exponen a continuación. Los sectores 1, 8, 9, 10, 18, 19 y 24, son aquellos que poseen una mayor pendiente promedio, estos coinciden con la presencia de cárcavas.

Figura 5. Variación espacial de la pendiente en el casco urbano de Tunja



Fuente: Los Autores.