



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Metodología de clasificación física para el avalúo masivo de terrenos de predios rurales en un catastro multipropósito

Caso municipio San Francisco Cundinamarca

Sandra Patricia Quete Ovalle

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agrarias, Sede Bogotá
Bogotá D. C., Colombia
2017

Metodología de clasificación física para el avalúo masivo de terrenos de predios rurales en un catastro multipropósito

Caso municipio San Francisco Cundinamarca

Sandra Patricia Quete Ovalle

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Geomática

Director:
M.Sc. Alberto Boada Rodríguez

Línea de Investigación:
Tecnologías Geoespaciales

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agrarias, Sede Bogotá
Bogotá D. C., Colombia
2017

*Gracias, señor divino compañero, del hombre en su aventura cotidiana,
no dejes que la noche a su regreso, nos halle sin los frutos de tu gracia.*

Anónimo

*A Dios, por darme la salud, el espíritu y la sabiduría
para tomar decisiones.*

*A la Universidad Nacional por la oportunidad de vivir
esta experiencia.*

*A mi padre José Joaquín, por incentivar me sobre la
curiosidad, el aprendizaje y la dedicación.*

*A mi madre Isabel, por enseñarme que todo es
posible.*

*A mi hija Alejandra, por ser mi inspiración, y por su
paciencia.*

A mi hermana Laura del Pilar, por su apoyo.

*A mis profesores por sus enseñanzas y por dar el
impulso al cumplimiento de mis objetivos.*

A mis amigos por su apoyo y sus consejos.

Agradecimientos

Al Instituto Geográfico Agustín Codazzi, por el apoyo económico en parte de los estudios adelantados para mi maestría y por la información suministrada para hacer posible este trabajo.

Resumen

Para el catastro colombiano, el avalúo catastral es la determinación del valor de los predios a partir de la valoración independiente de los terrenos (valor unitario por metro cuadrado o por hectárea) y construcciones (valor unitario por metro cuadrado construido) sobre ellos comprendidos; es obtenido mediante métodos de valoración masiva a partir de la investigación y el análisis estadístico del mercado inmobiliario (Decreto-3496, 1983). Este valor puede encontrarse por encima 60% del avalúo comercial (Ley-1450, 2011), sin que en ningún caso lo supere.

Para determinar los valores unitarios de terreno, se realiza en primera instancia, un estudio sobre el territorio por medio del cual se delimitan Zonas Homogéneas Físicas, o espacios geográficos que cuentan con condiciones similares en cuanto a productividad, clima, uso del suelo, vías, abastecimiento de aguas para la producción (Resolución-70, 2011), estas características propias del entorno, ayudan a soportar, definir y diferenciar los valores para los terrenos de los predios en un municipio, a los cuales se llega mediante la realización de una investigación del mercado inmobiliario, que definirá la delimitación de las Zonas Homogéneas Geoeconómicas.

Colombia requiere contar con información precisa, confiable, completa, actualizada pertinente y de calidad con un enfoque multipropósito, por lo que es imperativo el desarrollo de métodos más efectivos y el uso de herramientas modernas, como respuesta a las políticas y los desafíos diarios del gobierno, que buscan mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

La investigación presenta una propuesta metodológica para la clasificación física de los terrenos de predios rurales en Colombia, orientado a la determinación de valores catastrales en el contexto de un catastro multipropósito; propuesta, orientada a mejorar el método de elaboración de Zonas Homogéneas Físicas, implementado actualmente en los procesos catastrales, para ello, se proponen algunas nuevas variables, y se modifican procedimientos, a fin de incrementar su eficiencia, disminuir la subjetividad en

la obtención información y mejorar su calidad, cobertura y actualidad, para potenciar el uso de este producto.

Esta metodología se enfatiza en la utilización de herramientas geomáticas, para el procesamiento y análisis de fuentes de información oficial, promoviendo la interoperabilidad entre sistemas de información y ofreciendo información relevante y de conocimiento del territorio con fines multipropósito.

La metodología propuesta se basa en variables dinámicas como son la accesibilidad, conectividad, aprovechamientos de fuentes hídricas, obtenidas a través de análisis espacial y métodos de teledetección, entrando a reemplazar variables utilizadas en los métodos tradicionales como la influencia de vías, suficiencia de aguas superficiales, uso actual del suelo. Estas variables permiten caracterizar y diferencial áreas de terrenos de predios con el fin de soportar su valor.

De esta forma, se obtuvo una metodología de clasificación física automatizada, la cual fue aplicada sobre la información catastral predial de la zona rural del municipio de San Francisco Cundinamarca, evidenciando por una parte, la disminución de tiempos de procesamiento e interpretación, y por otra, la metodología permitió clasificar los terrenos de predio rural del municipio y categorizarlos en función de sus variables particulares, con una alta aproximación a la realidad, por lo que esta información de carácter estratégico puede ser utilizada con fines multipropósito.

Los resultados obtenidos fueron confrontados con los resultados del estudio de Zonas Homogéneas Físicas obtenidos por el IGAC para el municipio durante su proceso de actualización catastral puesto en vigencia en el año 2010 y comprobados en terreno.

Palabras clave: Catastro multipropósito, Zonas Homogéneas Físicas, Valuación Masiva, Accesibilidad, Conectividad, Áreas Homogéneas de Tierra, Análisis espacial.

Abstract

For Colombian cadastre, the cadastral valuation is carried out determining values for land (unit value per square meter or per hectare) and for constructions (unit value per square meter built) on them included; This value is obtained through mass valuation methods, based on research and statistical analysis of the real estate market (Decreto-3496, 1983). This value can be calculated above 60% of the commercial value (Ley-1450, 2011), without exceeding it in any case.

In order to determine unitary values of land, the Physical Homogeneous Zones study (geographical spaces that have similar conditions in terms of productivity, climate, land use, roads, water supply for production (Resolución-70, 2011)), is carried out, its characteristics are the support for the valuation of land properties in a municipality, through the research of the real estate market, from which will define the delimitation of Geo-economics Homogeneous Zones.

Colombia requires accurate, reliable, complete, update and high quality information for decision making in territorial management. Develop of more effective methods and use of modern tools is imperative, as response to the policies and daily government challenges, which seek to improve the living conditions of citizens.

This research work presents a methodology for the physical characterization of rural lands in Colombia, oriented to a multipurpose cadastre, in order to improve the method of Physical Homogeneous Zones currently implemented. This methodology is oriented to a cadastral valuation, providing relevant information and knowledge of the territory for multipurpose.

The variables in the proposed classification methodology, are obtained from the use of geospatial tools and processed information from official sources, in order to enhance their use as a fundamental and interoperable data. For classification of the physical characteristics of the municipality, variables such as: slope analysis; connectivity and

accessibility analysis; use of water resources; and use and coverage of rural land, were used. These variables allow to characterize and differentiate, land areas in order to support their valuation.

In this way, an automated physical classification methodology was obtained, which was applied to the cadastral information in rural area of San Francisco Cundinamarca municipality, evidencing, on the one hand, the reduction of processing and interpretation times, and, on the other hand, the methodology allowed to classify the rural lands of the municipality and categorize them according to their particular variables, with a high approximation to reality. This strategic information could be used for multipurpose purposes.

The results obtained were compared with the results of the study of Physical Homogeneous Zones, obtained by the IGAC on this municipality, during the cadastral update process in 2010, and also was verified in field.

Keywords: Multipurpose Cadastre, Homogeneous Physical Zones, Mass Valuation, Accessibility, Connectivity, Homogeneous Land Areas, Spatial Analysis

Contenido

| | <u>Pág.</u> |
|---|-------------|
| Resumen | VI |
| Abstract..... | VIII |
| Lista de Ilustraciones | XIV |
| Lista de Mapas | XVI |
| Lista de tablas | XVII |
| Lista de Fotografías..... | XIX |
| Lista de símbolos y abreviaturas..... | 2 |
| 1. Descripción del proyecto | 1 |
| 1.1 Introducción | 1 |
| 1.2 Planteamiento del problema..... | 4 |
| 1.3 Objetivos..... | 5 |
| 1.3.1 Objetivo General..... | 5 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos | 5 |
| 1.4 Hipótesis | 5 |
| 1.5 Pregunta de investigación | 6 |
| 1.6 Alcance | 6 |
| 1.7 Justificación | 6 |
| 2. Marco de Referencia | 8 |
| 2.1 Referencia Normativa..... | 8 |
| 2.2 Estado del Arte | 11 |
| 2.2.1 El Catastro Multipropósito en Colombia..... | 11 |
| 2.2.2 Algunos modelos de valuación masiva para zona rural en Iberoamérica.14 | |
| a. Argentina..... | 15 |
| b. Costa Rica | 16 |
| c. Chile..... | 17 |
| d. Ecuador-Quito..... | 19 |
| e. Brasil..... | 20 |
| f. España..... | 21 |
| 2.2.3 La valoración masiva en Colombia | 23 |
| a. Identificación predial..... | 23 |
| b. Determinación de Zonas Homogéneas Geoeconómicas ZHG | 23 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| c. | Determinación de valores unitarios para los tipos de edificaciones y liquidación de avalúos..... | 25 |
| 2.3 | Marco Teórico..... | 30 |
| 2.3.1 | La Teoría de la Renta, el valor de la propiedad y el mercado inmobiliario | 30 |
| 2.3.2 | Especificaciones Técnicas | 34 |
| a. | Que es una clasificación | 34 |
| b. | Imágenes satelitales de referencia | 34 |
| c. | Técnicas de Interpolación espacial..... | 36 |
| d. | Uso y cobertura de la tierra, leyenda de usos agropecuarios del suelo a escalas mayores a la escala 1:25.000..... | 37 |
| e. | Modelo para el ámbito de la administración del territorio (LADM) (ISO 19152:2012) | 38 |
| 3. | Metodología..... | 40 |
| 3.1 | Municipio de San Francisco de Sales - Cundinamarca..... | 40 |
| 3.2 | Materiales | 43 |
| 3.3 | Métodos | 46 |
| 3.3.1 | Evaluación de las variables y criterios de la metodología de ZHF vigente 47 | |
| a. | Áreas homogéneas de tierra (AHT) | 47 |
| b. | Uso actual del suelo | 50 |
| c. | Norma de uso del suelo | 50 |
| d. | Disponibilidad de aguas superficiales permanentes | 52 |
| e. | Influencia de las vías..... | 52 |
| 3.3.2 | Evaluación del modelo actual..... | 55 |
| 3.3.3 | Metodología propuesta - criterios y variables | 59 |
| a. | Modelo Conceptual..... | 59 |
| b. | Variables propuestas..... | 60 |
| c. | Atributos de variables, criterios de priorización y ponderación. | 70 |
| d. | Operación del modelo | 78 |
| e. | Aplicación de la clasificación física al terreno del predio rural como unidad básica de análisis | 80 |
| f. | Modelo cartográfico | 81 |
| 3.3.4 | Implementación de la metodología propuesta y validación en campo - Caso: zona rural municipio de San Francisco Cundinamarca | 84 |
| 4. | Resultados | 106 |
| 4.1 | Comparación de la metodología de ZHF vigente frente a la Clasificación física propuesta..... | 106 |
| 4.2 | Conocimiento obtenido en el desarrollo de la investigación – contraste con los resultados en trabajos previos reportados en la literatura | 121 |
| 4.3 | Ventajas, desventajas y limitaciones de la propuesta metodológica, rutas para trabajos futuros, recomendaciones..... | 123 |
| 4.3.1 | Ventajas..... | 123 |
| 4.3.2 | Desventajas | 124 |
| 4.3.3 | Rutas para trabajos futuros y recomendaciones | 125 |
| 5. | Conclusiones | 128 |
| | Bibliografía | 130 |

Anexo A. Metodología para la obtención de la clasificación física para el avalúo masivo de terrenos de predios rurales en un catastro multipropósito

Anexo B. Encuestas para la determinación de puntajes de calificación para atributos de variables orientadas a la caracterización física propuesta

Anexo C. Registro fotográfico puntos muestra verificación en Terreno – Municipio de San Francisco Cundinamarca

Anexo D. Encuesta para la determinación de puntajes de calificación para atributos de la variable cuenca hidrográfica

Anexo E. Mapas resultado de variables en formato ráster

Lista de Ilustraciones

| | <u>Pág.</u> |
|---|-------------|
| Ilustración 2-1 Proceso para determinar el avalúo catastral de un predio en Colombia . | 26 |
| Ilustración 2-2 Metodología actual para la elaboración de Zonas Homogéneas Físicas | 29 |
| Ilustración 2-3 Ciclo de generación de riqueza | 32 |
| Ilustración 3-1 Método de la investigación | 46 |
| Ilustración 3-2 Proceso para delimitación de Áreas Homogéneas de Tierra para catastro | 50 |
| Ilustración 3-3 Modelo de Referencia. Modelo Entidad – Relación, ampliación Zonas Homogéneas Físicas y Geoeconómicas..... | 58 |
| Ilustración 3-4 Procedimiento cartográfico – Situación actual | 59 |
| Ilustración 3-5 Modelo Conceptual para la caracterización física del terreno Rural | 60 |
| Ilustración 3-6 Modelo metodológico para la Clasificación territorial con fines catastrales | 61 |
| Ilustración 3-7 Obtención del mapa de Clases de Tierra por Valor Potencial..... | 62 |
| Ilustración 3-8 Obtención del mapa de pendientes..... | 63 |
| Ilustración 3-9 Aprovechamiento de fuentes hídricas a partir de modelos de subcuencas hidrográficas..... | 64 |
| Ilustración 3-10 Elaboración Mapa de Uso del suelo rural | 66 |
| Ilustración 3-11 Análisis de accesibilidad..... | 68 |
| Ilustración 3-12 Análisis de Conectividad..... | 70 |
| Ilustración 3-13 Priorización y ponderación de variables..... | 71 |
| Ilustración 3-14 Medidas de tendencia central - Priorización de variables involucradas | 73 |
| Ilustración 3-15 Medidas de tendencia central - Criterios de calificación para variable Norma de uso. | 74 |
| Ilustración 3-16 Medidas de tendencia central - Criterios de calificación para variable Uso actual del suelo. | 76 |

| | |
|--|-----|
| Ilustración 3-17 Operaciones definidas sobre las variables espaciales para la obtención de la clasificación física. | 79 |
| Ilustración 3-18 Modelo Cartográfico para la Clasificación territorial con fines catastrales – Primera Parte..... | 82 |
| Ilustración 3-19 Modelo Cartográfico para la Clasificación territorial con fines catastrales – Segunda Parte..... | 83 |
| Ilustración 3-20 Diagrama de caja y bigotes e histograma - distribución de terrenos de predio clasificación por Estadística zonal (izquierda) - clasificación por suma de puntajes por variables en tabla de atributos (derecha)..... | 86 |
| Ilustración 3-21 Diferencia entre la clase obtenida a partir de la suma de los atributos y la obtenida a partir del mapa ráster..... | 89 |
| Ilustración 4-1 Confrontación Zonas Homogéneas Físicas vigentes frente (a) Caracterización Física propuesta, nivel terreno de predio – San Francisco (b) | 107 |
| Ilustración 4-2 Distribución de Zonas Homogéneas físicas Vigentes por número de terreno de predio y área | 109 |
| Ilustración 4-3 Distribución de Clasificación Física Propuesta por número de terreno de predio y área | 109 |
| Ilustración 4-4 Confrontación influencia de vías para el estudio de ZHF vigente (a) frente a análisis de conectividad (b) y accesibilidad (c) de la clasificación física propuesta | 117 |
| Ilustración 4-5 Confrontación uso actual del suelo para el estudio de ZHF vigente (a) frente a la clasificación física propuesta (b). | 119 |
| Ilustración 4-6 Confrontación Suficiencia de aguas superficiales para el estudio de ZHF vigente(a) frente a la variable aprovechamiento hídrico de la clasificación física propuesta (b). | 120 |

Lista de Mapas

| | <u>Pág.</u> |
|---|-------------|
| Mapa 3-1 Mapa de localización San Francisco de Sales - Cundinamarca..... | 41 |
| Mapa 3-2 Ráster de Clasificación Física Resultante – San Francisco | 85 |
| Mapa 3-3 Resultado 1. Mapa de clasificación física para los terrenos del predio – San Francisco – a partir de la aplicación de Estadística zonal del mapa resultante | 87 |
| Mapa 3-4 Resultado 2. Mapa de clasificación física de terrenos de predio – San Francisco - Suma de puntajes por variable en tabla de atributos terreno de predio | 88 |
| Mapa 3-5 Clasificación de terreno de predio por Valor Potencial– San Francisco..... | 91 |
| Mapa 3-6 Clasificación por aprovechamiento hidrográfico a nivel terreno de predio | 94 |
| Mapa 3-7 Clasificación de terreno de predio por pendiente DTM – San Francisco | 95 |
| Mapa 3-8 Clasificación predial por Norma de Uso | 97 |
| Mapa 3-9 Mapa uso actual del suelo de terreno del predio – San Francisco..... | 100 |
| Mapa 3-10 Mapa de accesibilidad de terreno de predio – San Francisco | 103 |
| Mapa 3-11 Mapas de conectividad de terreno de predio – San Francisco..... | 104 |

Lista de tablas

| | <u>Pág.</u> |
|--|-------------|
| Tabla 2-1 variables que determinan el valor de las tierras..... | 24 |
| Tabla 2-2 Etapas para la elaboración del estudio de zonas homogéneas físicas y geoeconómicas y la determinación de los valores unitarios por tipo de construcción..... | 28 |
| Tabla 2-3 Descripción actual de las Zonas Homogéneas Físicas | 29 |
| Tabla 2-4 Especificaciones de Datos Satelitales..... | 35 |
| Tabla 3-1 Estado Catastral Municipio de San Francisco Cundinamarca año 2014 | 42 |
| Tabla 3-2 Interrelación de bases catastrales y registrales (ICARE), municipio de San Francisco Cundinamarca..... | 43 |
| Tabla 3-3 Materiales utilizados en la investigación | 44 |
| Tabla 3-4 Software utilizado en la investigación | 45 |
| Tabla 3-5 Características de las imágenes Sentinel 2 ^a | 45 |
| Tabla 3-6 Clases de Unidades Climáticas para las AHT | 48 |
| Tabla 3-7 Clases de Pendiente para las AHT | 48 |
| Tabla 3-8 Rangos de valor Potencial para las AHT | 49 |
| Tabla 3-9 Códigos por tipos de uso en zona rural..... | 51 |
| Tabla 3-10 Clasificación por Disponibilidad de aguas superficiales | 53 |
| Tabla 3-11 Clasificación por Influencia de Vías..... | 54 |
| Tabla 3-12 Catalogación del objeto Zona Homogénea Física Rural | 55 |
| Tabla 3-13 Atributos del objeto Zona Homogénea Física Rural | 56 |
| Tabla 3-14 Dominio del objeto Zona Homogénea Física Rural | 57 |
| Tabla 3-15 Priorización de variables involucradas en la clasificación rural propuesta..... | 72 |
| Tabla 3-16 Criterios de calificación para variable Norma de Uso del suelo | 73 |
| Tabla 3-17 Criterios de calificación para variable cobertura y uso actual del suelo | 75 |
| Tabla 3-18 Asignación de puntajes para pendiente | 77 |
| Tabla 3-19 Asignación de puntajes para valor potencial..... | 77 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 3-20 Asignación de puntajes para conectividad, accesibilidad y aprovechamiento de fuentes hídricas..... | 78 |
| Tabla 3-21 Puntajes máximos y mínimos que puede tener la clasificación física propuesta | 80 |
| Tabla 3-22 Uso actual municipio de San Francisco | 99 |
| Tabla 3-23 Tipología de vías presentes en el municipio de San Francisco | 101 |
| Tabla 3-24 Matriz origen – destino para las veredas de San Francisco Cundinamarca | 102 |
| Tabla 3-25. Indicador de conectividad por vereda para el municipio de San Francisco Cundinamarca..... | 105 |
| Tabla 4-1 Descripción de las Zonas Homogéneas Físicas del estudio vigente | 111 |
| Tabla 4-2 Descripción de las Clasificación física propuesta | 112 |

Lista de Fotografías

Pág.

| | |
|---|----|
| Fotografía 3-1 Restricciones y limitaciones del suelo, Municipio San Francisco - Vereda Sabaneta..... | 90 |
| Fotografía 3-2 Aprovechamiento de recurso hídrico en el municipio – Acueducto veredal nacedero el Cajón - Vereda el Peñón. | 93 |
| Fotografía 3-3 Pendiente fuertemente quebrada o ligeramente escarpada (izquierda) - ondulada o ligeramente quebrada (centro) – fuertemente ondulada a moderadamente quebrada (derecha). | 96 |
| Fotografía 3-4 Cultivo de café con sombrío de plátano Vereda El Peñón (izquierda) vereda, Cultivo de caña de azúcar - Vereda Tóriba (derecha)..... | 98 |

Lista de símbolos y abreviaturas

Símbolos

| Término | Unidad SI | Definición |
|----------|----------------|----------------|
| Área | m ² | metro cuadrado |
| | ha | Hectárea |
| Longitud | m | metro |
| | km | kilómetro |

Abreviaturas

Abreviatura Término

AHT Área Homogénea de Tierra

AIVAR Áreas homogéneas de investigación valorativa rural

CAMA Estrategia de evaluación de masas asistida por computadora

DNP Departamento Nacional de Planeación

DRM Metodología de la investigación del diseño

DTM Modelo Digital de Terreno

EOT Esquema de Ordenamiento Territorial

ESA European Space Agency

IAAO Asociación Internacional de Evaluación Oficial

ICARE Interrelación inicial entre las bases de datos de catastro y Registro

IGAC Instituto Geográfico Agustín Codazzi

IPGH Instituto Panamericano de Geografía e Historia

IPU Impuesto Predial Unificado

MFOA Asociación de Oficiales de Finanzas Municipales

Lista de símbolos y abreviaturas

| | |
|-------|---|
| MRA | Multiple Regression Analysis |
| ONT | Órgano de Normalización Técnica |
| ORIP | Oficina de Registro de Instrumentos Públicos |
| SIG | Sistema de Información Geográfica |
| SNR | Superintendencia de Notariado y Registro |
| SWIR | Short-wavelength infrared - infrarojo cercano |
| TIN | Triangular Irregular Network |
| TRLCI | Texto Refundido de la Ley del Catastro Inmobiliario |
| UOC | Unidad Orgánica Catastral |
| UPRA | Unidad de Planificación Rural Agropecuaria |
| URT | Unidad de Restitución de Tierras |
| ZHF | Zona Homogénea Física |
| ZHG | Zona Homogénea Goeconómica |

1.Descripción del proyecto

1.1 Introducción

El catastro en Colombia en las últimas décadas ha sido considerado como una poderosa herramienta que ofrece información valiosa y relevante sobre los territorios, cuyo uso se ha extendido más allá del fin tributario, sirviendo de base para la toma de decisiones de política pública, en materia planificación, ordenamiento territorial, ordenamiento social y productivo de la propiedad orientada al desarrollo de programas y proyectos de restitución de tierras, regularización de la propiedad, administración y protección de los bienes patrimoniales del estado, la gestión de ingresos, entre otros fines, dándole una orientación multipropósito.

Es por esto que *“la demanda de información espacial precisa, oportuna, completa y actualizada, por parte de los diferentes usuarios de un catastro con fines multipropósito, incrementa día a día”* (Lemmens & Kurm, 2000), como instrumento que los estados modernos deben tener y que aporta conocimiento sobre *“la riqueza territorial, como está distribuida, quien la posee, cuánto vale y como se ejercen sus derechos y deberes con el fin de preservarla”* (Kalantari, Rajabifard, Wallace, & Williamson, 2008)

Así mismo *“los Estados modernos necesitan tener un sistema de valoración de bienes raíces como apoyo al mercado de bienes raíces, con fines de establecer un impuesto justo sobre dichos bienes raíces, para una mejor gestión del medio rural o urbano, o cualquier otro propósito”* (Roić & Mađer, 2008).

Los modelos de valuación aplicados actualmente en las administraciones municipales, han sido definidos hace mucho tiempo e implementados a veces, sin respetar la realidad local, con base en variables y factores predeterminados, que distorsionan las bases de cálculo, presentando valores alejados de la realidad, impactando en enormes pérdidas e inequidades en la carga tributaria, por tal motivo *“estos modelos necesitan de una*

revisión, aunque no sea tarea muy simple” (Da Silva Everton, 2009), para que los procedimientos sean más *“efectivos y adaptados a nuevos desarrollos tecnológicos”* (Kalantari et al., 2008).

Los sistemas de valoración masiva se basan cada vez más en información digital, con procesos más eficientes y con mayor cobertura, *“requieren un desarrollo de modelos automatizados basados en la recolección y tratamiento de datos digitales estandarizados y de métodos estadísticos para la integración de los procesos de valoración individual y valoración en masa”*. (Shehu, Vorpsi, & Afezolli, 2015).

Los datos derivados de análisis espaciales son importantes en la explicación del comportamiento del mercado inmobiliario, los sistemas de información geográfica SIG, han implementado estas técnicas, permitiendo que se avance en la calificación de valoración de los inmuebles, *“la identificación de las características físicas de las tierras como punto de partida para la estimación de su valor”* (Sinisa, Mastelic & Cetl, 2006) es relevante. Sin embargo, *“la aplicación de técnicas de análisis de datos espaciales depende de una adecuada estructuración de un catastro técnico, con datos o entidades espaciales que lo componen almacenados según un modelo que posibilite el procesamiento de datos geográficos y la representación espacial de datos descriptivos”* (Da Silva Everton, 2009).

En el contexto colombiano, el catastro desarrolló desde el año 1985, la metodología de valoración para la estimación de valores unitarios de terrenos y construcciones, en virtud de la ley 14 de 1983 y su decreto reglamentario 3496 del mismo año; esta metodología es aplicada en el país desde entonces, para los procesos de formación y actualización del catastro de los municipios o Unidades Orgánicas Catastrales UOC (áreas geográficas que conforma la entidad territorial respectiva, distrito o municipio (Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC, 2011)), y con base en estos valores, las administraciones territoriales estiman las tasas del impuesto predial unificado.

La referida metodología de valoración masiva *“considera aspectos técnicamente válidos, pero evidencia algunas debilidades en cuanto a su aplicación y actualización, la metodología no es flexible en la incorporación de aspectos diferenciadores según la zona del país”* (Departamento Nacional de Planeación - DNP et al., 2016).

Los valores de terreno se estiman a partir de la elaboración de Zonas Homogéneas Geoeconómicas (ZHG) o “*espacios geográficos con valores por metro cuadrado o hectárea, similares*” (IGAC, 2011). Estos estudios se desarrollan por municipio (UOC), con procedimientos y variables diferenciadas para zonas urbanas y rurales.

La base para la elaboración de las ZHG, es el desarrollo de las Zonas Homogéneas Físicas (ZHF), o “*espacios geográficos con características físicas similares*” (IGAC, 2011), se desarrollan a partir de la intersección de capas o niveles de información que representan las variables físicas, que en virtud de la teoría de la renta, son explicativas del valor de los terrenos (influencia de vías, uso del suelo, suficiencia de aguas, entre otras). Su obtención no cuenta con procesos estandarizados o técnicamente detallados, y por tal motivo, el estudio queda a discreción del criterio y experticia de la persona que ejecuta el estudio, y los tiempos y los recursos son elevados.

Por otra parte, “*la desactualización de la información catastral y sus fuentes, no permite reflejar de manera precisa las características físicas y económicas de los inmuebles, sus determinantes y las dinámicas del mercado*” (DNP et. al, 2016).

En virtud de lo expuesto, y con el objetivo de optimizar y mejorar los procedimientos vigentes, en procura de una mayor calidad y precisión de la información física de los terrenos de predios rurales como soporte para asignación de valores comerciales y catastrales, la investigación propone una metodología de caracterización física de terrenos de predios rurales, en el marco de un catastro multipropósito, basado en análisis espacial y procedimientos automatizados, teniendo en cuenta las variables más dinámicas, que dan cuenta de las características físicas que generan el valor económico de la tierra.

La metodología de clasificación física para terreno de predio propuesta, mantiene algunas variables de la metodología vigente, como la norma de uso del suelo por ser de carácter legal, y otras como las clases de tierra según su valor potencial que son relevantes en el estudio. Otros criterios y variables como accesibilidad, conectividad y aprovechamiento del recurso hídrico, se implementan como reemplazo de variables como, la influencia de vías, la suficiencia de aguas superficiales, incorporando en sus procedimientos, el uso herramientas y otros conceptos de análisis espacial, optimizando la obtención de resultados y disminuyendo la subjetividad en los resultados.

La metodología propuesta se implementa en el municipio de san Francisco Cundinamarca, se confronta con los resultados de las zonas Homogéneas Físicas vigentes desarrolladas por la autoridad catastral y se realizan comprobaciones en campo para evaluar los resultados.

1.2 Planteamiento del problema

En Colombia, los avalúos catastrales, no reflejan de manera precisa las características físicas y económicas de los inmuebles, sus determinantes y las dinámicas del mercado. A mayores tiempos entre actualizaciones catastrales, mayores diferencias entre los valores catastrales y comerciales; se observan diferencias hasta de un 99%” (DNP et. al, 2016).

En específico, la metodología para la generación de Zonas Homogéneas Físicas, que se emplea actualmente en la determinación del avalúo catastral del terreno de los predios rurales, no cuenta con procedimientos estandarizados para la obtención de variables, tales como, la influencia de vías, la suficiencia de aguas y el uso actual del suelo; si no que estas operaciones se encuentran a discreción de la persona que ejecuta el estudio y de su experiencia. La delimitación de estas variables muchas veces es desarrollada mediante áreas de influencia o buffers, o por límites apreciativos ya sea por interpretación directa sobre una fotografía, una imagen o sobre la cartografía, en algunos casos siguiendo los límites del estudio de Áreas Homogéneas de Tierra. En la mayoría de los casos se requiere que la persona que ejecuta el estudio sea conoedora del municipio, de lo contrario puede pasar por alto condiciones que pueden ser relevantes.

Adicionalmente, la metodología vigente, no responde a las necesidades de un catastro multipropósito, en primera instancia, porque fue definida para un catastro con fines fiscales de acuerdo a lo establecido por la ley 14 de 1983 y su Decreto Reglamentario 3496 del mismo año, y, en segundo lugar porque que, en su condición de inventario o censo, no refleja la realidad del territorio sobre la situación legal y real de los predios, esto es, información confiable, actualizada, de calidad y de cubrimiento nacional, para una estimación de valores más precisa, basada en sus características físicas y, orientada a la mejora del funcionamiento de los mercados inmobiliarios, a la mejora de la seguridad jurídica de los derechos de propiedad y a la administración eficiente de las tierras.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Proponer una metodología para la caracterización física de la tierra rural, orientada a la valuación masiva en un contexto de catastro multipropósito, que contemple de manera más precisa las condiciones físicas reales de los predios.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Revisar y proponer mejoras a la metodología de zonas homogéneas físicas empleada actualmente para la caracterización física del terreno de los predios rurales, orientada a los fines de un catastro multipropósito.
2. Incorporar procesos automatizados a la metodología de clasificación física de terrenos de predios rurales, aplicable a los municipios del país que cuenten con la información básica para este fin, e implementar la metodología a la zona rural del municipio de San Francisco Cundinamarca.
3. Confrontar los resultados de la metodología de clasificación física propuesta con la de Zonas Homogéneas Físicas vigente, aplicadas en el área de estudio y evaluar su impacto.

1.4 Hipótesis

Los métodos actuales para la determinación de zonas homogéneas físicas no reflejan la realidad física de los *terrenos de predio* rurales debido a la extrema generalización de las variables que las definen. Esto conlleva a desconocer las características específicas o locales que se pueden dar dentro de cada zona homogénea física. Plantear una metodología de clasificación física considerando como unidad el *terreno de predio* y sus especificidades, eliminaría la generalización extrema del método vigente, y permitiría describir y clasificar las unidades prediales de acuerdo con sus características territoriales en una matriz de clases categorizada más rigurosa y consistente. Esta metodología eliminaría el problema de la generalización.

1.5 Pregunta de investigación

¿Qué variables deben ser consideradas y con qué modelo deben ser procesadas para definir una metodología de clasificación física para el avalúo masivo de *terrenos de predios* rurales en un catastro multipropósito considerando como unidad de análisis el *terreno de predio* y garantizando la caracterización de las especificidades prediales?

¿La metodología de clasificación física para *terrenos de predios* rurales propuesta, responde a los fines de un catastro multipropósito?

1.6 Alcance

La metodología de clasificación física para los terrenos de predios rurales es aplicable a los municipios del país que cuenten con la información requerida para la automatización del proceso, tal como, la cartografía básica estructurada de acuerdo a los estándares del IGAC, el estudio de áreas homogéneas de tierra e imágenes satelitales con la resolución espacial específica para escalas 1:25000 y superiores en formato digital. Esta metodología se prueba en la zona rural del municipio de San Francisco Cundinamarca.

1.7 Justificación

Actualmente, los procesos catastrales están sujetos a procedimientos tradicionales que obedecen más a las necesidades de un catastro fiscal, a pesar de la importancia que tiene el avalúo catastral para este propósito, su determinación sigue conteniendo un alto grado de subjetividad y en muchas ocasiones no corresponde con las realidades físicas y económicas en ciertas zonas del país.

Con la reciente decisión por parte de las autoridades catastrales de reestructurar el catastro nacional hacia un catastro multipropósito, se genera la necesidad de replantear los procedimientos, la tecnología y las necesidades de información, de tal manera que el catastro permita efectivamente a las entidades territoriales y demás usuarios de la información catastral, una mejor toma de decisiones con base en información actualizada y veraz, apoyada en el uso de herramientas tecnológicas eficientes.

El aprovechamiento de los SIG, en sinergia con las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), abre una multiplicidad de oportunidades para el estudio detallado y abierto de la tierra y sus fenómenos físicos y sociales, facilita el modelamiento del mundo real y permite la masificación del conocimiento del entorno cercano, ventajas de vital importancia para hacer posible el desarrollo territorial.

En virtud de este desarrollo tecnológico, y de los requerimientos del catastro multipropósito, es pertinente y necesario desarrollar mejoras en los procedimientos actuales, e implementar rutinas fáciles, eficientes y automatizadas, que faciliten la interpretación del territorio, con miras de establecer un modelo que proporcione información útil y sujeta a la realidad.

2.Marco de Referencia

2.1 Referencia Normativa

Los avalúos en Colombia tienen su sustento en la normatividad que lo regula. Los avalúos individuales se elaboran en virtud del Decreto 1420 de 1998, el Decreto 1139 de 1995 y la Resolución 620 de 2008 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, teniendo en cuenta que:

“Para los avalúos de terreno debe tenerse en cuenta aspectos físicos tales como área, ubicación, topografía y forma; clases de suelo (urbano, rural, de expansión urbana, suburbano y de protección) y las normas urbanísticas vigentes para la zona o el predio. En zonas rurales, además de las anteriores características deberá tenerse en cuenta las condiciones agrológicas del suelo y las aguas” (Decreto 1420, 1998).

“Los avalúos ordenados por la Ley 388 1997 para zonas rurales, tienen en cuenta las particularidades como la clasificación de los suelos según su capacidad de uso, manejo y aptitud; fuentes de agua natural o artificial y disponibilidad efectiva de ellas, en forma permanente o transitoria, vías internas y de acceso, topografía, clima, temperatura, precipitación pluviométrica y su distribución anual; posibilidades de adecuación; cultivos: tipo, variedad densidad de siembra, edad, estado fitosanitario, y cuando se refiera a bosques es necesario determinar claramente si este es de carácter comercial cultivado o protector. Además de los aspectos planteados a nivel general, en los avalúos de bienes en las zonas rurales deben tenerse en cuenta aspectos tales como la distancia en kilómetros desde la cabecera municipal hasta el sitio de acceso al bien, en los casos en que se requiera más de un medio de transporte, deberán relacionarse las distancias en cada una de ellos.

Se debe consultar los estudios de suelos para conocer las condiciones agronómicas, que faciliten o impidan los cultivos, número de cosechas anuales, los requerimientos mínimos

de agua para el cultivo y las características de las que se hayan introducido al terreno, tales como canales de riego y drenaje y la disponibilidad adecuaciones efectiva de aguas, las condiciones de encharcamiento o inundación a que estén sujetos los bienes”. (Resolución 620 de 2008 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi)

Los avalúos comerciales de predios rurales deben tener en cuenta el avalúo comercial de la tierra, conforme al valor intrínseco del terreno, ubicación del predio y variables exógenas y el avalúo comercial de las mejoras de acuerdo a la existencia de cultivos, construcciones y anexos y máquinas y equipos” (Artículo 2, Capítulo I, Decreto 1139 de 1995).

“El procedimiento para elaborar avalúos comerciales de predios y mejoras rurales, debe tener en cuenta la ubicación, límites, colindantes, valor intrínseco orgánico de los terrenos (fundado en clases agrológicas), uso de la tierra (considerando entre otros a la disponibilidad, aprovechamiento y uso del agua, vías internas), construcciones y anexos, maquinarias y equipos fijos instalados y variables exógenas” (Artículo 2, Capítulo II, Resolución 2965 de 1995, reglamentario del Decreto 1139).

Los avalúos catastrales cuyo procedimiento es masivo, están reglamentados principalmente por la Ley 14 de 1983, su decreto reglamentario 3496 del mismo año y la Resolución 70 de 2011 de la Dirección General del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

La Ley 14 de 1983, establece que las labores catastrales en todo el país, se sujetarán a las normas técnicas establecidas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

El Decreto 3496 de 1983 reglamentario de la Ley 14, establece que las autoridades catastrales tendrán a su cargo las labores de formación, actualización y conservación de los catastros, tendientes a la correcta identificación física, jurídica, fiscal y económica de los inmuebles, introduce la definición de catastro como el inventario o censo, debidamente actualizado y clasificado, de los bienes inmuebles pertenecientes al Estado y a los particulares, con el objeto de lograr su correcta identificación física, jurídica, fiscal y económica.

“El aspecto físico del catastro, orientado a la identificación de los linderos del terreno y edificaciones del predio sobre documentos gráficos o fotografías aéreas u ortofotografías y la descripción y clasificación de las edificaciones y del terreno; el aspecto jurídico,

consistente en indicar y anotar en los documentos catastrales la relación entre el sujeto activo del derecho, o sea el propietario o poseedor, y el objeto o bien inmueble, el aspecto económico consistente en la determinación del avalúo catastral del predio, y el aspecto fiscal o preparación y entrega a los Tesoreros Municipales y a las Administraciones de Impuestos Nacionales respectivas, de los listados de los avalúos sobre los cuales ha de aplicarse la tasa correspondiente al impuesto predial y demás gravámenes que tengan como base el avalúo catastral, de conformidad con disposiciones legales vigentes” (Artículos 2 al 6 Decreto 3496 de 1983).

“las autoridades catastrales tendrán la obligación de formar los catastros o actualizarlos en el curso de períodos de cinco (5) años en todos los municipios del país, que dichos avalúos entrarán en vigencia el 1 de enero del año siguiente a aquel en que fueron ejecutados, sobre estos, el propietario o poseedor podrá obtener la revisión dentro del proceso de conservación catastral, cuando demuestre que el valor no se ajusta a las características y condiciones del predio” (Artículo 14 Decreto 3496 de 1983).

“El avalúo catastral es valor asignado a cada predio por la autoridad catastral en los procesos de formación, actualización de la formación y conservación catastral, obtenido mediante investigación y análisis estadístico del mercado inmobiliario, tomando como referencia estos valores, sin que en ningún caso los supere. El avalúo de cada predio se determinará por la adición de los avalúos parciales practicados independientemente para los terrenos y para las edificaciones en él comprendidos. Las autoridades catastrales desarrollarán los modelos que reflejen el valor de los predios en el mercado inmobiliario de acuerdo a sus condiciones y características” (Artículo 7 Decreto 3496 de 1983).

*“**La formación catastral**, es el conjunto de operaciones destinadas a obtener la información sobre los terrenos y edificaciones en los aspectos físico, jurídico, fiscal y económico de cada predio” (Artículo 11 Decreto 3496 de 1983). “El avalúo de la formación catastral se obtendrá para, **Zonas Homogéneas Geoeconómicas ZHG** (espacios geográficos de una región con características similares en cuanto a su precio) teniendo en cuenta los valores unitarios que las autoridades catastrales determinen para edificaciones y terrenos” (Artículo 8 Decreto 3496 de 1983).*

*“**La actualización de la formación catastral**, son las operaciones destinadas a renovar los datos de la formación catastral, revisando los elementos físico y jurídico del catastro y*

eliminando en el elemento económico las disparidades originadas por cambios físicos, variaciones de uso o de productividad, obras públicas o condiciones locales de mercado inmobiliario” (Artículo 13 Decreto 3496 de 1983). “El avalúo de la actualización de la formación catastral es el avalúo catastral corregido para eliminar disparidades provenientes de cambios físicos, variaciones de uso o de productividad, obras públicas o condiciones locales del mercado inmobiliario” (Artículo 9 Decreto 3496 de 1983).

“Las autoridades catastrales realizarán los avalúos para las áreas geoeconómicas, dentro de las cuales determinarán los valores unitarios para edificaciones y para terrenos. En ningún caso los inmuebles por destinación constituirán base para la determinación del avalúo catastral, tampoco se tendrá en cuenta los valores histórico, artístico, afectivo, “good will” y otros valores intangibles o de paisaje natural que pueda presentar un inmueble o el mayor valor por la utilización futura del inmueble en relación con el momento en que se efectúe la identificación predial asociada a los procesos catastrales” (Resolución 70 de 2011 expedida por el IGAC).

2.2 Estado del Arte

2.2.1 El Catastro Multipropósito en Colombia

La concepción de un catastro multipropósito, viene desarrollándose desde el año 1994, a raíz del XX Congreso de la Federación Internacional de Geómetras FIG, llevado a cabo en Melbourne Australia, en donde la Comisión 7 de este congreso, decidió formar grupos de trabajo para estudiar aspectos sobre el catastro y el desarrollo territorial. De aquí surge el grupo 7.1, encargado de estudiar las reformas catastrales de países desarrollados de Europa y Australia con una visión a 20 años en donde se trataron dos temas de importancia: la automatización de los catastros y la importancia del catastro como arte de un sistema de información territorial más amplio; de aquí surge lo que se conoce como la Visión del catastro 2014, se desarrollan las Seis Declaraciones sobre el Catastro 2014: El Catastro 2014 indicará la situación legal completa del territorio, incluyendo el derecho público y restricciones; la unión entre mapas y registros; el catastro manual será cosa del pasado, la tecnología geomática será la herramienta normal para el trabajo catastral “las soluciones reales de bajo costo son sólo posibles cuando esta tecnología es utilizada conjunto con procedimientos administrativos adecuados”; el trabajo conjunto entre el sector público y el sector privado y la recuperación de los costos de su implementación.

Adicionalmente se establecen sus principios: Iguales procedimientos para los Objetos Territoriales correspondientes al Derecho Privado y Público; el catastro no cambia la Tenencia de la Tierra; el respeto al Registro Territorial; el respeto a la Independencia Legal y; los límites definidos por coordenadas en un sistema de referencia común (Kaufmann & Steudler, 1998).

Posteriormente, el Comité Permanente de Catastro de los Estados Australianos, desarrolla la visión del catastro 2034 “Un sistema catastral que permita a los ciudadanos *identificar fácilmente y de manera confiable la ubicación y extensión de todos los derechos y restricciones que se ejercen sobre el territorio*”; *con un enfoque hacia la infraestructura catastral Australiana en los próximos 20 años. “en donde define los objetivos para alcanzar esta visión: Mantener la integridad y los beneficios sociales derivados del sistema catastral; Maximizar el potencial del sistema catastral creando más opciones para su uso; Un sistema catastral enlazado con derechos registrados y no registrados y con las restricciones de dominio público; modernizar el catastro digital con mediciones georreferenciadas, series de tiempo, y datos altimétricos para capturar la complejidad de nuestro medio ambiente; operar en el interés nacional y dotar a la sociedad con modelos amplios del territorio y la propiedad inmueble para gestionar problemáticas locales, interjurisdiccionales y aún globales”* (Anzlic Committee on Surveying & Mapping, 2015).

En el año 2006, sustentada, la organización de catastros iberoamericanos, denominada “Comité Permanente sobre el Catastro en Iberoamérica”, se firma la declaración del Catastro en Iberoamérica, basada en los principios de igualdad, independencia legal, acceso a la información, la unidad básica del catastro es el predio, y la combinación de la información del catastro y el registro (Comité Permanente sobre el Catastro en Iberoamérica, 2006).

El Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 en su Artículo 104, promueve la implementación del catastro nacional con enfoque multipropósito, entendido como aquel que dispone información predial para contribuir a la seguridad jurídica del derecho de propiedad inmueble, al fortalecimiento de los fiscos locales, al ordenamiento territorial y la planeación social y económica. El Gobierno Nacional, a través del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) con el apoyo de los catastros descentralizados, podrá realizar las actividades necesarias para la formación y actualización catastral de manera gradual

e integral, con fines adicionales a los fiscales señalados en la Ley 14 de 1983, conforme con la metodología que se definida para el efecto. La información del catastro multipropósito, del registro público de la propiedad y del ordenamiento territorial, serán la base del Sistema Nacional de Gestión de Tierras (SNGT) cuya implementación reglamentará El Gobierno Nacional (Ley-1753, 2015)

La evolución del catastro Nacional y mundial, se ha orientado a la contribución, generación y producción de información básica sobre a propiedad inmobiliaria, con un carácter multipropósito, multifuncional o multifinanciar, es decir cumple distintas y complementarias funciones o tareas respecto de las políticas públicas, de la gobernabilidad del territorio y de la gestión de recursos para la planeación del desarrollo y la gestión sustentable del territorio (IGAC, 2007).

El catastro multipropósito se presenta como una oportunidad para resolver problemas relacionados con la gestión de la tierra que han aquejado a la sociedad colombiana por décadas. Esta poderosa herramienta permite identificar, caracterizar y medir con exactitud los predios que componen el territorio; y contribuye a garantizar la seguridad jurídica de la propiedad, y a establecer la vocación del suelo. Es en esa medida, una herramienta insustituible de planificación e información para promover el adecuado ordenamiento y aprovechamiento productivo del territorio, la restitución y formalización de los derechos de propiedad, y el manejo o reducción de la conflictividad por el uso del suelo, entre otros aspectos (DNP et. al, 2016).

Dentro de los objetivos específicos del catastro multipropósito en Colombia se encuentra el de realizar la plena identificación y descripción física y jurídica de los predios públicos y privados del país, estimar sus valores catastrales de manera que reflejen esas condiciones físicas, jurídica y económicas; garantizar la interrelación catastro-registro y contar con una norma integradora y unificadora en estas materias y, fortalecer la institucionalidad catastral y la adecuación de mecanismos para mejorar el acceso e interoperabilidad de la información sobre la tierra y la propiedad (DNP et. al, 2016).

En su plan de acción, la estrategia e implementación del Catastro Multipropósito, considera actividades relevantes como la definición de una nueva cartografía, la correcta aplicación de los estándares para el levantamiento de los predios; la interoperabilidad multipropósito, no sólo con el sistema de registro de la propiedad sino con diversos

sistemas de información de tierras, la identificación y clarificación jurídica de los derechos de propiedad asociados, el ajuste en las metodologías de valoración de los predios y la actualización de la base gravable para la definición del impuesto predial (DNP et. al, 2016).

2.2.2 Algunos modelos de valuación masiva para zona rural en Iberoamérica.

“La valoración en masa fue creada con el propósito de estimar el valor de la propiedad como base para el cobro de impuesto sobre la propiedad, pero con los años y el desarrollo de la economía global, este producto, se comienza utilizar a nivel nacional para muchos otros impuestos, tales como la herencia y el impuesto de regalo, el impuesto de riqueza, el impuesto de timbre y el impuesto relacionado con la compra o la hipoteca de bienes inmuebles, y otros usos como el mantenimiento y operación de instalaciones comunes, planificación y desarrollo, la Banca, comercio, etc. Para el de 1950, esta actividad fue considerada como una estrategia compleja con muchos procesos regulados por la Ley, bajo metodologías técnicamente ejecutada por sistemas de información, desarrollados para Investigación y evaluación de todo tipo de propiedades inmobiliarias.

A principios de 1990 en Suecia, se introdujo los Sistemas de Información Geográfica SIG en materia de valoración en masa, en donde se implementó y desarrolló estudios sobre mapas digitales de valor, en mapas topográficos a escala 1: 50.000; a partir de este, se desarrolló un sistema conocido como ADBTAX, que permite el análisis de mercado y análisis de compras comparativas, capaz de clasificar y excluir las compras irrelevantes, siguiendo las tendencias de precios y confirmando el nivel de precios final en un área especial.

No existe un método específico utilizado como referente para la valoración masiva, en la práctica pueden existir enfoques y métodos combinados, porque no siempre toda la información está disponible, y porque hay diferenciaciones del mercado inmobiliario en cada país, sin embargo los métodos no han cambiado a lo largo de los años (Milevski, 2009).

A continuación, se presentan algunas experiencias de valoración masiva, en Iberoamérica:

a. Argentina

“El Avalúo General Inmobiliario, es la determinación simultánea de todos los valores básicos de todos los inmuebles, su actualización, transcurrido un tiempo establecido por la legislación que lo rige, se denomina Revalúo General Inmobiliario.

La valuación fiscal parcelaria, para inmuebles rurales, comprende la tierra libre de mejoras rural más instalaciones y obras accesorias y plantaciones. Casi la totalidad de las provincias argentinas usan similares métodos valuatorios con algunas diferencias entre ellos. La valuación parcela rural se determina por:

*Valuación parcela rural = Valor de la Tierra Libre de Mejoras + Valor de los edificios + (2-1)
Valor de las Instalaciones Complementarias y Obras Accesorias + Valor de las Plantaciones*

En donde:

*Valuación tierra libre de mejoras = Vs (Valor del Suelo) = Superficie de la (2-2)
parcela × BUV (Valor Unitario Básico)*

Superficie de la parcela: *se expresa en hectáreas y se obtiene de distintas fuentes como ser según mensura, según título o algún otro documento o antecedente.*

Valor Unitario Básico: *Se obtiene generalmente a partir de determinar el aprovechamiento económico de la tierra determinado por zonas homogéneas y expresado en pesos por hectárea (\$/ha).*

En la clasificación de la tierra libre de mejoras, la mayoría de las provincias establecen Valores Unitarios Básicos a partir la diferenciación y definición de la tierra en Urbana, Suburbana, Subrural y Rural. La clasificación de las tierras está dada por las características topográficas que determinan la bondad o desmejoras del suelo. El factor de calidad y características extrínsecas del suelo son factores para la fijación de los VUB de acuerdo a zonas de calidades similares de suelo, vegetación y demás características agrológicas, como así también, la vecindad y clases de vías de comunicación y su distancia a centros de consumo o estaciones y puertos de embarque. Los valores así obtenidos, aplicados a la superficie de los inmuebles finalmente determinan el valor de las parcelas” (Ricarte, 2009).

b. Costa Rica

El modelo de valoración para Costa Rica lo estableció el Órgano de Normalización Técnica, ONT noviembre 2000, dicho modelo está conformado por dos métodos de valoración, uno para terrenos y el otro para las construcciones. El modelo cuenta con tres herramientas: la plataforma de Valores de Terrenos por Zonas Homogéneas, la plataforma de Valores Base Unitarios por Tipología Constructiva y el Programa de Valoración.

“La plataforma de valores de terrenos por zonas homogéneas, es una herramienta donde está determinado el valor zonal de los diferentes sectores en los distritos y en el cantón en general. Está conformada por un informe técnico (descripción literal del cantón y sus zonas), un mapa de vías, un mapa de uso de la tierra, un mapa de pendientes y el mapa de valores de terrenos por zonas homogéneas.

- **Mapa de vías.** Para cada cantón se elabora un mapa de vías, las cuales se clasifican en 11 clases con colores asignados para cada una de ellas, en donde las clases 1 a 8 corresponden a las vías de mejores especificaciones, ubicadas en sectores más valioso y de mayor desarrollo comercial; a las vías de inferiores especificaciones que permiten únicamente el paso de carretas, bestias y peatones, de inferiores especificaciones; la clase 9, son las vías angostas que sirven de servidumbres de paso, la 10 son corresponden a los ríos, canales, esteros o mar (tipo fluvial) cuando es la única vía de acceso y la 11 Es la vía férrea, cuando son la única vía de acceso a estos inmuebles.
- **Mapa de pendientes.** El mapa de pendientes muestra las diferentes inclinaciones del terreno utilizando una clasificación de 6 clases desde la A0, con una pendiente de 0 a 5%, con características Plano Cóncavo, hasta llegar a la E, de más de 60% de inclinación, con característica Muy Quebrado.
- **Mapa de capacidad de uso de la tierra.** Se refiere a las condiciones agrológicas de un inmueble en particular o una determinada zona, específicamente a la fertilidad o a la laborabilidad de las tierras. Se clasifican en ocho clases, desde la Excelente (I), correspondiente a tierras con poca o ninguna limitación para el desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias o forestales, superficies planas o casi planas, suelos muy profundos, sin piedras, sin problemas de toxicidad y salinidad, drenaje bueno, en zonas de vida de condición húmeda, hasta llegar a la clase mala (VIII), con tierras que no reúnen las condiciones mínimas para las actividades de producción agropecuarias o forestales

alguna y tienen utilidad solo como zonas de preservación de flora y fauna, protección de áreas de recarga acuífera, reserva genética y belleza escénica. Para esta clase se incluye cualquier categoría de parámetros limitantes.

- **El mapa de valores de terrenos por zonas homogéneas**, compuesto por un código de la zona homogénea, formado por el número de provincia, número de cantón, número de distrito, una letra que indica si la zona es rural o urbana (U, R) y finalmente el número de la zona; el nombre de la zona homogénea, identificada con uno o varios nombres representativos del lugar, puede ser el nombre de un centro educativo, de un comercio, una calle, un río o cualquier hito entre otros con el que el usuario se identifique y lo refiera fácilmente al lugar, y el color de la zona homogénea, el color rojo indicará siempre la zona de mayor valor en el cantón.
- **Matriz de información de zonas homogéneas**. Cada mapa de valor contiene una matriz con la información de cada una de las zonas homogéneas, la cual incluye el color, el código de la zona así como las diferentes características de cada lote o finca tipo: valor unitario, área, frente, regularidad, tipo de vía, pendiente, tipo de servicios públicos, nivel, tipo de desarrollo, ubicación, hidrología y capacidad de uso de la tierra (estos dos últimos en el caso de zonas rurales)” (Chavez, 2009).

c. Chile.

“La tasación fiscal agrícola considera fundamentalmente la tasación del suelo. Las construcciones sólo se avalúan cuando el predio cuenta con casa patronal, o con establecimientos cuyo fin sea la obtención de productos agropecuarios primarios, vegetales o animales. La actividad ejercida en estos establecimientos es considerada agrícola para todos los efectos legales.

La base para la tasación de estos predios es la clasificación de sus suelos y, para estos efectos, el Servicio de Impuestos Internos adaptó la clasificación efectuada por el proyecto Aero fotogramétrico Chile/OEA/BID, realizado por el Instituto de Investigación de Recursos Naturales (IREN) el año 1961. Esta clasificación caracteriza la capacidad de uso de los suelos según factores como geomorfología, geología, textura, estructura, profundidad (real y potencial), hidrografía y limitantes edafológicas.

El catastro gráfico de estos predios se obtiene de planos confeccionados en base a fotografías aéreas (ortofotos), escala 1:20.000, donde además de los deslindes del predio se encuentran indicadas las capacidades de uso de suelo.

El avalúo fiscal agrícola se obtiene en base a tablas de valorización de los suelos por comunas, al cual se aplica un porcentaje de ajuste según el tipo de camino de acceso al predio (pavimentado, ripio, tierra, sendero y fluvial) y por su distancia a centros de abastecimiento.

Todas las regiones, con excepción de la XII Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, para la clasificación de los terrenos o suelos agrícolas, según su capacidad potencial de uso actual, se definen las clases de suelos:

- Para suelos Regados, se clasifica de acuerdo a su Limitación de uso (sin, ligera, moderada, alta), Capacidad Productiva (muy buena, buena, regular y cultivos ocasionales) y Pendiente (< 1.5%, < 3 %, < 5 % y > 5 %), las que caracterizan el grado de desarrollo de la tierra para cultivos, su rendimiento, el grado de fertilidad, condiciones de textura, permeabilidad, aireación y limitaciones por pedregosidad, erosión, salinidad o mal drenaje. Se aplican porcentajes de ajustes sobre el avalúo total del terreno de cada predio, dependiendo de la comuna, considerando el tipo de vía de acceso directa al predio y la distancia a la cabecera de la comuna, que sea la sede de la municipalidad respectiva.*
- Para Suelos de Secano, se clasifica en 8 clases que comprenden: Grupo de terrenos arables de la 1 a la 4 con las mejores condiciones en cuanto a limitación uso, capacidad productiva, pendiente, y finalidad; y Grupo de terrenos no arables de la clase 5 a la 8 con inferiores condiciones en cuanto a limitación uso, capacidad productiva, pendiente, y finalidad.*

En el caso de predios agrícolas sin casa patronal, el avalúo total del predio corresponde al avalúo del suelo, el que se calcula como se indica en el esquema siguiente:

*Avaluó total del terreno = (superficie de suelo según su capacidad de uso) x (2-3)
(valor base) x (coeficiente de ajuste) x (coeficiente de actualización por
inflación)*

Superficie de suelo según su capacidad de uso: Superficie de terreno por capacidad de uso potencial de los suelos, de acuerdo a la Tabla de clasificación de los suelos agrícolas, que clasifica a los suelos en I A IV de riego y en I a VIII se secano.

Valor base: Expresado en \$/ ha, que se obtiene de las tablas de valores de terrenos (según comuna y calificación de suelos).

Coefficiente de ajuste: Corresponde a una rebaja, que se determina de acuerdo al tipo de camino que llega al predio y a la distancia a la ciudad cabecera comunal. El porcentaje a rebajar se obtiene de las Tablas de modificación de avalúos según clase de vías de comunicaciones y distancia de los centros de abastecimiento, servicios y mercados.

Coefficiente de actualización por inflación: Se obtiene de las tablas de actualización calculadas para cada semestre". (Terán, Ernesto y Orrego, 2009).

d. Ecuador-Quito

La valoración predial rural para de Quito tiene en cuenta:

- **Áreas homogéneas de investigación valorativa rural (AIVAR)**

En las áreas parroquiales rurales, se establecen áreas homogéneas tomando en cuenta sus características de: **clima y ecología, fisiografía, topografía, infraestructura de servicios, el sistema vial, sectores donde predominen predios pequeños, medianos y grandes, la cercanía a centros urbanos, poblados, de comercio, zonas con riego y el uso de la tierra**, estas áreas se denominan "Áreas de Investigación Valorativas Rurales" (AIVAR), se plasman sobre las cartas topográficas o documentos geométricos. De estas áreas, se irradia la influencia, hacia las zonas en que no hay información como son los páramos y estribaciones de la cordillera, siguiendo el curso de las **cuencas hidrográficas**, lo que genera en definitiva Ambientes Valorativos Rurales, sobre cada uno de los cuales se determina un solo sistema de valores.

- **Valor de la tierra rural con usos: agropecuario, forestal y de protección, habitacional, vacacional y de recreación.**

*El valor de la tierra rural es influenciado por factores como: polos de desarrollo (servicios), clases agrológicas, tamaño predial, riego y nivel de tecnificación. Se utiliza la metodología de "Valor de Mercado" para valorar tierras, basado en las leyes de la oferta y la demanda. Las encuestas se receptan en sitios donde existen cambios en el valor y deseabilidad de terrenos, como: **Vías públicas carrozables, acuáticas, férreas y aéreas; intersección y cruce de vías, límite rural-urbano; centros de atracción económica como caseríos, núcleos recreacional les, puestos de compra-venta de productos, sitios con clases Agrológicas principalmente la predominante del sector; cambios bruscos en la topografía; sitios con predios con explotaciones tecnificadas o tradicionales y sitios con o sin riego.** Con base en las encuestas, en cada zona (AIVAR), se determina la mediana de los datos de precios de la tierra.*

- **Clases agrológicas de la tierra**

La investigación de mercado se la relaciona con la potencialidad que tiene la tierra para producir cosechas, o sea, con la Clasificación Agrológica, que establece 8 clases potenciales de uso de la tierra, 4 primeras de uso agrícola y cuatro no agrícolas, estableciéndose una diferencia valorativa de la tierra, según la misma tenga mayor o menor potencial productivo" (Romero, 2009).

e. Brasil

"Su principal objetivo es apoyar el cobro de impuestos inmobiliario y otros usos basados en los valores de las propiedades, como por ejemplo: la contribución de mejora (recuperación de plusvalías), apoyar procesos de desapropiación y apropiación de inmuebles, ofrecer indicadores de desarrollo urbano para el establecimiento de planes de control e incentivo a la ocupación del suelo, entre otros.

La evaluación masiva de inmuebles urbanos en Brasil es de responsabilidad del municipio, mientras el área rústica es de competencia del gobierno federal. Sin embargo, para el cobro del Impuesto Territorial Rústico (ITR) los valores de las propiedades son declarados por los propietarios de los inmuebles, no existiendo trabajos corrientes de evaluación masiva para ese medio".(Da Silva Everton, n.d, 2009)

f. España

“El valor está integrado por el valor catastral del suelo y el valor catastral de las construcciones y su referencia es el valor de mercado, mediante la aplicación de un coeficiente que se fija mediante orden ministerial y que la actualidad es de 0,50.

Se entiende por suelo de naturaleza rústica aquel que no sea de naturaleza urbana, ni esté integrado en un bien inmueble de características especiales, es decir tiene un carácter residual. Para la determinación de su valor, se tendrá en cuenta su localización, circunstancias urbanísticas que afecten al suelo y su aptitud para la producción. El valor catastral de un inmueble rústico está dado por:

$$\text{Valor Catastral} = (\text{VSA}) + (\text{VSC} + \text{VCON}) * \text{RM} \quad (2-4)$$

VSA: es el valor de los terrenos con aprovechamiento agrario incluyendo los coeficientes correctores; VSC: es el valor de los terrenos ocupados por las construcciones incluyendo los coeficientes correctores por tipología de construcción; VCON: es el valor de las construcciones y RM: coeficiente de referencia al mercado, fijado actualmente en 0,50.

Los criterios y límites de la valoración rústica están establecidos por el Texto Refundido de la Ley del Catastro Inmobiliario (TRLRHL), por la Dirección General del Catastro, así como su referencia al mercado, los procedimientos de valoración colectiva y las Ponencias de valores. Respecto a los estudios de mercado y metodología de valoración, se están estudiando las bases para su reglamentación, con un criterio similar:

- *Utilización del Observatorio Catastral del mercado Inmobiliario.*
- *Tratamiento de las muestras mediante modelos matemáticos de regresión y modelos basados en Inteligencia Artificial (IA) mediante Redes Neuronales Artificiales (RNA).*
- *Toda esta labor también se está realizando, al igual que para los bienes inmuebles rústicos, a través del Sistema de Información Geográfico del Catastro, SIGCA2*

Las Gerencias Territoriales elaboran las ponencias de valores correspondientes a los distintos municipios, con sujeción a los criterios establecidos por cada Junta Técnica

Territorial, son procedimientos de valoración colectiva de carácter general y requiere la aprobación de una ponencia de valores total.

Las ponencias de valores son los documentos administrativos que recoge los elementos necesarios para la valoración de los bienes inmuebles en función de tipologías, usos, aprovechamientos urbanísticos y grados del desarrollo del planeamiento, recoge los criterios, módulos de valoración, los valores del suelo y de las construcciones, así como los coeficientes correctores a aplicar en la valoración catastral.

La determinación del valor catastral se efectuará mediante la aplicación de la correspondiente ponencia de valores. Son de ámbito municipal y pueden ser: Totales, cuando se extienda a la totalidad de inmuebles de una misma clase; parciales, cuando se limiten a los inmuebles de una misma clase de alguna o varias zonas y Especiales, cuando afecte exclusivamente a uno o varios grupos de inmuebles de características especiales.

- **Los módulos básicos**

Junto con el establecimiento de una referencia uniforme de los valores catastrales a los valores de mercado, la base de la coordinación de valores está constituida por la fijación del valor del producto inmobiliario, consistente en un módulo de valor M que sirve de base a los del suelo y de la construcción.

- **Áreas económicas homogéneas**

Las áreas económicas homogéneas, tanto en suelo como en construcciones, delimitan zonas geográficas en las que el mercado inmobiliario, tanto en su componente suelo como en su componente construcción, tiene una similitud en sus características, que permite obtener una modulación en su comportamiento, en general las áreas económicas homogéneas son asimilables al concepto de término municipal, aunque en los enclaves geográficos con diferentes valores en un mismo municipio pueden existir distintas áreas e igualmente establecerse áreas económicas homogéneas de ámbito supramunicipal.

- **Zonas de valor**

Las zonas de valor son el ámbito espacial de aplicación de los valores definidos en la Ponencia. Se delimitarán en la cartografía de la Ponencia y se les asignará un código

que identifique el valor a aplicar en toda la zona delimitada. Existirán zonas de valor con Valores de Repercusión por usos y zonas de valor con Valores Unitarios. A todos los inmuebles incluidos en una zona de valor se les aplicará el mismo valor asignado a la zona, por lo que éstas podrán ser discontinuas e incluso podrán extender su ámbito a Polígonos Fiscales distintos.

Para la asignación de valores a las diferentes zonas de valor, se ha establecido a nivel nacional una jerarquía de valores, compuesta por sesenta tramos o valores diferentes, resultantes de la aplicación de coeficientes al módulo *M* vigente en el momento de redacción de la Ponencia” (Barrios, 2009).

2.2.3 La valoración masiva en Colombia

Las etapas para determinar el valor de los predios dentro de un proceso de formación o actualización catastral son:

a. Identificación predial

En esta etapa se recopila la información física y jurídica de los predios, mediante el proceso de reconocimiento predial, determinando las áreas de terreno y la de las distintas construcciones, el destino económico del predio y de las construcciones y los colindantes; se precisa el derecho de propiedad o posesión. Las construcciones se califican de acuerdo al tipo de estructura, los acabados principales, baños y cocina, para lo cual se asigna un puntaje a estas características.

b. Determinación de Zonas Homogéneas Geoeconómicas ZHG

Se establece el valor comercial unitario (por hectárea en zona rural o por metro cuadrado en zona urbana) en el mercado inmobiliario para el terreno del predio por ZHF, con base en los puntos de investigación definidos previamente. En ella se realizan las siguientes actividades:

- **Elaboración de Zonas Homogéneas Físicas ZHF:** “ Las ZHF son espacios geográficos con características similares en cuanto a vías, topografía, servicios, uso actual del suelo, norma de uso del suelo, tipificación de las construcciones y/o edificaciones, áreas homogéneas de tierra, aguas u otras variables que permitan diferenciar estas áreas de las adyacentes” (IGAC, 2010b).

Dependiendo si se trata de sectores urbanos o rurales, se utilizan variables que determinan en gran medida el valor de las tierras (**Tabla 2-1**). La superposición de estas variables para cada zona urbana y rural determina el plano de zonas homogéneas físicas.

Tabla 2-1 variables que determinan el valor de las tierras

| variables para zonas urbanas | variables para zonas rurales |
|-------------------------------------|---|
| Reglamentación del uso del suelo | Áreas Homogéneas de Tierra |
| Uso actual del suelo | Disponibilidad de Aguas Superficiales Permanentes |
| Vías | Influencia de las Vías |
| Topografía | Uso actual del suelo |
| Servicios públicos | Reglamentación o norma del uso del suelo rural |
| Tipificación de las construcciones | Otras Variables que por sus características deben tenerse en cuenta tales como zonas de riesgo, áreas con restricciones, externalidades como cambios climáticos, y amenazas naturales, entre otras. |

Fuente: Elaborado con base en (IGAC, 2010b).

- **“Investigación Económica Mercado Inmobiliario:** Sobre el plano de zonas homogéneas físicas, se determinan los puntos para hacer la investigación económica; la muestra mínima de puntos corresponde a 1% del total de predios de la zona +15 (Criterio definido desde 1985). Los predios escogidos son los representativos de cada zona física, en cuanto a tamaño y forma. Cada ZHF debe tener por lo menos 1 punto de investigación económica, su ubicación en el plano, permite verificar la cobertura territorial dada a la investigación económica.

Una vez realizada la investigación del mercado inmobiliario, la información obtenida se analiza estadísticamente, haciéndose una depuración para obtener valores comerciales por cada punto investigado.

- **Elaboración planos zonas homogéneas geoeconómicas (ZHG):** Se delimitan las Zonas de igual valor económico, con base en los valores determinados por ZHF en el proceso de investigación de mercado y posterior análisis estadístico” (IGAC, 2010b).

c. Determinación de valores unitarios para los tipos de edificaciones y liquidación de avalúos

Para determinar el avalúo catastral de las construcciones, se ha implementado una metodología basada en tablas de valores unitarios relacionados con la calificación de cada unidad de construcción y determinados mediante el cálculo de regresiones (lineal, exponencial, logarítmica o potencial, teniendo en cuenta la que más ajuste a los datos observados) con base en datos obtenidos.

Teniendo los valores comerciales unitarios de terreno (ha o metro cuadrado), definido mediante la metodología de zonas homogéneas físicas y geoeconómicas, y por otra parte, los valores unitarios de construcción (*por m²*), de acuerdo a las tablas por tipología de construcción, se determina el porcentaje que, sobre estos valores se adoptará para el valor catastral, “*en todo caso este no debe ser inferior al 60%*” (Ley-1450, 2011).

Se liquidan los avalúos catastrales, producto del valor unitario del terreno y construcción por sus respectivas áreas. El proceso culmina con la emisión de la *resolución de inscripción y vigencia catastral para un proceso de formación*, o, la *resolución de renovación de la inscripción de los predios actualizados y vigencia catastral*, para procesos de actualización de la formación catastral, publicándose en el diario oficial.

El proceso para la determinación en forma masiva del avalúo catastral en Colombia se presenta en la **Ilustración 2-1**.

Procedimiento vigente para la determinación de Zonas Homogéneas Físicas Rurales

El documento metodológico para la elaboración de Zonas Homogéneas Físicas (ZHF) y Geoeconómicas (ZHG) Urbanas y Rurales y la determinación de los valores unitarios por tipo de construcción, documentada por la Subdirección de Catastro del IGAC en el año 2010, “*recoge los procedimientos de la metodología para determinación de valores unitarios para Zonas Homogéneas urbanas del año 1985, y la metodología para determinación de avalúos rurales de 1987*” (**Ilustración 2-1**).

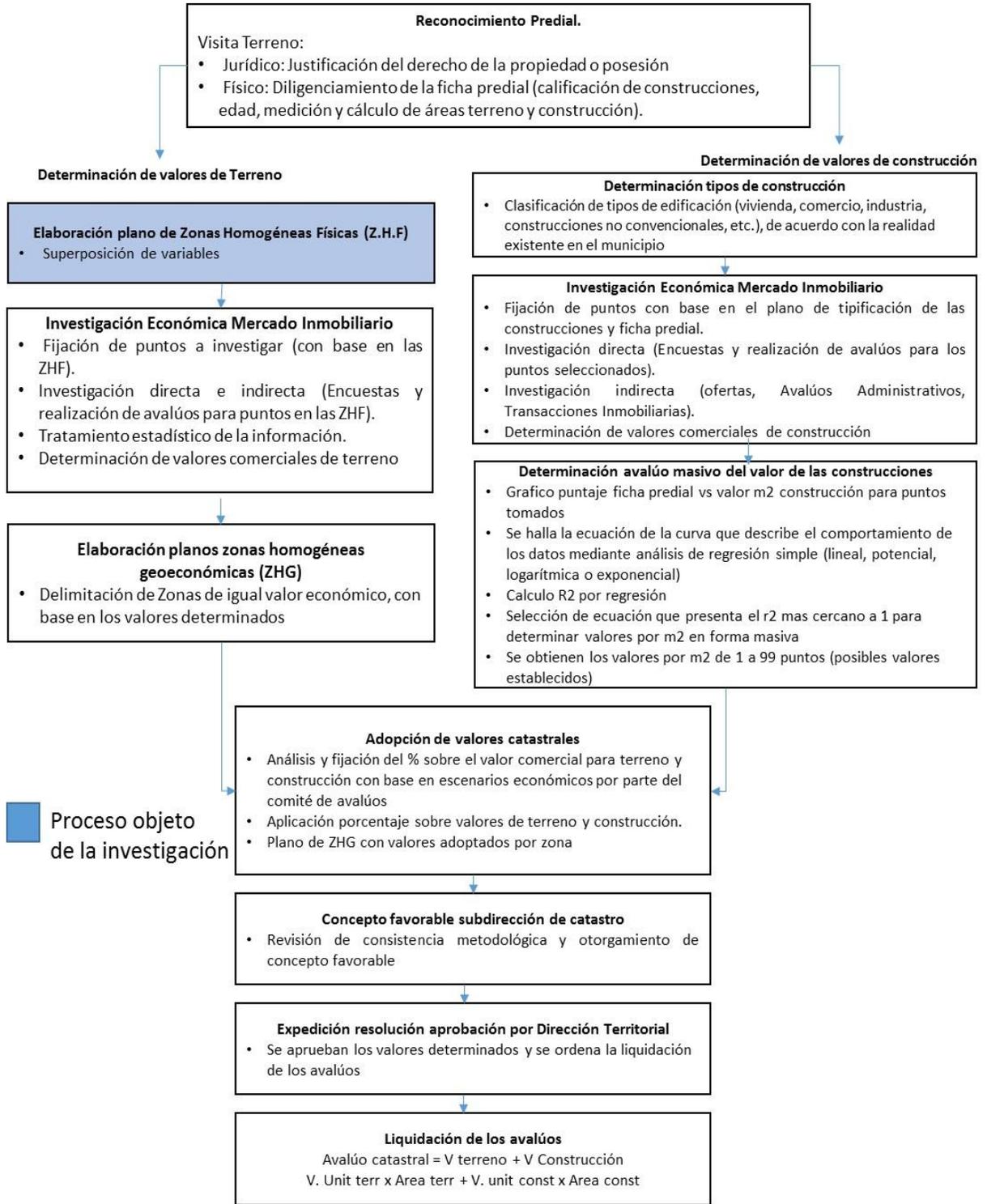


Ilustración 2-1 Proceso para determinar el avalúo catastral de un predio en Colombia
 Fuente: (Gómez; et al., 2009)

*Para su aplicación a nivel nacional, establece requerimientos y estándares técnicos, define responsabilidades, recursos y puntos de control para el desarrollo eficiente de la actividad; diseña una codificación, catalogación o convenciones únicas nacionales, de acuerdo con la complejidad de las variables, define adicionalmente estándares técnicos y la ejecución y regularización de las actividades propias del proceso; implementa un diseño único para la leyenda cartográfica de las ZHF y ZHG urbanas y rurales a nivel nacional a través de la utilización de variables visuales y normas cartográficas (IGAC, 2010b)”. La metodología contempla la ejecución de las etapas y actividades que se resumen en la **Tabla 2-2**.*

El límite municipal, se establece en la norma que expide el plan, esquema o plan básico de ordenamiento territorial, al igual que la norma de uso del suelo rural, en donde se limitan zonas de protección y otras áreas restringidas o condicionadas en su uso. Información que debe ser solicitada ante las oficinas de planeación municipal.

Otra información de entrada de tipo secundario para el proceso, es la última versión del estudio de Áreas Homogéneas de Tierras, del estudio de zonas físicas y geoeconómicas, si existe. Se debe alistar también la mejor y más precisa información cartográfica a una escala adecuada, como base para la materialización de variables del estudio. Para las áreas rurales se emplean escalas de trabajo 1:25.000 o superiores dependiendo de su disponibilidad y de la densidad predial de la zona.

“Previo recorrido del área de estudio, se identifican los cambios e inconsistencias en las variables: Áreas homogéneas de tierra, norma de uso del suelo, influencia de vías, suficiencia de aguas, uso actual del suelo y otras variables; se actualizan y se espacializan individualmente estas variables, por niveles o capas de información que posteriormente se superponen entre si obteniendo las Zonas Homogéneas Físicas del territorio” (IGAC, 2010b).

Teniendo en cuenta los parámetros anteriormente explicados, la caracterización de las zonas homogéneas físicas del área rural de un municipio que se encuentre en proceso de formación o actualización catastral se refleja en la **Tabla 2-3**.

*La metodología, convencional para la determinación de zonas homogéneas físicas con fines catastrales se describe en la **Ilustración 2-2**.*

Tabla 2-2 Etapas para la elaboración del estudio de zonas homogéneas físicas y geoeconómicas y la determinación de los valores unitarios por tipo de construcción

| Etapas | Actividades |
|--|--|
| Planeación y programación del estudio de zonas | Evaluación de recursos humanos y físicos |
| | Programación de actividades y costos |
| Determinación de zonas homogéneas físicas | <p>Determinación del recurso humano</p> <p>Estimación de los recursos físicos</p> <p>Alistamiento de información</p> <p>Definición del plan de trabajo y estimación de duración de cada actividad</p> |
| | <p>Recorrido general del área de estudio</p> <p>Determinación de variables físicas rurales</p> <p>Diseño y elaboración de zonas homogéneas físicas preliminares</p> <p>Verificación y ajuste de zonas homogéneas físicas preliminares</p> |
| Ejecución | <p>Determinación de puntos de investigación - definición de la muestra</p> <p>Avalos de punto de investigación y obtención de información de mercado inmobiliario - avalúo comercial por punto de investigación</p> <p>Elaboración del plano de mercado inmobiliario</p> <p>Determinación de zonas homogéneas geoeconómicas y valores unitarios por tipo de construcción</p> |
| | <p>Consolidación, procesamiento y análisis de la información - procesamiento de información</p> <p>Liquidación de los avalúos de prueba</p> <p>Determinación de valores comerciales para terreno u construcción</p> <p>Elaboración del plano de zonas homogéneas geoeconómicas</p> <p>Verificación del estudio de zonas geoeconómicas</p> |
| Aprobación | <p>Realización de comité de avalúos</p> <p>Concepto favorable</p> <p>Elaboración de la resolución de aprobación del estudio de ZHF y ZHG y valores unitarios por tipo de construcción</p> |
| | <p>Validación del estudio</p> |
| trabajos finales del estudio | <p>Elaboración de planos definitivos de ZHF, ZHG y variables</p> <p>Asignación de zonas en la base alfanumérica</p> <p>Grabación de tablas de terreno y construcción</p> <p>Elaboración de memoria técnica</p> |

Fuente: Elaboración propia con base en la Metodología para la elaboración del estudio de zonas homogéneas físicas y geoeconómicas y determinación del valor unitario por tipo de construcción – IGAC 2010.

Tabla 2-3 Descripción actual de las Zonas Homogéneas Físicas
ZONAS HOMOGÉNEAS FÍSICAS RURALES

| Zona No. | Area % (ha) | AREAS HOMOGENEAS DE TIERRA | | | Norma de Uso de Uso | Uso actual del suelo | Influencia de Vías | Disponibilidad de aguas | Otras Variables | Convenciones |
|----------|-------------|----------------------------|-----------------|-----------|---------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|-----------------|--------------|
| | | Unidad Climática | Valor Potencial | Pendiente | | | | | | |

Fuente: (IGAC, 2010b)



Ilustración 2-2 Metodología actual para la elaboración de Zonas Homogéneas Físicas
 Fuente: Elaboración propia con base en (IGAC, 2010b)

2.3 Marco Teórico

2.3.1 La Teoría de la Renta, el valor de la propiedad y el mercado inmobiliario

“La valoración inmobiliaria es la estimación más próxima a los precios establecidos por las fuerzas de mercado inmobiliario. La teoría de la renta es el fundamento teórico de la actividad valuatora especialmente en suelos rurales ya que puede explicar la formación y el comportamiento de los precios del suelo y de los bienes inmuebles” (Gómez; et al., 2009)

David Ricardo a comienzos del siglo XIX, establece la teoría de la renta diferencial, *“esta surge cuando se analiza el proceso productivo de la tierra: cuando se cultivan porciones de tierra con una fertilidad y una localización decreciente o diferencial, los dueños de las tierras más fértiles, perciben una “renta” (ganancia extraordinaria) que crece a medida que, por efecto de una mayor demanda de alimentos debido a aumentos poblacionales, se incorporan al proceso productivo, tierras cada vez menos fértiles, para aumentar la producción. Como en esas tierras el producto marginal (la productividad) es menor, los costos unitarios de la producción crecen y, por ende, el precio de los alimentos” (Teubal, 2006).*

“La Capitalización de la tierra es el mecanismo por el cual se forma el precio de ésta, dentro de un mercado inmobiliario. Son los propietarios, quienes a través del control jurídico pueden capturar el valor generado por la operación misma del proceso productivo del suelo.

En el caso de la tierra rural se percibe claramente este fenómeno, en donde el agricultor (que puede identificarse como un agente capitalista), invierte en unos bienes agrícolas para obtener un valor, sin embargo, no posee el factor tierra, para completar el proceso productivo; para poder usar dicho factor, entrega un pago periódico (renta) al dueño de la tierra (terrateniente), representado en una suma de dinero (flujo monetario), entonces, el precio del suelo se convierte en el precio del derecho de percibir esa renta periódica. El terrateniente es un agente pasivo, por cuanto no contribuye a la creación de valor del cual se apropia, así como en su magnitud. En este sentido, son generadores de renta: la

operación del mercado y la transferencia de valor de la sociedad a los capitalistas (sobre-ganancia por precios mayores de lo que cuesta la producción de los bienes).

De acuerdo al funcionamiento de la agricultura, la renta se clasifica en:

a. **Renta diferencial tipo 1:** *cuyos factores determinantes para su generación son la fertilidad y la localización, se genera en una magnitud similar a las inversiones realizadas bajo diferentes condiciones productivas.*

b. **Renta diferencial tipo 2:** *Asociada a factores como la intensidad de la inversión de capital sobre la tierra (capital fijo más capital variable: maquinaria, insumos y salarios). Se genera cuando bajo la existencia de la renta diferencial tipo uno, más una inversión adicional por encima de la cuota normal, el rendimiento es superior al que podría obtenerse en tierra marginal.*

c. **Renta Absoluta:** *Se basa en la propiedad misma de la tierra dejando a un lado el factor heterogeneidad. Esta renta es el monto mínimo que se paga por todos los terrenos y a los cuales se adicionan las rentas diferenciales tipo 1 y 2.*

d. **Renta de Monopolio:** *El factor determinante es la escasez. Cuando para producir cierto tipo de bienes se necesitan tierras de determinada calidad, los consumidores de este tipo de bienes estarían dispuestos a pagar un precio muy superior al de producción. Es así como la ganancia del cultivador depende del acceso a las tierras con estas características, por lo que la ganancia se convierte en una renta de la cual se apropia el terrateniente” (Jaramillo, 2003).*

La tierra y la propiedad determinan el ciclo central de la economía política con el valor para la producción, generación de riqueza, la acumulación de capital y haciendo dinero para el poder. La Riqueza real es el resultado o producto de la aplicación de la mano de obra a la tierra y la propiedad. Para tener valor, un objeto debe satisfacer alguna necesidad humana, y debe existir en una cantidad que es totalmente insuficiente para satisfacer todo deseo por ella ((Razzak, 2014)). **(Ilustración 2-3).**

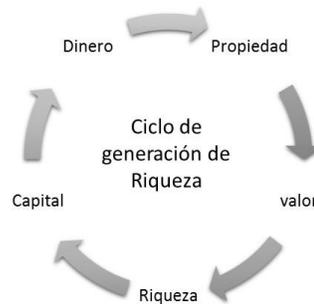


Ilustración 2-3 Ciclo de generación de riqueza

Fuente: (Razzak, 2014).

El valor de mercado es el foco de la mayoría de las asignaciones de tasación de propiedades, su estimación es el propósito de la mayoría de las valuaciones. Un mercado inmobiliario es la interacción de individuos que intercambian derechos de propiedad u otros activos, como el dinero (Razzak, 2014).

“Existe un mercado de tierras cuando sobre las áreas disponibles, es factible llevar a cabo, de manera libre y autónoma, diferentes transacciones, respetando los límites normativos relacionados con la equidad y la eficiencia” (UPRA & Universidad Nacional, n.d.), de esta forma, existe mercado cuando, el Estado determina cuáles áreas pueden ser compradas y vendidas; cuando existe una libre oferta y demanda y cuando los derechos de propiedad están bien definidos (UPRA & Universidad Nacional, n.d.).

Los mercados inmobiliarios específicos se definen sobre la base de tipo, ubicación, potencial de generación de ingresos, características típicas del inversor, inquilino típico características u otros atributos reconocidos por los participantes en el intercambio de propiedad, estos gastos relacionados con bienes raíces están directamente vinculados su precio. Los avalúos de bienes inmuebles incluyen, avalúos de terrenos, estructuras y mejoras, casas móviles, maquinaria y equipo fijado a bienes raíces (Razzak, 2014).

Los factores de producción, incluida la tierra, actúan en mercados competitivos (o al menos en una estructura de mercado dada), pero no puede haber espacio para que el sistema de precios intervenga si no están clarificados los derechos de propiedad (Barón, 2013). Adicionalmente a la inseguridad jurídica de la propiedad, el funcionamiento dinámico del mercado de tierras está limitado por: la pobreza, la distribución inequitativa de la tierra, la baja productividad en predios pequeños; el bajo grado de escolaridad del

campesinado; las técnicas de producción obsoletas; la existencia de poblaciones indígenas cuyos derechos sobre la tierra no han sido reconocidos, y la falta de titulación de los predios (UPRA & Universidad Nacional, n.d.).

El modelo de evaluación en masa se caracteriza por el proceso de análisis estadístico en número de transacciones e investigaciones de mercado, realizadas con análisis de regresión múltiple (MRA). El enfoque básico es estimar el valor por separado para la construcción y la tierra (Milevski, 2009).

Valor del terreno + Valor del edificio = Valor calculado (2-5)

Se incluyen varios factores de valor para determinar la zona de valor y calcular el valor del bien inmueble.

- Factores de valor para la unidad de tierra: ubicación, tipo de uso, tamaño, derechos de desarrollo
- Factores de valor para la construcción: ubicación, uso, tamaño alquiler bruto (área de alquiler) edad de construcción (Milevski, 2009).

Los Indicadores y factores que influyen en el valor de la tierra, por una parte son sus atributos físicos incluyendo la fertilidad, el clima, la localización dada por su cercanía a tiendas, escuelas y parques; la disponibilidad de agua, alcantarillado, servicios públicos y transporte y por otro, las fuerzas legales o gubernamentales, el tipo y el monto de los impuestos, la leyes de construcción, planificación y restricciones (Güneş et al, 2015).

El concepto holístico de la tierra, reconocido en el marco de su valoración, se basa en sus cualidades que dan soporte vital a muchos sistemas, en términos de las múltiples funciones que cumple, como son, su función de producción (biomasa, alimentos, forraje, fibra, combustible, madera y otros materiales bióticos para uso humano, para la ganadería, la acuicultura y la pesca), su función ambiental como espacio vital, su función biótica, hidrológica, su función reguladora del clima, su función de control de residuos y contaminación, su función patrimonial y su función del espacio conectivo, entre otras (Razzak, 2011).

2.3.2 Especificaciones Técnicas

La mejora de los modelos actuales sobre administración de tierras, se da mediante la implementación los conceptos de sistemas de administración de tierras, primero considerando el aspecto legal y el aspecto físico, y el segundo, usando identificadores espaciales. Dentro del aspecto legal se deben considerar los derechos, las restricciones y responsabilidades, dentro del físico, se hace referencia a que el sistema de información debe ser interoperable con otras bases de datos para garantizar una actualización permanente de los datos (Kalantari et al., 2008).

a. Que es una clasificación

Una clasificación es una representación abstracta de objetos geográficos del mundo real mediante el uso de clasificadores. Una clasificación es un marco sistemático de clases, con nombres y definiciones, y relaciones entre ellas, que necesariamente debe garantizar la independencia respecto de la escala de representación y fuentes de origen. Los valores de las clases se excluirán entre sí, evitando las dualidades en la clasificación, y pueden estar estructurados según esquemas jerárquicos o no jerárquicos (IPGH, 2013).

Se puede usar un sistema de clasificación para subdividir cualquier área geográfica en unidades menores, cada una de las cuales lleva un identificador de clase que la caracteriza. Un sistema de clasificación consiste en un conjunto de clasificadores, que pueden ser de muy diferentes tipos en función del campo de aplicación, como caracteres, resultados algorítmicos o valores de clases. Pero todos ellos deben estar adecuadamente definidos para su correcta utilización. Un sistema de clasificación funciona mediante la descomposición sucesiva del espacio total considerado hasta alcanzar unidades menores de propiedades similares que se agrupan bajo un mismo valor de clasificación (ibíd. 2013).

b. Imágenes satelitales de referencia

La precisión de los sensores ópticos ha aumentado significativamente en los últimos años, mejorando drásticamente las resoluciones, espacial espectral y radiométrica, e incrementado la capacidad de identificar mejor los rasgos del terreno. A futuro, *“la tercera dimensión será más parte intrínseca de la información geoespacial básica, y no una característica distintiva adicional, como es hoy en día”* (Carpenter & Snell, 2013).

En la selección de las imágenes de satélite, para la producción de cartografía debe tener en cuenta las especificaciones y parámetros mostrados en la **Tabla 2-4**.

La escala del mapa es igual a la resolución de imagen (en metros) por 2000 (Jvaldezch, 2012).

Sobre la Imagen satelital Sentinel-2A: “Es el resultado de una colaboración estrecha entre la ESA, la Comisión Europea, la industria, los proveedores de servicios y los usuarios de datos. Cuenta con una cámara multiespectral de amplia cobertura, la misión Sentinel-2 está basada en una constelación de dos satélites idénticos en la misma órbita,

Tabla 2-4 Especificaciones de Datos Satelitales

| Datos satelitales | Resolución espacial | Escala cartográfica máxima | Precisión planimétrica 0,5mm (90%) | Unidad mínima cartografiable (5mm²) /1 mm |
|--------------------------|----------------------------|-----------------------------------|---|---|
| IKONOS | 1 m | 1: 3000 | 1,5 m | 0,004 ha/3m |
| | 4m | 1: 8000 | 4,0 m | 0,03ha/8m |
| QuickBird | 0,6m | 1: 1500 | 0,75 m | 0,001ha/1,5m |
| | 2,4m | 1: 5000 | 2,5 m | 0,01ha/5m |
| SPOT V | 2,5m | 1: 5000 | 2,5 m | 0,01ha/5 m |
| | 5m | 1: 10000 | 5,0 m | 0,05ha/10 m |
| | 10m | 1: 15000 | 7,5 m | 0,1ha/15 m |
| ALOS | 2,5m | 1: 5000 | 2,5 m | 0,01ha/5 m |
| | 10m | 1: 15000 | 7,5 m | 0,1ha/15 m |
| ASTER | 15m - 30m | 1: 50000 | 25,0 m | 1,25ha/50 m |
| Landsat | 30m | 1: 100000 | 50,0 m | 5ha/100 m |

Fuente:(Lencinas & Siebert, 2009)

separados 180 grados, ofrece continuidad y ampliación de las capacidades de las misiones Spot, francesa, y Landsat, estadounidense: adicionalmente cuenta con una combinación de la alta resolución y nuevas capacidades espectrales con un campo de visión que abarca 290 kilómetros de ancho, se organizan en mosaicos ortorrectificados de 100 km x 100 km en proyecciones UTM WGS84. Las imágenes de cada banda se colocan en un archivo JPEG2000 por separado y cuentan con sobrevuelos frecuentes” (European Space Agency (ESA), 2017). Las especificaciones se detallan en la **Tabla 3-5**.

c. Técnicas de Interpolación espacial

Los datos geoespaciales, son una importante fuente de información tanto en análisis tradicionales como en grandes análisis, estos, integrados con otros análisis, están reemplazando la cartografía tradicional a casos de uso más sofisticados, como la visualización y el análisis predictivo (Razzak, 2011).

La interpolación espacial es el proceso por el cual se estiman los valores desconocidos de cualquier punto geográfico, utilizando puntos con valores conocidos (Mitasova & Mitas, 2005).

Las técnicas de interpolación se pueden agrupar en: deterministas, las que crean superficies a partir de puntos medidos, ya sea basado en el grado de similitud como el método IDW o en el grado de suavizado como el método CRS; y las geoestadísticas tales como Kriging, que utilizan propiedades estadísticas de los puntos con valores, cuantificando la correlación entre todos los puntos alrededor de la ubicación a predecir.

Existen los métodos globales, en donde la variable a predecir depende de otras variables de apoyo; pertenecen a este grupo, los métodos de clasificación (variable de apoyo cualitativa) o los métodos por regresión (cuantitativa). Por otra parte, los métodos locales basados en medias ponderadas de los valores del conjunto cercano. (Contreras Ochando & Ferri Ramírez, 2016).

De las técnicas de interpolación utilizadas en la investigación:

Redes de Triángulos Irregulares (TIN): Interpolación de tipo local mediante en donde se generan tratando de conseguir triángulos que maximicen la relación en el área. El conjunto de todos los triángulos se denomina conjunto convexo (Contreras Ochando & Ferri Ramírez, 2016).

Un TIN, está hecho de puntos, cada uno de los cuales tiene un valor real continuo que generalmente representa elevación. Una triangulación se calcula a partir de estos puntos de datos y representa una superficie tridimensional continua. Es una eficiente representación de una superficie, tienen la ventaja de variar la densidad de datos donde la superficie cambia bruscamente Áreas donde la superficie es lisa requieren pocos puntos (Zeiler, 1999).

Inverse Distance Weighting (IDW): Los valores de los puntos no conocidos son calculados usando una media ponderada de los puntos conocidos. Los pesos son estimados usando las distancias al punto a predecir (Contreras Ochando & Ferri Ramírez, 2016). Se basa en la suposición de que el valor en un punto no muestreado se puede aproximar como un promedio ponderado de valores en puntos dentro de una determinada distancia de corte, o de un número dado de los puntos más cercanos. Este es uno de los métodos más simples y disponibles (Mitasova & Mitas, 2005).

En el software Arcgis, calcula un valor para cada celda del ráster de salida a partir de los valores de los puntos de datos. La influencia de los puntos cercanos será mayor y la de los puntos lejanos inferior y es considerada como métodos de interpolación determinísticos porque están basados directamente en los valores medidos circundantes o en fórmulas matemáticas especificadas que determinan la suavidad de la superficie resultante (ESRI, 2016).

d. Uso y cobertura de la tierra, leyenda de usos agropecuarios del suelo a escalas mayores a la escala 1:25.000

La cobertura terrestre es la cobertura (bio) física observada en la superficie de la tierra, en sentido estricto debe limitarse a la descripción de la vegetación; usualmente se presentan discusiones sobre, si la superficie con existencia de roca o suelo desnudo, son tierra en vez de cobertura terrestre; o si las superficies de agua son una cobertura de la tierra. Sin embargo, en la práctica, la comunidad científica generalmente incluye estas características dentro del término cobertura de la tierra (Di Gregorio & Jansen, 2005).

El uso de la tierra se caracteriza por los arreglos, actividades y aportes que las personas emprenden en un determinado tipo de cobertura del suelo para producirlo, cambiarlo o mantenerlo (Di Gregorio & Jansen, 2005).

De esta forma, el uso de la tierra se vincula directamente con la cobertura de la tierra ejemplo: los "pastizales" es un término de cobertura, mientras que "pastizales" o "cancha de tenis" se refieren al uso; "área de recreación" es un término de uso de la tierra que puede ser aplicable a diferentes tipos de cobertura del suelo (superficies arenosas, como una playa; un área edificada como un parque de placer; bosques; etc) (Di Gregorio & Jansen, 2005).

Una clasificación describe el marco sistemático de los nombres, clases y, criterios de distinción y relación entre las clases. La clasificación requiere una definición de límites de clase claros, precisos, posiblemente cuantitativos y basados en criterios objetivos. Una clasificación es independiente del nivel de detalle o escala e independiente de la fuente o medios utilizados para recopilar información (imágenes satelitales, fotografías aéreas, estudios de campo o utilizando una combinación de fuentes) (Di Gregorio & Jansen, 2005).

En el año 2015, a partir de un trabajo de investigación y consulta de leyendas de usos adoptadas en el país y otras realizadas en otros países; la Unidad De Planificación de Tierras Rurales, Adecuación de Tierras y Usos Agropecuarios, (UPRA), en alianza con Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) desarrollaron la leyenda de usos agropecuarios, clasificando de forma jerárquica y estructurada los usos agrícolas, pecuarios, forestales, acuícolas y pesqueros, la cual se estableció como insumo base los mapas de Coberturas de la Tierra realizados por diferentes instituciones públicas y privadas (IGAC; UPRA, 2015).

e. Modelo para el ámbito de la administración del territorio (LADM) (ISO 19152:2012)

La norma internacional LADM ISO 19152:2012, define un Modelo de referencia para el Ámbito de la Administración del Territorio (Land Administration Domain Model – LADM) que cubre los componentes básicos de la información relacionada con la administración del territorio incluyendo los elementos que están sobre el agua, por encima y por debajo de la superficie terrestre; proporciona un modelo conceptual abstracto con cuatro paquetes: 1) los interesados (personas y organizaciones), 2) las unidades básicas administrativas, los derechos, las responsabilidades y las restricciones (derechos de propiedad), 3) las unidades espaciales (parcelas, el espacio jurídico de los edificios y las redes de servicios), 4) las fuentes de datos espaciales (levantamientos) y representaciones espaciales (geometría y topología) y proporciona la terminología para la administración del territorio, basada en varios sistemas nacionales e internacionales; proporciona una base para los perfiles nacionales y regionales; y permite la combinación de información de administración del territorio procedente de diferentes fuentes, de manera coherente (ISO 19152:2012, 2013).

Esta norma está adaptando y adoptando como herramienta para la implementación de un catastro multipropósito en el contexto colombiano, por las autoridades catastrales y entidades que administran el recurso tierra en las dimensiones económica, social y ambiental, con el fin de unificar el lenguaje en los diferentes sistemas de información de tierras y propone un marco de relaciones entre los objetos del sistema de información con el fin de facilitar la interoperabilidad entre los mismos (DNP et. al, 2016).

La adopción de estos estándares implica cambios tecnológicos, desarrollo de nuevas metodologías y operativos en campo para los levantamientos cartográficos y de información catastral física jurídica y económica (DNP et. al, 2016).

El involucramiento de estos estándares en el marco del catastro multipropósito relevantes para la definición de una estructura robusta con que el sistema de administración de tierras debe contar para un mejor conocimiento del territorio, sus características físicas, jurídicas y económicas; como el compendio de información estratégica que soportará la toma de decisiones en materia técnica y administrativa, en procura de la seguridad jurídica, el desarrollo territorial y el uso adecuado y sostenible de los territorios.

En este punto, la metodología de clasificación física propuesta podrá tomar parte en los procesos y modelos que conformen la estructura del sistema, que permita convertir datos en información, de una manera fácil y eficiente.

3. Metodología

3.1 Municipio de San Francisco de Sales - Cundinamarca

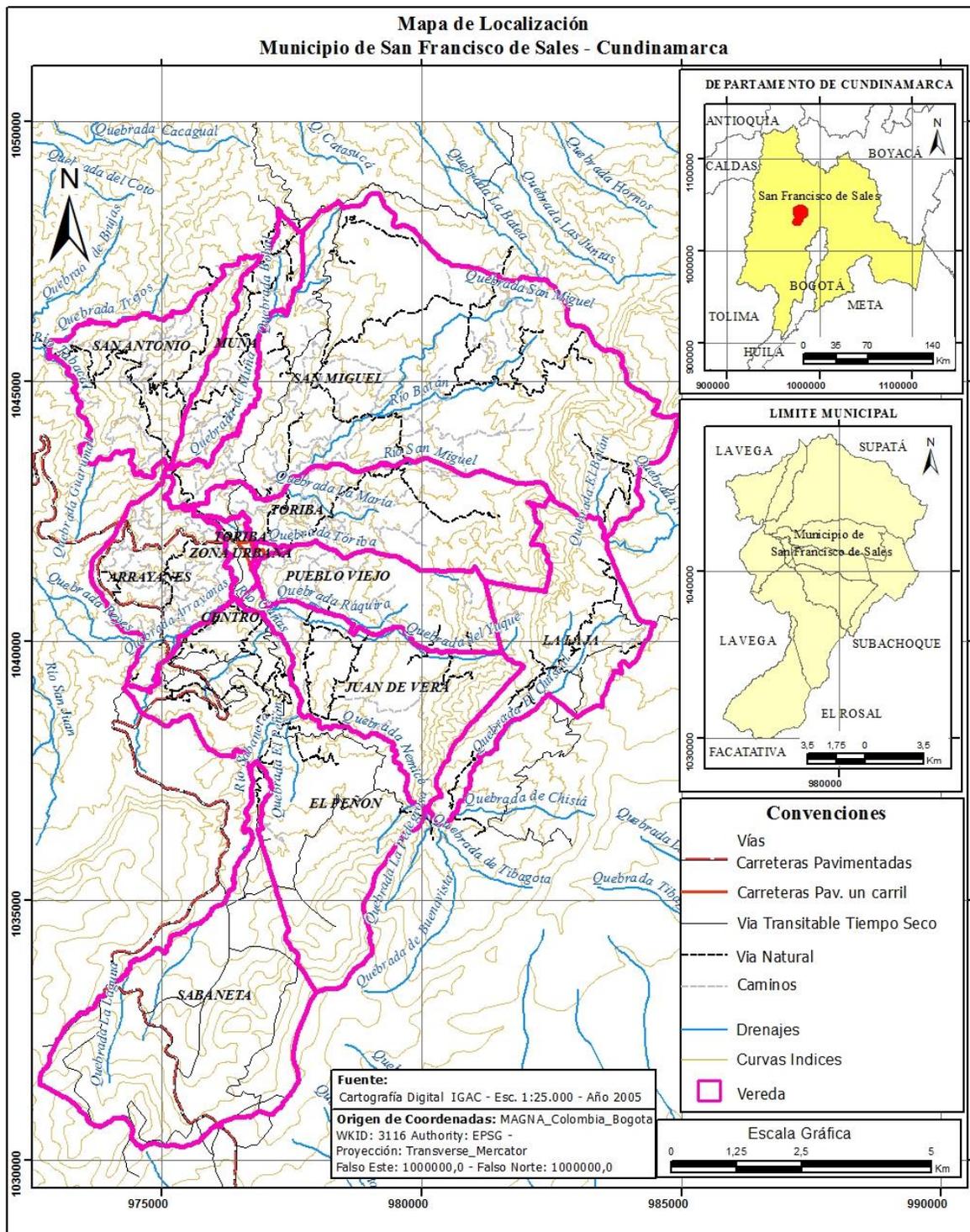
El municipio de San Francisco de Sales se encuentra localizado sobre la cordillera oriental en el noroccidente del Departamento de Cundinamarca (**Mapa 3-1**), Limita al Norte con los Municipios de La Vega y Supatá, al Oriente con Subachoque y El Rosal, al Sur con Facatativá y al occidente con La Vega, en la cuenca del Río Negro, comprendida por las subcuencas de los ríos Sabaneta, San Miguel, Cañas (destacándose los dos últimos por su gran importancia) y la cuenca del río Tabacal. Este municipio dista a 55 km del occidente de Bogotá, (Acuerdo 21 de 1999).

Su cabecera municipal ocupa un área de 658.485 m², y su zona rural un área de 117.459.563 m² comprendida por las veredas Arrayan, Centro, El Peñón, Sabaneta, Juan De Vera, Pueblo Viejo, San Miguel, La Laja, Muña, San Antonio y Tóriba; para una extensión total de 118.118.048 m². La temperatura promedio del municipio es de 20° C y su altura de 1.520 msnm (Art 20, Acuerdo 21 de 1999).

La economía del municipio está basada en la actividad agrícola y ganadera. La base agrícola del Municipio se sustenta en el cultivo de café asociados con los cítricos y el plátano, y, otros cultivos como el maíz, la caña panelera, la yuca, el tomate, el frijol, el aguacate y la arveja. La actividad pecuaria, se desarrolla en forma tecnificada, para la producción de ganado bovino, la ceba integral, el doble propósito y la producción de leche. La producción de ganado porcino, equino, caprino, ovino y aviar, son desarrollados también en el municipio (Acuerdo 21 de 1999).

El sistema vial que comunica el municipio, al interior y al exterior de sus límites, está conformado por la autopista Medellín como vía primaria, Alto de Minas - San Francisco –

Supatá como vía tipo secundaria y las vías locales principales y secundarias urbanas y rurales como vías terciarias.



Mapa 3-1 Mapa de localización San Francisco de Sales - Cundinamarca

El sistema vial que comunica el municipio, al interior y al exterior de sus límites, está conformado por la autopista Medellín como vía primaria, Alto de Minas - San Francisco – Supatá como vía tipo secundaria y las vías locales principales y secundarias urbanas y rurales como vías terciarias.

Los pobladores del municipio, deben realizar sus trámites catastrales y registrales en el municipio de Facatativá, en donde se encuentran las oficinas de catastro y las oficinas de Registro de Instrumento Públicos (ORIP).

La última actualización catastral para el municipio de San Francisco, fue realizada en el año 2010, esto significa que para el año 2017, ya se encuentra desactualizado. Para el año 2014, las estadísticas catastrales del municipio muestran que los predios rurales incorporados en las bases de datos catastrales, aproximadamente 3.942, correspondientes al 0,72% de los predios rurales de Cundinamarca; 5.716 propietarios, correspondiente al 0,70% del departamento, estos predios ocupan un área terreno de 11.804 ha, correspondiente al 0,52% del área catastrada en el departamento y un área construida de 378.065 m², que es el 0,98% del departamento. Finalmente el avalúo de estos predios se encuentra estimado en 110.495.2460 miles de pesos, aportando al 41% del avalúo del departamento (Subdirección de Catastro – IGAC 2014). Las estadísticas catastrales del municipio mostraban el siguiente estado: **Tabla 3-1**.

Tabla 3-1 Estado Catastral Municipio de San Francisco Cundinamarca año 2014

| | | No. Predios | No. Propietarios | Área Terreno (ha) | Área Construida (m ²) | Avalúo (miles) |
|-----------------------------|----------------------|----------------|---------------------|-------------------------|---|-------------------|
| Estadísticas Rurales | Cundinamarca | 546.704 | 817.172 | 2.248.452 | 38.696.720 | 26.834.588.962 |
| | San Francisco | 3.942 | 5.716 | 11.804 | 378.065 | 110.495.246 |
| | Porcentaje | 0,72% | 0,70% | 0,52% | 0,98% | 0,41% |
| Estadísticas Urbanas | Cundinamarca | 550.948 | 787.475 | 20.016 | 53.549.239 | 24.165.497.773 |
| | San Francisco | 1.476 | 2.255 | 59 | 164.954 | 51.900.936 |
| | Porcentaje | 0,27% | 0,29% | 0,29% | 0,31% | 0,21% |
| Total | Cundinamarca | 1.097.652 | 1.604.647 | 2.268.468 | 92.245.959 | 51.000.086.735 |
| | San Francisco | 5.418 | 7.971 | 11.863 | 543.019 | 162.396.182 |
| | Porcentaje | 0,49% | 0,50% | 0,52% | 0,59% | 0,32% |

Fuente: Estadísticas Catastrales 2.014 Subdirección de Catastro

En el Año 2008 fue realizada la interrelación entre las bases catastrales y registrales del municipio mostrando la siguiente tendencia:

Tabla 3-2 Interrelación de bases catastrales y registrales (ICARE), municipio de San Francisco Cundinamarca

| | Predios en bases catastrales | | | Folios en Registro | Predios con Interrelación (ITR) Catastro - Registro | | | ITR Catastro % | ITR Registro % |
|----------------------|------------------------------|---------|---------|--------------------|---|---------|---------|----------------|----------------|
| | Urbano | Rural | Total | | Urbano | Rural | Total | | |
| Cundinamarca | 424.589 | 501.121 | 925.710 | 920.080 | 293.275 | 282.492 | 575.767 | 62,20% | 62,60% |
| San Francisco | 1.221 | 3.225 | 4.446 | 5.440 | 830 | 2.134 | 2.964 | 66,70% | 54,50% |

Fuente: Subdirección de Catastro – IGAC 2008

La interrelación entre las bases catastrales y registrales del municipio, realizada en el año 2008 muestra que 2.134 predios rurales incorporados en el catastro cuentan con un folio de matrícula inmobiliaria, es decir tienen coincidencia con los predios registrados en la Superintendencia de Notariado y Registro (SNR), estos, junto con los predios urbanos interrelacionados, dan cuenta de un porcentaje de interrelación total de 66.7%, sin embargo, solo el 54,5% de los folios en registro cuentan con su pareja en el catastro. Para el Departamento, los predios rurales que cuentan con una interrelación son 282.492, de los que el municipio aporta en un 0.76% (Subdirección de Catastro – IGAC 2008). Estas cifras son significativas para determinar el grado de formalidad en la tenencia de la tierra en el territorio o la baja cultura de la inscripción catastral y registral a la hora de realizar transacciones inmobiliarias.

3.2 Materiales

Para la clasificación rural del municipio de San Francisco de Sales, se utilizó información cartográfica y catastral tipo vectorial y alfanumérica, de fuentes oficiales como el IGAC, la Gobernación de Cundinamarca, la UPRA, entre otras (**Tabla 3-3**).

El software utilizado y la información citada se refieren en la **Tabla 3-4**.

Se recomienda el uso de la imagen Sentinel 2A, ya que cuenta con tamaños de pixel apropiados para la escala de trabajo, las bandas 2,3 y 4, son las que ofrecen mayor resolución espacial (10 m) (**Tabla 3-5**).

Tabla 3-3 Materiales utilizados en la investigación

| Material | Características /Justificación | Fuente | Escala | Fecha |
|--|---|--|---|-------|
| Imagen Digital Globe de la zona de San Francisco Cundinamarca | Esta imagen solo se utilizó como soporte o referencia para la comprobación de algunos resultados de la investigación. | Google | No aplica | |
| Imagen Sentinel 2A | Se procesó digitalmente para determinar el uso actual del suelo. Ver características en la Tabla 3-5. | European Space Agency (ESA), 2017 | No aplica | 2015 |
| Mapa de uso propuesto del suelo Municipio de San Francisco | Elaborado en el proyecto de elaboración y edición de la cartografía digital de la clasificación del suelo y los usos del suelo rural de conformidad con el plan de Ordenamiento Territorial para los municipios de Cundinamarca, producto de la articulación y homologación del POT según acuerdo 21 de diciembre de 1999, proyección conforme de Gauss – Variable Norma de Uso para la Clasificación física. | Secretaría de Planeación – gobernación de Cundinamarca | 1:25.000 | 2007 |
| Áreas Homogéneas de Tierra municipio de San Francisco Cundinamarca | Información tipo polígono en formato Shape, - Información de Entrada para la clasificación física. | Subdirección de Agrología IGAC | 1:25000 | 2010 |
| Zonas Homogéneas Físicas Municipio de San Francisco Cundinamarca | Información tipo polígono en formato Shape – Estudio de ZHF vigente, Modelo de Referencia para la comparación de resultados. | Subdirección de Catastro IGAC | 1:25000 | 2010 |
| Cartografía básica digital | Referida al sistema de coordenadas planas (Transversa de Mercator) "MAGNA Colombia Bogotá" Información de entrada para determinar las variables pendiente y aprovechamiento de fuentes hídricas. | Subdirección de Cartografía IGAC | 1:25.000 | 2005 |
| Registros 1 y 2 del Sistema de Información Catastral del IGAC Información catastral de los niveles: terreno del predio rural, veredas catastrales y perímetro municipal | Información alfanumérica sobre los predios del municipio – Información de referencia para la metodología propuesta. Información tipo polígono en formato Shape Información de entrada, para la aplicación de la clasificación física y sus variables, unidad de análisis de la investigación. | Subdirección de Catastro IGAC | No aplica | 2010 |
| | | | Producto desarrollado para escalas 1:25.000 | 2010 |

| | | | | |
|-------------------------------|--|-----------|-----------|------|
| Acuerdo No. 21 /1999 - | Por el cual se aprueba el Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de San Francisco de Sales Cundinamarca. Información de referencia para la investigación. | No aplica | No aplica | 1999 |
|-------------------------------|--|-----------|-----------|------|

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-4 Software utilizado en la investigación

| Material | Escala | Características /Justificación | Fuente | Fecha |
|-------------------|----------------------------|---|-------------|-------|
| Software | Arcgis 10.3 y 10.4 Desktop | Licencia tipo avanzada. Se utilizó para los procesamientos de la información. Copyright © 2011-2017 | ESRI Inc. | 2014 |
| Software | Geoda 1.8.16.4 | Procesamiento geoespacial. | Luc Anselin | |
| Aplicativo | Avenza- maps | La aplicación Avenza Maps es un lector geoespacial PDF, GeoPDF ® y GeoTIFF para smartphones y tablets Apple iOS, Android y Windows. | | |
| Software | QGis 2.18 "Las Palmas" | Software libre | | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-5 Características de las imágenes Sentinel 2^a

| Sentinel-2A Bands | Central Wavelength [micrometers] | Resolution [meters] |
|-------------------------------|----------------------------------|---------------------|
| Band 1 - Coastal aerosol | 0.443 | 60 |
| Band 2 – Blue | 0.490 | 10 |
| Band 3 – Green | 0.560 | 10 |
| Band 4 – Red | 0.665 | 10 |
| Band 5 - Vegetation Red Edge | 0.705 | 20 |
| Band 6 - Vegetation Red Edge | 0.740 | 20 |
| Band 7 - Vegetation Red Edge | 0.783 | 20 |
| Band 8 – NIR | 0.842 | 10 |
| Band 8A - Vegetation Red Edge | 0.865 | 20 |
| Band 9 - Water vapour | 0.945 | 60 |
| Band 10 - SWIR - Cirrus | 1.375 | 60 |
| Band 11 – SWIR | 1.610 | 20 |
| Band 12 – SWIR | 2.190 | 20 |

Fuente: http://www.gdal.org/frmt_sentinel2.html

3.3 Métodos

El método utilizado para el desarrollo de la investigación es la Metodología de la investigación del diseño DRM (Blessing & Chakrabarti, 2009), el cual se resume en la **Ilustración 3-1**:

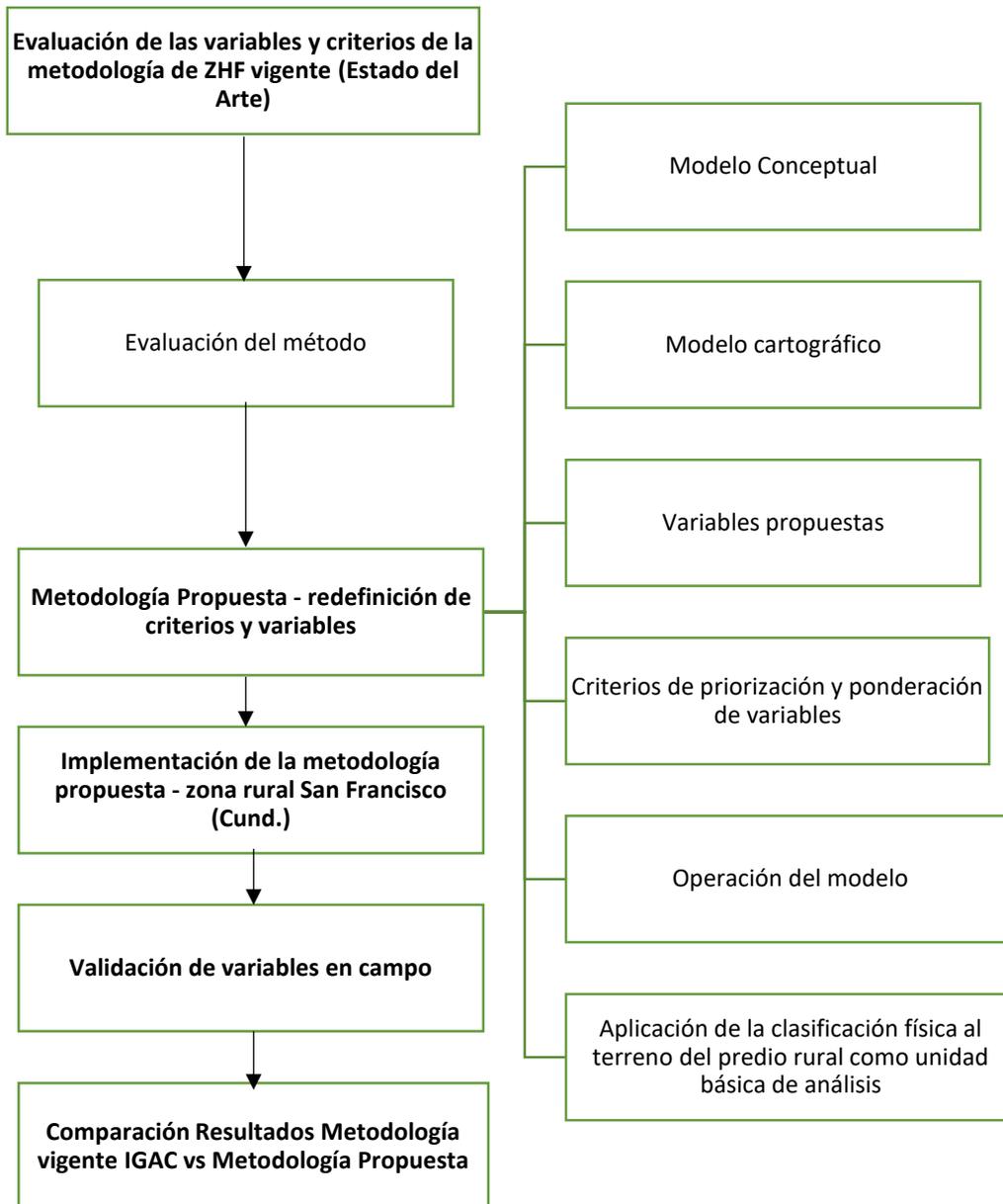


Ilustración 3-1 Método de la investigación

Fuente: Elaboración propia

3.3.1 Evaluación de las variables y criterios de la metodología de ZHF vigente

La obtención de información en el proceso de determinación de ZHF actualmente utilizado para las variables involucradas se muestra a continuación:

a. Áreas homogéneas de tierra (AHT)

Las áreas homogéneas de tierra (ATH) con fines catastrales “*son espacios de la superficie terrestre, que presentan características y/o cualidades similares en cuanto a las condiciones del clima, relieve, material litológico o depósitos superficiales y de suelos, que expresan la capacidad productiva de las tierras; ello se indica mediante un valor numérico denominado Valor Potencial (VP)*” (IGAC, 2010b).

Es un producto elaborado y/o modificado, sobre la cartografía básica a escala 1:25000, por la Subdirección de Agrología del IGAC. El procedimiento para su delimitación, se basa en los estudios de suelo que se desarrollan generalmente sobre escalas 1:100000 y se precisan y georreferencian sobre fotografías aéreas a escalas 1:50.000 y 25.000 (IGAC, 2010b). Las variables que determinan las AHT son:

- **Unidades climáticas:** “se relacionan los pisos térmicos con las zonas de vida de Holdridge, se agrupan por condición de humedad más cercana, para establecer zonas más amplias que guarden homogeneidad en cuanto al clima, teniendo en cuenta, la precipitación y temperatura, y su distribución durante el año. Se clasifican 19 unidades climáticas que se representan con una letra minúscula” (Silva, 2015) (Tabla 3-6).
- **Pendiente:** Es el grado expresado en porcentaje, indicando la menor o mayor dificultad para la mecanización o laboreo de las tierras. Se clasifica y zonifica en siete clases (IGAC, 2010b) (Tabla 3-7).
- **Restricciones o limitantes:** “Son las limitaciones de uso y explotación del suelo tales como, la erosión hídrica, erosión eólica, remoción en masa, inundaciones, encharcamiento, pedregosidad o rocosidad, fluctuación del nivel freático, salinidad, acumulación de yeso, profundidad efectiva, fragmentos gruesos en el perfil del suelo, entre otros” (Silva, 2015).

Tabla 3-6 Clases de Unidades Climáticas para las AHT

| No | Unidad Climática | Símbolo | No | Unidad Climática | Símbolo |
|----|-------------------|---------|----|---------------------|---------|
| 1 | Cálido desértico | CD | 11 | Frio seco | FS |
| 2 | Cálido muy Seco | CM | 12 | Frio húmedo | FH |
| 3 | Cálido seco | CS | 13 | Frio muy húmedo | FU |
| 4 | Cálido húmedo | CH | 14 | Muy frio muy húmedo | mFU |
| 5 | Cálido muy húmedo | CU | 15 | Frio pluvial | FP |
| 6 | Medio muy seco | MM | 16 | Muy frio húmedo | mFH |
| 7 | Medio seco | MS | 17 | Muy frio pluvial | m FP |
| 8 | Medio húmedo | MH | 18 | Extremadamente frio | EFP |
| 9 | Medio pluvial | MP | 19 | Nival | N |
| 10 | Medio muy húmedo | MU | | | |

Fuente: (IGAC, 2010b)

Tabla 3-7 Clases de Pendiente para las AHT

| Formas Simples | Formas Complejas | Gradiente Pendiente | la | Símbolo |
|-------------------------|--|---------------------|----|---------|
| Plano | | 3% | | a |
| Ligeramente inclinada | Ligeramente ondulada | 3-7% | | b |
| Moderadamente inclinada | Ondulada o ligeramente quebrada | 7-12% | | c |
| Moderadamente inclinada | Fuertemente ondulada o moderadamente quebrada | 12-25% | | d |
| Ligeramente escarpada | Fuertemente quebrada o ligeramente escarpada | 25-50 % | | e |
| Moderadamente escarpada | Moderadamente escarpada o moderadamente empinada | 50-75% | | f |
| Fuertemente escarpada | Fuertemente escarpada o fuertemente empinada | > 75% | | g |

Fuente: (IGAC, 2010b)

- **Valor potencial (Capacidad productiva):** es la asignación de un puntaje establecido en un rango de 1 a 100 puntos, definido para la discriminación de las tierras según su calidad, contempla trece clases conformadas por rangos numéricos (IGAC, 2010b), (**Tabla 3-8**). A estos valores se les restan puntos por limitantes, como pendiente, *pedregosidad*, *erosión* y *vientos entre otros*.

Las ATH se representan en la cartografía con un color, y un símbolo (una o dos letras mayúsculas que señalan el piso térmico, seguido de una letra minúscula correspondiente a la condición de humedad y otra letra minúscula referente al rango de pendiente

dominante) y un número de dos dígitos correspondiente al valor potencial, ejemplo: Chd-67: corresponde a una unidad climática Cálido (C), húmedo (h), con pendiente (d) de 12 a 25 grados y una capacidad productiva moderadamente buena (67).

Tabla 3-8 Rangos de valor Potencial para las AHT

| Clase símbolo | Apreciación | Rangos (VP) sobre 100 puntos | No. para expresar el rango |
|---------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 1 | Excelente | 85-100 | 92 |
| 2 | Muy buena | 77-84 | 80 |
| 3 | Buena | 70-76 | 73 |
| 4 | Moderadamente buena | 64-69 | 67 |
| 5 | Moderadamente buena a mediana | 59-63 | 61 |
| 6 | Mediana | 53-58 | 55 |
| 7 | Mediana a regular | 47-52 | 49 |
| 8 | Regular | 41-46 | 44 |
| 9 | Regular a mala | 35-40 | 38 |
| 10 | Mala | 27-34 | 30 |
| 11 | Mala a muy mala | 19-26 | 23 |
| 12 | Muy mala | dic-18 | 17 |
| 13 | Improductiva | <11 | 6 |

Fuente: (IGAC, 2010b)

Para la actualización de este estudio, se usan productos de toma reciente de sensores remotos: aerofotografías e imágenes de satélite Imágenes de satélite Landsat o Spot, utilizando la teledetección como herramienta; con base en la documentación existente y vigente, se revisa el mapa de Zonas de Vida y, se verifica, se crean y/o ajusta por fotointerpretación la conformación de Unidades Climáticas del municipio, se calcula los valores potenciales de cada unidad cartográfica de suelos y se adaptan a cada AHT; el edafólogo corrobora en campo las condiciones climáticas, agronómicas y de relieve que califican las AHT. Toda esta información es trasladada a la cartografía básica, con su respectiva leyenda y cuadro resumen de características de los suelos para AHT con fines catastrales. (IGAC, 2010b).

El procedimiento para la delimitación de áreas homogéneas de tierra para catastro se describe en la **Ilustración 3-2**.

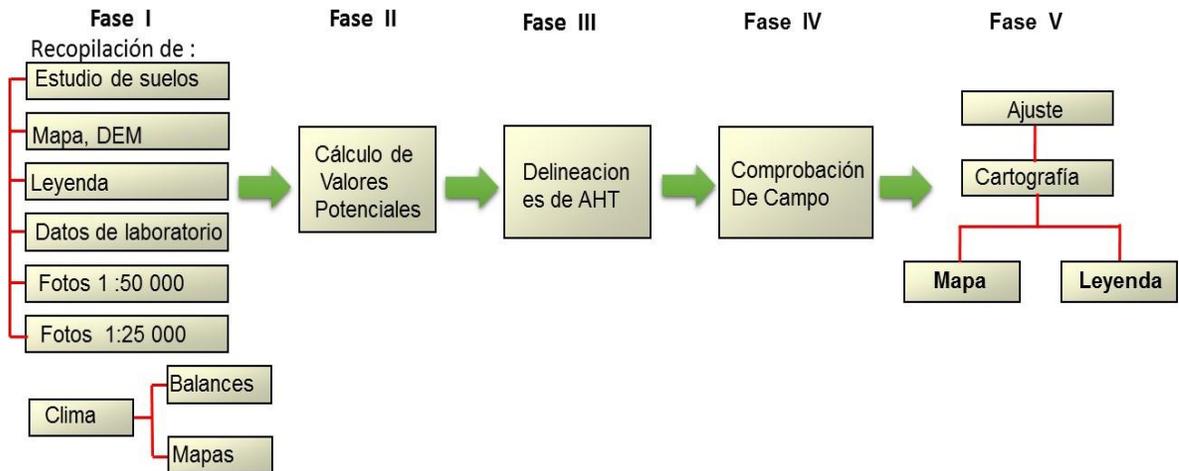


Ilustración 3-2 Proceso para delimitación de Áreas Homogéneas de Tierra para catastro
Fuente: IGAC, 2010

b. Uso actual del suelo

“Es la identificación de la actividad que se desarrolla o la utilización que se le da al suelo en un determinado espacio geográfico, se observa en el momento de la elaboración del estudio de ZHF” (IGAC, 2010b). La determinación de la zonificación por el uso actual del suelo se realiza a partir de fotografías de contacto de reciente toma, en donde se delimitan diferentes cultivos, clasificados por zonas según las definiciones dadas por tipos de uso y cobertura. Se hace verificación en campo mediante un recorrido, y se restituye a la carta general. Los usos definidos para las zonas rurales esta descrito en la **Tabla 3-9**.

La clasificación para usos de suelos con fines catastrales es muy antigua, sus criterios de clasificación responden a una necesidad identificada en el momento de la definición de la metodología, su leyenda es muy general y responde al grado de desarrollo que presentaba el país en ese momento, su delimitación no cuenta con un estándar definido, por lo que el criterio del ejecutor le imprime un alto grado de subjetividad a este insumo.

c. Norma de uso del suelo

Es la indicación legal sobre la actividad que se puede desarrollar en un determinado espacio geográfico rural de conformidad con lo reglamentado por la respectiva entidad territorial (municipio o distrito) en los Planes de Ordenamiento Territorial (POT).

Tabla 3-9 Códigos por tipos de uso en zona rural

| No. | Uso | Descripción |
|-----|--|--|
| 1 | Edificios | Agrupación de edificaciones de tipo habitacional, industrial, comercial e institucional que no estén consideradas dentro del plan de ordenamiento territorial como parte de la zona urbana |
| 2 | Otras construcciones | Construcciones diferentes a edificios por su tamaño o actividad (represas, aeropuertos, centrales hidroeléctricas, estadios, plazas de toros, bases militares). |
| 3 | Parques Naturales | Áreas naturales definidas y delimitadas oficialmente poco transformadas por la explotación u ocupación humana que, con valores ecológicos, estéticos, educativos y científicos cuya conservación merece una atención preferente. |
| 4 | Cultivos de carácter permanente | Cultivos tales como café, palma africana, palma de coco, caucho, cítricos, árboles maderables, aguacate, guayabo, mango, manzano, pera, durazno, uva, noli, fique, cacao o cultivos con periodos superiores a tres años entre su siembra y su cosecha, o cuya producción se prolongue por más de cinco años. |
| 5 | Tierras de labor irrigadas | Aquellas tierras que para su producción cuentan con aplicación de agua mediante un sistema de irrigación. |
| 6 | Tierras de labor no irrigadas | Aquellas tierras que carecen de un sistema de irrigación, para su producción dependen exclusivamente del agua lluvia. |
| 7 | Tierras con maleza | Predominan plantaciones espontaneas de arbustos que obstaculizan la utilización económica del suelo |
| 8 | Tierras improductivas | Áreas que por condiciones topográficas, climatológicas cuyas características físicas o químicas de sus suelos, no puedan ser explotadas. |
| 9 | Pastos naturales | Herbáceos forrajeros producidos espontáneamente por el suelo. |
| 10 | Pastos artificiales | Cultivos herbáceos forrajeros no producidos espontáneamente. |
| 11 | Pastos naturales mejorados | Pastos sometidos a prácticas técnicas de uso y manejo |
| 12 | Bosques | Plantaciones naturales o de cultivos de árboles de igual o distinta naturaleza que están en explotación o pueden ser explotados. |
| 13 | Selvas vírgenes | Terrenos extensos, incultos y abundantemente poblados con vegetación arbórea y nativa. |
| 14 | Cuerpos de Agua | Áreas cubiertas de agua con carácter permanente que pueden ser de origen natural o artificial. |
| 15 | Condiciones especiales | Aquellas edificaciones con características especiales por su actividad son diferentes a las anteriores (Condominios, parcelaciones, parques recreacionales). |
| 16 | Mixto | Se agrupan máximo 2 tipos de uso de difícil separación por la escala de mapeo, se destaca el uso dominante designándolo con un número fraccionario, el numerador es el elemento dominante. |

Fuente: (IGAC, 2010b)

Esta variable surge de la necesidad de registrar con claridad la regulación, transformación y ocupación del territorio. De estos documentos, se toma el mapa y/o texto explicativo de clasificación de los usos del suelo (áreas de actividad) y otros aspectos que puedan incidir en el estudio de ZHF, como las zonas de riesgo, zonas de protección, de conservación, ambientales que pueden encontrarse en este u otros mapas (IGAC, 2010b). Por ser una variable de tipo legal, no es modificable por el ejecutor del estudio de ZHF; en la mayoría de los casos se desconoce la calidad y forma de determinación de la información relacionada en el estudio.

d. Disponibilidad de aguas superficiales permanentes

Esta variable identifica la existencia de fuentes de aguas superficiales permanentes y su categoría para determinar la posibilidad de su aprovechamiento en el uso del suelo. Su zonificación, se desarrolla con base en la cartografía disponible y con apoyo de fotografías aéreas o imágenes, se resalta el cuerpo de aguas superficiales permanentes del territorio y demás fuentes de agua aprovechables, tales como ríos, quebradas, lagunas, lagos, ciénagas, pantanos, corrientes intermitentes, canales y acequias. Analizando la pendiente, como aspecto determinante en la disponibilidad y aprovechamiento del agua para fines de explotación agropecuaria, y, la densidad y permanencia en el año de las fuentes hídricas, se define una zonificación preliminar; posteriormente se realiza una verificación en terreno de aspectos estudiados (IGAC, 2010b) (**Tabla 3-10**).

La delimitación de las zonas se realiza de acuerdo a un criterio propio del ejecutor, lo que redundaría en la subjetividad del dato, por lo general se hace sobre los límites que ya ha marcado el estudio de AHT. El método no da cuenta de la calidad del agua y su efectiva disponibilidad para el riego.

e. Influencia de las vías

Tiene en cuenta la existencia, clasificación y el estado de las vías, considerando estas como medio de acceso a los predios y recurso para la explotación, transporte y comercialización de los productos agropecuarios.

Tabla 3-10 Clasificación por Disponibilidad de aguas superficiales

| No. | Clasificación | Criterio |
|-----|------------------------------------|--|
| 1 | Zonas con aguas abundantes | Disponen de agua en forma permanente durante todo el año, ya por que poseen sistemas de riego por gravedad o por sistemas mecánicos, o estén afiliadas a distritos de riego. Es común encontrar esta definición asociada con pendientes planas o ligeramente planas (rangos a y b) en las cuales se desarrolla explotación ganadera intensiva y/o agrícola altamente tecnificadas. |
| 2 | Zonas con aguas suficientes | Poseen fuentes de aguas en forma permanente, corrientes o estancadas, pero que debido a limitaciones de pendiente se dificulta su utilización para fines de riego o aprovechamiento ganadero, así como a la exigencia de agua que tengan los cultivos para su desarrollo. Pueden considerarse como aguas suficientes las que poseen acueductos rurales. |
| 3 | Zonas con aguas escasas | Con pozos o aguas corrientes permanentes o semipermanentes pero con limitaciones de aprovechamiento a causa de la pendiente de terreno o a causa de la calidad de los suelos que limitan su uso agrícola o ganadero. |
| 4 | Zonas sin agua | Zonas donde sólo hay posibilidades de agua en el invierno ó zonas de pendientes mayores al 50%, en las cuales el aprovechamiento se hace imposible. |

Fuente: (IGAC, 2010b)

Esta variable se determina mediante la demarcación y categorización de sus zonas de influencia, de acuerdo a las condiciones propias del territorio, tales como accidentes geográficos, topografía, hidrografía, así como la densidad de la malla vial. En aquellas zonas o regiones del municipio que por sus condiciones geográficas la comunicación y por ende la comercialización de productos es por medio fluvial, debe ser tomada en cuenta como variable para la determinación de las zonas físicas, como “Influencia de vías fluviales” (IGAC, 2010b).

El procedimiento para hacer la clasificación de las vías según su influencia se realiza sobre cartografía actualizada apoyado en fotografías de contacto de reciente toma, en donde se identifican, resaltan y restituyen las vías según las convenciones de la carta

general y/o la clasificación establecida (**Tabla 3-11**), se agrupan y se determinan las zonas por calidad de vías. El procedimiento requiere verificación en campo.

Tabla 3-11 Clasificación por Influencia de Vías

| N. | Descripción | Clasificación | | Descripción |
|----|----------------|--|----------|--|
| | | Cartografía Básica | Tipo Vía | |
| 1 | Vías buenas | Pavimentada, dos o más vías | 1 | Por lo general corresponden a las zonas de mayor desarrollo agropecuario de pendientes suaves, son aquellas zonas que están comunicadas por vías pavimentadas de primer orden tipo 1 o destapadas tipo 2, con ramales de otros tipos que comunican con otras zonas y son cercanas a los centros urbanos. |
| | | Sin pavimentar, dos o más vías | 2 | |
| 2 | Vías regulares | Pavimentadas, vía angosta | 3 | Por lo general son zonas de ganadería extensiva o de agricultura de subsistencia y de regular desarrollo agropecuario, las pendientes van de inclinadas a fuertemente inclinadas presentan vías de tipo 3 y 4 y están más alejadas de los centros urbanos. |
| | | Sin pavimentar, vía angosta | 4 | |
| 3 | Vías malas | Transitable en tiempo seco | 5 | Zonas de vías malas: corresponden a zonas dedicadas a la agricultura y ganadería extensiva; zonas de pendiente fuertemente inclinadas, relieve quebrado o escarpado; si se presentan zonas con pendientes menores éstas, por lo general, están erosionadas. Las vías malas (tipo 5 en adelante) se presentan, con mayor frecuencia en zonas muy alejadas de los centros urbanos. |
| | | Carreteable sólo para vehículos medianos | 6 | |
| | | Camino real o de herradura | 7 | |
| 4 | Sin vías | Sendero | 8 | Zonas sin vías. Carecen de vías de comunicación importantes y solo se presentan caminos para el tránsito de personas o animales de carga. |
| | | Sin vías | 9 | |

Fuente: (IGAC, 2010b)

La metodología vigente no es explícita la forma de determinar la influencia de las vías, en algunos casos el ejecutor del estudio (perito evaluador), determina esta influencia mediante buffers, otras veces se delimita en forma apreciativa, mediante polígonos trazados sobre la cartografía básica, fotografía o imagen, o por identificación directa sobre el terreno o sin algún tipo de rigor técnico. El procedimiento tampoco considera

explícitamente dentro de su clasificación, como tratar el caso de vías férreas u otras vías de comunicación como son las de tipo fluvial, o aéreo, por lo que la zonificación de esta variable puede incurrir en errores de clasificar por ejemplo, alguna zona con vías buenas cuando en la realidad existan predios que no cuentan con acceso a estas, por medios de transporte, o no existen vías que los interconecten con estas, lo que implicaría dificultad en el transporte de productos agrícolas, en el desplazamiento normal de un poblador rural.

3.3.2 Evaluación del modelo actual

En el modelo de datos de referencia, la Zona Homogénea Física Rural se encuentra catalogada como un objeto de acuerdo con la **Tabla 3-12**

Tabla 3-12 Catalogación del objeto Zona Homogénea Física Rural

| Nombre | Zona Homogénea Física Rural | Código | 010209 |
|-------------------|---|--------|--------|
| Definición | Es el espacio geográfico con características similares en cuanto a uso actual del suelo, norma de uso del suelo, áreas homogéneas de tierra, aguas u otras variables que permitan diferenciar esta área de las adyacentes. | | |
| Alias | R_ZONA_HOMOGENEA_FISICA | | |
| Atributos | Identificador de la Zona Física Rural, Número del Área Homogénea de Tierra, Código del departamento, Código del municipio, Zona, unidad climática, Topografía, Valor potencial, Disponibilidad de aguas permanentes, Influencia vial, Uso Actual del suelo, Norma de uso del suelo, Vigencia. | | |

Fuente: Catalogo de Objetos Subdirección de Catastro – IGAC

Las variables de la metodología vigente, son representadas en un sistema de información geográfica (SIG), por clases representadas en información tipo polígono, sus atributos (**Tabla 3-13**) y dominios (**Tabla 3-14**) están definidos en el modelo de datos, identificados mediante códigos que le otorgan un orden y fácil identificación dentro del modelo general del proceso catastral.

El puntaje por valor potencial es la variable que define el orden en un estudio de ZHF, lo cual le da un gran peso en importancia, las demás variables, le otorgan una caracterización cualitativa, y actúan como agente diferenciador cuando dos o más ZHF tienen el mismo valor potencial.

Tabla 3-13 Atributos del objeto Zona Homogénea Física Rural

| Nombre | Definición | Alias | Código - Tipo Dato | Valores Dominio |
|---------------------------------------|--|----------------------------------|--------------------|---------------------|
| Identificador de la Zona Física Rural | No existe código en el modelo de datos | | 1020901 | |
| Número del Área Homogénea Tierra | Se refiere al código del área homogénea correspondiente a la Zona Homogénea Física. | numero_area_homogenea_tierra | 1020902 - N | |
| Código del departamento | Es el código asignado a un departamento, según la codificación. | codigo_departamento | 1020903 - AN | |
| Código del | Es el código asignado a un municipio, según la codificación DANE. | Código_municipio | 1020904 - AN | |
| Zona | Es el tipo de avalúo correspondiente a la Zona Homogénea Geoeconómica. | tipo_avaluo | 1020905 - N | |
| Unidad climática | *No definida en este documento | unidad_climática | 1020906 - AN | |
| Topografía | Indica el grado de pendiente correspondiente a la Zona Homogénea Física Rural. | grado_pendiente | 1020907 - N | dom Topografia Zona |
| Valor potencial | | valor_potencial | 1020908 | |
| Disponibilidad de aguas permanentes | Se refiere al tipo de aguas disponibles en la Zona Homogénea Física. | disponibilidad_aguas_superficial | 1020909 - AN | dom Aguas |
| Influencia vial | Se refiere al estado de las vías que se encuentran en la Zona Homogénea Física Rural. | influencia_vial | 1020910 - AN | dom TipoVia |
| Uso actual del suelo | Se refiere al uso del suelo que presenta la Zona Homogénea Física. | uso_suelo | 1020911 - N | dom UsoSuelo Rural |
| Norma de uso del suelo | Es la indicación legal sobre la actividad que se puede desarrollar en un determinado espacio geográfico con lo planificado y reglamentado por la respectiva autoridad de la unidad orgánica catastral. | norma_uso_suelo | 1020912 - AN | |
| Vigencia | Se refiere a la fecha de vigencia de la Zona Homogénea Física. | vigencia | 1020913 - Fecha | |

Fuente: Catalogo de Objetos Subdirección de Catastro - IGAC

Tabla 3-14 Dominio del objeto Zona Homogénea Física Rural

| Dominio | Etiqueta - Definición | Código |
|--------------------------|--|---------------|
| domTopografiaZona | Rango de pendiente 0-7% | 1 |
| | Rango de pendiente 7-14% | 2 |
| | Rango de pendiente >14% | 3 |
| domAguas | Abundantes | 1 |
| | Suficientes | 2 |
| | Escasas | 3 |
| | Sin Aguas | 4 |
| domTipoVia | Buenas 1 – Pavimentada, dos o más vías | 1 |
| | Buenas 2 – Sin pavimentar, dos o más vías | 2 |
| | Regulares 3 – Pavimentadas, vía angosta | 3 |
| | Regulares 4 – Sin pavimentar, vía angosta | 4 |
| | Malas 5 – Transitable en tiempo seco | 5 |
| | Malas 6 – Carreteable sólo para vehículos medianos | 6 |
| | Malas 7 – Camino real o de herradura | 7 |
| | Sin vías 8 – Sendero | 8 |
| | Sin Vías 9 – Sin Vías | 9 |
| domUsoSueloRural | Edificios | 1 |
| | Otras Construcciones | 2 |
| | Parques, Jardines y Huertos | 3 |
| | Cultivos de carácter permanente | 4 |
| | Tierras de labor irrigadas | 5 |
| | Tierras de labor no irrigadas | 6 |
| | Tierras con maleza | 7 |
| | Tierras improductivas | 8 |
| | Pastos naturales | 9 |
| | Pastos artificiales | 10 |
| | Pastos naturales mejorados | 11 |
| | Bosques | 12 |
| | Selvas vírgenes | 13 |
| | Condiciones especiales | 14 |
| | Cuerpos de agua | 15 |
| | Mixto | 16 |

Fuente: Catalogo de Objetos Subdirección de Catastro - IGAC (2010)

El modelo en el cual se materializan los datos obtenidos mediante los procedimientos convencionales para la determinación de Zonas Homogéneas Físicas, citados anteriormente, se describe en la **Ilustración 3-3**.

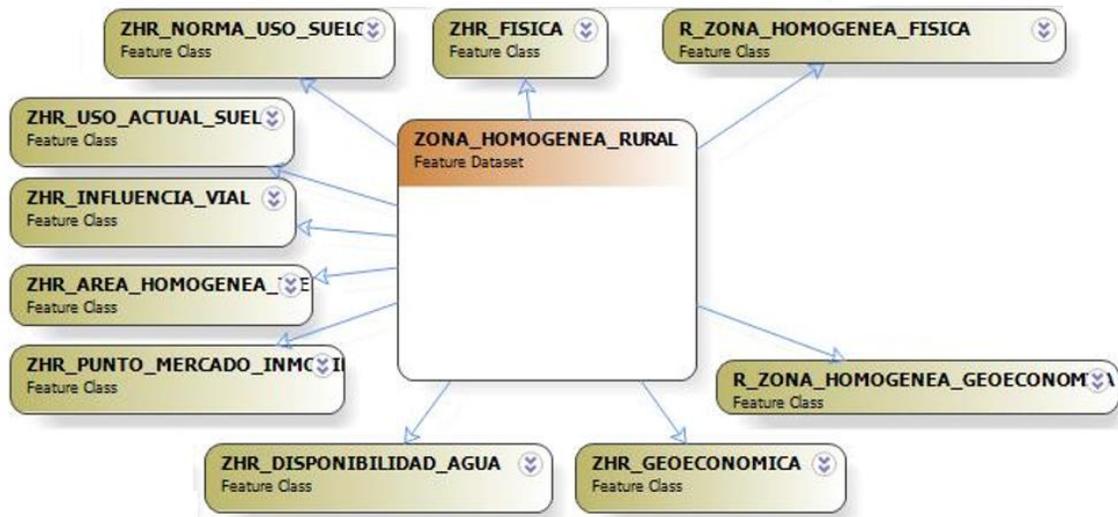


Ilustración 3-3 Modelo de Referencia. Modelo Entidad – Relación, ampliación Zonas Homogéneas Físicas y Geoeconómicas

Fuente: Subdirección de Catastro IGAC

El procedimiento cartográfico desarrollado actualmente para la determinación de ZHF, se base en la digitalización sobre cartografía básica, de las variables anteriormente mencionadas, y en ocasiones, variables adicionales especiales que refleja particularidades del municipio estudiado; posteriormente se interrelacionan espacialmente por medio de una intersección. Esta información queda representada en información en formato vector, representación espacial tipo polígono; posteriormente se interrelacionan espacialmente las variables citadas por medio de una intersección (**Ilustración 3-4**).

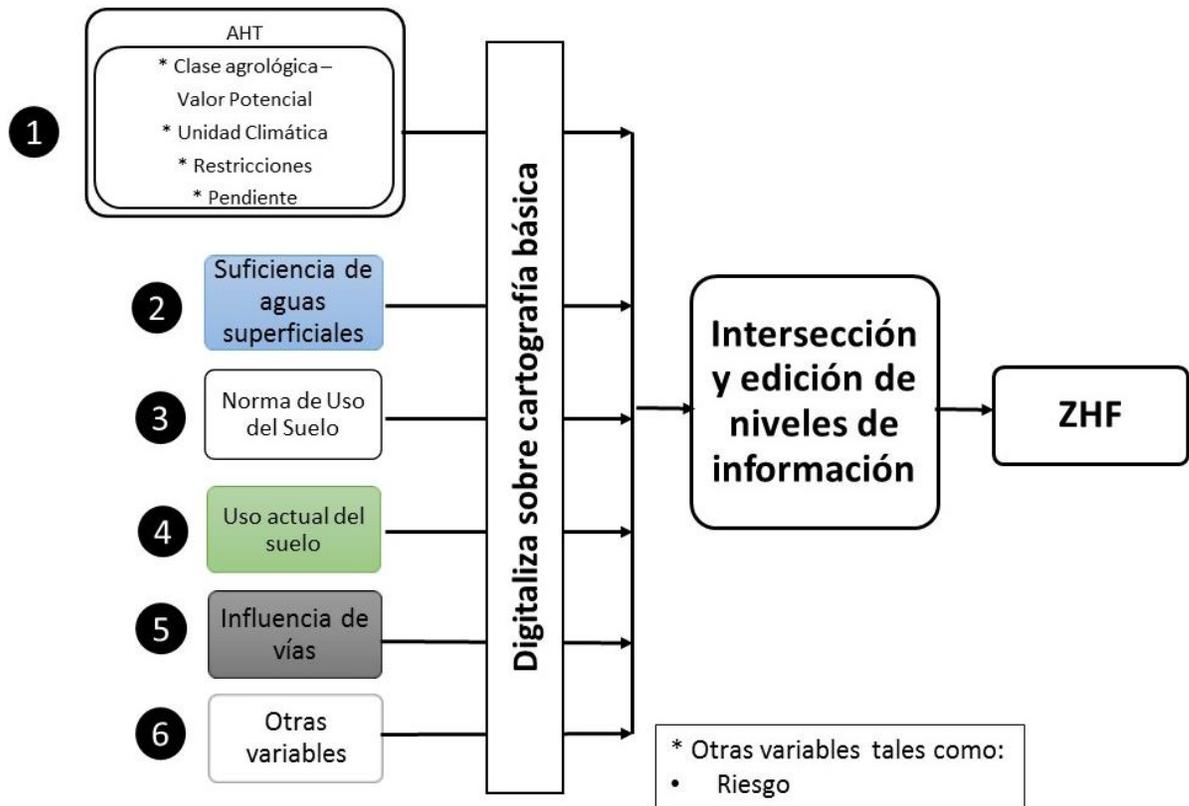


Ilustración 3-4 Procedimiento cartográfico – Situación actual
Fuente: Elaboración con base en (IGAC, 2010b)

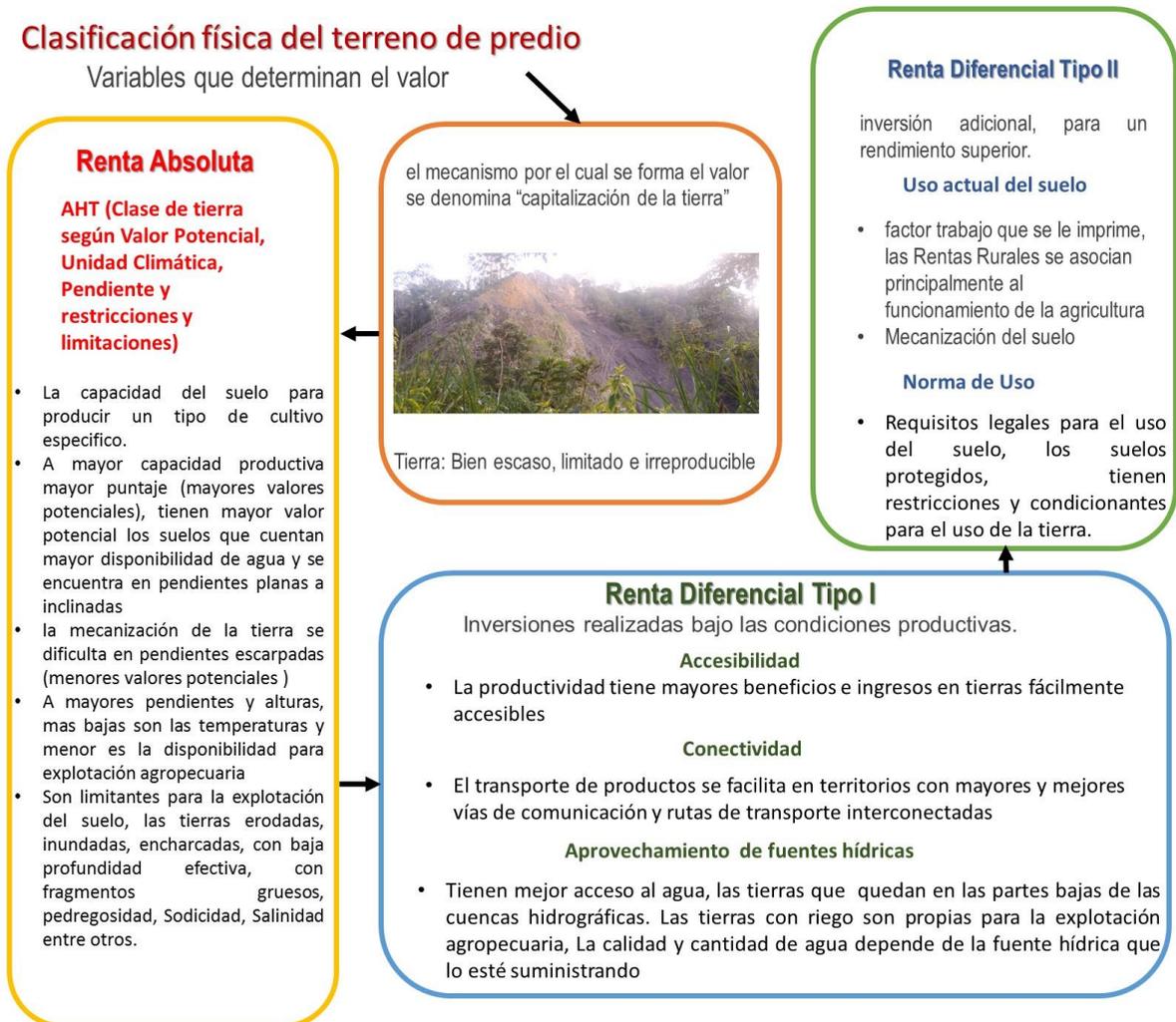
En la **Ilustración 3-4**, las variables identificadas con colores son las que se modifican en la metodología propuesta.

3.3.3 Metodología propuesta - criterios y variables

a. Modelo Conceptual

La importancia de las características físicas de los terrenos rurales, en virtud de su potencialidad para el uso y su capacidad de explotación con fines de obtención del beneficio económico por el hecho de tener su dominio, le otorga también un potencial valor económico dentro de un mercado inmobiliario. Las variables y criterios propuestos como estratégicos para soportar un valor económico a estimar en forma masiva, dentro

del contexto de un catastro multipropósito se muestran en la **Ilustración 3-5**, aquí se aprecia como cada una de las variables propuestas, son explicativas del valor de los terrenos de predio en virtud de la teoría de la renta (Jaramillo, 2003).



Fuente: Elaboración propia

b. Variables propuestas

El esquema procedimental para la obtención de la clasificación física de los terrenos de predios, orientada a diferenciar las condiciones físicas y capacidad para explotación económica de los mismo, como base para realizar la investigación de mercado, posterior determinación de los valores económicos y catastrales se representa en la **Ilustración 3-6**.

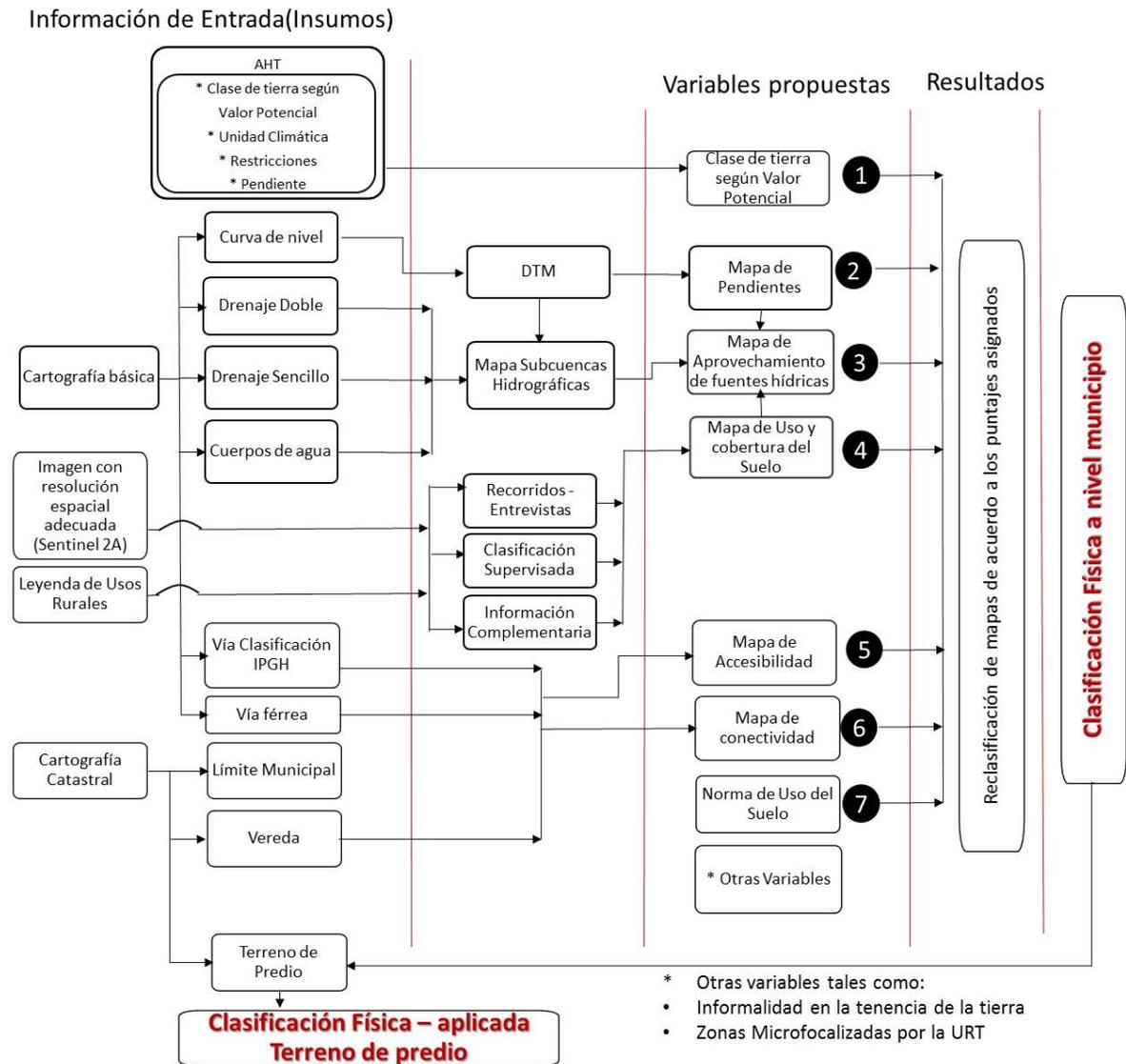


Ilustración 3-6 Modelo metodológico para la Clasificación territorial con fines catastrales

Fuente: Elaboración propia

La variable accesibilidad junto con la de conectividad se propone como reemplazo de la variable influencia de vías de la metodología convencional; el aprovechamiento de recursos hídricos, reemplaza la variable suficiencia de aguas superficiales; y la aplicación de otros estándares nacionales como la Estructura Metodológica y Cartográfica para la Aplicación de la Leyenda de Usos Agropecuarios propuesta por la UPRA y el IGAC en el año 2015, aplicado en la metodología para la obtención del mapa de uso actual del suelo.

VARIABLES como la norma de uso del suelo y las Áreas Homogéneas de Tierra (AHT), se mantienen en la metodología propuesta por considerarse relevantes, estas variables sufren cambios en la metodología propuesta, debido a que la fuente de la información y responsabilidad de su obtención por su competencia y conocimiento en el desarrollo, no recae sobre la autoridad catastral, la primera, es competencia de las administraciones municipales y la segunda, sobre la Subdirección de Agrología del IGAC, conocida como el área encargada de actualizar el inventario de los suelos y las tierras de Colombia (IGAC, 2010)

El procedimiento propuesto se determinó teniendo en cuenta que el estándar técnico mínimo, internacionalmente recomendable, para los procesos catastrales multipropósito en terreno rural corresponden a las escalas cartográficas entre 1:10.000 y 1:25.000 (DNP et. al, 2016).

i. Clase de tierra según Valor Potencial

Del estudio de áreas homogéneas de tierras para catastro anteriormente detalladas, se extrae el campo corresponden a la clasificaciones de tierras según valor potencial (**Ilustración 3-7**). El proceso se detalla en el **Anexo A**.

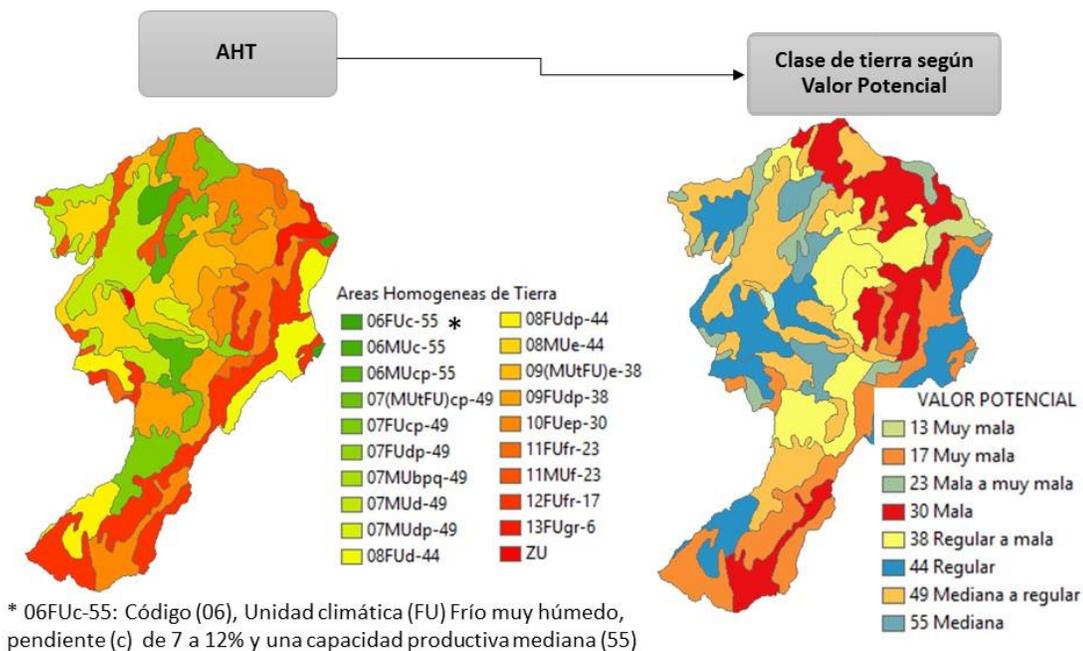


Ilustración 3-7 Obtención del mapa de Clases de Tierra por Valor Potencial

Fuente: Elaboración propia

ii. La pendiente

El mapa de pendiente, es obtenido a partir de la cartografía básica a escala 1:25.000, en donde las curvas de nivel están espaciadas cada 25 metros, se determina el modelo digital de terreno DTM para un mapa ráster con tamaños de pixel de 12m, (Jvaldezch, 2012); se realiza una reclasificación de acuerdo a las 7 categorías definidas en la metodología vigente (**Ilustración 3-8**). El proceso se detalla en el **Anexo A**.

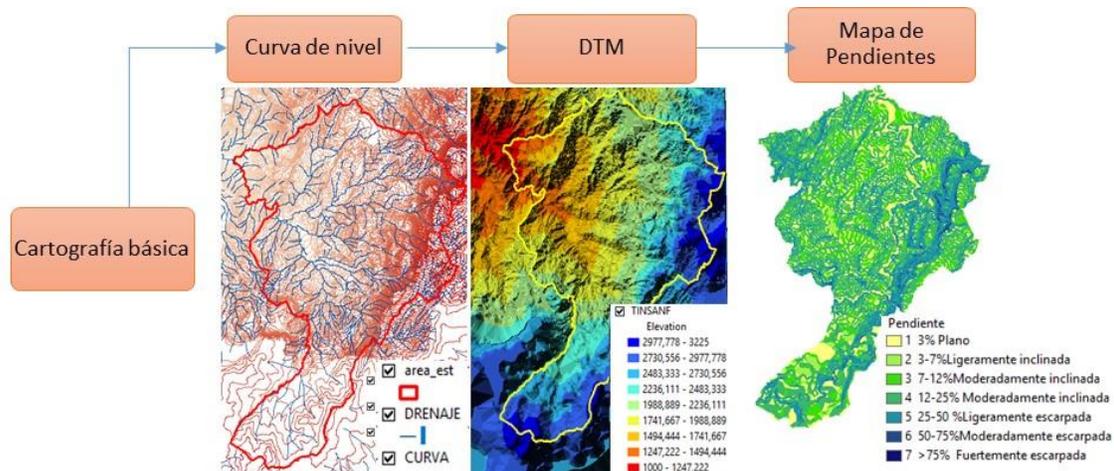


Ilustración 3-8 Obtención del mapa de pendientes

Fuente: Elaboración propia

iii. Aprovechamiento de fuentes hídricas

La disponibilidad de agua es un factor determinante de la estructura productiva agrícola. La condición de aridez establece significativas limitaciones a la actividad productiva agrícola, induciendo modelos fuertemente diferenciados por condición de disponibilidad hídrica (Echeverri, 2016)

La variable suficiencia de aguas superficiales del modelo convencional, se precisa en el modelo propuesto, por la variable aprovechamiento hídrico, interrelacionando las subcuencas hidrográficas, la pendiente y el uso actual del suelo, lo que da cuenta de la disponibilidad de agua, para el desarrollo productivo y el consumo humano.

El método de modelamiento de subcuencas hidrográficas, se utiliza, categorizando los principales afluentes de acuerdo a su importancia en el territorio, identificando las cuencas de acuerdo al nombre del drenaje recolector y determinando sus áreas de influencia, en virtud de la calidad y abundancia de líquido de acuerdo a estudios hidrográficos existentes y/o estudios de percepción de calidad y cantidad de sus

habitantes, a este resultado se le asocia la clasificación de pendiente y los usos del suelo presentes (**Ilustración 3-9**). El proceso se detalla en el **Anexo A**.

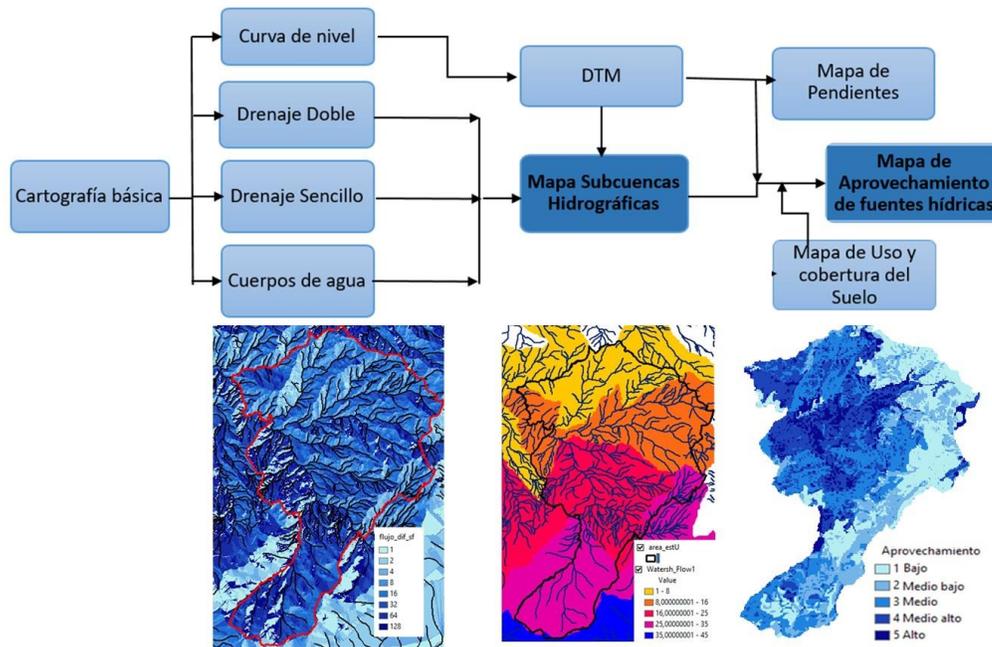


Ilustración 3-9 Aprovechamiento de fuentes hídricas a partir de modelos de subcuencas hidrográficas

Fuente: Elaboración propia

Se identifican las cuencas de acuerdo al nombre del drenaje recolector, este resultado junto con la clasificación de pendiente y los usos del suelo presentes podrá dar cuenta de la disponibilidad de agua, para el desarrollo productivo y el consumo humano. Entre mayor es la pendiente, menor es la capacidad de mecanización del terreno, más baja la producción, y por consiguiente más baja la disponibilidad de agua.

Sobre el modelo digital de terreno obtenido a partir de las curvas de nivel de la cartografía básica, se procede a obtener la división de cuencas hidrográficas mediante la rutina de modelamiento sugerida, en donde primero se corrigen las imperfecciones existentes en la superficie del DTM, para determinar de forma adecuada la dirección del flujo del drenaje, posteriormente, se calcula la acumulación de flujo en cada celda determina el número de celdas de aguas arriba que vierten sobre las celdas subsiguientes aguas abajo, de acuerdo a los afluentes que formarán parte de la red de drenajes y finalmente el proceso delimita cada una de las subcuencas hidrográficas.

Para la asignación de puntajes para las cuencas hidrográficas se realizan encuestas no estructuradas a habitantes del municipio, para identificar la percepción de la importancia de los cuerpos hídricos y su utilización en la producción agrícola.

Para determinar el grado de aprovechamiento del recurso hídrico del municipio, se cruza el mapa de puntajes de cuencas hidrográficas con la información de la pendiente y el uso actual del suelo. El resultado se reclasifica, teniendo en cuenta los puntos de quiebre naturales que sugiere el software para 5 clases bajo, medio bajo, medio, medio alto y alto.

iv. Uso actual del suelo

El mercado de la tierra está condicionado por factores endógenos, existe una relación de dependencia entre la rentabilidad de la actividad productiva y el precio de la tierra, principalmente en las zonas agrícolas comerciales (UPRA & Universidad Nacional, n.d.).

El mapa de uso actual, se construye a partir del procesamiento digital de una imagen de satélite con resolución espacial adecuada para cartografías 1:25.000, en donde se extraen los usos y coberturas presentes al momento del estudio, mediante una clasificación supervisada, complementada con información geográfica, información de referencia de fuentes como los planes de Ordenamiento Territorial y estudios existentes sobre coberturas y usos (**Ilustración 3-10**). Se desarrollan recorridos en campo para verificar puntos sobre las coberturas identificadas y entrevistas no estructuradas a pobladores locales, a fin de validar los datos de las clases asignadas en forma digital sobre los usos más comunes en las unidades de paisaje y sus vecinas. El proceso se detalla en el **Anexo A**.

La Clasificación Supervisada se desarrolla con las categorías diferenciables, teniendo en cuenta la información colectada sobre las actividades agropecuarias del municipio, se realiza el procesamiento de la imagen mediante clasificación con puntos de control utilizando la gama de herramientas de la extensión Multivariate en “Spatial Analyst Tools” del software Arcgis.

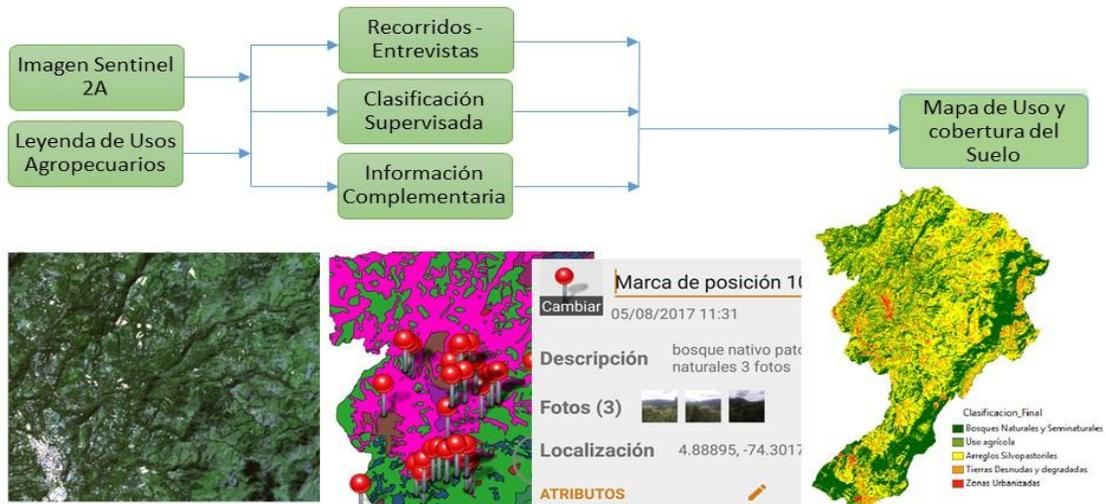


Ilustración 3-10 Elaboración Mapa de Uso del suelo rural

Fuente: Elaboración propia

Para la leyenda del mapa se utilizó, los criterios presentados en la Estructura Metodológica y Cartográfica para la Aplicación de la Leyenda de Usos Agropecuarios propuesta por la UPRA y el IGAC en el año 2015, nivel de precisión 3 correspondiente al Nivel Local, enfocado a los análisis municipales, complementada con otros usos no agropecuarios (IGAC; UPRA, 2015) ajustada con usos adicionales no agropecuarios.

Como apoyo a la actividad de terreno, se utilizó la aplicación “Avenza PDF Maps” en la cual se cargan los mapas preliminares en formato GeoPdf, para georreferenciar en tiempo real los puntos de control, se precisan los usos e identifican posibles errores; ésta se acompañada de un registro fotográfico y los atributos descriptores del uso y cobertura. Con esta información se ajustó la clasificación obtenida en forma digital, homogenizando o eliminando categorías según el caso, se verificó que las coberturas correspondan al espacio geográfico de estudio, se calculan las áreas por uso, por hectárea y finalmente se obtiene el mapa definitivo de usos del suelo.

v. Norma de uso del suelo

El precio de la tierra está marcado por las decisiones de política pública, la función de utilidad del individuo resulta de la combinación de bienes privados y públicos (UPRA & Universidad Nacional, n.d.). Debido a que los instrumentos de ordenamiento territorial son desarrollados por los municipios, esta variable no cuenta con un estándar a nivel nacional, por lo que se debe asumir como se encuentre definido en dicho instrumento.

Para el modelo propuesto, esta variable no sufre modificación alguna en virtud de su carácter legal (IGAC, 2010b). Su proceso de obtención se detalla en el **Anexo A**.

Se recomienda utilizar la fuente en formato digital original del Plan, Esquema o Plan Básico de Ordenamiento Territorial vigente en el municipio, en formato shape o geodatabase, de no contar con este insumo se debe digitalizar de la fuente análoga del estudio, de acuerdo con los polígonos que se tengan determinados para la clasificación normativa del uso del suelo rural, junto con sus atributos, posteriormente se convierte a un formato ráster

vi. Análisis de accesibilidad

El mercado inmobiliario está estrechamente relacionado a la localización (Da Silva Everton, 2009). El transporte es una función importante del gobierno que facilitaría la creación de un territorio compacto que reduce la necesidad de invadir desiertos y devastar el medio ambiente, en donde la gente accede fácilmente las instalaciones deseadas para la educación, el comercio, la religión y recreación (Razzak, 2011).

Es considerado como la oportunidad relativa de intercambio y contacto que tiene un territorio para ser accedido desde otro (Loyola, 2006). Se desarrolla a partir de la información disponible en la cartografía básica (IGAC, escala 1:25.000), tomando los niveles de información de vías clasificadas de acuerdo a la categorización del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH); los puntos (nodos) sobre las veredas del municipio cuya localización es próxima al mayor número de vías (centros de análisis); y los límites de las veredas (polígonos) (**Ilustración 3-11**). El proceso se detalla en el **Anexo A**, sobre esta información se calcula el indicador de accesibilidad:

$$IA = \frac{Tr}{Ti} \quad (3-1)$$

En donde Tr= tiempo real (distancia recorrida por la vía sobre la velocidad de acuerdo con la infraestructura vial), Ti= tiempo ideal (distancia en línea recta sobre la velocidad máxima permitida VI), que para Colombia se encuentra definida como 80Km/h.

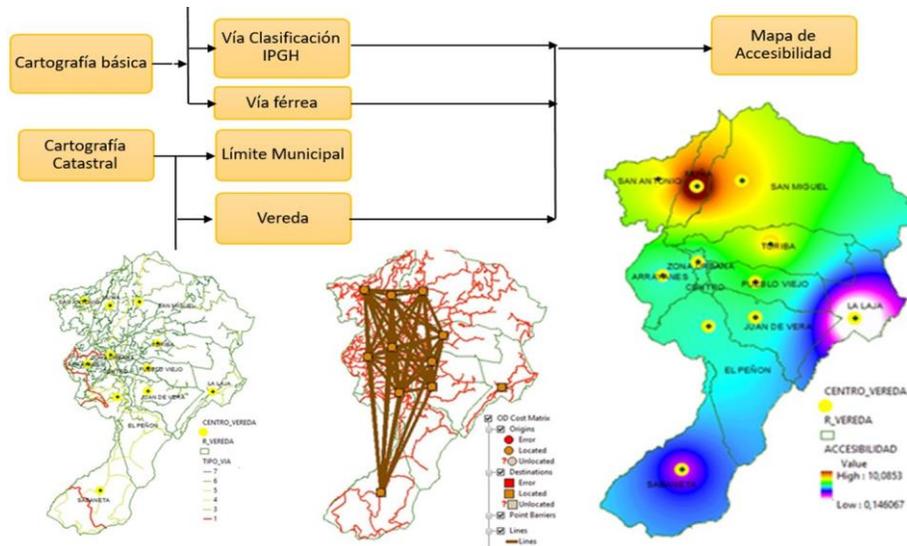


Ilustración 3-11 Análisis de accesibilidad

Fuente: Elaboración propia-

Para determinar la influencia vial en el municipio, se desarrolla un análisis de redes tomando los mencionados niveles de información como referencia, se calcula la matriz origen-destino con las distancias y tiempos ideales y reales, se interpola el resultado usando como algoritmo el IDW (Inverse Distance Weighting), recomendado para bases de datos pequeñas (Kravchenko, 2003), en donde los parámetros del variograma no son conocidos, cuando la distancia de muestreo es muy grande o cuando la distancia de muestreo es mayor al rango de la correlación espacial. Este algoritmo calcula el peso de los valores de acuerdo con la relación inversa de la distancia dando más peso a los valores cercanos a un punto como lo muestra la siguiente ecuación:

$$\lambda_i = \frac{[d(s_i, s_o)]^{-p}}{\sum_{i=1}^n [d(s_i, s_o)]^{-p}} \quad i=1, \dots, n \quad (3-2)$$

Donde p es el parámetro del exponente que controla que tan rápido los pesos de los puntos tienden a cero (al aumentar su valor) conforme aumenta la distancia del sitio de interpolación. Entre mayor sea p , mayor peso es dado a los puntos más cercanos y por consiguiente se obtiene superficies más continuas o suaves y las predicciones tienden hacia el promedio de la muestra (Schloeder, Zimmerman, & Jacobs, 2001).

Con base en este resultado, se obtiene un mapa temático, el cual posteriormente se reclasifica de acuerdo a cinco categorías de accesibilidad: muy baja, baja, media, medio alta y alta.

vii. Análisis de conectividad

Determina el grado en que un territorio se encuentra articulado y comunicado con otros espacios geográficos (Loyola, 2006); el indicador de conectividad está representado por el número de vías que llega a un punto determinado de cada una de las veredas, entendiendo que a mayor número de vías que confluyan en un territorio, mejor será su conectividad; este análisis se desarrolla por vereda, de acuerdo con el tipo y número de vías de acceso a cada una de ellas (nodos), se involucra dentro del análisis la cabecera municipal (como centro de consumo principal), y otros centros de atracción económica como son caseríos, núcleos recreacionales, u otros en donde se da lugar a la compra y venta de productos. A partir de la clasificación de los tipos de vías, diferenciados en la cartografía básica del municipio y su densidad, se calcula la intensidad en que cada vereda se encuentra interconectada con las otras **Ilustración 3-12**, se interpola el resultado de acuerdo al criterio explicado en el análisis de accesibilidad. El mapa obtenido se reclasifica en cinco categorías de conectividad: muy baja, baja, media, medio alta y alta. El proceso se detalla en el **Anexo A**.

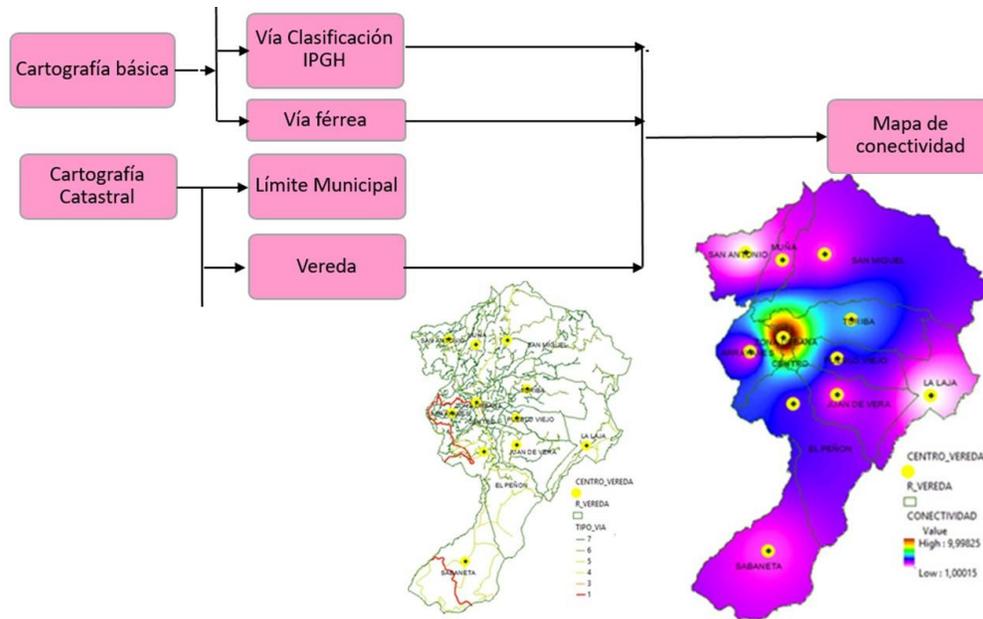


Ilustración 3-12 Análisis de Conectividad

Fuente: Elaboración propia

Los mapas ráster de cada una de las variables se encuentran detalladas en el **Anexo E**.

c. Atributos de variables, criterios de priorización y ponderación.

Definir pesos para los atributos de localización es esencial para que se puedan construir modelos de evaluación masiva de los inmuebles. Las técnicas de análisis espacial, aliadas a los análisis estadísticos, muestran posibilidades relevantes a este fin (Da Silva Everton, 2009).

Los criterios para la priorización y ponderación de variables se establecen de acuerdo a la importancia y significancia de los atributos que las caracterizan, representada en la cuantificación de las características físicas de los terrenos de predios de un municipio, indicando su diferenciación entre uno y otro, lo que posteriormente se tomará como criterio para determinar su valuación económica **Ilustración 3-13**.

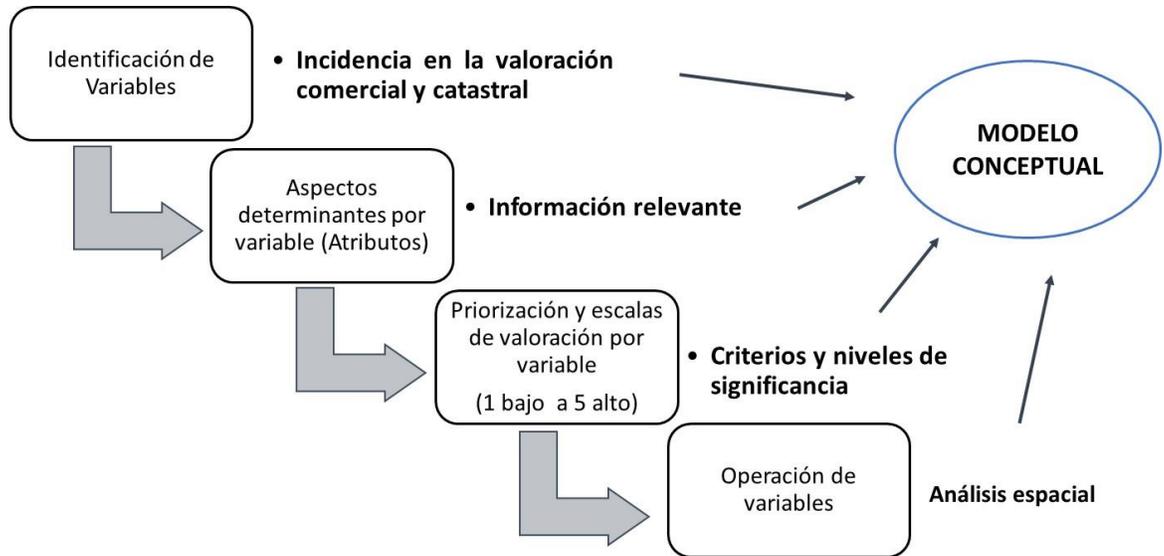


Ilustración 3-13 Priorización y ponderación de variables

Fuente: Elaboración propia

Los atributos de cada una de las variables establecidas para la metodología propuesta son calificados en general con valores en escala de 1 a 5, indicando el grado en que el atributo de la variable podría influir en el valor de mercado del terreno de predio; en donde 1 denota características de terrenos de predios de inferiores calidades y 5, denotará características superiores. Los mapas en formato ráster resultantes por variable son reclasificados de acuerdo a estas escalas.

Para determinar el grado de incidencia de las variables propuestas como características físicas influyentes en el mayor o menor valor de mercado de terrenos de predios rurales, se diseñó una encuesta orientada, a recoger el criterio de expertos. El instrumento se diseñó en dos secciones, la primera sección, orientada a obtener el orden de priorización de las siete variables propuestas, y la segunda sección, se propuso para la determinación de los puntajes de los atributos de 2 de las variables propuestas: la norma de uso, y el uso actual del suelo, para las restantes 5 variables, el puntaje a aplicar corresponde a la categorización jerárquica, calculada mediante el procesamiento digital.

El instrumento se aplicó a 6 expertos cuyo tiempo de experiencia varía entre 9 y 20 años, posteriormente se tabularon los datos obtenidos de la encuesta. El criterio para la priorización de las variables se describe a continuación:

- Se hallan las medidas de tendencia central: moda, promedio, desviación estándar.
- Se analiza la dispersión de los datos, de acuerdo a estas medidas de tendencia central.
- Se analiza a la dispersión de los datos y su comportamiento, escogiendo la que menos dispersión presente, en este caso la moda es el dato más aproximado para determinar el orden de importancia de las variables propuestas.
- En caso de que coincidan dos variables con el mismo número como moda, se observa el promedio y la desviación estándar. El promedio más cercano a la moda y con inferior desviación estándar es el escogido como orden de priorización.

El resultado obtenido se muestra en la **Tabla 3-15**, en donde el orden de prioridad de las variables se contempla en la columna sombreada.

Tabla 3-15 Priorización de variables involucradas en la clasificación rural propuesta
Priorización de variables involucradas en la clasificación rural propuesta

| Variable | Encuestados | | | | | | moda | media | mediana | desv | orden de priorización |
|-------------------------------------|-------------|---|---|---|---|---|------|-------|---------|------|-----------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | | | |
| Valor potencial | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| Aprovechamiento de fuentes hídricas | 2 | 3 | 5 | 6 | 2 | 3 | 2 | 4 | 3 | 2 | 2 |
| La pendiente | 3 | 4 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 |
| Norma de uso del suelo | 6 | 2 | 6 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 |
| Uso actual del suelo | 7 | 5 | 7 | 7 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 1 | 5 |
| La accesibilidad | 4 | 6 | 1 | 5 | 6 | 6 | 6 | 5 | 6 | 2 | 6 |
| La conectividad | 5 | 7 | 4 | 4 | 7 | 7 | 7 | 6 | 6 | 2 | 7 |

Fuente: Elaboración propia – procesamiento de datos obtenidos de la aplicación de la encuesta para la determinación de puntajes de calificación para atributos de variables de la metodología propuesta

Para la segunda sección de la encuesta, se hallaron las medidas de tendencia central de las respuestas de los encuestados para los atributos de las variables, Norma de uso del suelo y Uso actual del suelo, se seleccionó como puntaje de priorización, la moda, correspondiente a la columna sombreada en la **Tabla 3-16** y **Tabla 3-17**.

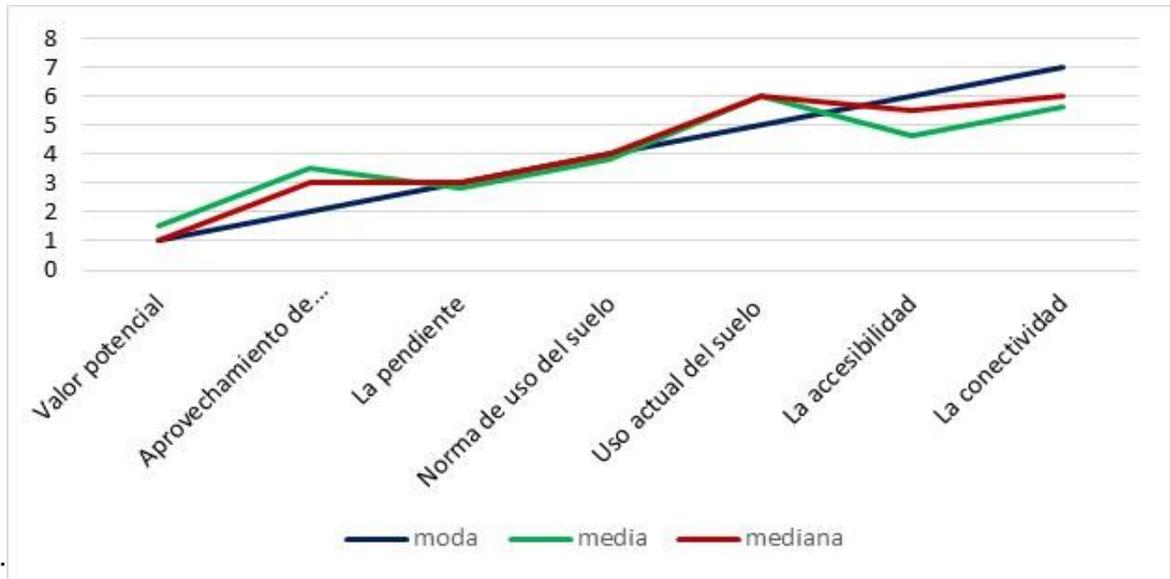


Ilustración 3-14 Medidas de tendencia central - Priorización de variables involucradas

Fuente: Elaboración propia – procesamiento de datos obtenidos de la aplicación de la encuesta para la determinación de puntajes de calificación para atributos de variables de la metodología propuesta

Tabla 3-16 Criterios de calificación para variable Norma de Uso del suelo

| Variable Norma de uso | Encuestados | | | | | | Medidas de tendencia central | | | |
|--|-------------|---|---|---|---|---|------------------------------|-------|---------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | moda | media | mediana | desv |
| Zona de conservación de bosques naturales | 3 | 2 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1,3 |
| Zona de conservación de suelo y restauración ecológica | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 0,8 |
| Zona de desarrollo agropecuario con restricciones | 4 | 4 | 5 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 1 |
| Zona de desarrollo agropecuario sin restricciones | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 0 |
| Zona de desarrollo forestal | 5 | 4 | 4 | 3 | 2 | 2 | 4 | 3 | 4 | 1,2 |
| Zona de protección hídrica | 1 | 5 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1,8 |
| Zona de recuperación ambiental | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 0,9 |
| Zonas viales de servicios | 4 | 5 | 2 | 3 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 1,3 |

Fuente: Elaboración propia – procesamiento de datos obtenidos de la aplicación de la encuesta para la determinación de puntajes de calificación para atributos de variables de la metodología propuesta

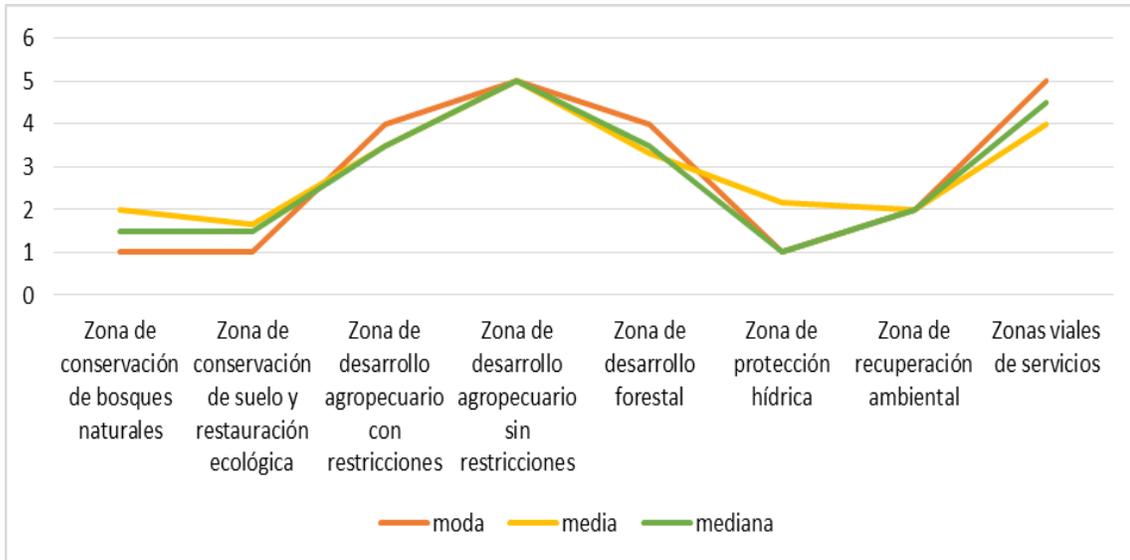


Ilustración 3-15 Medidas de tendencia central - Criterios de calificación para variable Norma de uso.

Fuente: Elaboración propia – procesamiento de datos obtenidos de la aplicación de la encuesta para la determinación de puntajes de calificación para atributos de variables de la metodología propuesta

Para las demás variables propuestas los puntajes asignados se estimaron en escalas generalmente de 1 a 5 puntos (**Tabla 3-18** y **Tabla 3-20**), otorgados automáticamente mediante el análisis espacial obtenido del procesamiento digital correspondiente, a excepción de la clasificación agrícola por valor potencial, inicialmente categorizada de 1 a 100 puntos, se reclasificó de 1 a 9 puntos, esto, teniendo en cuenta a que es una de las variables con mayor incidencia en el valor ya que es la que determina su renta absoluta, es decir la renta que se otorga por el solo hecho de su existencia (**Tabla 3-19**).

Tabla 3-17 Criterios de calificación para variable cobertura y uso actual del suelo

| Variable Cobertura y uso actual del suelo | | Encuestados | | | | | Medidas de tendencia central | | | |
|--|--|-------------|---|---|---|---|------------------------------|------|-------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | moda | media | mediana |
| Uso Agrícola | Cultivos Transitorios | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 0 |
| | Cultivos Permanentes | 5 | 5 | 5 | 4 | 3 | 5 | 4 | 5 | 0,9 |
| | Confinados Agrícolas | 5 | 5 | 5 | 4 | 3 | 5 | 4 | 5 | 0,9 |
| | Áreas Agrícolas, Heterogéneas | 4 | 4 | 5 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 0,8 |
| Uso Forestal | Plantaciones Forestales Comerciales | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 0,4 |
| | Bosques Naturales Y Seminaturales | 3 | 4 | 3 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 1,3 |
| Uso Agroforestal | Arreglos Silvopastoriles | 3 | 5 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 0,9 |
| | Arreglos Agrosilvícola | 3 | 5 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 0,9 |
| | Arreglos Agro Silvo Pastoriles | 3 | 5 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 0,9 |
| Otros Usos Agropecuarios | Otros Usos Agropecuarios | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 0,4 |
| | Campos Agropecuarios Experimentales | 5 | 4 | 5 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 0,8 |
| | Infraestructura Asociada A La Actividad Agropecuaria | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 0,5 |
| Uso Pecuario | Confinados Pecuarios | 5 | 3 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4,5 | 0,8 |
| | Zoocría | 5 | 3 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 0,8 |
| Áreas Abiertas, Sin o Con Poca Vegetación | Zonas Arenosas Naturales | 5 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1,5 |
| | Afloramientos Rocosos | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,8 |
| | Tierras Desnudas Y Degradadas | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1,2 |
| | Zonas Quemadas | 4 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1,5 |
| | Zonas Glaciares Y Nivales | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,4 |
| | Tierras En Preparación O Descanso | 5 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 |
| Áreas Húmedas | Áreas Húmedas Continentales | 5 | 3 | 2 | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2,5 |
| | Áreas Húmedas Costeras | 5 | 3 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Superficies de Agua | Aguas Continentales | 5 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| | Aguas Marítimas | 5 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| Uso Acuicultura | Acuicultura Consumo | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 0,4 |
| | Acuicultura Ornato | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0,4 |
| Uso Pesca | Pesca Comercial Artesanal Marina | 2 | 4 | 4 | 1 | 1 | 4 | 2 | 2 | 1,5 |
| | Pesca Comercial Industrial Marina (*) | 2 | 4 | 4 | 1 | 1 | 4 | 2 | 2 | 1,5 |
| | Pesca Comercial Artesanal Continental | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0,4 |
| | Pesca Comercial Artesanal De Ornato Continental | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0,4 |
| Territorios Artificializados | Zonas Urbanizadas | 5 | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 1,8 |
| | Zonas Industriales O Comerciales Y Redes De Comunicación | 4 | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 1,7 |
| | Zonas De Extracción Minera Y Escombreras | 3 | 1 | 2 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 1,3 |
| | Zonas Verdes Artificializadas, No Agrícolas | 3 | 1 | 1 | 4 | 4 | 1 | 3 | 3 | 1,5 |

Fuente: Elaboración propia – procesamiento de datos obtenidos de la aplicación de la encuesta para la determinación de puntajes de calificación para atributos de variables de la metodología propuesta

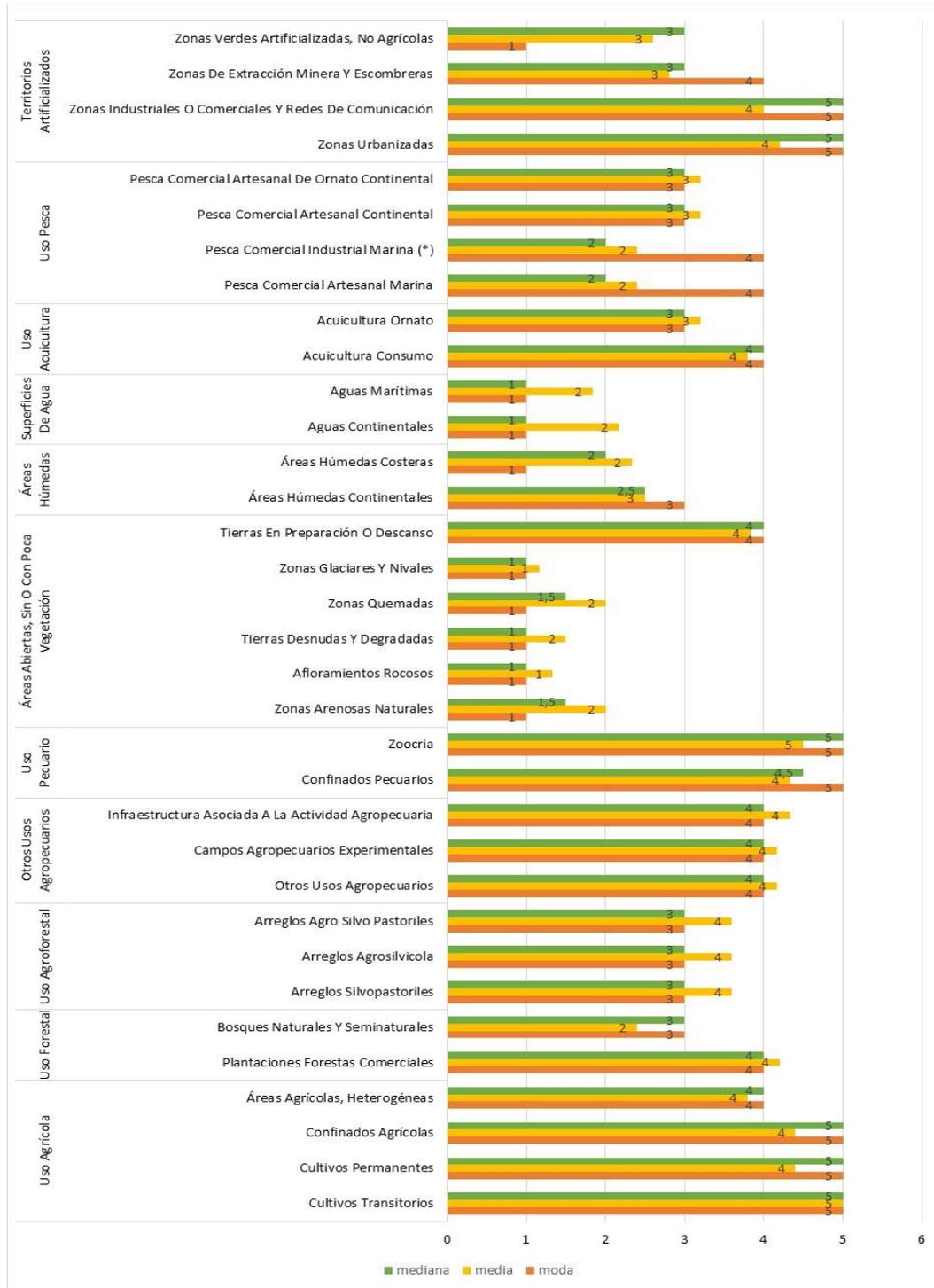


Ilustración 3-16 Medidas de tendencia central - Criterios de calificación para variable Uso actual del suelo.

Fuente: Elaboración propia – procesamiento de datos obtenidos de la aplicación de la encuesta para la determinación de puntajes de calificación para atributos de variables de la metodología propuesta

Tabla 3-18 Asignación de puntajes para pendiente

| Pendiente | | | Puntaje pendiente | |
|-------------------------|--|---------------------|-------------------|---------|
| Formas Simples | Formas Complejas | Gradiente Pendiente | Tipo | puntaje |
| Plano | | 3% | 1 | 5 |
| Ligeramente inclinada | Ligeramente ondulada | 3-7% | 2 | 4 |
| Moderadamente inclinada | Ondulada o ligeramente quebrada | 7-12% | 3 | 4 |
| Moderadamente inclinada | Fuertemente ondulada moderadamente quebrada | o 12-25% | 4 | 3 |
| Ligeramente escarpada | Fuertemente quebrada ligeramente escarpada | o 25-50 % | 5 | 2 |
| Moderadamente escarpada | Moderadamente escarpada moderadamente empinada | o 50-75% | 6 | 1 |
| Fuertemente escarpada | Fuertemente escarpada fuertemente empinada | o > 75% | 7 | 1 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-19 Asignación de puntajes para valor potencial

| Clases de tierras según el valor potencial | Valor Potencial | Puntaje Propuesto VP |
|--|-----------------|----------------------|
| Improductiva | 6 | 1 |
| Muy mala | 17 | 2 |
| Mala a muy mala | 23 | 2 |
| Mala | 30 | 3 |
| Regular a mala | 38 | 3 |
| Regular | 44 | 4 |
| Mediana a regular | 49 | 4 |
| Mediana | 55 | 5 |
| Moderadamente buena a mediana | 61 | 6 |
| Moderadamente buena | 67 | 6 |
| Buena | 73 | 7 |
| Muy buena | 80 | 8 |
| Excelente | 92 | 9 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-20 Asignación de puntajes para conectividad, accesibilidad y aprovechamiento de fuentes hídricas

| Conectividad | Puntaje_conectividad |
|--|------------------------------|
| Muy baja | 1 |
| Baja | 2 |
| Media | 3 |
| Medio alta | 4 |
| Alta | 5 |
| Accesibilidad | Puntaje_accesibilidad |
| Muy baja | 1 |
| Baja | 2 |
| Media | 3 |
| Medio alta | 4 |
| Alta | 5 |
| Aprovechamiento de fuentes hídricas | Puntaje |
| Muy bajo | 1 |
| Bajo | 2 |
| Medio | 3 |
| Medio alto | 4 |
| Alto | 5 |

Fuente: Elaboración propia

d. Operación del modelo

Después de aplicar los puntajes de acuerdo a los atributos presentes en cada una de las variables, y con el fin de hacerlos operables, se hace una reclasificación de cada una de las variables de acuerdo a los puntajes presentes en el municipio estudiado. Este resultado se plasma en mapas tipo ráster (**Ilustración 3-17**).

Los mapas reclasificados de acuerdo a la aplicación de la puntuación establecida para cada una de las variables, son integrados mediante un proceso de álgebra de mapas, según la siguiente operación:

$$[p_{VP}] + [P_{apro_fh}] + [p_{pend}] + [p_{norma_u}] + [p_{uso_act}] + [p_{acces}] + [p_{conect}] \quad (3-3)$$

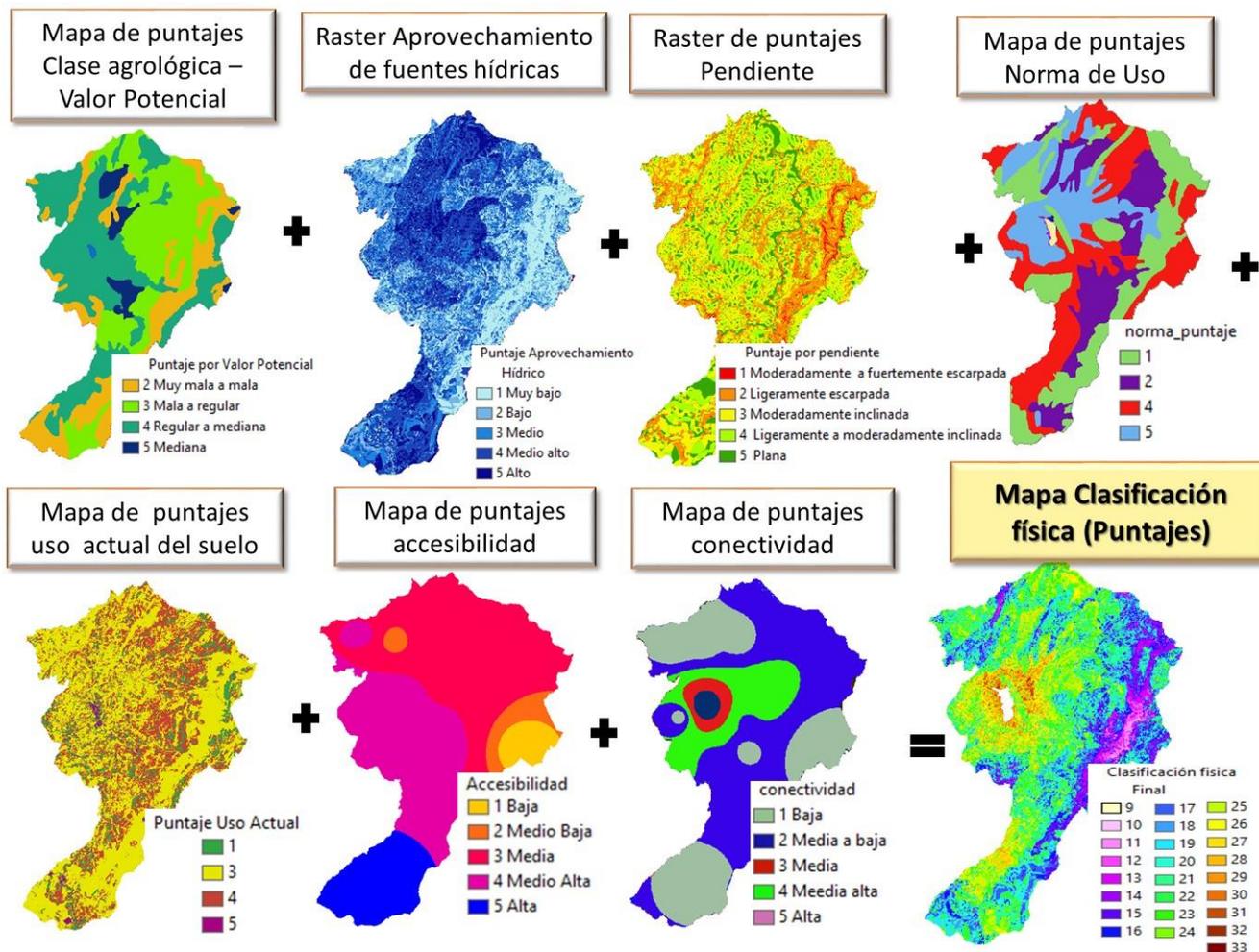


Ilustración 3-17 Operaciones definidas sobre las variables espaciales para la obtención de la clasificación física.

Fuente: elaboración propia

Nota: El detalle de las variables aquí presentadas se encuentran en el Anexo E. Mapas resultado de variables en formato ráster.

Para la operación del modelo, se entiende que todas las variables que participan cuentan con un puntaje, por lo tanto, el modelo no debería tener puntajes de cero y de acuerdo su ponderación, los máximos y mínimos puntajes que puede tener el modelo se muestran en la **Tabla 3-21**:

Tabla 3-21 Puntajes máximos y mínimos que puede tener la clasificación física propuesta

| Variable | Puntaje Máximo | Puntaje mínimo |
|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Clases de tierras por valor potencial | 9 | 1 |
| La pendiente | 5 | 1 |
| Aprovechamiento de fuentes hídricas | 5 | 1 |
| Uso del suelo | 5 | 1 |
| Análisis de accesibilidad | 5 | 1 |
| Análisis de conectividad | 5 | 1 |
| Norma de uso del suelo | 5 | 1 |
| Total | 39 | 7 |

Fuente: Elaboración propia

La clasificación podrá tener puntajes superiores o inferiores, dependiendo de otras variables que adicionalmente se puedan tener en cuenta en el modelo, de acuerdo a las condiciones específicas del territorio que se esté trabajando, y la jerarquía que puedan tener en dicho modelo.

e. Aplicación de la clasificación física al terreno del predio rural como unidad básica de análisis

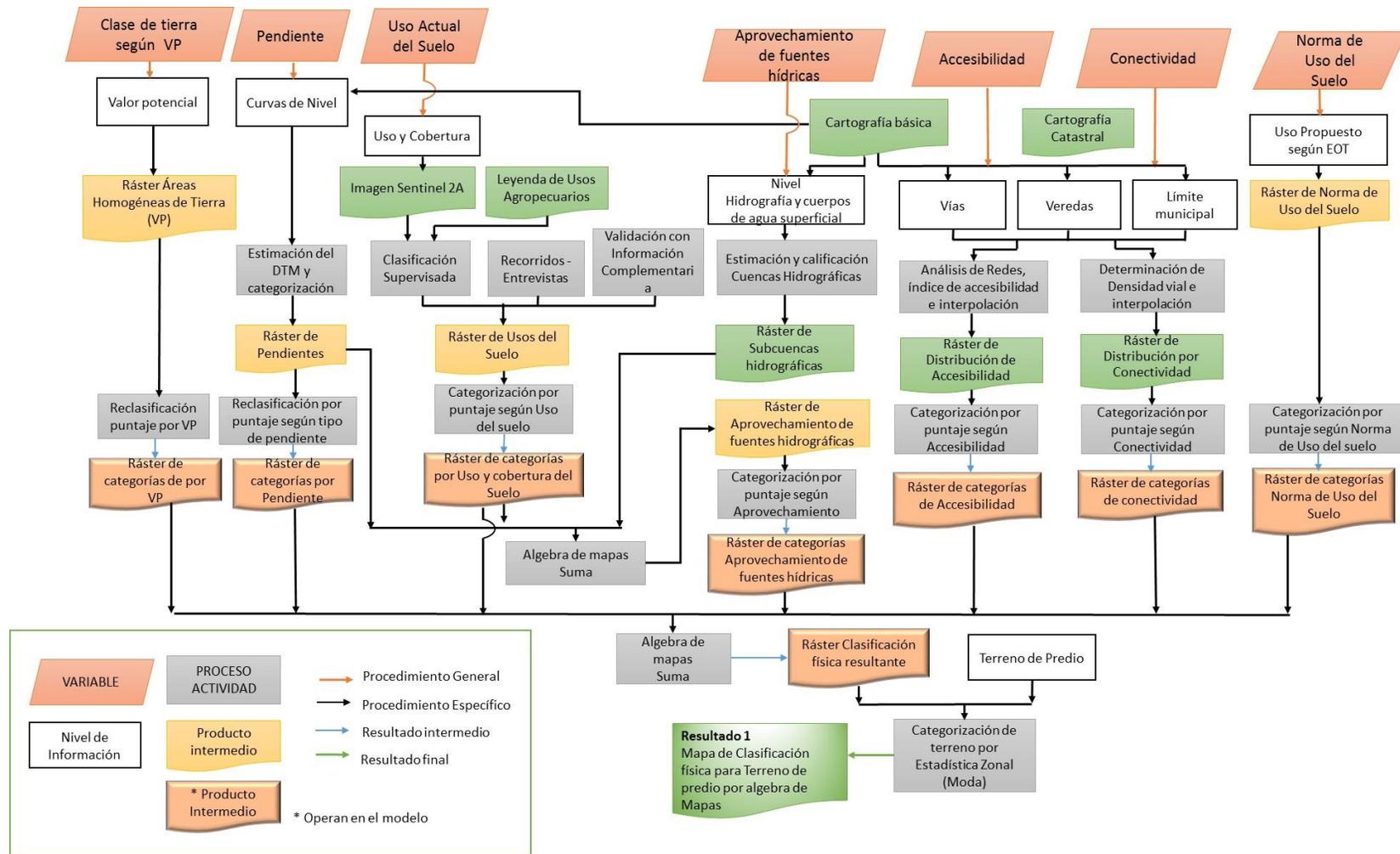
El resultado tipo ráster obtenido de las operaciones definidas sobre las variables espaciales involucradas, se aplica al nivel terreno de predio, tomado de la cartográfica catastral, representado por polígonos. Cada polígono de terreno de predio queda calificado con un puntaje reflejando una condición jerárquica, a mayores puntajes mejores condiciones físicas que influyen su valoración comercial y catastral, y por consiguiente, a menores puntajes inferiores condiciones.

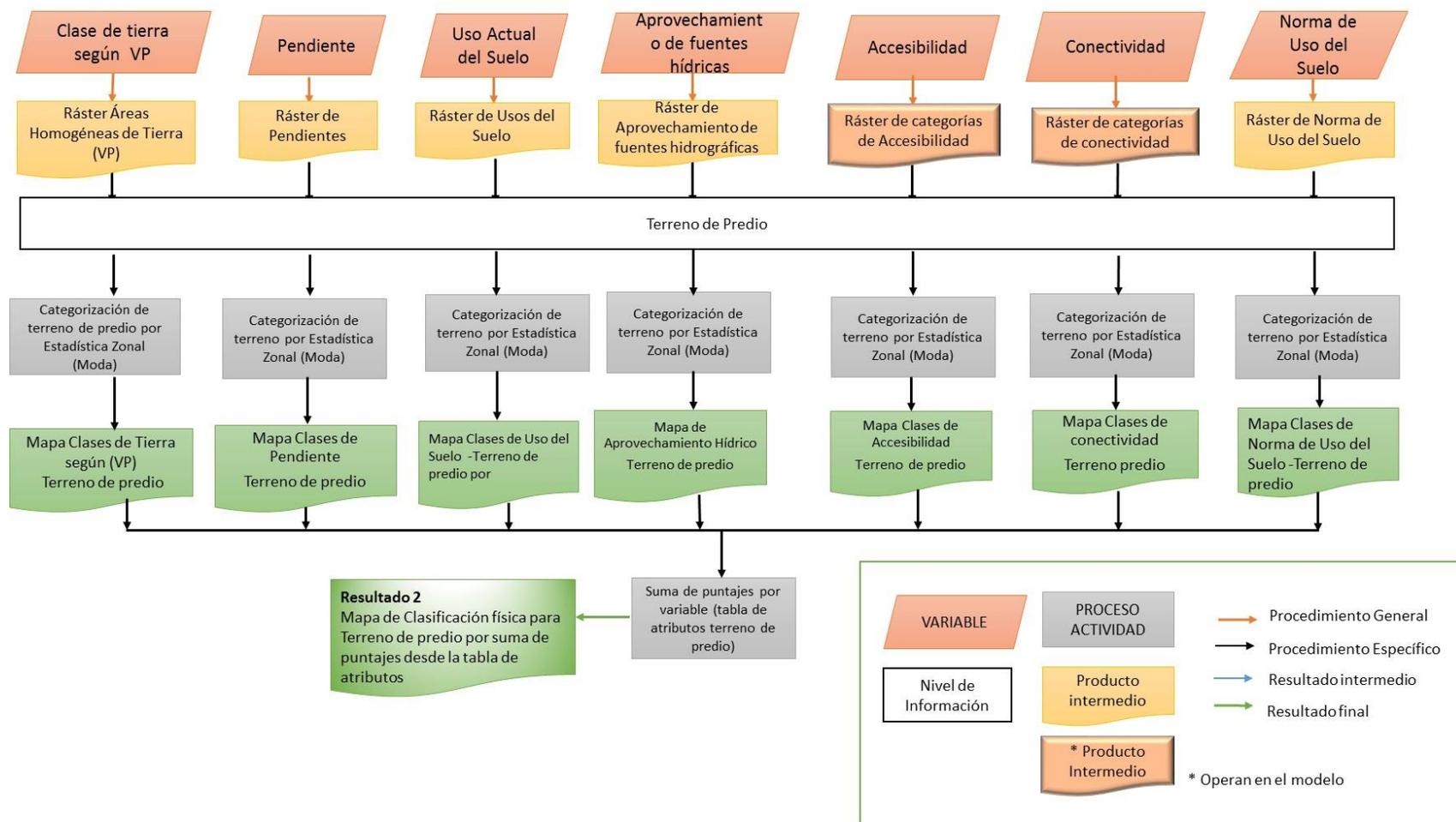
El mapa de clasificación física final se enumera de 1 en adelante, en donde la clase 1 tendrá el mayor puntaje arrojado por la operación del modelo, y la última clase corresponde al puntaje inferior obtenido en esta operación.

Cada una de las variables propuestas y sus puntajes individuales, son aplicados igualmente a la información terreno de predio, quedando calificados de acuerdo a las características de cada una de ellas.

f. Modelo cartográfico

Teniendo en cuenta la importancia de utilizar de fuentes de información oficial, del incremento de su uso y aprovechamiento de datos que por misión producen las entidades a nivel nacional y territorial, lo que da garantía de la cobertura, actualización y calidad de los resultados, facilitando el análisis y la toma de decisiones a nivel global. Los procesos definidos en el modelo cartográfico propuesto se muestran en la **Ilustración 3-18** e **Ilustración 3-19**; este procedimiento se determinó teniendo en cuenta que el estándar técnico mínimo, recomendable a nivel internacional, para los procesos catastrales multipropósito en terreno rural a las escalas 1:10.000 y 1:25.000 (DNP et. al, 2016). El procedimiento se encuentra detallado en el **Anexo A**.





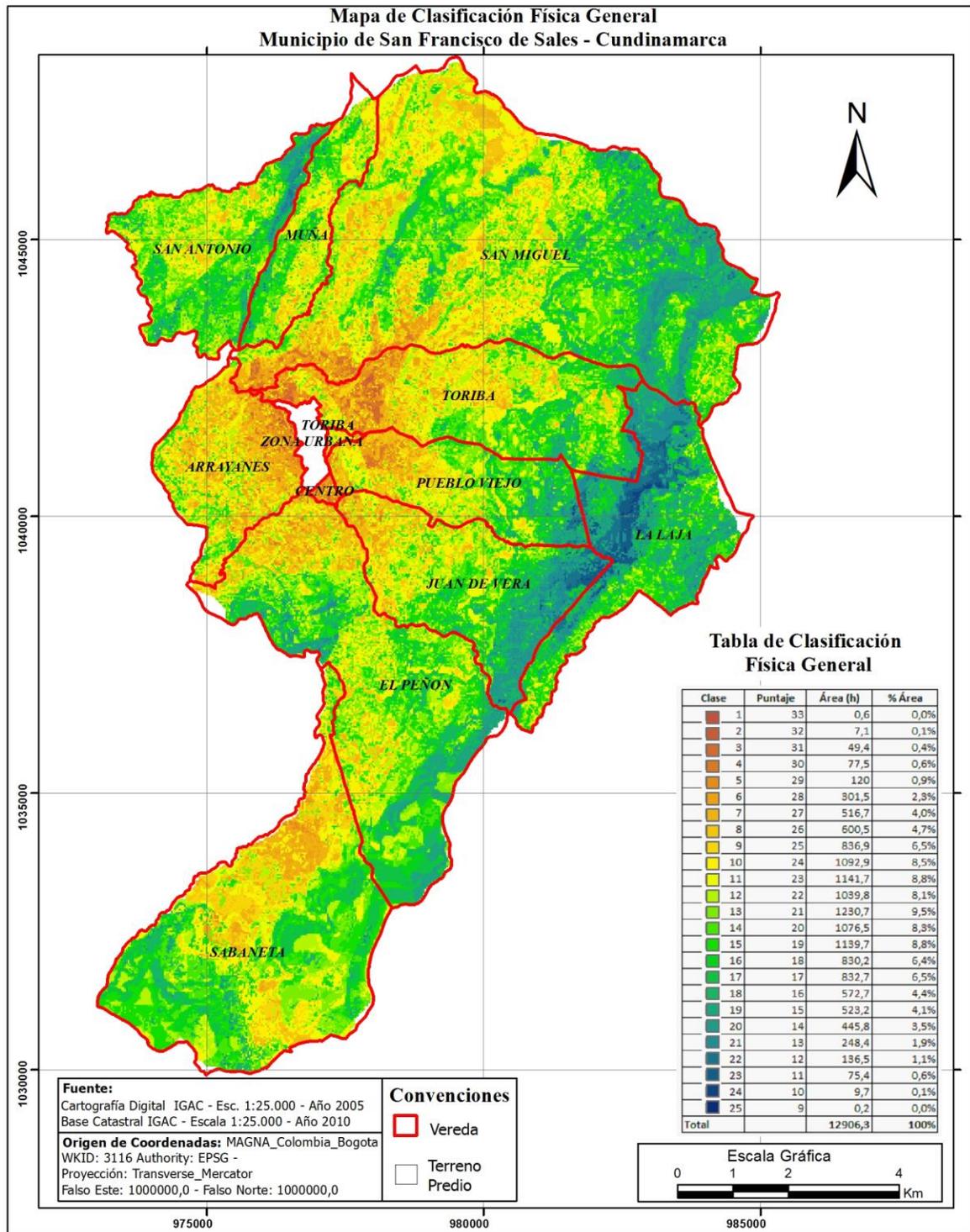
3.3.4 Implementación de la metodología propuesta y validación en campo - Caso: zona rural municipio de San Francisco Cundinamarca

La propuesta metodológica para la caracterización física de los terrenos de predio rural, fue implementada en la zona rural del municipio de San Francisco Cundinamarca.

La clasificación propuesta resultante de la operación de los mapas tipo ráster obtenidos por variable, es mostrada en un mapa con 25 clases, representadas con los puntajes 9 a 33 (**Mapa 3-2**); estas clases se ordenaron de mayor a menor puntaje, teniendo en cuenta que los mayores puntajes corresponden a las mejores tierras y los menores a las tierras con inferiores condiciones en cuanto a las variables que las explican.

En el citado mapa muestra un patrón de localización espacial muy marcado. Las áreas con colores rojizos con puntajes entre 27 a 33, se localizan en la periferia del área urbana. En estos espacios geográficos, los predios tienen menores áreas, sin embargo, son zonas en donde hay mayor explotación agrícola, mayor aprovechamiento de recurso hídrico, pendientes más planas y mayor accesibilidad y conectividad; los terrenos con colores amarillos con puntajes entre 20 y 24 circunscriben a las áreas anteriores indicando menor explotación agrícola, zonas de pastos naturales, pendientes más inclinadas; y los terrenos con colores azules claros, oscuros y morados denotan los puntajes menores de 17 puntos, coincidiendo con las áreas en donde la explotación agrícola, el aprovechamiento del recurso hídrico y los valores potenciales de la tierra son bajos, se desatacan algunas zonas de recuperación ambiental, bosques naturales, igualmente la conectividad y accesibilidad son bajas lo que indica en general que el resultado se obtuvo de acuerdo a lo esperado ya que guarda coherencia con las características del territorio.

Para aplicar la clasificación física resultante al nivel de terreno de predio, se tienen dos procedimientos referenciados en el modelo cartográfico como Resultado 1 y Resultado 2:



Mapa 3-2 Ráster de Clasificación Física Resultante – San Francisco

a. **Resultado 1:** Aplicando directamente la clasificación obtenida del mapa resultante tipo ráster (**Mapa 3-2**), a la información terreno de predio tipo polígono, mediante la

herramienta “Zonal estadísticas a tabla” del software Arcgis, seleccionando, como atributo para el polígono la medida de tendencia central correspondiente a la moda (majority), correspondiente al puntaje por píxel que más veces se repite en un polígono de terreno de predio (**Mapa 3-3**). El procedimiento se detalla en el **Anexo A**.

- b. Resultado 2:** A partir de la aplicación de cada variable o mapa ráster al nivel terreno de predio, incorporando sus características y puntajes a su tabla de atributos; la clasificación resultante se obtiene a partir de la suma de los puntajes directamente en dicha tabla (**Mapa 3-4**). El procedimiento se detalla en el **Anexo A**.

Los dos resultados se analizan en forma estadística de acuerdo a la **Ilustración 3-20**:

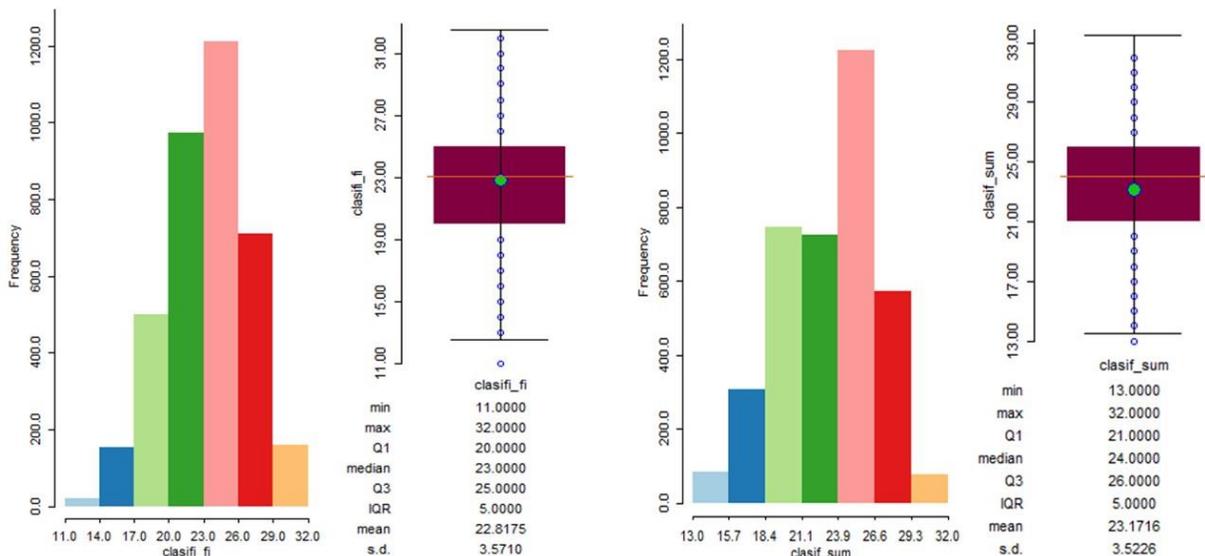
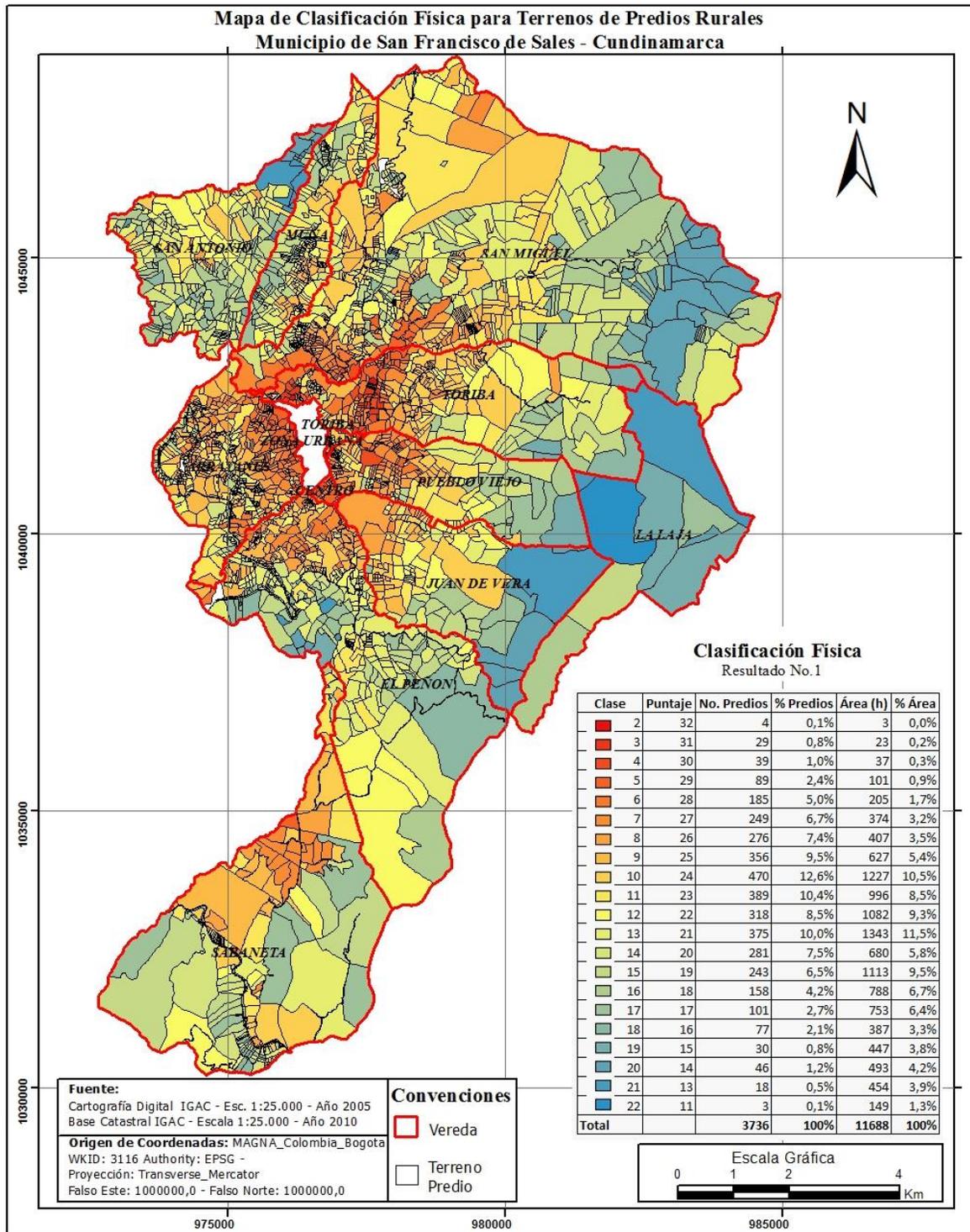


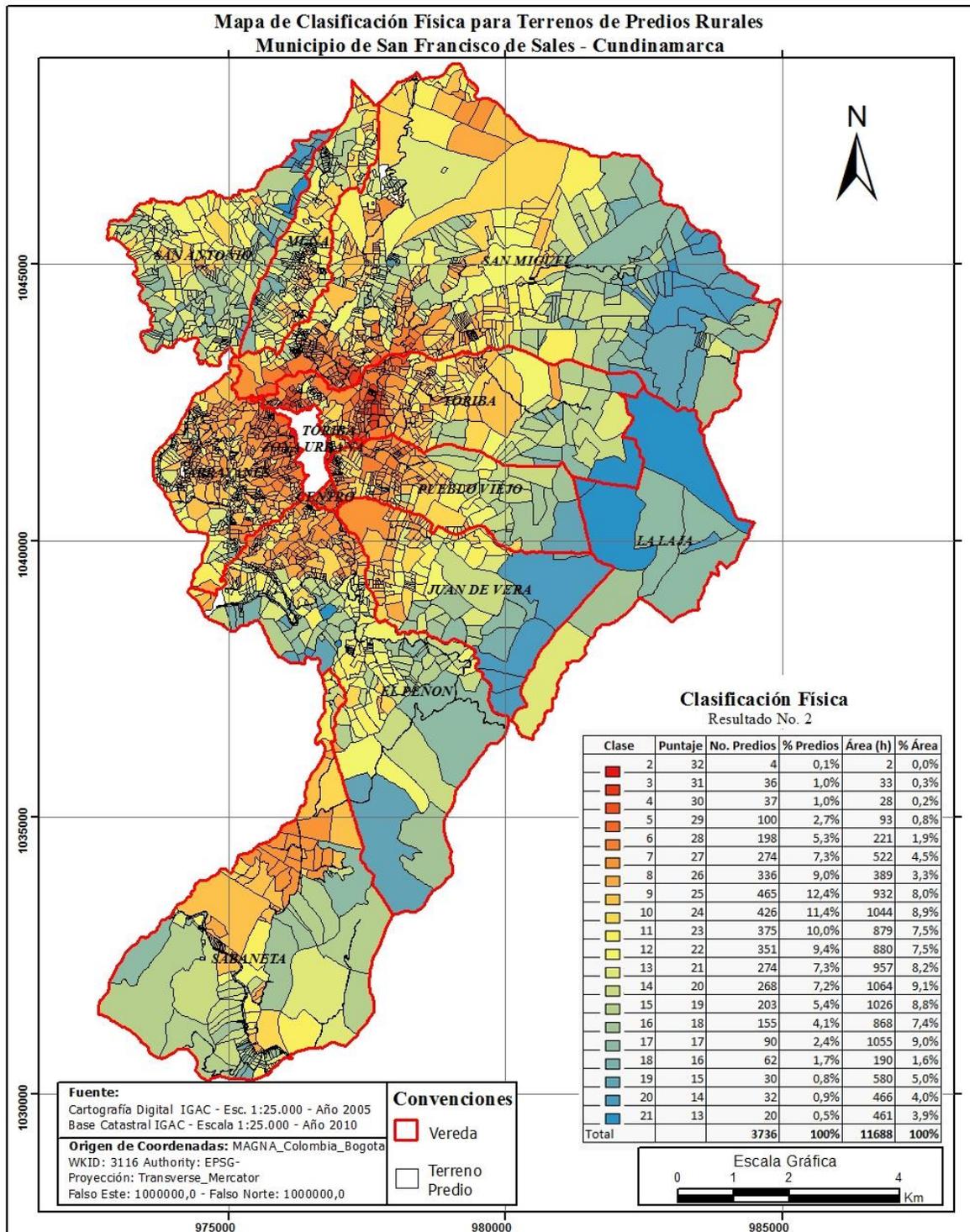
Ilustración 3-20 Diagrama de caja y bigotes e histograma - distribución de terrenos de predio clasificación por Estadística zonal (izquierda) - clasificación por suma de puntajes por variables en tabla de atributos (derecha).

Fuente: Elaboración propia

El Resultado 1, obtenido a partir de aplicar la clasificación física resultante a los terrenos de predios rurales, arrojó su caracterización en 22 de las 25 clases representadas en este mapa. Estas clases se distribuyen entre los puntajes 11 a 32 (Mapa 2). Se observa que la mayoría de los terrenos de predio se encuentran entre los puntajes 17 a 29, mas del 50% de los datos se encuentra entre los puntajes 20 y 25 correspondiente a los cuartiles 1 y 3, con un rango intercuantílico de 5 puntos.



Mapa 3-3 Resultado 1. Mapa de clasificación física para los terrenos del predio – San Francisco – a partir de la aplicación de Estadística zonal del mapa resultante



Mapa 3-4 Resultado 2. Mapa de clasificación física de terrenos de predio – San Francisco - Suma de puntajes por variable en tabla de atributos terreno de predio

Para el Resultado 2, obtenido la suma de puntajes de cada variable aplicada a terreno de predio en la tabla de atributos, se obtuvo como resultado terrenos de predios rurales

caracterizados en 20 clases, entre los puntajes 13 a 32. La mayoría de los terrenos de predio se encuentran entre los puntajes 18 a 29, y más del 50% de los datos se encuentra entre los puntajes 21 y 26 correspondiente a los cuartiles 1 y 3, con un rango intercuantílico de 5 puntos.

De lo anterior se denota que un terreno de predio puede quedar clasificado en una clase diferente cuando se aplica uno u otro método, sin embargo, en términos generales, la asignación de clases conserva la misma dinámica y coherencia.

Se observa espacialmente estas diferencias se ven representadas, tanto en predios como en área en la **Ilustración 3-21**, obtenida a partir del cálculo de la diferencia entre las clases obtenidas a partir de la aplicación de cada uno de los procesos descritos.

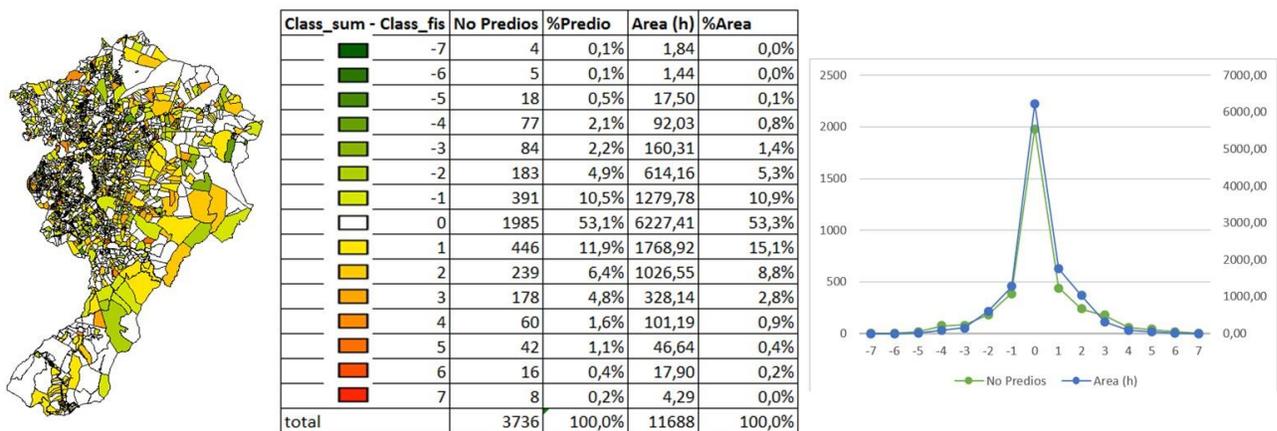


Ilustración 3-21 Diferencia entre la clase obtenida a partir de la suma de los atributos y la obtenida a partir del mapa ráster

Fuente: Elaboración propia

Se observa terrenos de predio que quedan clasificados en diferentes clases cuando se aplica uno u otro método, sin embargo, en términos generales, la asignación de clases conserva la misma dinámica y coherencia. Analizando las diferencias entre un método y otro, se encontró que más del 50% de los predios conserva la misma clasificación, la diferencia máxima en la aplicación de una clase es de 7 puntos, sin embargo los terrenos de predio en donde esto sucede, corresponde a un número bajo y refieren áreas pequeñas. Las diferencias significativas están entre 1 y 3 puntos, lo que se considera aceptable, es decir no se estaría castigando o sobrecalificando un terreno de predio de acuerdo a sus características.

El método escogido para presentar la clasificación física a los predios, es el

correspondiente a la suma de atributos (Resultado 2), debido a que este, se puede justificar en término de la calificación de sus variables independientes e individuales por terreno de predio; el Resultado1, puede tener una mayor fidelidad en cuanto a la clase aplicada, pero por ser un resultado absoluto, es difícil devolverse para explicarlo en términos de las variables. Sin embargo, en la metodología propuesta, este producto es de gran utilidad como un control del resultado 2.

El resultado de las variables aplicadas al nivel de terreno de predio se describe a continuación.

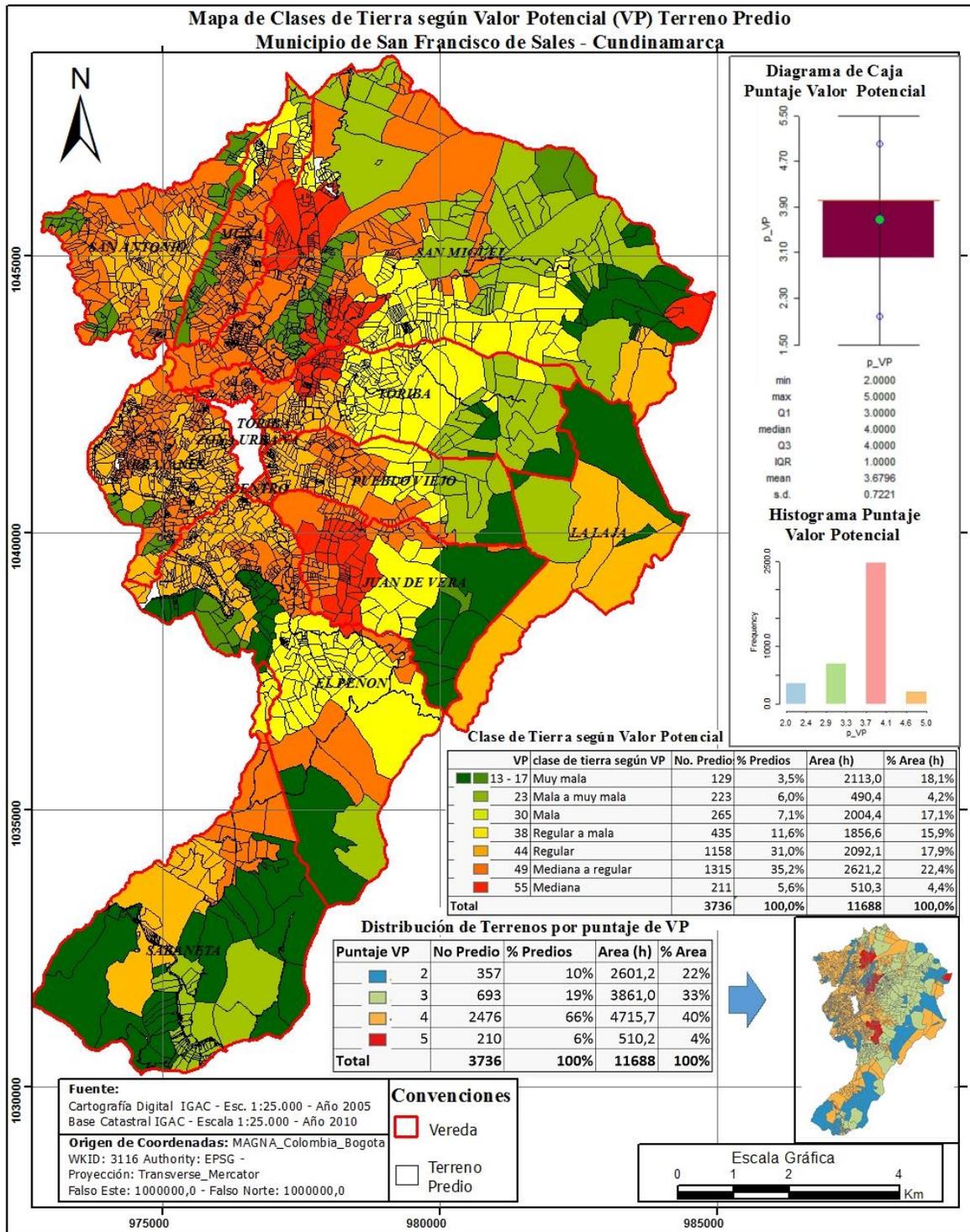
i. Clase de tierra según valor potencial

La capacidad productiva del municipio expresada en el valor potencial se presenta en el municipio, en el rango de 13 puntos (tierras improductivas) a 55 puntos (tierra medianamente buena) (**Mapa 3-5**).

Dentro de los rangos obtenidos se encontró que las tierras potencialmente productivas se localizan en la parte central del municipio en donde la clasificación arrojó tierras regulares. Las tierras regulares a malas se encuentran en la parte oriente de las veredas San miguel y Tóriba, oriente de la vereda La Laja y parte del Peñón, las tierras malas a muy malas se encuentran al nor-occidente en gran parte de las veredas San Antonio, el Muña, Juan de Vera, oriente de la vereda Sabaneta, las tierras improductivas se encuentran al oriente de la vereda San miguel, del municipio (**Fotografía 3-1**).



Fotografía 3-1 Restricciones y limitaciones del suelo, Municipio San Francisco - Vereda Sabaneta



Mapa 3-5 Clasificación de terreno de predio por Valor Potencial– San Francisco

El clima del municipio se caracteriza para la zona nor- occidente al nivel de las veredas San Antonio, el Muña, Arrayanes y parte baja de Juan de Vera, San Miguel, Tóriba y el

peñón, por ser un clima Frio seco, la zona central del municipio, parte media de las veredas San Miguel y Tóriba y parte Norte del Muña cuentan con un clima muy frio muy húmedo; y el resto se clasifica en unidad climática frio pluvial. Gran parte del municipio cuenta con limitaciones por pedregosidad y rocosidad, la parte nor-occidente del municipio, no tiene restricciones de este tipo, lo que indica mejores condiciones para explotación económica.

Más del 70% de los terrenos de predios se calificaron según su valor potencial, con 3 y 4 puntos considerados como las mejores tierras del municipio, sin embargo estos predios ocupan menos del 50% del área del municipio, espacialmente se observa que estos predios son de tamaños medianos a pequeños y están localizados cerca de la cabecera municipal. Las tierras calificadas con un punto, ocupan el 40% del área y corresponden tan solo al 16% de los predios del municipio, coincidiendo con los terrenos de predios más grandes del municipio que en su mayoría corresponden a zonas de protección o bosques naturales.

ii. Aprovechamiento de fuentes hídricas

Teniendo en cuenta que los principales ríos del municipio son: el Rio San Miguel, el Rio cañas y, el Río Sabaneta, y de acuerdo a la encuesta realizada, la percepción de la población respecto de la importancia y calidad del agua es que el rio San Miguel es el más importante en el municipio, seguido del Rio Cañas, y en igual situación se encuentra el Río Sabaneta. La quebrada Tóriba por su parte es la más contaminada, en atención a que recibe los vertimientos de aguas negras de la mayoría de la población. En visita de terreno, se comprueba este panorama en donde la zona aledaña al rio San Miguel cuenta con mejores suelos y mejor producción que el área del rio cañas en donde se encuentran terrenos más degradados físicamente.

El uso del agua de los ríos principales como San Miguel, Cañas y Sabaneta, es utilizada sobre todo para regadío de cultivos y ganado, ya que en su mayoría el agua para consumo humano proviene de los acueductos veredales, localizados en los nacedores **(Fotografía 3-2)**.



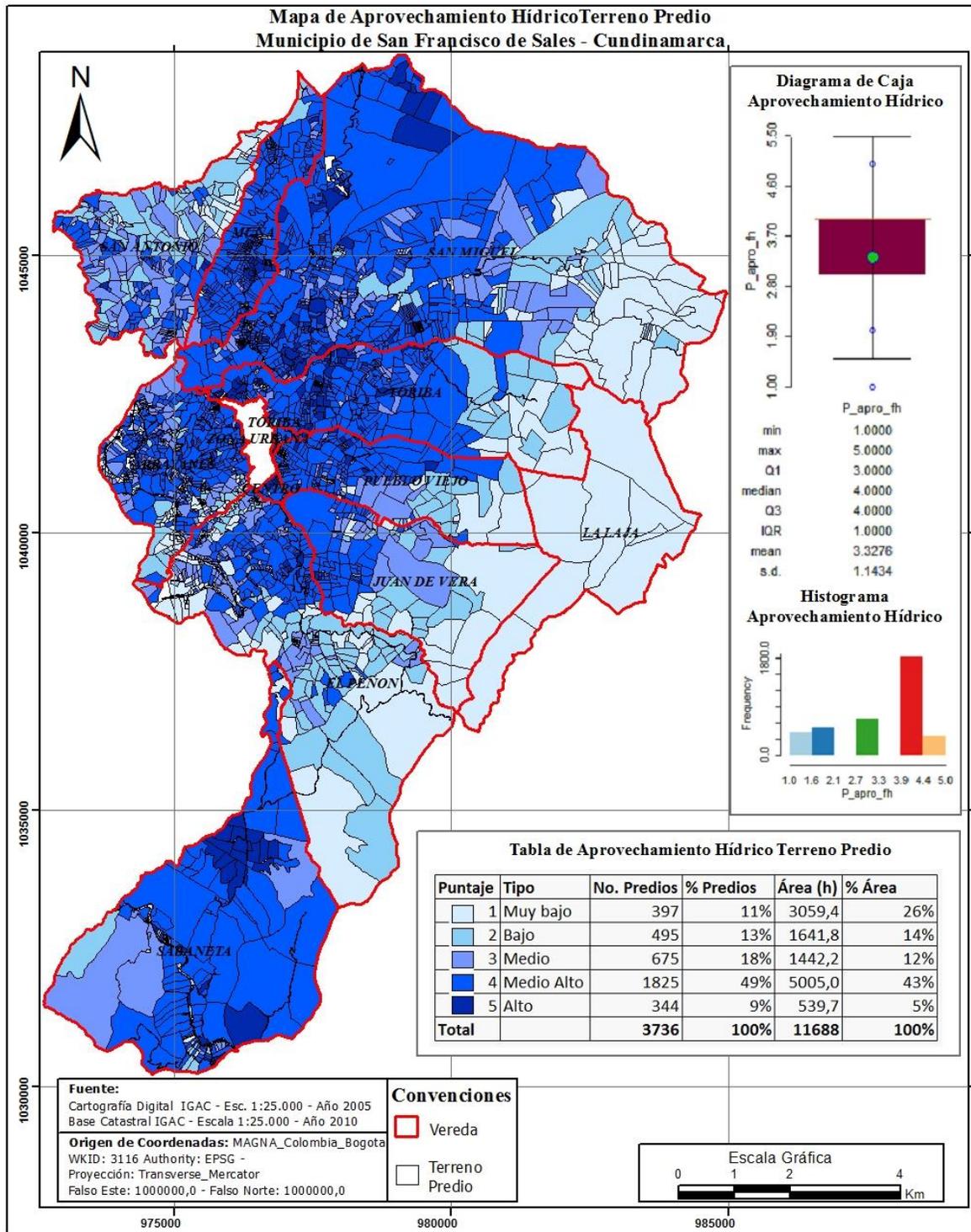
Fotografía 3-2 Aprovechamiento de recurso hídrico en el municipio – Acueducto veredal nacedero el Cajón - Vereda el Peñón.

El mapa de aprovechamiento hídrico muestra que el mayor aprovechamiento hídrico se concentra en la parte central del municipio (50% de los predios y 40% del área), en donde este es irrigado por la mayoría de drenajes y el uso que se evidencia es agrícola o ganadero; las áreas protegidas, con pendientes escarpadas, en donde la explotación económica por cultivos o ganado es mínimo, encontramos un aprovechamiento hídrico bajo, también corresponde a los predios con mayor extensión en el municipio (**Mapa 3-6**).

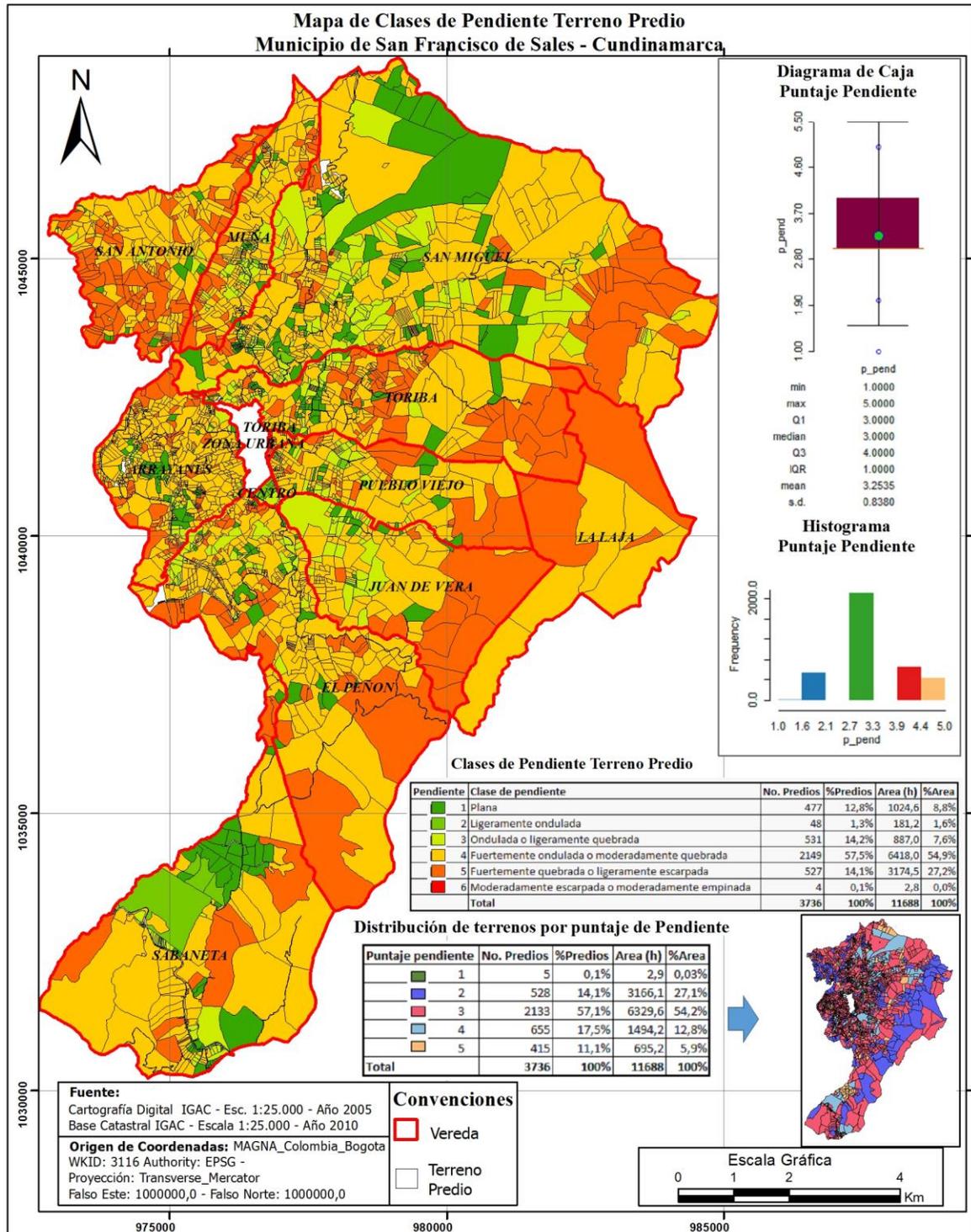
iii. La pendiente

En términos generales, el municipio cuenta con un releve muy quebrado. La clasificación por pendiente obtenida del Modelo Digital de Terreno (DTM), fue aplicada a cada uno de los predios del municipio de San Francisco, encontrando que el municipio en su mayoría cuenta con pendientes fuertemente onduladas a moderadamente inclinada (66% aprox), tan solo el 12% de los predios, correspondiente al 8% en área del municipio se encuentran en pendientes planas, el 14% de los terrenos de predio correspondiente al 27% del área se encuentran en pendientes quebradas e ligeramente escarpadas.

Los predios con mayores pendientes se encuentran en la cordillera La Laja, al oriente del municipio, atravesando las veredas San Miguel, La Laja, Juan de Vera, El Peñón y Sabaneta, y por la parte nor-occidente por la vereda San Antonio; los predios con pendientes moderadas se encuentran hacia el centro del municipio, parte baja de la Vereda San Antonio, Tóriba, Pueblo Viejo, Juan de Vera y el Peñón y por el lado oeste, las veredas El muña y Arrayanes (**Mapa 3-7**).



Mapa 3-6 Clasificación por aprovechamiento hidrográfico a nivel terreno de predio



Mapa 3-7 Clasificación de terreno de predio por pendiente DTM – San Francisco



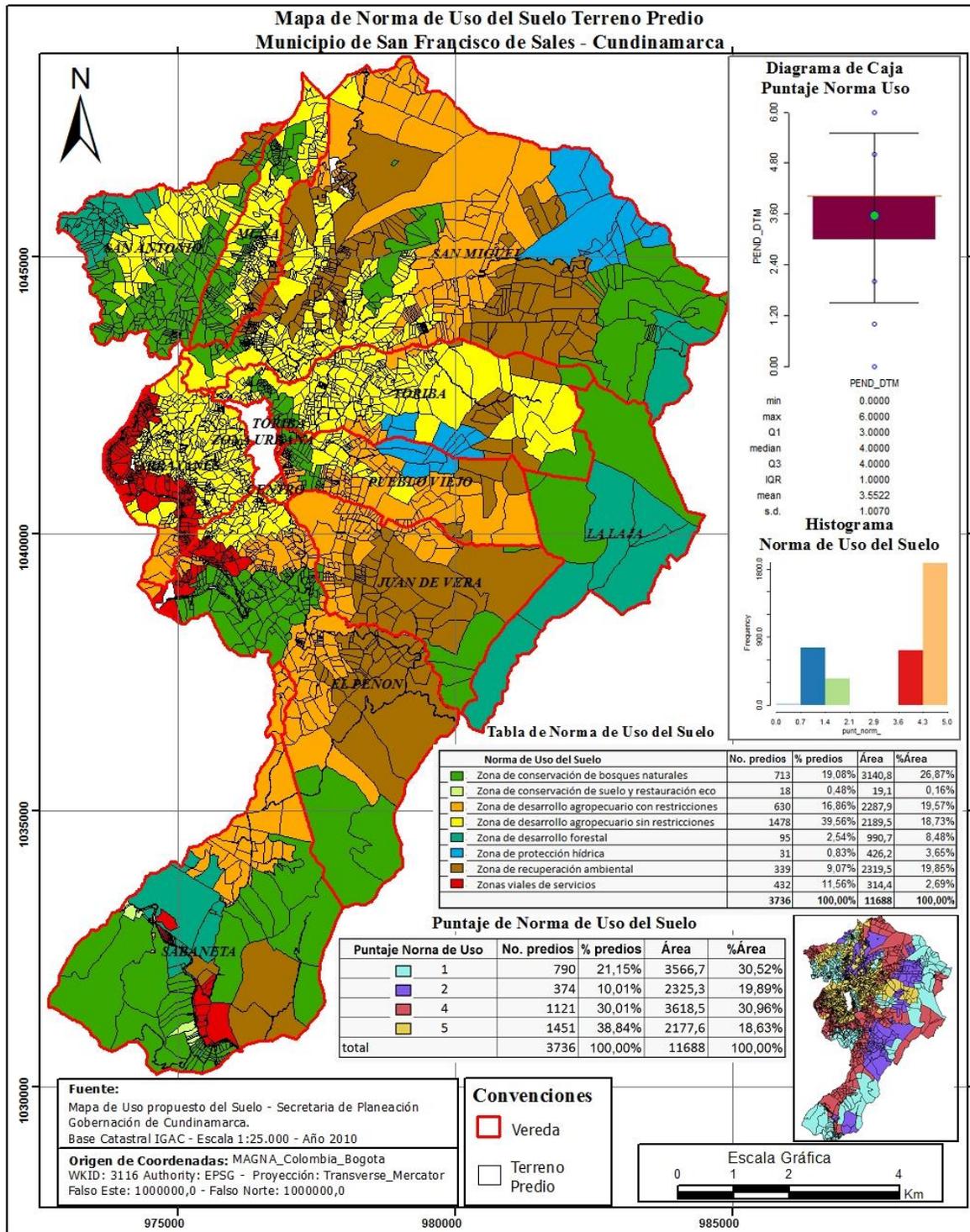
Fotografía 3-3 Pendiente fuertemente quebrada o ligeramente escarpada (izquierda) - ondulada o ligeramente quebrada (centro) – fuertemente ondulada a moderadamente quebrada (derecha).

iv. Norma de uso del suelo

La información sobre norma de uso del suelo, aplicada para los terrenos de predios del municipio, fue obtenida a partir mapa de uso propuesto del Suelo Municipio, escala 1:25.000 del año 2007 (**Mapa 3-8**). Aproximadamente el 40% de los terrenos de predios son zonas de desarrollo agropecuario sin restricciones, sin embargo, el área que estos ocupan corresponde solo al 19%, en este sentido, el 17% de terrenos correspondiente al 19% en área es agropecuario con restricciones, gran parte del municipio corresponde a zonas de conservación ambiental y protegidas (35% de los predios, 50% del área).

v. Uso del suelo

La actividad económica del municipio de San Francisco, verificada mediante en visitas de campo y entrevistas a pobladores rurales, se basa principalmente en agricultura. Los productos predominantes son, el café, caña de azúcar, los frutales como, la naranja, mandarina, guayaba, plátano, mango, aguacate, encontrados en la mayoría de veredas del municipio, se da la producción de otros cultivos como el tomate, feijoa guanábana, yuca, lulo silvestre, en menos proporción. Como caso particular, en la vereda la Laja se encuentran cultivos de papa debido a su altura y clima. Este uso fue interpretado en el mapa de uso del suelo dentro de las áreas agrícolas heterogéneas, representada en un área significativa en el municipio (51%).



Mapa 3-8 Clasificación predial por Norma de Uso

Fuente: Tomado del mapa de uso propuesto del Suelo Municipio de San Francisco – Secretaría de Planeación – gobernación de Cundinamarca, escala 1:25.000, año 2.007

La ganadería extensiva, 10 a 15 novillos por hectárea, se localiza por lo general en las veredas Juan de Vera, La Laja, el Peñón y San Miguel Alto, el Peñón, Pueblo viejo y Tóriba, interpretado en la imagen dentro de la cobertura arreglos silvopastoriles, ocupando más del 26% del territorio rural del municipio. El municipio cuenta con un área considerable en bosques naturales y seminaturales.

Los confinados agropecuarios como los galpones, marraneras, se encuentran contempladas en la leyenda dentro de las zonas urbanizadas – áreas construidas.

Usos presentes en el municipio como el turismo con cabañas y zonas de recreación con piscinas y balnearios y pozos artificiales para cultivos de trucha, no fueron separados en el mapa. Al desarrollar la clasificación de la imagen y aplicar la leyenda de usos agropecuarios del suelo a escalas mayores a la escala 1:25.000 (IGAC; UPRA, 2015), se dio la obligación de agrupar usos, en atención a que en la mayoría del territorio se presentan mezclados, por lo que es imposible definir una unidad de mapeo tan detallada. Sin embargo, la diferenciación entre usos del suelo para el objetivo que persigue la metodología es precisa y confiable.

Los resultados obtenidos del mapa de coberturas se corroboraron con los usos de la tierra realizados mediante interpretación y con la información complementaria, se obtuvo los resultados mostrados en el **Mapa 3-9**.



Fotografía 3-4 Cultivo de café con sombrío de plátano Vereda El Peñón (izquierda) vereda, Cultivo de caña de azúcar - Vereda Tóriba (derecha).

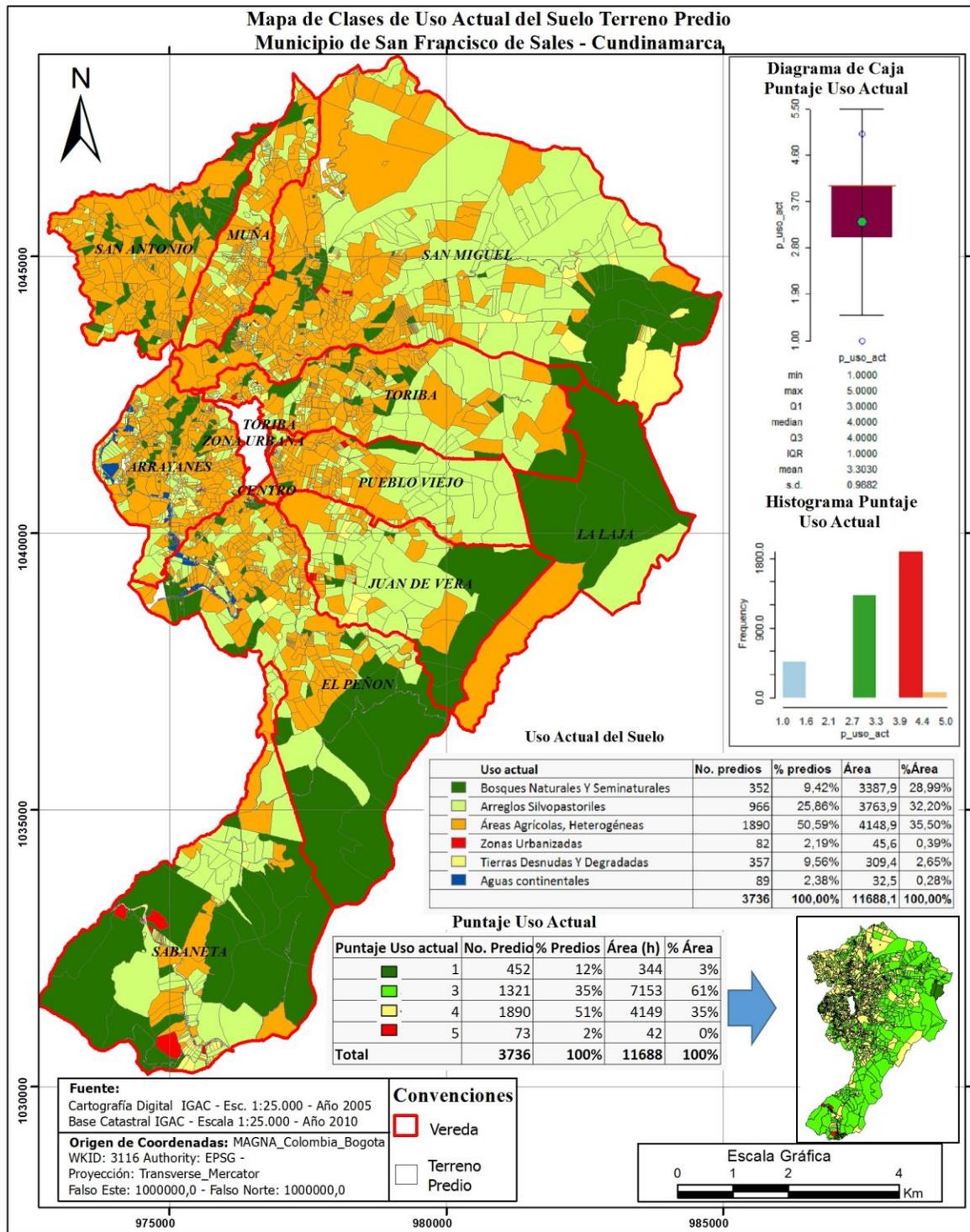
Tabla 3-22 Uso actual municipio de San Francisco

| Uso Actual | Descripción | Uso interpretado | | |
|---|---|-----------------------------------|----------|---|
| | | Nivel Local | Regional | - |
| Uso Forestal | Son aquellas tierras que se encuentran con especies arbóreas y arbustivas, cuyo uso principal es ecológico, el uso secundario está enfocado a la utilización de sus semillas, frutos y cortezas, con el fin de generar algún tipo de beneficio económico a una comunidad. | Bosques Naturales Y Seminaturales | |  |
| Uso Agroforestal | Usos agroforestales que están establecidos en áreas de uso forestal, donde se integran especies arbóreas y/o arbustivas que pueden ser maderables, con usos pecuarios, razón por la cual, el uso principal varía de acuerdo a las condiciones agroclimáticas y el beneficio económico que se obtiene de su implementación. | Arreglos Silvopastoriles | |  |
| Uso Agrícola | Se define a Nivel 1 en esta categoría como las tierras que tienen una funcionalidad de laboreo agrícola, en terrenos que han sido transformados y ocupados para la producción de cultivos cuyo objetivo es satisfacer las necesidades alimentarias, comerciales agrícolas y agroindustriales. Comprende las áreas establecidas para Cultivos Permanentes, Cultivos Transitorios, Confinados Agrícolas y Tierras Inactivas. Estos usos se encuentran en el municipio en forma heterogénea. | Áreas Agrícolas, Heterogéneas | |  |
| Áreas Abiertas, Sin o Con Poca Vegetación | Esta cobertura corresponde a las superficies de terreno desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, debido a la ocurrencia de procesos tanto naturales como antrópicos de erosión y degradación extrema. | Tierras Desnudas Y Degradadas | |  |
| Territorios Artificializados | Terrenos que estando en terreno rural se encuentran con tejido urbano continuo Residencial o comercial o tejido urbano discontinuo Residencial o comercial. | Zonas Residencial Urbanizadas | |  |
| Superficies de Agua | Hidrografía | Aguas Continentales | |  |

Fuente: Elaboración Propia, definiciones IGAC; UPRA, 2015

i. Análisis de accesibilidad

De la información extraída de la cartografía básica, sobre las vías que atraviesan internamente el municipio, su tipología y clasificación, se encontró que la conformación de la red vial del municipio cuenta con las siguientes características mostradas en la **Tabla 3-23**.



Mapa 3-9 Mapa uso actual del suelo de terreno del predio – San Francisco

Tabla 3-23 Tipología de vías presentes en el municipio de San Francisco

| Tipo de Vía | Categoría | Longitud (km-carril) |
|--------------|------------------|----------------------|
| 1 | 2 o más carriles | 41,16 |
| 3 | 1 carril | 1,74 |
| 4 | 1 carril | 2,13 |
| 5 | 1 carril | 83,14 |
| 6 | Vía natural | 120,03 |
| 7 | Camino sendero | 131,27 |
| Total | | 379,46 |

Fuente: Elaboración propia con base en la cartografía básica IGAC 2.005

Se observa que las vías tipo 5, 6 y 7 equivalen al 88% del total de la red vial del municipio, mientras que las dos vías principales corresponden sólo al 10%, lo que corresponde con la categoría municipal (6), de menos de 10.000 habitantes. Teniendo en consideración que, para el municipio, se evidencia un crecimiento importante entre 2005 y 2016 de la población municipal, 17%, por los desarrollos de proyectos inmobiliarios, de acuerdo a las proyecciones de población del Departamento Nacional de Estadística. (DANE, 2006).

Los Indicadores de accesibilidad para el municipio de San Francisco se muestran en la **Tabla 3-24**. Para este análisis se escogió como velocidad máxima permitida 60Km/h, en virtud del tipo de relieve que conforma el territorio municipal, no podrían desarrollarse velocidades mayores a esta, así se mejore la infraestructura vial interna.

Se obtuvo como resultado un mapa de clases que representa el grado en que cada vereda es accesible, de acuerdo a cinco categorías: muy baja, baja, media, medio alta y alta. El resultado del análisis para el municipio aplicado a nivel terreno de predio se muestra en el **Mapa 3-10**.

En el mapa, se resalta que la vereda La Laja no tiene acceso en el municipio hacia y desde la cabecera municipal, al menos por vías establecidas, esto se muestra inicialmente cuando el software calcula la matriz origen destino (**Tabla 3-24**.) para esta vereda, los valores de cero (0) indican que no hay comunicación vial entre este punto y los demás, gráficamente se destaca este hecho con colores verde claro y oscuro en el **Mapa 3-10**.

Tabla 3-24 Matriz origen – destino para las veredas de San Francisco Cundinamarca

| Vereda | Sum_TR | Sum_TI | Sum_long_m | Indicador de accesibilidad |
|---------------|---------------|---------------|-------------------|-----------------------------------|
| Sabaneta | 246,6 | 64,3 | 85699,3 | 3,8 |
| El Peñon | 154,4 | 29,4 | 39201,6 | 5,3 |
| La Laja | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Juan de Vera | 159,8 | 29,7 | 39550,8 | 5,4 |
| Pueblo Viejo | 154,5 | 26,2 | 34911,2 | 5,9 |
| Arrayanes | 144,3 | 28,2 | 37614,4 | 5,1 |
| Zona Urbana | 121,8 | 24,3 | 32437,0 | 5,0 |
| Tóriba | 225,6 | 28,7 | 38317,1 | 7,8 |
| Muña | 354,2 | 32,1 | 42813,9 | 11,0 |
| San Miguel | 235,7 | 34,3 | 45729,4 | 6,9 |
| San Antonio | 220,5 | 37,1 | 49481,4 | 5,9 |

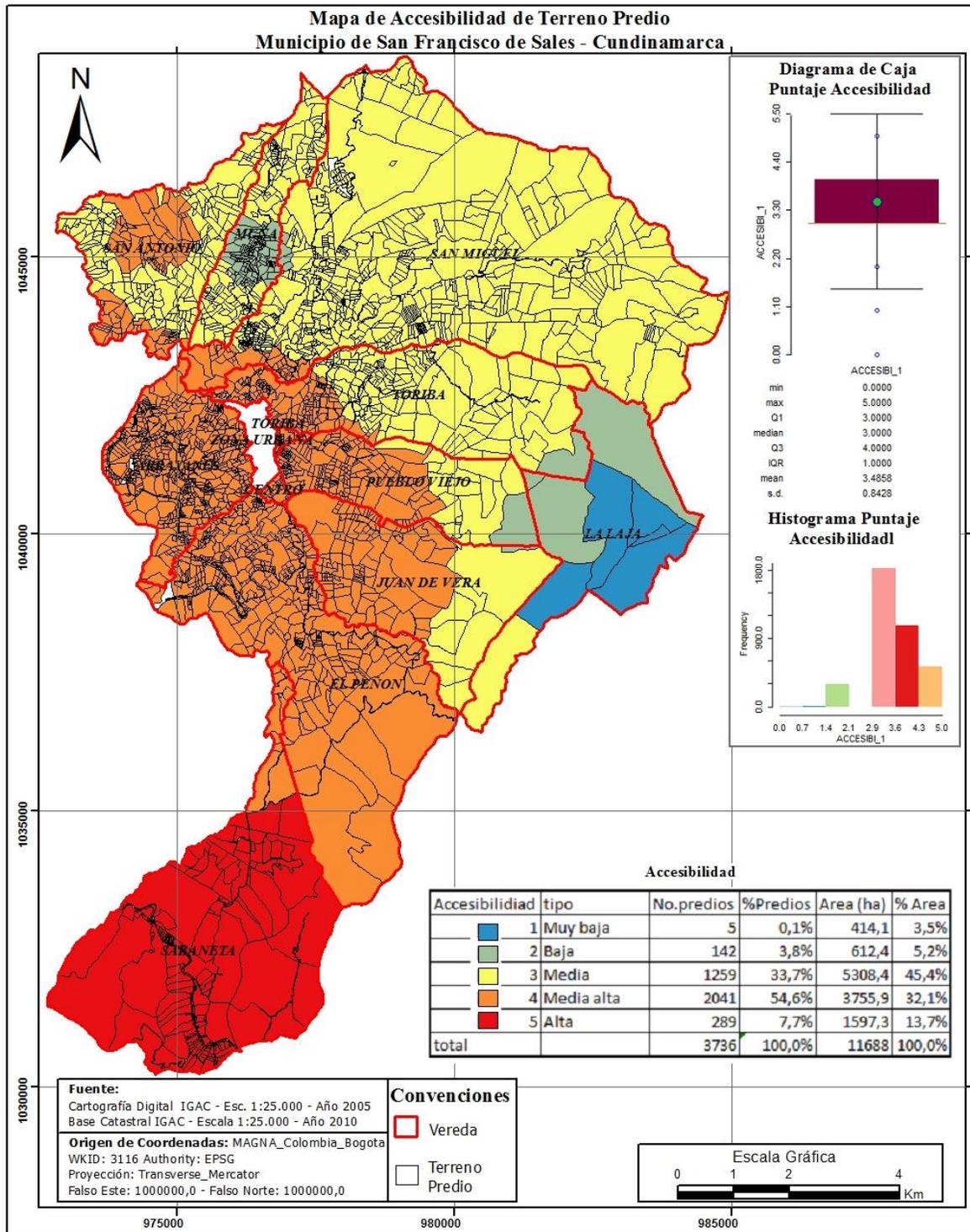
Fuente: Elaboración propia

En verificación en el terreno, encontramos que no se cuenta vías internas carretables, en el municipio que comuniquen esta zona con las demás veredas.

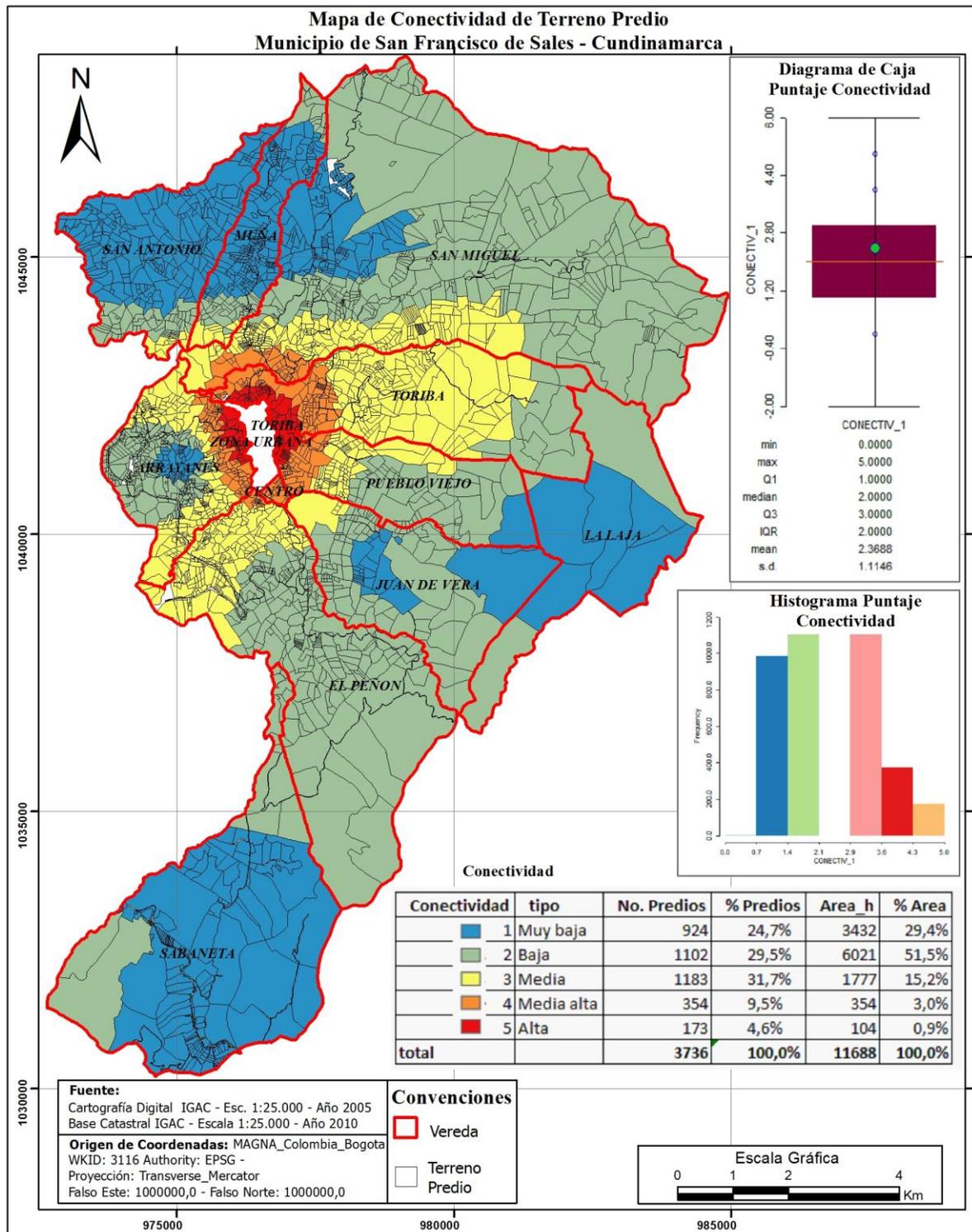
Consultado Acuerdo 21 de 1999, por medio del cual se sancionó el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del municipio de San Francisco, encontramos que esta vereda es atravesada por la Cordillera la Laja, que igualmente comprende gran parte del área de reserva forestal para conservación y preservación del medio ambiente y zonas de humedales, alcanzando alturas entre los 2500 a 2600 msnm, con pendientes entre 30 y 70%, cuyo uso se reduce a la reforestación, zonas de nacimientos y conservación de cuencas, recursos hídricos y sostenimiento de vida silvestre, lo que responde al hecho de que la zona no cuente con vías de comunicación, indicando que el resultado es correspondiente con la realidad.

i. Análisis de conectividad

El análisis de conectividad realizado al interior del municipio, a nivel vereda, se observa que la zona con mayor conectividad se encuentra en sectores aledaños a la cabecera municipal, hacia donde confluye la mayor cantidad de vías con mejor infraestructura en cuanto a su recubrimiento y estado de conservación. Las zonas con peores condiciones de conectividad corresponden a predios localizados en las veredas Sabaneta, San Miguel y la Laja, tales condiciones podrían ser debidas al relieve, accidentes naturales o malas condiciones de infraestructura vial (**Mapa 3-11**). El Indicador de conectividad calculado para el municipio se muestra en la (**Tabla 3-25**).



Mapa 3-10 Mapa de accesibilidad de terreno de predio – San Francisco



Mapa 3-11 Mapas de conectividad de terreno de predio – San Francisco

Tabla 3-25. Indicador de conectividad por vereda para el municipio de San Francisco Cundinamarca

| nombre | conectividad |
|--------------|--------------|
| Sabaneta | 2 |
| El Peñon | 3 |
| La Laja | 1 |
| Juan de Vera | 2 |
| Pueblo Viejo | 3 |
| Arrayanes | 2 |
| Zona Urbana | 10 |
| Toriba | 4 |
| Muña | 2 |
| San Miguel | 2 |
| San Antonio | 1 |

Fuente: Elaboración propia

i. Otras variables

Para la clasificación física de municipio, no fueron consideradas otras variables adicionales

4.Resultados

4.1 Comparación de la metodología de ZHF vigente frente a la Clasificación física propuesta

Obtenido el resultado de la clasificación física como información básica para la determinación de su valor catastral, para cada uno de los terrenos de predio del municipio y su clasificación por las variables, valor potencial, pendiente, uso actual del suelo, norma de uso, aprovechamiento de fuentes hídricas, accesibilidad y conectividad, se procede a realizar su confrontación con el estudio vigente correspondiente a las Zonas Homogéneas Físicas del municipio obtenido de la actualización catastral puesta en vigencia en el año 2010.

Es de tener en cuenta que, por ser procedimientos con criterios y variables diferentes, la comparación entre el resultado obtenido por la clasificación física propuesta y el estudio de ZHF vigente, no es posible de desarrollar, por lo que en adelante se hablará de confrontación entre los dos estudios, para variables orientadas a una misma temática.

En una primera confrontación cualitativa a nivel visual de los dos estudios (**Ilustración 4-1**). Se observa un patrón de comportamiento similar en cuanto a la distribución de clases por colores, en donde los rojos, considerados terrenos con mejores atributos, están localizados en cercanía a la cabecera municipal, y los azules y verdes, de menores atributos, por su parte se localizan en la parte este del municipio a nivel de la cordillera la Laja.

Para el estudio vigente, en particular se observan clusters o agrupaciones de predios por color muy definidos y discretos; esto se asume, es debido a que parte de un resultado de zonificación, mientras que para la clasificación propuesta los colores van en transición,

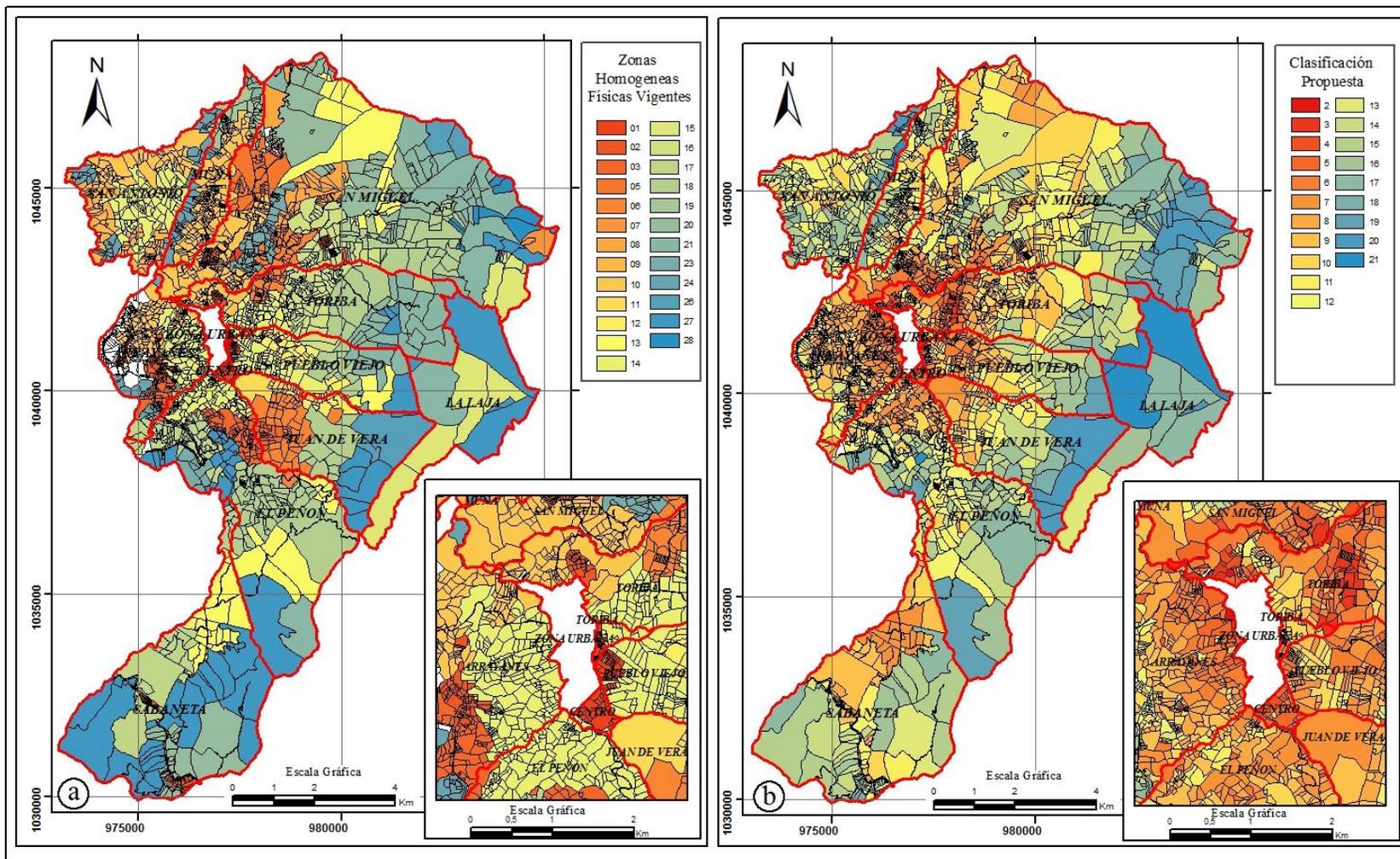


Ilustración 4-1 Confrontación Zonas Homogéneas Físicas vigentes frente (a) Caracterización Física propuesta, nivel terreno de predio – San Francisco (b)

Fuente: Elaboración propia con base en la cartografía catastral 1:25.000 IGAC, 2010

de acuerdo con la gama escogida, mostrando una mayor continuidad.

Con el fin de tener una mejor aproximación del comportamiento del estudio vigente frente a la clasificación física propuesta, se graficó la distribución por terreno de predio y áreas en diagramas de barras, tanto para el estudio de ZHF, como para la clasificación propuesta, este resultado se muestra en la **Ilustración 4-2** e **Ilustración 4-3**.

En el gráfico de distribución para terrenos de predio y área, de las zonas homogéneas físicas vigentes, se observa gran dispersión en los datos. El mayor número de predios se encuentran en la zona 10 y 14 mientras que los predios con mayor área se encuentran en las zonas 18, 21 y 27 (**Ilustración 4-2**).

Para la clasificación propuesta se visualiza una distribución más normal, en donde aproximadamente 80% de los terrenos de predios se encuentran en las clases 6 a 14, correspondientes, las mayores áreas se encuentran entre la clase 10 y 16 a los de menor área y los terrenos de predios con mayor área se encuentran entre la clase 13 y 23 y las menores áreas y predios se encuentran en las clases 1 a 4 consideradas como las mejores tierras y las tierras con condiciones menos favorables ocupan áreas considerables se encuentran entre las clases 18 a 22 (**Ilustración 4-3**).

se encuentran localizados en cercanía a la cabecera municipal, o a las vías de acceso y se encuentran en mayor cantidad por número de terreno de predio; mientras que los predios con mayor área, son menores en número, en su mayoría son terrenos más alejados de la cabecera, estos coinciden con los terrenos de predio que por sus condiciones físicas, cumplen una función de conservación ecológica y ambiental, cuentan con restricciones o condicionamientos normativos y que por tal motivo tienen baja explotación económica (ver clases 13 a 17).

La descripción de las variables cualitativas que caracterizan los dos estudios, se presenta en la **Tabla 4-1**, para estudio de ZHF vigente aplicado al municipio de San Francisco, y en la **Tabla 4-2**, la clasificación física propuesta.

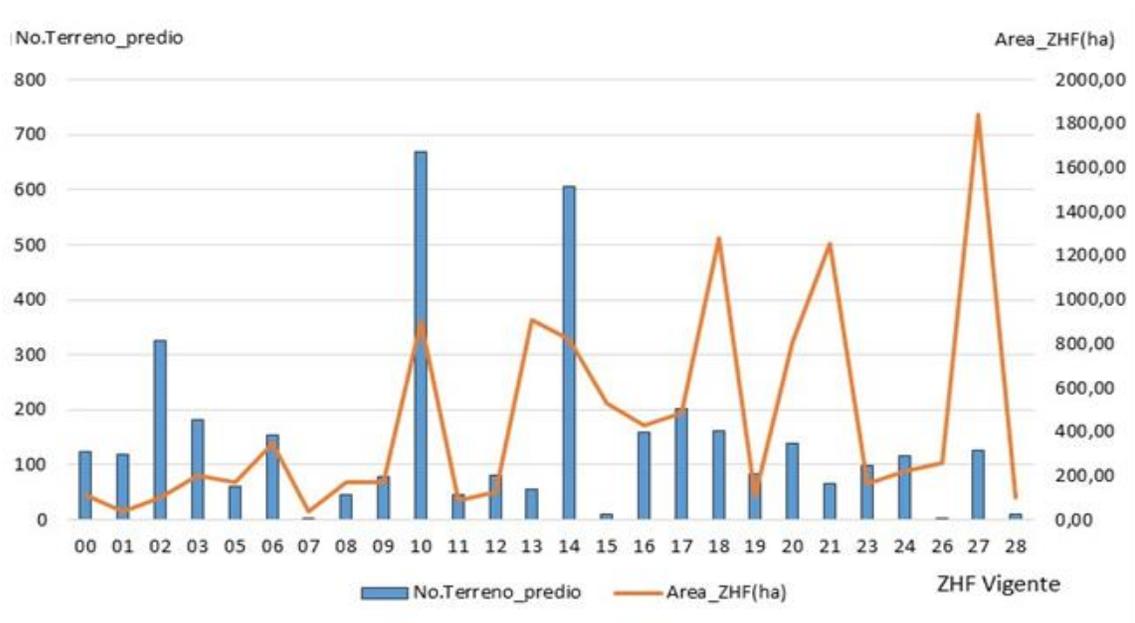


Ilustración 4-2 Distribución de Zonas Homogéneas físicas Vigentes por número de terreno de predio y área
Fuente: Elaboración propia

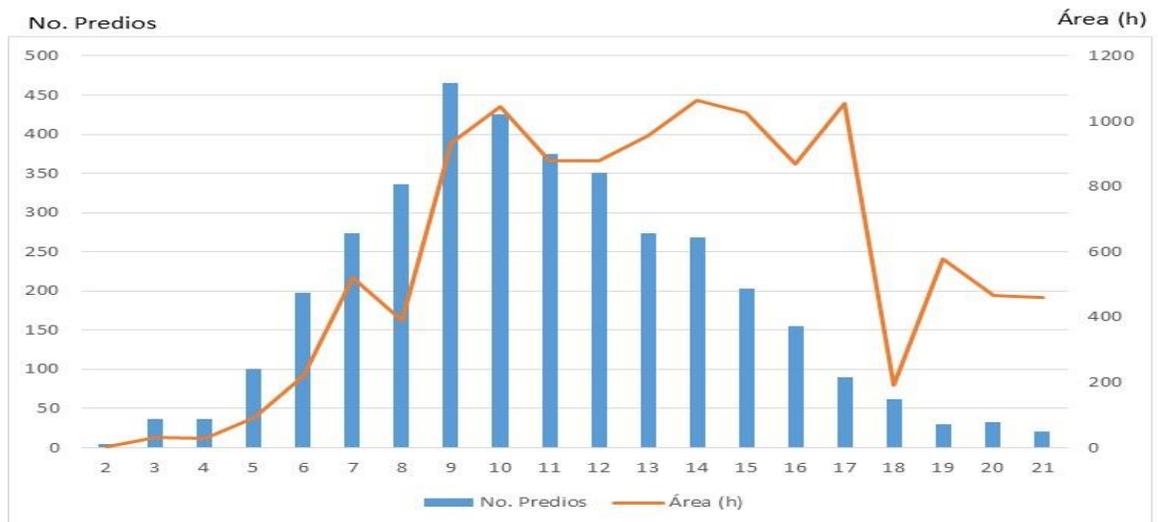


Ilustración 4-3 Distribución de Clasificación Física Propuesta por número de terreno de predio y área
Fuente: Elaboración propia

En correspondencia con la gráfica de distribución, en el mapa se observa que los predios de menor área son los que tienen mejores características físicas, especialmente.

En la **Tabla 4-1**, se observa que el orden de priorización de zonas Homogéneas Físicas no siguió el rigor que define la metodología vigente, que es la ordenación de mayor a

menor valor potencial, seguido de mayor a menor influencia de vías y posteriormente mayor a menor suficiencia de aguas. Por otra parte, no se asoció a la información la norma de uso del suelo, lo que dificulta la comparación del estudio frente a la clasificación propuesta.

Las Zonas Homogéneas Físicas, se describen con un único atributo por variable, mientras que para la clasificación propuesta, una clase puede tener diferentes combinaciones de atributos, como se muestra en la **Tabla 4-2**, en esta clasificación se observa una categorización jerárquica, que como resultado la calificación de sus variables, dan como resultado clases diferenciadas, a mayor puntaje mejores características y a menor puntaje inferiores características. Se observa adicionalmente que las clases extremas tienen menos combinaciones de variables que las clases de puntajes medios donde se da la mayor combinación de estas.

Si se describe la ZHF 01, del estudio vigente, dando lectura a las características que la representan, se encuentra que obedece a terrenos con tierras malas a muy malas, aguas suficientes, vías buenas y uso mixto, esta zona no corresponde a la zona de mejores ni peores características, ya que por una parte es igual a la ZHF 03, y por otra, la ZHF 02, con tierras regulares a malas, es mejor; lo que dificulta la comparación al interior del mismo estudio.

Tabla 4-1 Descripción de las Zonas Homogéneas Físicas del estudio vigente

| ZHF Vigente | Clase de Tierra - Vp | Norma Uso_ | Aguas | Vías | Uso Actual | No. Predios | % Predios | Área (h) | Área % |
|--------------|----------------------|------------|-------------|-----------|----------------------|-------------|-------------|--------------|---------------|
| 01 | Mala a muy mala | | Suficientes | Buenas | Mixto | 120 | 3,2% | 38,6 | 0,3% |
| 02 | Regular a mala | | Suficientes | Buenas | Mixto | 326 | 8,7% | 100,8 | 0,9% |
| 03 | Mala a muy mala | | Suficientes | Buenas | Mixto | 183 | 4,9% | 200,0 | 1,7% |
| 05 | Regular a mala | | Suficientes | Buenas | Otras construcciones | 62 | 1,7% | 167,9 | 1,4% |
| 06 | Mala a muy mala | | Suficientes | Regulares | Otras construcciones | 154 | 4,1% | 345,0 | 3,0% |
| 07 | muy mala | | Escasas | Sin vías | Pastos naturales | 2 | 0,1% | 39,5 | 0,3% |
| 08 | Mediana a regular | | Escasas | Regulares | Pastos naturales | 46 | 1,2% | 172,0 | 1,5% |
| 09 | Mala a muy mala | | Escasas | Regulares | Otras construcciones | 78 | 2,1% | 173,5 | 1,5% |
| 10 | Regular a mala | | Suficientes | Buenas | Otras construcciones | 670 | 17,9% | 901,7 | 7,7% |
| 11 | Regular | | Suficientes | Regulares | Pastos naturales | 46 | 1,2% | 91,9 | 0,8% |
| 12 | Regular a mala | | Escasas | Regulares | Pastos naturales | 81 | 2,2% | 129,5 | 1,1% |
| 13 | muy mala | | Escasas | Regulares | Pastos naturales | 57 | 1,5% | 909,1 | 7,8% |
| 14 | Mala a muy mala | | Suficientes | Regulares | Otras construcciones | 606 | 16,2% | 822,9 | 7,0% |
| 15 | muy mala | | Escasas | Malas | Mixto | 11 | 0,3% | 528,0 | 4,5% |
| 16 | Mediana a regular | | Suficientes | Regulares | Pastos naturales | 159 | 4,3% | 428,4 | 3,7% |
| 17 | Mala a muy mala | | Suficientes | Buenas | Mixto | 201 | 5,4% | 484,3 | 4,1% |
| 18 | muy mala | | Suficientes | Regulares | Pastos naturales | 161 | 4,3% | 1280,1 | 11,0% |
| 19 | Mediana a regular | | Escasas | Regulares | Mixto | 83 | 2,2% | 110,6 | 0,9% |
| 20 | muy mala | | Suficientes | Buenas | Pastos naturales | 140 | 3,7% | 805,6 | 6,9% |
| 21 | muy mala | | Escasas | Malas | Mixto | 67 | 1,8% | 1255,2 | 10,7% |
| 23 | Mediana | | Escasas | Buenas | Otras construcciones | 99 | 2,6% | 167,1 | 1,4% |
| 24 | Regular a mala | | Escasas | Regulares | Tierras con maleza | 117 | 3,1% | 218,9 | 1,9% |
| 26 | muy mala | | Escasas | Sin vías | Tierras con maleza | 4 | 0,1% | 259,3 | 2,2% |
| 27 | muy mala | | Sin aguas | Sin vías | Tierras con maleza | 126 | 3,4% | 1845,4 | 15,8% |
| 28 | muy mala | | Sin aguas | Sin vías | Mixto | 11 | 0,3% | 99,3 | 0,8% |
| Sin Inf | Sin Inf | | Sin Inf | Sin Inf | Sin Inf | 126 | 3,4% | 113,4 | 1,0% |
| Total | | | | | | 3736 | 100% | 11688 | 100,0% |

Fuente: Estudio de ZHF municipio de San Francisco IGAC- 2010

Tabla 4-2 Descripción de las Clasificación física propuesta

| Clase | Puntaje | Clase de Tierra VP | Aprovecha hídrico | Clase Pendiente | Norma de Uso del Suelo | Uso Actual | Accesibilidad | Conectividad |
|-------|---------|--------------------|-------------------|---|---|-----------------------------------|---------------|--------------|
| 2 | 32 | Mediana | Alto | Plana | Zona de desarrollo agropecuario sin restricciones | Áreas Agrícolas, Heterogéneas | Media alta | Alta |
| | | Mediana a regular | | Ondulada o ligeramente quebrada | | Zonas Urbanizadas | | Media alta |
| 3 | 31 | Mediana | Alto | Plana | Zona de desarrollo agropecuario sin restricciones | Áreas Agrícolas, Heterogéneas | Media alta | Alta |
| | | Mediana a regular | | Ondulada o ligeramente quebrada | Zona de desarrollo agropecuario con restricciones | Arreglos Silvopastoriles | Media | Media alta |
| | | Regular | | Fuertemente ondulada o moderadamente quebrada | | Zonas Urbanizadas | | Media |
| 4 | 30 | Mediana | Alto | Plana | Zona de desarrollo agropecuario sin restricciones | Áreas Agrícolas, Heterogéneas | Media alta | Alta |
| | | Mediana a regular | Medio alto | Ligeramente ondulada | Zona de desarrollo agropecuario con restricciones | Arreglos Silvopastoriles | Media | Media alta |
| | | Regular | Medio | Ondulada o ligeramente quebrada | | Zonas Urbanizadas | | Media |
| | | | | Fuertemente ondulada o moderadamente quebrada | | | | |
| 5 | 29 | Mediana | Alto | Plana | Zona de desarrollo agropecuario sin restricciones | Áreas Agrícolas, Heterogéneas | Media alta | Alta |
| | | Regular | Medio alto | Ligeramente ondulada | Zona de desarrollo agropecuario con restricciones | Arreglos Silvopastoriles | Media | Media alta |
| | | Regular a mala | Medio | Ondulada o ligeramente quebrada | Zonas viales de servicios | Bosques Naturales Y Seminaturales | | Media |
| | | | | Fuertemente ondulada o moderadamente quebrada | | Zonas Urbanizadas | | |
| 6 | 28 | Mediana | Alto | Plana | Zonas viales de servicios | Áreas Agrícolas, Heterogéneas | Alta | Alta |
| | | Regular | Medio alto | Ligeramente ondulada | Zona de conservación de bosques naturales | Arreglos Silvopastoriles | Media alta | Media alta |
| | | Mediana a regular | Medio | Ondulada o ligeramente quebrada | Zona de desarrollo agropecuario con restricciones | Bosques Naturales Y Seminaturales | Media | Media |
| | | Regular a mala | | Fuertemente ondulada o moderadamente quebrada | Zona de desarrollo agropecuario sin restricciones | Tierras Desnudas Y Degradadas | | Muy baja |
| | | | | Fuertemente quebrada o ligeramente escarpada | | Zonas Urbanizadas | | |
| 7 | 27 | Mediana | Alto | Plana | Zonas viales de servicios | Áreas Agrícolas, Heterogéneas | Alta | Alta |
| | | Mediana a regular | Medio alto | Ligeramente ondulada | Zona de conservación de bosques naturales | Arreglos Silvopastoriles | Media alta | Media alta |
| | | Regular | Medio | Ondulada o ligeramente quebrada | Zona de desarrollo agropecuario sin restricciones | Bosques Naturales Y Seminaturales | Media | Media |
| | | Regular a mala | Bajo | Fuertemente ondulada o moderadamente quebrada | Zona de desarrollo agropecuario con restricciones | Tierras Desnudas Y Degradadas | | Baja |
| | | Mala a muy mala | | Fuertemente quebrada o ligeramente escarpada | Zona de desarrollo forestal | Zonas Urbanizadas | | Muy baja |
| 8 | 26 | Mediana | Alto | Plana | Zonas viales de servicios | Áreas Agrícolas, Heterogéneas | Alta | Alta |
| | | Mediana a regular | Medio | Ligeramente ondulada | Zona de conservación de bosques naturales | Arreglos Silvopastoriles | Media alta | Media alta |
| | | Regular | Medio alto | Ondulada o ligeramente quebrada | Zona de desarrollo agropecuario con restricciones | Bosques Naturales Y Seminaturales | Media | Media |
| | | Regular a mala | Bajo | Fuertemente ondulada o moderadamente quebrada | Zona de desarrollo agropecuario sin restricciones | Tierras Desnudas Y Degradadas | Baja | Baja |
| | | Mala | Muy bajo | Fuertemente quebrada o ligeramente escarpada | Zona de desarrollo forestal | Zonas Urbanizadas | | Muy baja |
| | | Mala a muy mala | | | Zona de recuperación ambiental | | | |

Fuente: Elaboración propia

Continuación **Tabla 4-2** Descripción de las Clasificación física propuesta

| Clase | Puntaje | Clase de Tierra VP | Aprovecha hídrico | Clase Pendiente | Norma de Uso del Suelo | Uso Actual | Accesibilidad | Conectividad |
|-------|---------|--------------------|-------------------|---|---|-----------------------------------|---------------|--------------|
| 9 | 25 | Mediana | Alto | Plana | Zonas viales de servicios | Áreas Agrícolas, Heterogéneas | Alta | Alta |
| | | Mediana a regular | Medio | Ligeramente ondulada | Zona de conservación de bosques naturales | Arreglos Silvopastoriles | Media alta | Media alta |
| | | Regular | Bajo | Ondulada o ligeramente quebrada | Zona de desarrollo agropecuario con restricciones | Bosques Naturales Y Seminaturales | Media | Media |
| | | Regular a mala | Muy bajo | Fuertemente ondulada o moderadamente quebrada | Zona de desarrollo agropecuario sin restricciones | Tierras Desnudas Y Degradadas | Baja | Baja |
| | | Mala | | Fuertemente quebrada o ligeramente escarpada | Zona de desarrollo forestal | Zonas Urbanizadas | | Muy baja |
| | | Mala a muy mala | | | Zona de recuperación ambiental | | | |
| 10 | 24 | Mediana | Alto | Plana | Zonas viales de servicios | Áreas Agrícolas, Heterogéneas | Alta | Alta |
| | | Mediana a regular | Muy bajo | Ligeramente ondulada | Zona de conservación de bosques naturales | Arreglos Silvopastoriles | Media alta | Media alta |
| | | Regular | Bajo | Ondulada o ligeramente quebrada | Zona de desarrollo agropecuario con restricciones | Bosques Naturales Y Seminaturales | Media | Media |
| | | Regular a mala | Medio | Fuertemente ondulada o moderadamente quebrada | Zona de desarrollo agropecuario sin restricciones | Tierras Desnudas Y Degradadas | Baja | Baja |
| | | Mala | Medio alto | Fuertemente quebrada o ligeramente escarpada | Zona de desarrollo forestal | Zonas Urbanizadas | | Muy baja |
| | | Mala a muy mala | | | Zona de recuperación ambiental | | | |
| 11 | 23 | Mediana | Alto | Plana | Zonas viales de servicios | Áreas Agrícolas, Heterogéneas | Alta | Alta |
| | | Mediana a regular | Medio alto | Ligeramente ondulada | Zona de conservación de bosques naturales | Aguas continentales | Media alta | Media alta |
| | | Regular | Medio | Ondulada o ligeramente quebrada | Zona de desarrollo agropecuario con restricciones | Arreglos Silvopastoriles | Media | Media |
| | | Regular a mala | Bajo | Fuertemente ondulada o moderadamente quebrada | Zona de desarrollo agropecuario sin restricciones | Bosques Naturales Y Seminaturales | Baja | Baja |
| | | Mala | Muy bajo | Fuertemente quebrada o ligeramente escarpada | Zona de desarrollo forestal | Tierras Desnudas Y Degradadas | | Muy baja |
| | | Mala a muy mala | | | Zona de protección hídrica | Zonas Urbanizadas | | |
| 12 | 22 | Mediana | Alto | Plana | Zonas viales de servicios | Áreas Agrícolas, Heterogéneas | Alta | Alta |
| | | Mediana a regular | Medio alto | Ligeramente ondulada | Zona de conservación de bosques naturales | Aguas continentales | Media alta | Media alta |
| | | Regular | Medio | Ondulada o ligeramente quebrada | Zona de conservación de suelo y restauración eco | Arreglos Silvopastoriles | Media | Media |
| | | Regular a mala | Bajo | Fuertemente ondulada o moderadamente quebrada | Zona de desarrollo agropecuario con restricciones | Bosques Naturales Y Seminaturales | Baja | Baja |
| | | Mala | Muy bajo | Fuertemente quebrada o ligeramente escarpada | Zona de desarrollo agropecuario sin restricciones | Tierras Desnudas Y Degradadas | | Muy baja |
| | | Mala a muy mala | | | Zona de desarrollo forestal | Zonas Urbanizadas | | |
| | | Muy mala | | Zona de recuperación ambiental | | | | |

Fuente: Elaboración propia

Continuación **Tabla 4-2** Descripción de las Clasificación física propuesta

| Clase | Puntaje | Clase de Tierra VP | Aprovecha hídrico | Clase Pendiente | Norma de Uso del Suelo | Uso Actual | Accesibilidad | Conectividad |
|-------|---------|--------------------|-------------------|---|---|-------------------------------------|---------------|--------------|
| 13 | 21 | Mediana | Alto | Plana | Zonas viales de servicios | Áreas Agrícolas, Heterogéneas | Alta | Alta |
| | | Mediana a regular | Medio alto | Ligeramente ondulada | Zona de conservación de bosques naturales | Aguas continentales | Media alta | Media |
| | | Regular | Medio | Ondulada o ligeramente quebrada | Zona de conservación de suelo y restauración eco | Arreglos Silvopastoriles | Media | Baja |
| | | Regular a mala | Bajo | Fuertemente ondulada o moderadamente quebrada | Zona de desarrollo agropecuario con restricciones | Bosques Naturales Y Seminaturosales | Baja | Muy baja |
| | | Mala | Muy bajo | Fuertemente quebrada o ligeramente escarpada | Zona de desarrollo agropecuario con restricciones | Tierras Desnudas Y Degradadas | | |
| | | Mala a muy mala | | | Zona de desarrollo agropecuario sin restricciones | Zonas Urbanizadas | | |
| | | | | Zona de desarrollo forestal | | | | |
| | | | | Zona de protección hídrica | | | | |
| | | | | Zona de recuperación ambiental | | | | |
| 14 | 20 | Mediana | Alto | Plana | Zonas viales de servicios | Áreas Agrícolas, Heterogéneas | Alta | Alta |
| | | Mediana a regular | Medio alto | Ligeramente ondulada | Zona de conservación de bosques naturales | Aguas continentales | Media alta | Media |
| | | Regular | Medio | Ondulada o ligeramente quebrada | Zona de conservación de suelo y restauración eco | Arreglos Silvopastoriles | Media | Baja |
| | | Regular a mala | Bajo | Fuertemente ondulada o moderadamente quebrada | Zona de desarrollo agropecuario con restricciones | Bosques Naturales Y Seminaturosales | Baja | Muy baja |
| | | Mala | Muy bajo | Fuertemente quebrada o ligeramente escarpada | Zona de desarrollo agropecuario sin restricciones | Tierras Desnudas Y Degradadas | | |
| | | Mala a muy mala | | | Zona de desarrollo forestal | Zonas Urbanizadas | | |
| | | | | Zona de protección hídrica | | | | |
| | | | | Zona de recuperación ambiental | | | | |
| 15 | 19 | Mediana a regular | Alto | Plana | Zonas viales de servicios | Áreas Agrícolas, Heterogéneas | Alta | Muy baja |
| | | Regular | Medio alto | Ondulada o ligeramente quebrada | Zona de conservación de bosques naturales | Aguas continentales | Media alta | Media |
| | | Regular a mala | Medio | Fuertemente ondulada o moderadamente quebrada | Zona de desarrollo agropecuario con restricciones | Arreglos Silvopastoriles | Media | Baja |
| | | Mala | Bajo | Fuertemente quebrada o ligeramente escarpada | Zona de desarrollo agropecuario sin restricciones | Bosques Naturales Y Seminaturosales | Baja | Muy baja |
| | | Mala a muy mala | Muy bajo | | Zona de desarrollo forestal | Tierras Desnudas Y Degradadas | | |
| | | Muy mala | | | Zona de protección hídrica | Zonas Urbanizadas | | |
| | | | | Zona de recuperación ambiental | | | | |
| 16 | 18 | Mediana | Medio alto | Plana | Zonas viales de servicios | Áreas Agrícolas, Heterogéneas | Alta | Media |
| | | Mediana a regular | Medio | Ondulada o ligeramente quebrada | Zona de conservación de bosques naturales | Aguas continentales | Media alta | Baja |
| | | Regular | Bajo | Fuertemente ondulada o moderadamente quebrada | Zona de protección hídrica | Arreglos Silvopastoriles | Media | Muy baja |
| | | Regular a mala | Muy bajo | Fuertemente quebrada o ligeramente escarpada | Zona de recuperación ambiental | Bosques Naturales Y Seminaturosales | Baja | |
| | | Mala | | | Zona de conservación de suelo y restauración eco | Tierras Desnudas Y Degradadas | Muy baja | |
| | | Mala a muy mala | | | Zona de desarrollo agropecuario sin restricciones | | | |
| | | | | Zona de desarrollo forestal | | | | |

Fuente: Elaboración propia

Continuación **Tabla 4-2** Descripción de las Clasificación física propuesta

| Clase | Puntaje | Clase de Tierra VP | Aprovecha hídrico | Clase Pendiente | Norma de Uso del Suelo | Uso Actual | Accesibilidad | Conectividad |
|-------|---------|-----------------------------|-------------------|--|---|--|---------------|--------------|
| 17 | 17 | Mediana a regular | Alto | Plana | Zonas viales de servicios | Áreas Agrícolas, Heterogéneas | Alta | Media |
| | | Regular | Medio alto | Ondulada o ligeramente quebrada | Zona de conservación de bosques naturales | Aguas continentales | Muy baja | Baja |
| | | Regular a mala | Medio | Fuertemente ondulada o moderadamente quebrada | Zona de desarrollo agropecuario sin restricciones | Arreglos Silvopastoriles | Baja | Muy baja |
| | | Mala | Bajo | Fuertemente quebrada o ligeramente escarpada | Zona de desarrollo forestal | Bosques Naturales Y Seminaturales | Media | |
| | | Mala a muy mala Muy mala | | | Zona de recuperación ambiental | Tierras Desnudas Y Degradadas | Media alta | |
| 18 | 16 | Mediana a regular | Medio alto | Plana | Zona de conservación de bosques naturales | Áreas Agrícolas, Heterogéneas | Alta | Media |
| | | Regular | Medio | Ondulada o ligeramente quebrada | Zona de conservación de suelo y restauración eco | Aguas continentales | Media alta | Baja |
| | | Regular a mala | Bajo | Fuertemente ondulada o moderadamente quebrada | Zona de recuperación ambiental | Arreglos Silvopastoriles | Media | Muy baja |
| | | Mala | Muy bajo | Fuertemente quebrada o ligeramente escarpada | | Bosques Naturales Y Seminaturales | Baja | |
| | | Mala a muy mala Muy mala | | | | Tierras Desnudas Y Degradadas | | |
| 19 | 15 | Regular | Medio | Fuertemente ondulada o moderadamente quebrada | Zona de recuperación ambiental | Áreas Agrícolas, Heterogéneas | Media alta | Baja |
| | | Regular a mala | Bajo | Fuertemente quebrada o ligeramente escarpada | Zona de conservación de bosques naturales | Aguas continentales | Media | Muy baja |
| | | Mala | Muy bajo | | Zona de desarrollo forestal | Arreglos Silvopastoriles | | |
| | | Mala a muy mala Muy mala | | | Zona de protección hídrica | Bosques Naturales Y Seminaturales Tierras Desnudas Y Degradadas | | |
| 20 | 14 | Mala | Bajo | Fuertemente ondulada o moderadamente quebrada | Zona de recuperación ambiental | Tierras Desnudas Y Degradadas | Media | Baja |
| | | Mala a muy mala | Muy bajo | Fuertemente quebrada o ligeramente escarpada | Zona de conservación de bosques naturales | Aguas continentales | Muy baja | Muy baja |
| | | Muy mala | | Moderadamente escarpada o moderadamente empinada | Zona de desarrollo forestal Zona de protección hídrica | Bosques Naturales Y Seminaturales Arreglos Silvopastoriles | Baja | |
| 21 | 13 | Mala | Muy bajo | Fuertemente quebrada o ligeramente escarpada | Zona de protección hídrica | Bosques Naturales Y Seminaturales | Media alta | Baja |
| | | Mala a muy mala | | | Zona de conservación de bosques naturales | Arreglos Silvopastoriles | Media | Muy baja |
| | | Muy mala | | | Zona de recuperación ambiental | | Baja | |

Fuente: Elaboración propia

Para la clasificación física propuesta, la clase 2, cuenta con un puntaje de 32, la clase de tierra según VP es mediana o mediana a regular, alto aprovecha hídrico, clase de pendiente plana, norma de uso del suelo corresponde a una zona de desarrollo agropecuario sin restricciones, el uso actual son áreas agrícolas heterogéneas, la accesibilidad es media alta y conectividad, alta a media alta, lo que corresponde con las más favorables características dentro del municipio. De esta misma forma la clase 21 cuenta con un puntaje de 13 puntos y corresponde a la tierra con las características menos favorables en el municipio. Las clases intermedias, un mismo puntaje puede ser consecuencia de la combinación de diferentes atributos, en este sentido, para describir alguna variación de una de estas clases, se requerirá consultar un predio específico. En virtud de lo anterior, la clasificación propuesta establece características diferenciables por terreno de predio.

Se concluye de esta confrontación, que con la clasificación física propuesta, se tienen resultados más específicos y detallados orientados a explicar mejor la realidad de un terreno de predio en forma individual, que los explicados para el estudio de ZHF vigente, que los agrupa.

Confrontando variables individuales tales como influencia de vías en para el estudio vigente, frente al mapa de conectividad y accesibilidad de la clasificación propuesta se puede encontrar alguna similitud en las áreas para la metodología vigente clasificadas como sin vías hacia la cordillera de la laja al oriente del municipio, en donde estos predios cuentan con una accesibilidad y conectividad muy baja; en la zona cercana a la cabecera municipal, el estudio vigente clasifica los predios como vías regulares y buenas, y el estudio propuesto se clasifica con conectividad alta a media alta y accesibilidad media alta; una gran diferencia se encuentra en la parte sur del municipio, el cual es atravesado por la autopista Medellín, en el estudio vigente esta zona se clasifica con vías buenas y sin vías, explicado en el estudio propuesto con accesibilidad alta pero conectividad muy baja, pues pese al tipo de vía que atraviesa la zona, al interior del municipio no hay vías carretables que la conecten (**Ilustración 4-4**).

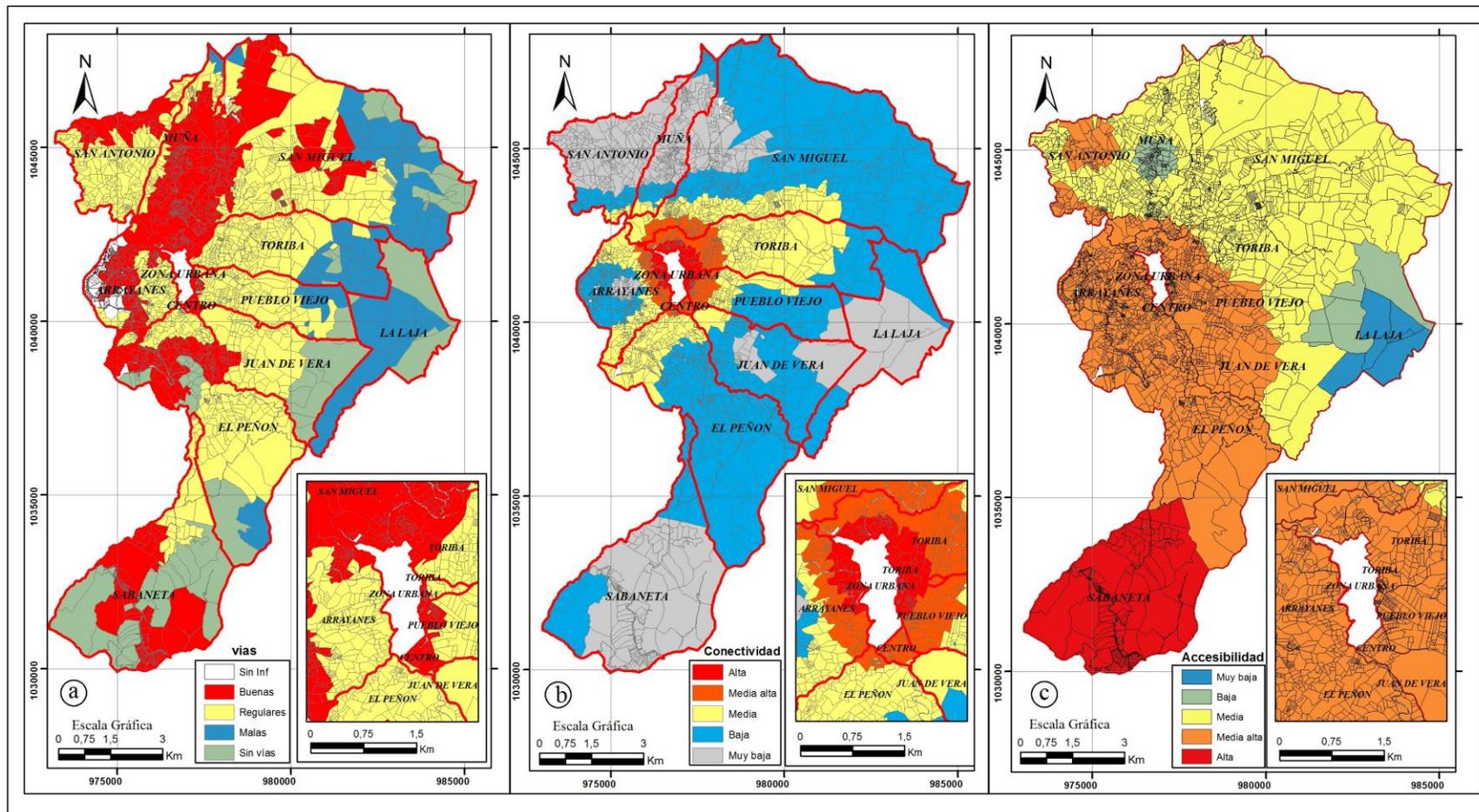


Ilustración 4-4 Confrontación influencia de vías para el estudio de ZHF vigente (a) frente a análisis de conectividad (b) y accesibilidad (c) de la clasificación física propuesta

Fuente: Elaboración propia

Para la variable uso actual del suelo, se observa una gran generalización de usos estos para el estudio de ZHF vigente, tal es el caso del uso “Mixto”, no hace referencia que mezcla de usos presenta, por otra parte, los terrenos caracterizados en cercanías al casco urbano, fueron clasificados como “Otras construcciones”, sin tener en cuenta que estas áreas también se caracterizan por tener terrenos cultivados, adicionalmente la zonificación no contempla la cobertura bosques naturales.

En la clasificación física propuesta se reducen estas imprecisiones, utilizando una leyenda estándar, adicionalmente, la asignación de valores por pixel permitió una caracterización más detallada, de los usos presentes en el municipio (**Ilustración 4-5**).

Otra variable que se logró confrontar fue la suficiencia de aguas superficiales de la metodología de ZHF vigente, frente al aprovechamiento de recurso hídrico de la clasificación propuesta, en donde los dos resultados tienen un comportamiento similar, encontrando mayor aprovechamiento hídrico en la zona centro del municipio, coincidente con aguas suficientes zonificada por el estudio de ZHF vigentes, y hacia la cordillera, el aprovechamiento es muy bajo, correspondiente con aguas escasas y sin aguas del estudio vigente (**Ilustración 4-6**).

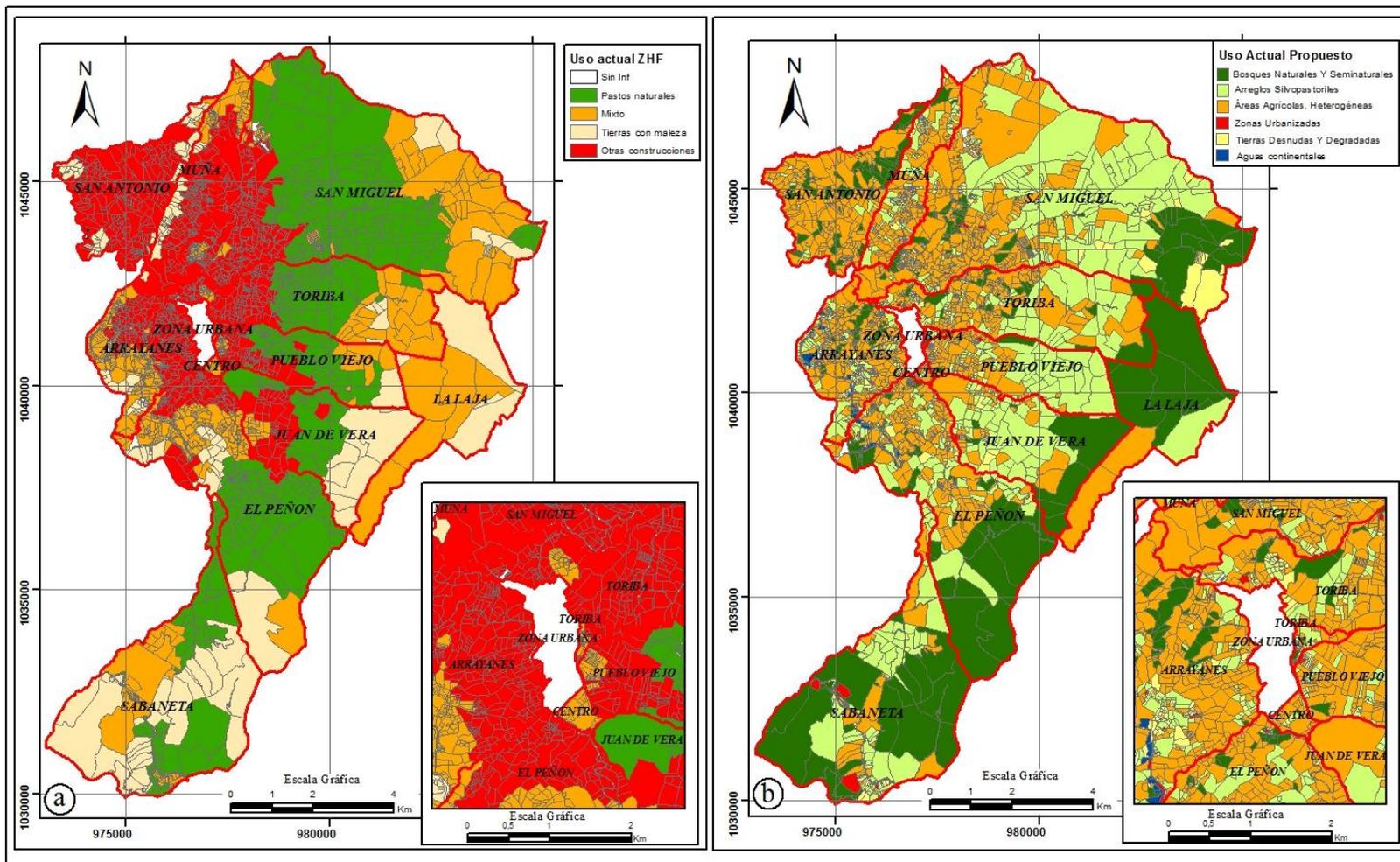


Ilustración 4-5 Confrontación uso actual del suelo para el estudio de ZHF vigente (a) frente a la clasificación física propuesta (b). Fuente: Elaboración propia

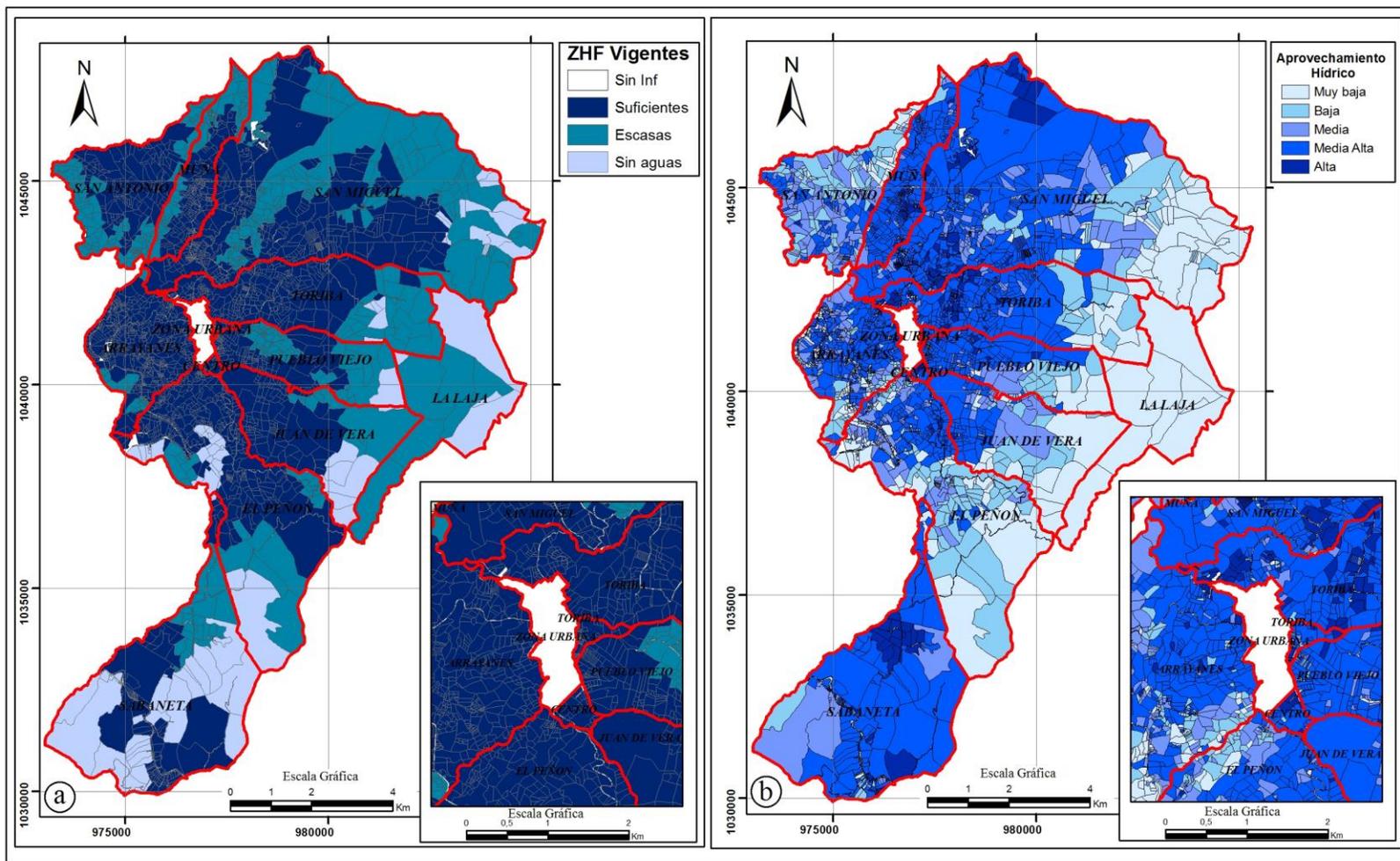


Ilustración 4-6 Confrontación Suficiencia de aguas superficiales para el estudio de ZHF vigente(a) frente a la variable aprovechamiento hídrico de la clasificación física propuesta (b).
 Fuente: Elaboración propia

4.2 Conocimiento obtenido en el desarrollo de la investigación – contraste con los resultados en trabajos previos reportados en la literatura

El sistema de valoración rural utilizado en Colombia, al igual que el de los países de Argentina, Costa Rica, Chile, Ecuador y España referidos en esta investigación, consideran por separado el avalúo del terreno y de las construcciones o mejoras que sobre los terrenos se erigen. Presentando una pequeña diferencia para Chile que considera las construcciones dentro de la valoración solo para predios rurales con casas patronales o con establecimientos cuyo fin sea la obtención de productos agropecuarios primarios, vegetales o animales.

Para la valoración de los terrenos, en Argentina, Costa Rica y Ecuador se considera estudios de zonas homogéneas con características similares en: calidad, potencial productivo y limitaciones de los suelos, topografía y clasificación de vías. Se destaca Ecuador, que tiene en cuenta, además, las cuencas hidrográficas para irradiar la influencia de las zonas a las áreas en donde no se cuenta con información y además considera de manera diferenciada, los predios con explotaciones tecnificadas y la conexión o intersección de vías y las distancias a los centros de interés, conceptos que se tuvieron en cuenta en el modelo propuesto, sin embargo, el solo hecho de contemplar distancia no garantiza el criterio de analizar las salidas de productos, ya que estaría desconociendo la calidad y estado de las vías y su transitabilidad.

Chile por su parte tiene en cuenta la clasificación de los suelos en 8 clases, en donde analiza, las limitaciones de uso, capacidad productiva, pendiente y finalidad; a esta clasificación le aplica unas tablas de valorización con porcentajes de ajuste según los tipos de vías y distancias a centros de abastecimiento; adicionalmente aplican coeficientes por inflación. Frente a esto, por una parte, la metodología vigente en Colombia, se observa que no toma en cuenta la longitud de las vías, lo que sí está considerando implícitamente en la clasificación física propuesta mediante los análisis de conectividad y accesibilidad.

En España el valor del suelo rústico depende de su localización, circunstancias

urbanísticas que lo afecten y su aptitud para la producción. Existen las denominadas zonas homogéneas que hacen referencia a característica de mercado inmobiliario similares para terreno y construcción, específicamente al municipio y unos polígonos de valor, que se encuentran definidos dentro de estas zonas, estos polígonos son llevados a tablas en donde se establecen unos coeficientes correctores del valor de mercado inmobiliario. Las zonas y polígonos de valor no especifican más características físicas que el tipo de uso o aprovechamiento y su intensidad productiva.

La orientación del sistema de valoración masiva para predios rurales en España se proyecta a la utilización Sistemas de Información geográfica, la implementación de Observatorios Catastrales del mercado Inmobiliario, modelos matemáticos de regresión y Redes Neuronales Artificiales (RNA). Por el alcance que tiene la presente investigación con la metodología de clasificación física propuesta, no alcanza a considerar el aspecto económico, es decir no se llega a la determinación de valores unitarios de terreno, sin embargo, esta clasificación para alcanzar los fines de valoración predial, debe ser completada con el análisis económico del mercado inmobiliario, que puede ser determinado por métodos ya establecidos en la metodología vigente u otros métodos que surjan, inclusive podrían desarrollarse análisis de redes neuronales. Esto no restará la importancia de la clasificación física como información soporte para los valores económicos y catastrales a los que se llegue.

En países como Turkia, la valoración masiva, se basa análisis estadísticos de los valores del mercado inmobiliario. No se menciona la caracterización de las tierras.

Ninguno de los sistemas valuatorios mencionados establece procedimientos de análisis espacial, para su caracterización física.

En Albania y Zagreb, ya se adelantan estudios sobre la necesidad de implementar herramientas SIG y análisis espacial tales como DTM, para los sistemas de valoración masiva.

La tributación en zonas rurales de Brasil, toman como referencia la autodeclaración del avalúo, no se cuenta con un inventario de tierras rurales, sin embargo (Da Silva Everton, 2009) recomienda implementar el análisis espacial para los sistemas de valoración masiva.

Se destaca la importancia de contar un Sistema de Administración de tierras claramente caracterizadas en su aspecto físico como soporte para la toma de decisiones de acuerdo a las políticas territoriales, pero también como el apoyo a la determinación de valores ya sean comerciales o catastrales en procura de un mercado inmobiliario justo y para evitar que las fuerzas del mercado por circunstancias propias de las dinámicas territoriales alteren su funcionamiento.

4.3 Ventajas, desventajas y limitaciones de la propuesta metodológica, rutas para trabajos futuros, recomendaciones

4.3.1 Ventajas

Con el modelo propuesto se potencia el uso de fuentes de datos oficiales cuya producción requiere de procesos especializados e involucran gran conocimiento, y esfuerzo por parte de entidades productoras de información estratégica y estandarizada, incentivando el intercambio de datos, que analizados en conjunto con otros datos y fuentes de información, reducen costos y tiempos de operación, simplifican los procesos, evitando la duplicidad de esfuerzos, disminuye la subjetividad y ofrecen conocimiento relevante, preciso, pertinente y confiable para la toma de decisiones, lo que va en completa concordancia con los objetivos de un catastro multipropósito.

Para el modelo propuesto, las variables cuya fuente de información es secundaria, es decir, es información no procesada por el ejecutor del estudio (perito evaluador), tal como Las Áreas Homogéneas de Tierra y la norma de uso del suelo, están desarrollados con estándares nacionales propios de los procesos que los definen, lo que garantizan su calidad y cobertura a nivel nacional.

Uno de los principales impactos de la clasificación física propuesta, se evidencia en la reducción de tiempos de respuesta, pues inicialmente, se evita el recorrido previo al municipio, ya que el procesamiento de la información de entrada dará un conocimiento previo y muy aproximado de todos los aspectos relevantes del territorio en estudio.

Con herramientas como las presentadas para el desarrollo de la clasificación propuesta,

se reevalúa los métodos de zonificación, que involucran en gran medida la generalización y subjetividad en la determinación de características físicas de un territorio, concretiza en gran medida el paisaje territorial y limita la información que sobre este se pueda estudiar, mientras que la metodología propuesta reconoce el territorio como un espacio continuo, con características propias de su geografía, inherentes a su relieve, estructura hídrica, y a sus aspectos entrópicos, reflejados en sus dinámicas territoriales con información de calidad pertinente para fines adicionales a los catastrales.

4.3.2 Desventajas

La calidad y actualización de la información sobre la clasificación física propuesta podría estar sujeta a la cobertura y actualidad de la información de entrada (cartografía, imágenes satelitales, estudios de AHT, Planos de uso normado, etc). Sin embargo, se espera que, de acuerdo a lo establecido en el Conpes de catastro multipropósito, se incremente y actualice la cartografía básica y el uso de fuentes alternativas de información para la gestión territorial.

Las características cualitativas de las clases propuestas de acuerdo a los puntajes obtenidos, no obedecen a una relación uno a uno, pues los terrenos calificadas con el mismo puntaje pueden tener atributos diferentes, lo que dificulta un poco su interpretación.

Para algunas variables cuyas diferenciaciones no se pueden determinar mediante el procesamiento digital, se debe recurrir al criterio de los expertos, por esta razón no se logró eliminar del todo la subjetividad del estudio.

La clasificación física propuesta está orientada a caracterizar los terrenos de predio como unidad mínima de análisis. En los casos en que las áreas de estos terrenos son muy grandes, se generalizan las características, lo cual es necesario para el caso de una representación orientada a la determinación de su avalúo en forma masiva.

En virtud de lo anterior, los predios de tamaño grande (> 300 ha), son objeto de verificación ya que pueden quedar generalizados a la característica (pixel) más representativo, lo que puede impactar en alguna imprecisión. Ejemplo, un terreno de predio de gran tamaño con áreas en usos diferentes, quedará calificado con el uso

predominante en el predio.

No se cuenta con estudios sobre calidad y flujos de agua a escala municipal (subcuenca), sino de tipo regional por cuenca hidrográfica, la información sobre esta temática es escasa, lo que conlleva a desarrollar estudios de percepción para suplir esta limitación.

La selección de imágenes sigue siendo un reto ya que el territorio colombiano cuenta con áreas con nubosidad frecuente.

4.3.3 Rutas para trabajos futuros y recomendaciones

Las consideraciones del catastro multipropósito en Colombia se han orientado a resaltar la importancia del contexto jurídico de la tenencia de la tierra con los derechos y restricciones claramente establecidos, los cuales deben estar en correspondencia con el contexto físico, la identificación precisa de límites, linderos y formas de los terrenos de los predios como elementos que coadyuvan a garantizar su seguridad jurídica. Sin embargo la importancia de la caracterización de los predios en términos de sus atributos físicos, como son el relieve, la productividad, accesibilidad, conectividad, aprovechamiento del recurso hídrico, su uso actual y potencial, deben tener mayor relevancia, ya que son condiciones que permiten soportar las actuaciones y decisiones, no solo en materia de valoración inmobiliaria, sino en materia de gestión territorial.

En la metodología propuesta, el puntaje con que se califica las clases resultantes podría plantearse como un factor ponderante en el cálculo del valor del suelo. De ser aplicado, cada una de las variables propuestas tomará parte de este valor, lo que actuaría como agente regulador en una investigación de mercado inmobiliario.

La metodología de clasificación física propuesta, por los métodos que involucra, podría ser de más fácil y frecuente actualización, en periodos de tiempo inferiores a los 5 años, en que un municipio se considera actualizado catastralmente; los resultados obtenidos en los diferentes momentos serán comparables, dando cuenta de las dinámicas territoriales de un municipio a lo largo del tiempo.

Los criterios de priorización y ponderación de variables, presentados en la investigación,

podrán ser modificados de acuerdo a los criterios de expertos conocedores de cada territorio, en comités o sesiones de trabajo establecidas por la autoridad catastral a fin de definir puntajes de calificación a nivel nacional, constituirlos y elevarlos a un estándar nacional, lo que legitimaría el enfoque territorial (Sepúlveda et al., 2003) con que debe ser aplicado el método propuesto.

Se recomienda tener en cuenta dentro del modelo la variable de informalidad, ya que, según estimaciones del Gobierno, la informalidad en la tenencia de la tierra es el principal limitante para desarrollar un mercado de tierras (Barón, 2013). Esta variable no fue implementada en el modelo propuesto debido a que la información de propietario cuenta con restricción por hábeas data. Aunque esta variable no corresponde al aspecto físico sino al jurídico del terreno del predio, es una característica que se puede espacializar e identificar geográficamente en un territorio.

Las áreas ocupadas por comunidades étnicas, que puedan estar contemplados o no en las normas legales nacionales o territoriales, ya sea que se encuentren legalmente constituidos o no, deben tener un trato especial, ya que estos territorios se podrían estar por fuera del mercado inmobiliario.

Las zonas anteriormente mencionadas, las zonas de conflicto por violencia, zonas protegidas, y otras zonas de carácter especial, conformadas por predios extraídos del mercado inmobiliario, pueden ser caracterizadas físicamente con la metodología propuesta pero deben tener un tratamiento diferenciado.

Los procesos explicados en la clasificación propuesta podrán integrarse en un modelo funcional, para el logro de resultados y estudios en forma masiva.

Para etapas posteriores del proyecto, se propone resolver a través de la estadística espacial, la conveniencia de generar autocorrelaciones locales de la clasificación propuesta, a través de indicadores de Moran, Getis-Ord y Lisa (Local Indicator Spatial Analysis), a fin de reevaluar las operaciones ejecutadas en el modelo, considerando la naturaleza de las variables de acuerdo a las restricciones que pueden existir para variables categóricas y numéricas.

Sería importante desarrollar análisis de correlación con herramientas como Pearson para medir el impacto que el análisis de conectividad y accesibilidad tenga sobre la

clasificación física propuesta.

5. Conclusiones

Se logró el desarrollo de una metodología de clasificación física basada en la operación de variables de fuentes oficiales, cartográficas y de sensores remotos, en forma automatizada y con una alta aproximación a la realidad, cumpliendo con las condiciones para desarrollar una valoración masiva en un contexto catastral, con fines adicionales.

Se logró abstraer el comportamiento de las variables físicas que califican las tierras rurales, conservando las características territoriales, disminuyendo la subjetividad frente a la captura manual y apreciativa de los métodos convencionales.

Se mejoró la calidad, eficiencia y efectividad en la obtención de información útil, respondiendo a uno de los principios del catastro multipropósito como es *la modelización de los procedimientos y el uso de la tecnología geomática*, que conlleva a procedimientos administrativos adecuados y a la optimización de costos (Kalantari et al., 2008).

Queda abolida la generalización por zonas homogéneas para catastro, dando un gran salto a la automatización de los procesos y aproximación a datos reales, logrando abstraer los fenómenos presentes en el territorio rural continuo y dinámico, en mejora del método vigente.

En confrontación con el estudio vigente, se encontró que el comportamiento de los datos obtenidos en la propuesta, cumpliendo con la primera ley de la Geografía sobre la autocorrelación espacial la cual enuncia que, *“Todo está relacionado con todo lo demás, pero las cosas que están más cerca están más relacionadas que las cosas que están más distantes”* (Tobler, 1970, p.236).

Con la propuesta metodológica, el mayor grado de detalle es dado por la caracterización específica para cada terreno de predio, evidenciada en el hecho de que dos predios con

el igual puntaje obedecen a una combinación de características diferentes, lo que no se consigue con metodología de ZHF vigente.

La consistencia del método utilizado, se evidencia en que los resultados obtenidos por clase, son claramente explicados por las variables que la originaron. La calidad del resultado obtenido depende de la calidad de sus fuentes de información

Los resultados obtenidos por su carácter numérico, cuentan con un soporte robusto y estandarizado, base para la determinación masiva de los avalúos catastrales por cualquiera de los métodos o modelos existentes, ya sea como factores de peso o ponderación de precios, o como datos de entrada o entrenamiento en métodos de valuación masiva por redes neuronales.

Los usos probables de la información obtenida mediante esta metodología, ya sea por cada una de las variables o la clasificación obtenida a partir de su operación, responde a las necesidades de un catastro multipropósito, y pueden orientarse a el desarrollo de análisis multitemporales que muestren una dinámica de transformación del territorio y apoyen estudios prospectivos y predictivos en intervenciones territoriales; como fuente de información para el ordenamiento y desarrollo territorial en estudios de mercado individual, o masivo, proyectos que involucren gran cantidad de predios, tal como estudios de infraestructura vial, procesos de regularización de la propiedad, acceso y restitución de tierras, procesos agrarios, entre otros, o, en los diferentes proyectos públicos o privados que la requieran.

Bibliografía

- Acuerdo-21. (1999). *Por el cual se adopta el Esquema de Ordenamiento Territorial Municipal, se definen los usos del suelo para las diferentes zonas de los sectores rural y urbano, se establecen las reglamentaciones urbanísticas correspondientes y se plantean los planes compl.* San Francisco, Cundinamarca.
- Anzlic Committee on Surveying & Mapping. (2015). *Cadastre 2034, Powering Land & Real Property.* Darlington, Western Australia.
- Barón, C. A. S. (2013). *La Inercia de la estructura agraria en Colombia: Determinantes recientes de la concentración de la tierra mediante un enfoque espacial. Cuadernos de Economía.* Bogotá D.C.
- Barrios, F. (2009). *Valoración catastral de bienes Inmuebles en España.* Madrid.
- Blessing, L., & Chakrabarti, A. (2009). *DRM, a Design Research Methodology.* (S.-V. L. Limited, Ed.) (Library of). London.
- Carpenter, J., & Snell, J. (2013). *Future trends in geospatial information management: the five to ten year vision.* United Nations. Retrieved from http://www.intermap.com/hubfs/media/UN-GGIM_Future-trends_in_geospatial_information_management.pdf?t=1508883583843
- Chavez, W. (2009). Modelo de valoración Masiva de bienes inmuebles en Costa Rica. In *Modelos de valoración Inmobiliaria en Iberoamérica* (p. 135 a 189).

Madrid.

- Contreras Ochando, L., & Ferri Ramírez, C. (2016). *Predicción e interpolación dinámica de los niveles de contaminación atmosférica mediante datos de intensidad de tráfico y dirección del viento*. Valencia, España.
- CPCI. (2006). Declaración del Catastro en Iberoamérica, Comité Permanente sobre el Catastro en Iberoamérica. Cartagena, Colombia.
- Da Silva Everton, L. C. (2009). Evaluación masiva de inmuebles en las municipalidades brasileñas: Situación y tendencias para modernización. In *Modelos de valoración Inmobiliaria en Iberoamérica* (p. 63 a 88). Madrid.
- Decreto-1139. (1995). *Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 160 de 1994, en lo relativo a la elaboración del avalúo comercial de predios y mejoras que se adquieran para fines de reforma agraria y la intervención de peritos en los procedimientos administrativos agrarios*. Diario Oficial 41912 de junio 30 de 1995.
- Decreto-1420. (1998). *Por el cual se reglamentan parcialmente el artículo 37 de la Ley 9 de 1989, el artículo 27 del Decreto-ley 2150 de 1995, los artículos 56, 61, 62, 67, 75, 76, 77, 80, 82, 84 y 87 de la Ley 388 de 1997 y, el artículo 11 del Decreto-ley 151 de 1998, que hac*. Bogotá D.C.: Diario Oficial 43.349 del 29 de julio de 1998.
- Decreto-3496. (1983). *Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 14 de 1983 y se dictan otras disposiciones*. Bogotá D.C.: Diario Oficial 36441 de fecha 11 de enero de 1984.
- Di Gregorio, A., & Jansen, L. (2005). *Land Cover Classification System Conceptos de clasificación y manual de usuario Versión del software (2)*. Roma: Rom. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/008/y7220e/y7220e00.htm>
- DNP et. al. (2016). *CONPES 3859 Política para la adopción e implementación de un catastro multipropósito rural-urbano*. Bogotá, Colombia: DNP.
- Echeverri, et al. (2016). *Impactos territoriales de políticas públicas: el caso de prosap*. (I. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Ed.). Buenos Aires.
- ESA, E. S. A. (2017). Copernicus Open Access Hub.

- ESRI. (2016). <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/3d-analyst/idw.htm>.
- Gómez; et al. (2009). Sistemas valuatorios en Colombia. In *Modelos de valoración Inmobiliaria en Iberoamérica* (Vol. 2009, p. 91 a 133). Madrid.
- Güneş, T., & Yildiz, Ü. (n.d.). *Mass Valuation Techniques Used in Land Registry and Cadastre Modernization Project of Republic of TURKEY*. Ankara, Turkey.
- IGAC. (2010a). *Elaboración y actualización de Áreas Homogéneas de Tierras con fines catastrales, Manual de procedimientos*. Instituto geográfico Agustín Codazzi. Bogotá D.C.
- IGAC; UPRA. (2015). *Leyenda de usos agropecuarios del suelo a escalas mayores a la escala 1:25.000* (Imprenta N). Bogotá, Colombia.
- IGAC. Instituto geográfico Agustín Codazzi. (2007). Análisis Geográficos: gestión catastral, número especial estadísticas catastrales 2000 - 2007. Bogotá D.C.: IGAC.
- IGAC, I. geográfico A. C. (2010b). *Elaboración del estudio de Zonas Homogéneas Físicas y Geoeconómicas y determinación del valor unitario por tipo de construcción*. Bogotá D.C.
- IPGH. (2013). *Guía de normas* (Vol. Segunda ed). México, D.F.: Comité ISO/TC 211 Información Geográfica / Geomática.
- ISO 19152:2012. (2013). *Modelo para el ámbito de la administración del territorio (LADM)*. Madrid.
- Jaramillo, S. (2003). *Los fundamentos económicos de la "participación en plusvalías"*. Bogotá D.C.
- Jvaldezch. (2012). Imágenes de satélite y su escala de producción (precisión vs escala).
- Kalantari, M., Rajabifard, A., Wallace, J., & Williamson, I. (2008). Spatially referenced legal property objects. *Land Use Policy*, 173–181. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2007.04.004>
- Kaufmann, J., & Steudler, D. (1998). *Una vision para un sistema catastral futuro*. Copenhagen V Dinamarca.

- Kravchenko, A. (2003). *Estructura espacial en la precisión de los métodos de interpolación*. *Suelo*. Michigan. <https://doi.org/10.2136/sssaj2003.1564>
- Lemmens, M., & Kurm, J. (2000). Theme IX Cadastre and Land Administration II: Valuation, (1), 15–24.
- Lencinas, J. D., & Siebert, A. (2009). *Relevamiento de bosques con información satelital: Resolución espacial y escala* (Vol. 17). Chubut, Argentina.
- Ley-14. (1983). *Por la cual se fortalecen los fiscos de las entidades territoriales y dictan otras disposiciones* (Vol. 1983). Bogotá D.C.: Diario Oficial No. 36.288 de 6 de julio de 1983.
- Ley-1450. (2011). *Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014*. Bogotá D.C.: Diario Oficial No. 48.102 de 16 de junio de 2011.
- Ley-1753. (2015). *Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 "Todos por un nuevo país."* Bogotá D.C.: Diario Oficial. N. 49538 de 9 de junio de 2015.
- Ley-388. (1997). *Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 3 de 1991 y se dictan otras disposiciones*. Bogotá D.C.: Diario Oficial No. 43.091, de 24 de julio de 1997.
- Loyola, C. (2006). *Infraestructura vial y niveles de accesibilidad entre los centros poblados y los centros de actividad económica en la provincia de Ñuble, VIII Región*. Concepción, Chile.
- Milevski, G. (2009). *Mass valuation of comercial real estate for taxation & balance sheet purposes*. Retrieved from https://www.lantmateriet.se/globalassets/om-lantmateriet/diarier-och-arkivredovisning/examensarbeten/fastighetsvardering-och-fastighetstaxering/2009/110_2013_2770.pdf
- Mitasova, L., & Mitas, H. (2005). *Spatial interpolation*.
- Razzak, M. A. (2011). Location profiling in cadastre for property value intelligence. Dhaka, Bangladesh: Government of Bangladesh.
- Razzak, M. A. (2014). Property Value Information Systems (PVIS) : A Glocal Perspective. Kuala Lumpur.
- Resolución-2965. (1995). *Por la cual se establece el procedimiento para la*

- práctica, elaboración y rendición de los avalúos comerciales de predios y mejoras rurales que se adquieran para fines de reforma agraria y se dictan otras disposiciones.* Bogotá D.C.
- Resolución-620. (2008). *Por la cual se establecen los procedimientos para los avalúos ordenados dentro del marco de la Ley 388 de 1997.* Bogotá D.C.: Diario Oficial 47.124 de septiembre 26 de 2008.
- Resolución-70. (2011). *Por la cual se reglamenta técnicamente la formación catastral, la actualización de la formación catastral y la conservación catastral.* Bogotá D.C.: Diario Oficial 47986 de febrero 17 de 2011.
- Ricarte, C. H. (2009). Métodos valuatorios en la república Argentina. In I. de E. F. Ministerio de Economía y Hacienda (Ed.), *Modelos de valoración Inmobiliaria en Iberoamérica* (pp. 21–36). Madrid.
- Roić, M., & Mađer, M. (2008). Mass Valuation Using Quantified Spatial Characteristics of Cadastral Parcels University of Zagreb, (1), 73–80.
- Romero, J. (2009). Manual de Valoración Urbana y Rural. Ecuador Quito. In *Modelos de valoración Inmobiliaria en Iberoamérica* (p. 229 a 290). Madrid.
- Schloeder, C. A., Zimmerman, N. E., & Jacobs, M. J. (2001). Comparison of Methods for Interpolating Soil Properties Using Limited Data. *Division S-8—Nutrient Management & Soil & Plant Analysis*, 470–479.
- Sepúlveda, S., Rodríguez, A., Echeverri, R., Portilla, M., José, S., & Rica, C. (2003). *El Enfoque Territorial del Desarrollo Rural.* San José de Costa Rica.
- Shehu, E., Vorpsi, E. M., & Afezulli, A. (2015). Mass Valuation and the Implementation Necessity of GIS (Geographic Information System) in Albania, 9. <https://doi.org/10.17265/1934-7359/2015.12.012>
- Silva, J. (2015). *Zonas Homogéneas Físicas Rurales (Práctica Municipio de fusagasugá).* Bogotá D.C.
- Sinisa, Mastelic & Cetl, V. (2006). Automatic Calculations Of 3d Characteristics O A Cadastral Parcel For The Purposes Of Mass Valuation. Zagreb, Croatia: University of Zagreb, Faculty of Geodesy.
- Terán, Ernesto y Orrego, C. (2009). Impuesto Territorial en Chile, metodología de tasación fiscal. In *Modelos de valoración Inmobiliaria en Iberoamérica.*

- Madrid.
- Teubal, M. (2006). *La renta de la tierra en la economía política clásica : David Ricardo*. Buenos Aires.
- UPRA, & Universidad Nacional. (n.d.). *Mercado de Tierras Rurales Productivas en Colombia, Caracterización, Marco Conceptual, Jurídico e Institucional*. (Ministerio de Agricultura, Ed.). Bogotá D.C.
- Zeiler, M. (1999). *Modeling our World. ESRI Guide to Geodatabase Design*. New York.