



Estructura Ecológica de Soporte (EES) para el ordenamiento territorial: caso del municipio de La Florida*

Ruby Alicia Criollo Martínez^a ■ Eduardo Aquiles Gutiérrez Zamora^b
■ Gustavo Córdoba Guerrero^c ■ Diana Marcela Rodríguez Espinosa^d

Resumen: La Estructura Ecológica Principal (EEP) es fundamental para el ordenamiento territorial, ya que permite incluir criterios ambientales para el ordenamiento del suelo rural, el desarrollo de proyectos urbanísticos, de parcelación y edificaciones; no obstante, en muchos planes de ordenamiento territorial (POT) en Colombia el componente ambiental solo incluye las áreas protegidas legalmente establecidas y determinantes ambientales regionales como suelo de protección, insuficiente para la conservación de la biodiversidad y los servicios ambientales, esenciales para desarrollar procesos productivos sostenibles. La presente propuesta metodológica para el POT del municipio de La Florida se basó en el concepto de Estructura Ecológica de Soporte (EES), que abarca la EEP y la Infraestructura Ecológica (IE). La EES se apoyó en dos conceptos complementarios: la Estructura Ecológica de Soporte Actual (EESA) que la sociedad podría, o no, utilizar de manera sostenible y ser adecuada para mantener los servicios ecológicos y la Estructura Ecológica de Soporte Mínima (EESM) compuesta por áreas que deben protegerse, áreas críticas y áreas de uso humano directo. La EES permitió duplicar las áreas de conservación y protección ambiental de un 28,36 % requerido por la norma, hasta el 56,02 %, mediante la inclusión de la IE, compuesta por corredores de conectividad, cauces, nacimientos y áreas de protección asociada, áreas de recarga hídrica, laderas de protección y el parque temático ambiental "La casa del roble". Así, la EES mejorará notablemente las condiciones biofísicas de los ecosistemas de las que dependen los servicios ecosistémicos.

Palabras clave: estructura ecológica de soporte; ordenamiento territorial; estructura ecológica principal; servicios ecosistémicos; servicios ambientales

Recibido: 20/12/2023. **Aceptado:** 14/05/2024. **Disponible en línea:** 30/06/2024.

Cómo citar: R. A. Criollo Martínez, E. A. Gutiérrez Zamora, G. Córdoba Guerrero, y D. M. Rodríguez Espinosa, «Estructura Ecológica de Soporte (EES) para el ordenamiento territorial: caso del municipio de La Florida», *Cien. Ing. Neogranadina*, vol. 34, n.º 1, pp. 37-56.

* Artículo de investigación.

a Ingeniera civil, Ph. D. en Ingeniería Ambiental, docente de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.

Correo electrónico: rubycriollo@udenar.edu.co; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8799-0147>

b Biólogo, magíster en Ciencias Ecológicas, docente del Departamento de Biología, Universidad de Nariño, Colombia. Correo electrónico: eagutierrez@udenar.edu.co

c Ingeniero civil, Ph. D. en Ciencias de la Tierra, docente de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.

Correo electrónico: gcordoba@udenar.edu.co; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1104-0249>

d Ingeniera civil, magíster en Desarrollo Sostenible y Medioambiente, investigadora del grupo GRAMA, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.

Correo electrónico: espinosamarce7@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3401-4393>

Ecological Support Structure (Ess) for Land Use Management: The Case of The Municipality of Florida

Abstract: The Main Ecological Structure (EEP) plays a pivotal role in territorial planning by integrating environmental criteria into rural land use planning, urban development projects, land partitioning, and construction. However, many Territorial Planning Schemes (POT) in Colombia often limit the environmental component to legally established protected areas and regional environmental determinants, such as protection zones. This approach falls short in conserving biodiversity and environmental services vital for sustainable productive processes. The study proposes methodological approach for the POT of the municipality of La Florida based on the concept of Ecological Support Structure (EES), comprising the EEP and Ecological Infrastructure (IE). The EES encompasses two complementary concepts: the Current Ecological Support Structure (EESA) and the Minimum Ecological Support Structure (EESM). While the former may or may not be utilized sustainably by society despite being suitable for maintaining ecological services, the latter includes areas that must be preserved, critical areas, and areas of direct human use. By incorporating the IE, the resulting EES effectively doubles the areas of conservation and environmental protection, increasing from the mandatory 28.36 % to 56.02 %. Newly proposed areas include connectivity corridors, watercourses, springs, associated protection areas, water recharge areas, protection slopes, and the environmental theme park "La casa del Roble". Consequently, the EES promises significant enhancement of the biophysical conditions of ecosystems upon which ecosystem services rely.

Keywords: Ecological support structure; Territorial planning; Main ecological structure; Ecosystem services; Environmental services

Estrutura Ecológica de Suporte (EES) para o ordenamento territorial: caso do município de La Florida

Resumo: A Estrutura Ecológica Principal (EEP) é fundamental para o ordenamento territorial, pois permite incluir critérios ambientais para o ordenamento do solo rural, o desenvolvimento de projetos urbanísticos, de parcelamento e edificações; no entanto, em muitos planos de ordenamento territorial (POT) na Colômbia, o componente ambiental inclui apenas as áreas protegidas legalmente estabelecidas e determinantes ambientais regionais como solo de proteção, insuficiente para a conservação da biodiversidade e dos serviços ambientais, essenciais para desenvolver processos produtivos sustentáveis. A presente proposta metodológica para o POT do município de La Florida baseou-se no conceito de Estrutura Ecológica de Suporte (EES), que abrange a EEP e a Infraestrutura Ecológica (IE). A EES apoiou-se em dois conceitos complementares: a Estrutura Ecológica de Suporte Atual (EESA), que a sociedade poderia, ou não, utilizar de maneira sustentável e ser adequada para manter os serviços ecológicos, e a Estrutura Ecológica de Suporte Mínima (EESM), composta por áreas que devem ser protegidas, áreas críticas e áreas de uso humano direto. A EES permitiu duplicar as áreas de conservação e proteção ambiental de 28,36 % requeridas pela norma, para 56,02 %, mediante a inclusão da IE, composta por corredores de conectividade, cursos d'água, nascentes e áreas de proteção associadas, áreas de recarga hídrica, encostas de proteção e o parque temático ambiental "A casa do carvalho". Assim, a EES melhorará notavelmente as condições biofísicas dos ecossistemas dos quais dependem os serviços ecossistêmicos.

Palavras-chave: estrutura ecológica de suporte; ordenamento territorial; estrutura ecológica principal; serviços ecossistêmicos; serviços ambientais

Introducción

En el municipio de La Florida, Nariño¹, objeto del presente estudio de caso, se realizó la revisión y ajuste del esquema de ordenamiento territorial municipal (EOT), según los lineamientos del Decreto 3600 de 2007, que reglamenta las determinantes de ordenamiento del suelo rural en Colombia. Se requiere establecer la Estructura Ecológica Principal (EEP) como el “conjunto de elementos bióticos y abióticos que dan sustento a los procesos ecológicos esenciales del territorio, cuya finalidad principal es la preservación, conservación, restauración, uso y manejo sostenible de los recursos naturales renovables, los cuales brindan la capacidad de soporte para el desarrollo socioeconómico de las poblaciones” [1], conceptualización basada en la propuesta de van der Hammen y Andrade [2].

Esta EEP es la base fundamental para ajustar el ordenamiento del territorio (OT) de manera óptima, de acuerdo con las potencialidades ambientales de los ecosistemas y sus capacidades de carga, de forma armónica, con criterios de equidad e integridad territorial en relación con el equilibrio ambiental dentro de la construcción de los POT y los Planes de Desarrollo (PD) [3]. Para estos instrumentos de planeación, la EEP es fundamental para su articulación y constituye uno de los elementos determinantes del ordenamiento desde la dimensión ambiental en la planeación territorial [4]. Sin embargo, en muchos POT formulados en Colombia, en el componente ambiental solo se incluyen las áreas protegidas legalmente establecidas y determinantes ambientales regionales como suelo de protección [4]. Además, se ha identificado una débil integración de las estrategias de conservación

in situ con las realidades del territorio, así como la poca disponibilidad de lineamientos para la integración efectiva de las áreas protegidas en estos instrumentos [5].

En este marco de referencia, el OT en Colombia se define por la distribución espacial considerando las áreas protegidas, cuyo principal objetivo es la conservación de los recursos biológicos y el patrimonio natural, así como la protección de ecosistemas representativos, hábitats de especies en peligro de extinción y recursos genéticos [6]. De igual forma, se consideran las configuraciones geográficas como cuencas, los usos del suelo, las comunidades humanas urbanas y rurales y las unidades político-administrativas.

Queda claro que la EEP es muy importante para el OT; sin embargo, en sí misma no es suficiente y es necesario priorizar también la conservación de la biodiversidad y de los servicios ambientales en las áreas donde el uso principal es la producción, toda vez que la biodiversidad forma parte de la vida del suelo y de numerosos servicios ambientales que son insumos directos de procesos productivos (aprovisionamiento del agua, control de plagas, polinización, etc.) [2]. Con este enfoque, se propone entonces una EES, que incluye, además de la EEP exigida por el Decreto 3600 de 2007, una IE que contempla los elementos ecológicos de una región dada. Los autores la definen como “el conjunto de relictos de vegetación natural y seminatural, corredores y áreas a restaurar en los agroecosistemas y otras áreas intervenidas...”, que incluso pueden ser espacios urbanos, centros poblados y otros sistemas construidos [2] [7].

Así, a pesar de no tener la categoría de áreas naturales conservadas, las áreas de IE cumplen una función para la conservación de la biodiversidad, la productividad y la calidad de vida de la población [2] [4]. Este enfoque permite que los procesos productivos formen parte integral de cualquier tipo de desarrollo, con las precauciones indispensables para hacer uso adecuado del territorio y fortalecer los SE que dan sustento a las actividades humanas, ya que de la sostenibilidad de una oferta natural adecuada depende, en alto grado, la sostenibilidad social, económica y política, el bienestar

1 Se ubica en el nudo de los Pastos, subregión Central Andina de Nariño. La extensión del terreno montañoso se divide en diferentes pisos térmicos desde los páramos del volcán Galeras (Santuario de Flora y Fauna Galeras, del Sistema Nacional de Áreas Protegidas), hasta los cañones de los ríos Guátara y Pasto. Se localiza geográficamente a 1° 18' de latitud norte y 77° 24' de longitud oeste. El rango de altura se encuentra entre los 1000 y 4000 m s. n. m., con una extensión aproximada de 139 km² (Corponariño, 2008; Córdoba *et al.*, 2019).

de los habitantes y la competitividad y productividad económica de una región [8].

En este contexto, el presente estudio de caso y propuesta metodológica constituye una experiencia y aporte a diversas dimensiones de la ingeniería que deben participar en la formulación del POT con enfoque integral.

Materiales y métodos

La propuesta de ordenamiento del territorio del municipio de La Florida se adaptó con base en el concepto de EES planteado por van der Hammen y Andrade [2], desarrollado posteriormente por Márquez y Valenzuela [8]. Así la EES para el municipio de La Florida se entiende como “la expresión territorial de los ecosistemas naturales, agroecosistemas y sistemas urbanos y construidos, que soporta y asegura a largo plazo los procesos que sustentan la vida humana, la biodiversidad, el suministro de servicios ambientales y la calidad de vida” [2] [5].

Mediante el análisis espacial disponible en las herramientas de los sistemas de información geográfica (SIG) fue posible determinar las áreas que conjugan los conceptos de EES.

La EES en su conjunto incluye tanto la EEP como la IE. Para determinar la EES es necesario aplicar dos conceptos complementarios: la Estructura Ecológica de Soporte Actual (EESA) que la sociedad podría, o no, utilizar de manera sostenible y adecuar para mantener los servicios ecológicos y la Estructura Ecológica de Soporte Mínima (EESM) compuesta por las áreas que deben conservarse, las áreas críticas y las áreas de uso humano directo [8].

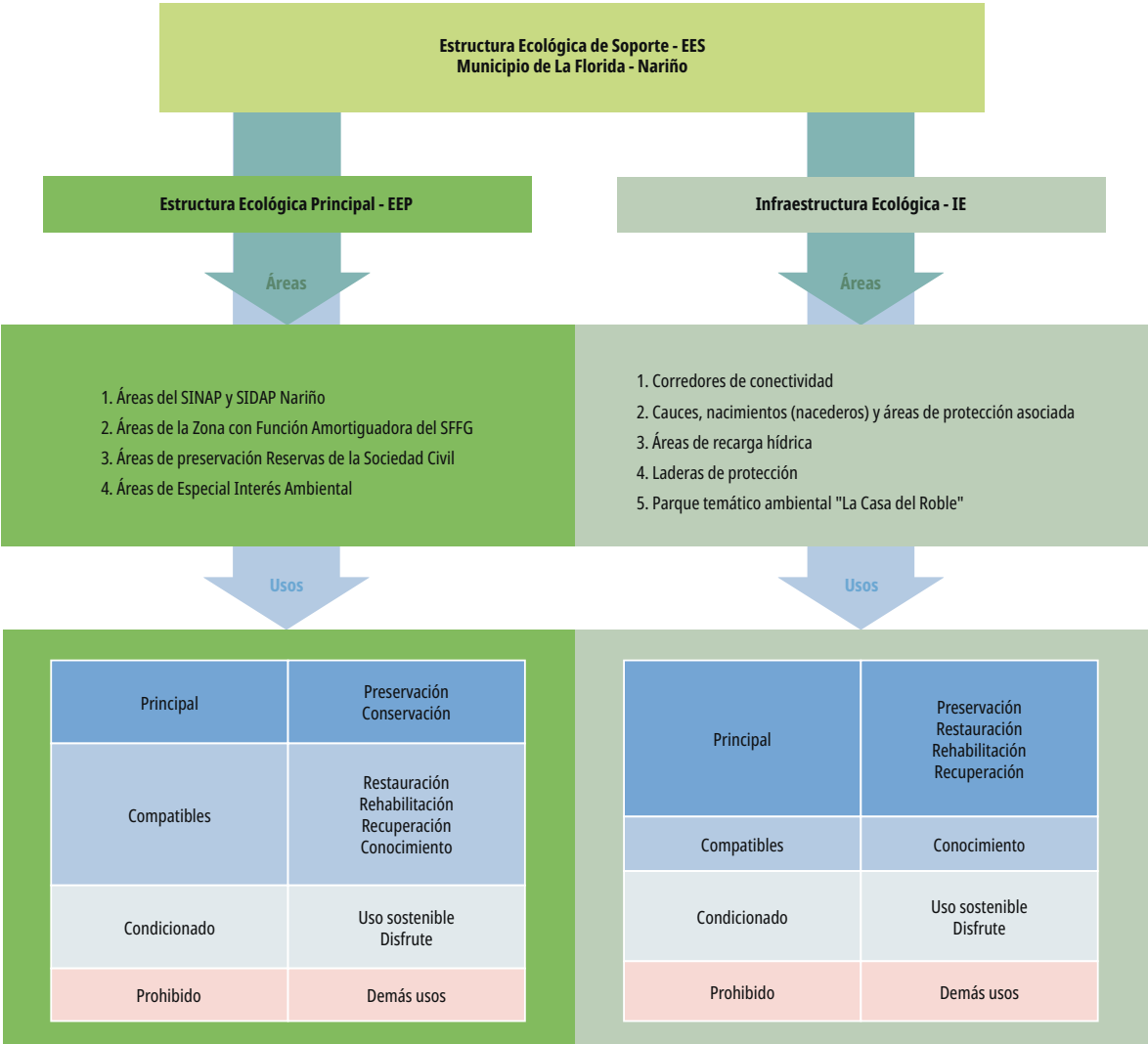
Para la determinación de las áreas que conjugan estos conceptos en La Florida se realizó el diagnóstico biofísico del territorio enfatizando en el tema de los atributos ambientales, como flora, fauna y áreas de interés ambiental, como se detalla a continuación:

- *Zonas de vida*: se generaron los mapas de zonas de vida, como el conjunto de condiciones físicas, geomorfológicas (pendientes, temperatura y precipitación) y de formaciones vegetales, de acuerdo con el concepto de Holdridge [9].

- *Caracterización biótica de flora y fauna*: mediante trabajo de campo y revisión de literatura.
- *Coberturas de la tierra y áreas de uso humano directo*: determinadas mediante imágenes satelitales, levantamiento en campo y procesamiento con herramientas de sistemas de información geográfica (*software* QGIS 2.18.18) [10] y la clasificación CORINE Land Cover (CLC) adaptada para Colombia [11].
- *Capacidad de uso de los suelos (vocación)*: el análisis se realizó mediante la adaptación de la metodología para la clasificación de las tierras por su capacidad de uso [12] y la información obtenida en campo, además de la suministrada en los mapas de clasificación de suelos para Nariño del IGAC [13], los mapas de la clasificación agrológica, los usos propuestos en los planes de ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas (Pomcas) de los ríos Guáitara [14] y Juanambú [15] y de trabajo de campo.
- *Conflictos en los usos del suelo*: las zonas en conflicto se obtuvieron mediante la sobreposición de mapas (vocación del suelo, coberturas vegetales y uso humano directo del suelo) con el *software* QGIS 2.18.18 [10].
- *Áreas de interés ambiental*: se elaboraron mapas de amenazas por inundaciones, remoción en masa y volcánicas, las franjas de protección hídrica, zonas de recarga hídrica y de riesgo, por medio de estudios específicos de cada tema y herramientas de sistemas de información geográfica.

Estos métodos de mapeo evidencian cómo el impacto de las acciones humanas altera la dinámica de los procesos y servicios ecosistémicos [16]. Mediante el análisis espacial de la información cartográfica obtenida se determinaron las necesidades de ordenamiento para la recuperación parcial de los ecosistemas que existieron en el territorio, cuyos elementos bióticos y abióticos dan sustento a la vida humana, la biodiversidad, el suministro de servicios ambientales y la calidad de vida de la población; a partir de lo cual se identificaron las áreas y usos categorizados, tal como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Estructura ecológica de soporte EES para el municipio de La Florida



Fuente: elaboración propia.

Resultados y discusión

En el proceso de actualización y ajuste del EOT del municipio, se propuso una EES que incluyera, además de la EEP exigida por el Decreto 3600 de 2007, la IE conformada por los siguientes elementos ecológicos: 1) corredores de conectividad; 2) cauces, nacimientos y sus áreas de protección asociada; 3) áreas de recarga hídrica; 4) laderas de protección, y 5) el parque temático ambiental “La Casa del roble” (figura 1). La cartografía de la EES se presenta más adelante.

Fase de campo

La fase de campo desarrollada para determinar la EES incluyó el diagnóstico biofísico del territorio con muestreos en diferentes zonas altitudinales a lo largo de un gradiente ambiental-altitudinal que abarcó desde los 1066 m s. n. m. hasta los 4000 m s. n. m. Con las observaciones y datos obtenidos en campo y su análisis estadístico (estimadores de riqueza, composición y distribución de las comunidades) se concluye que la mayor parte de la estructura ecológica del municipio está

fuertemente afectada por la intervención antrópica y la profunda fragmentación de los ecosistemas y coberturas vegetales nativas de la región (figura 2). Este fenómeno es crítico en localidades por debajo de los 2500 metros de altitud, pero es una condición generalizada.

En este contexto paisajístico y ecosistémico, los relictos de bosques originarios como el bosque de roble, otros bosques andinos o el bosque tropical se encuentran en condiciones de aislamiento parcial o total crítico, en medio de una matriz uniforme de potreros u otros agroecosistemas, que pueden ser una barrera ambiental importante para especies de fauna y flora que requieren de una alta conectividad en su hábitat particular. En general los análisis aquí realizados para diferentes grupos biológicos revelaron una gran complementariedad entre comunidades de diferentes localidades, es decir, una composición particular que refleja altos grados de especialización ecológica: fueron muy escasos los taxones de flora o fauna con un comportamiento generalista a lo largo del gradiente evaluado.

El comportamiento de las comunidades de fauna señala estructuras ecológicas más robustas en términos de riqueza específica y diversidad en grupos zoológicos con altos niveles de movilidad y flexibilidad en cuanto la ocupación del espacio. Así, uno de los grupos más diversos en los estudios de caracterización fueron las aves con notables y reconocidos movimientos poblacionales y migraciones totales o parciales para optimizar el uso de los recursos del ambiente.

Otros linajes como los anfibios y reptiles, con opciones más limitadas de movilidad y asociaciones estrechas con microhábitats particulares, constituyen algunos de los componentes del ecosistema más sensibles a la extinción local. En este sentido, la disposición actual de los relictos de cobertura vegetal nativa y los componentes ecológicos y comunidades asociados presentan una mayor vulnerabilidad a la extinción local, debido a bajas tasas de migración entre fragmentos de vegetación cada vez más aislados y perturbados.

Esta situación afecta en forma crítica al menos una de las dos grandes cuencas hidrográficas del

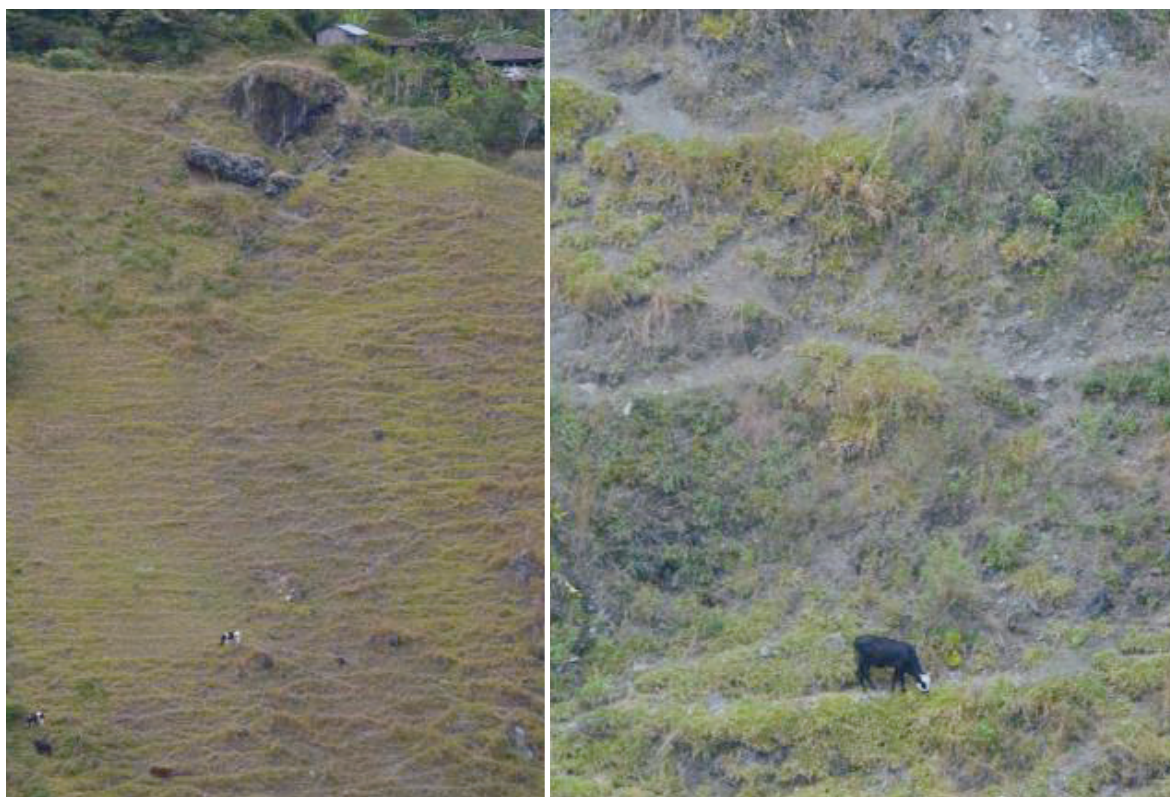
municipio, en los territorios que forman parte de la estructura ecológica de soporte mínima (EESM) como las áreas de recarga hídrica. Una buena parte de la zona de recarga de las microcuencas de los ríos Panchindo y Barranco corresponden a áreas protegidas por el Santuario de Flora y Fauna Galeras (SFFG), donde se percibe un control de la deforestación, pero a pesar de ello se encontraron evidencias de ganadería aún en los herbazales nativos y páramos más cercanos al cráter del volcán (figuras 2 y 3). La zona de recarga hídrica en la cuenca alta del río Pasto presenta una situación crítica, ya que solo se observan coberturas de pastizales cultivados destinados para forrajeo de ganado, donde se ha sustituido casi en su totalidad la cobertura boscosa o arbustiva que pueda regular los servicios ecosistémicos (SE) de recarga y regulación hídrica.

Se advierte el uso adecuado en uno de los pilares estratégicos de la estructura ecológica como las divisorias de aguas y sitios de recarga hídrica; sin embargo, durante las últimas décadas y de forma continuada, estas zonas se han usado de manera inapropiada, con lo cual se podría afectar de modo severo las propiedades de infiltración del suelo y hacer mayores las probabilidades de exposición y erosión del suelo y con ello otros fenómenos relacionados.

Los daños causados a la EEMS son preocupantes y notorios en la zona de la cuenca del río Pasto, ya que la combinación de pérdida de biodiversidad, cambios en la cobertura vegetal del suelo y uso inapropiado, se da en un escenario topográfico dominado por altas pendientes mayores o iguales a los 45 grados, es decir, de 100 % de pendiente, lo que se convierte en una situación generalizada en la mayor parte del municipio.

Los rasgos antes expuestos son solo un ejemplo puntual de los efectos directos de la eliminación sistemática de componentes fundamentales para el funcionamiento de los ecosistemas que son la estructura de soporte y que garantizan la oferta de SE indispensables para el establecimiento y prosperidad de los habitantes del municipio.

Figura 2. Combinación de alta pendiente, potrerización y uso insostenible del suelo en inmediaciones de Catauca, por debajo de los 1600 m s. n. m.



Fuente: archivo propio.

Figura 3. Evidencias de ganadería y pastoreo ilegal en inmediaciones de la cuenca alta del Barranco, 3650 m s. n. m. en ecosistema nativo de herbazal frailejonal



Fuente: archivo propio.

Análisis espacial

A continuación, se resumen los resultados específicos de los factores más importantes para el análisis espacial de la EES de La Florida:

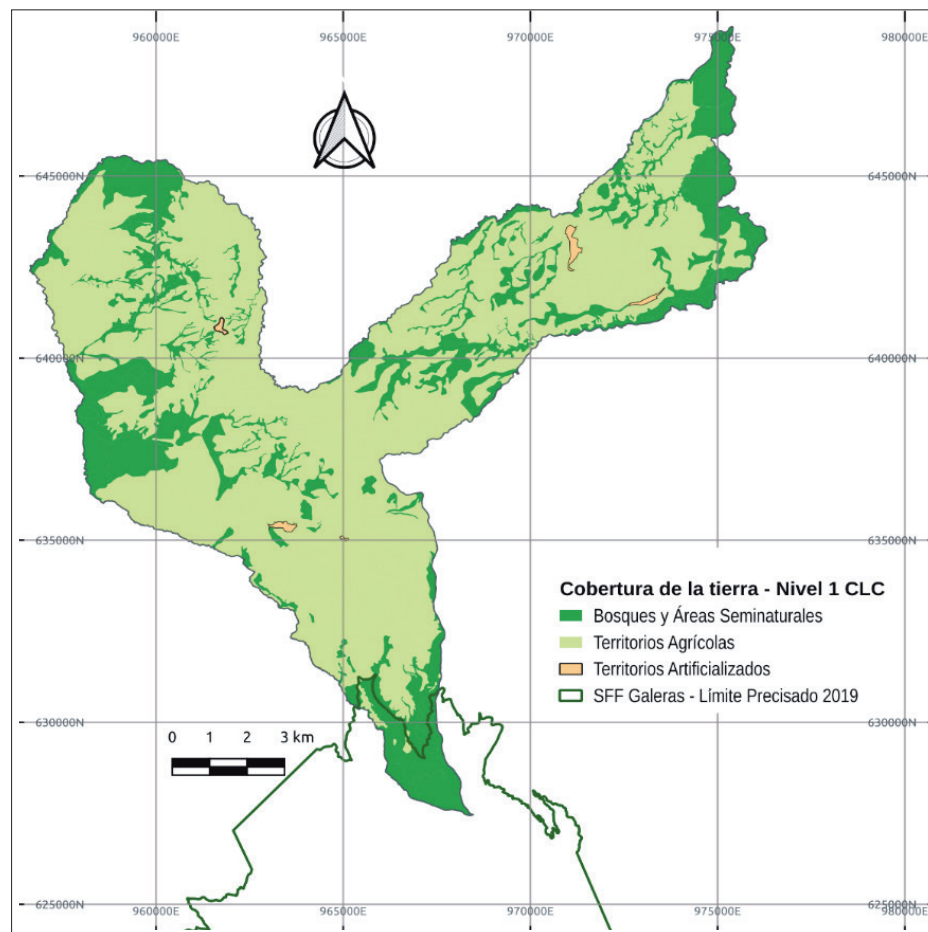
Coberturas boscosas existentes

La mayor parte de las coberturas vegetales del municipio (72,72 %) corresponde a diferentes tipos de mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales dedicados a actividades agropecuarias, asentamientos humanos, entre otras. Es clara la pérdida de las coberturas boscosas originales, además de un gran retroceso de atributos como la variedad y biodiversidad orgánica general que depende directamente de las poblaciones vegetales removidas de forma sistemática por el hombre en los últimos 15 a 20 años. Fueron precisamente estas

especies vegetales extintas en más del 85 % las que soportaron por millones de años funciones vitales de estos complejos e irremplazables ecosistemas, como el bosque de robles, el bosque seco tropical o el bosque altoandino y los páramos (zonas de vida), sistemas que hoy en día siguen resistiendo, aún en condiciones relictuales, la provisión de recursos y se cada vez más demandados por la población humana.

Si bien estos sistemas agrícolas, así como los centros poblados del municipio, acaparan el mayor porcentaje de se netos disponibles de la oferta ambiental de las coberturas con estructura boscosa y páramos, también son un pilar importante de la provisión de alimentos y otros servicios culturales y recreativos, con un gran potencial para implementar técnicas y modelos de desarrollo sostenible (figura 4).

Figura 4. Distribución de bosques y áreas seminaturales (incluyen páramo y arbustales) en La Florida



Fuente: elaboración propia.

Zonas de vida

Las coberturas boscosas subsistentes contrastan con las zonas de vida (figura 5), que muestran que las condiciones del territorio son apropiadas para los ecosistemas de bosques húmedos montanos, bosques secos y páramos subandinos.

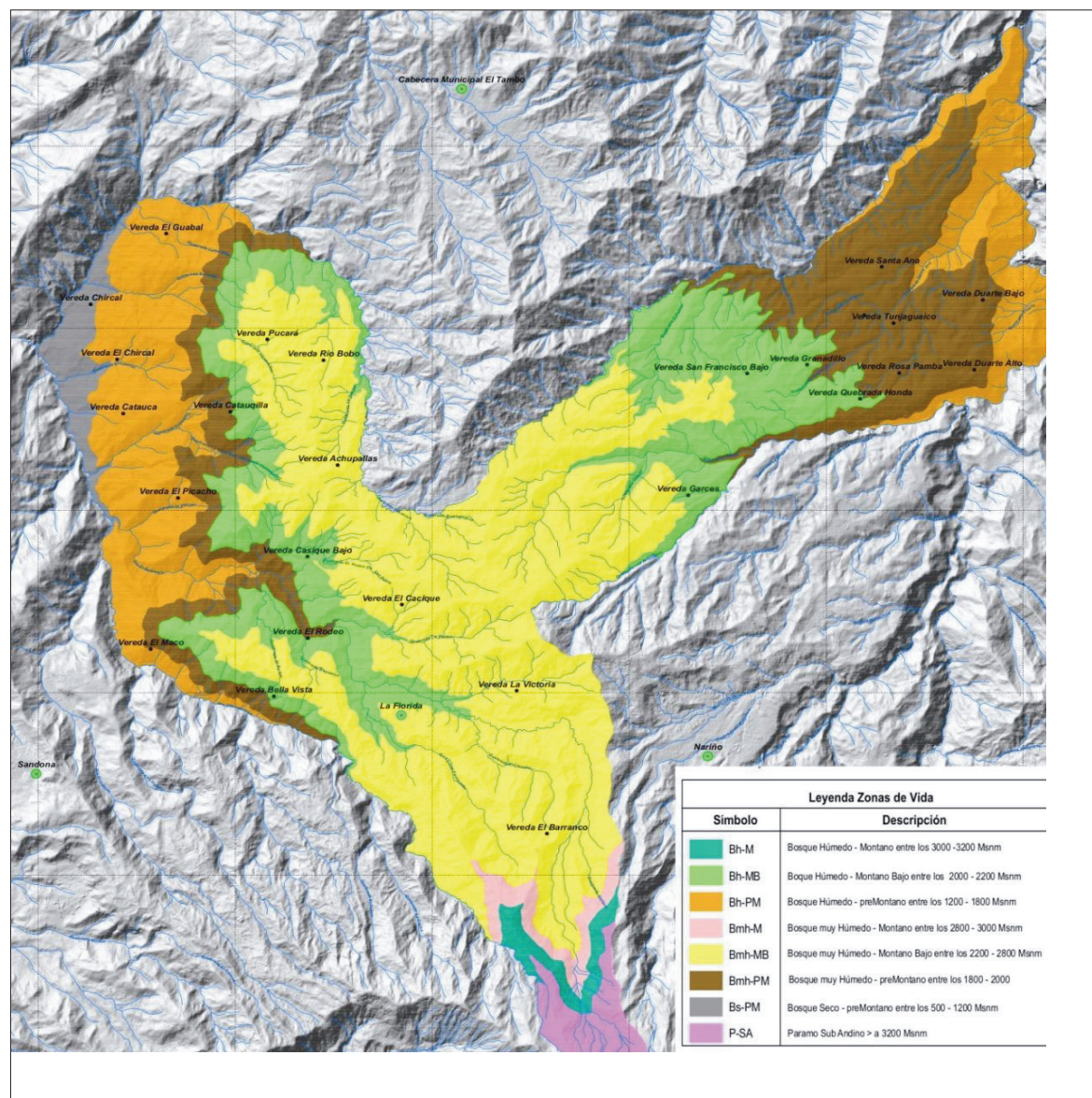
Uso actual del suelo y conflictos de uso

Para establecer los conflictos de uso del suelo se analizaron los mapas de coberturas y usos actuales

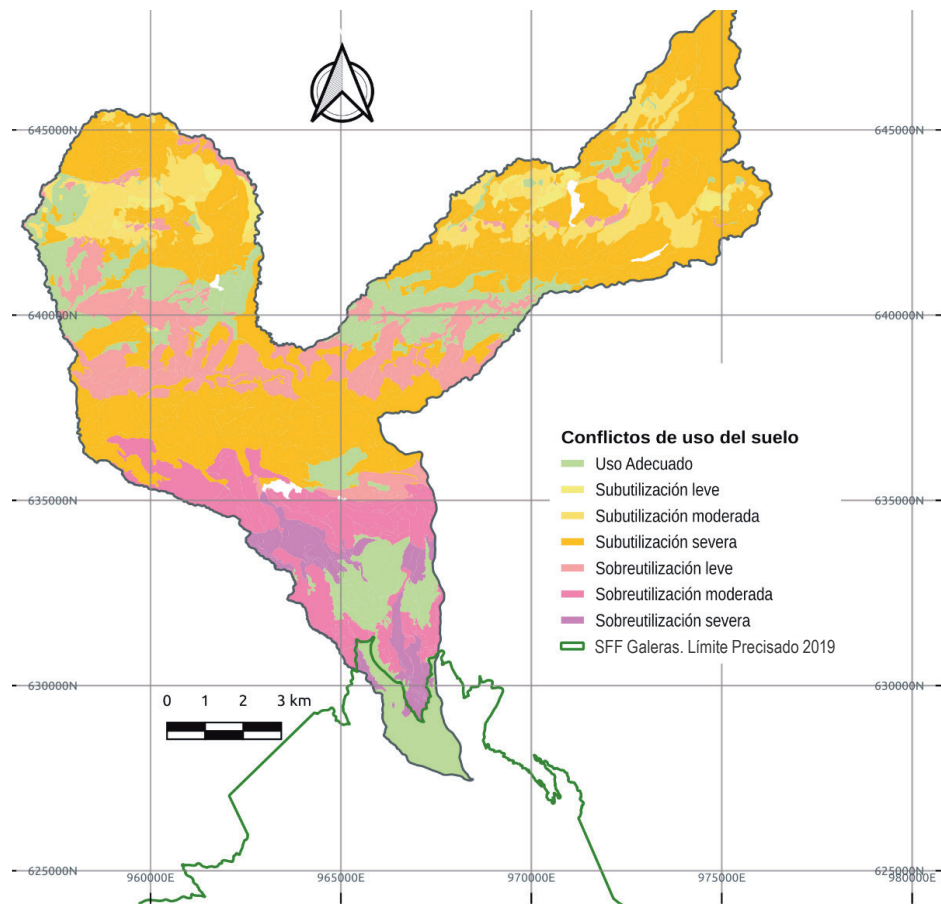
de los suelos, clases agrológicas (vocación) de los suelos y clasificación del territorio. El análisis se desarrolló mediante una matriz que permitió establecer las áreas con uso adecuado, con sobreutilización baja, moderada y severa, al igual que las áreas con subutilización baja, moderada y severa, como se muestra en la figura 6.

Los resultados mostraron que buena parte del territorio presenta fenómenos de sobreutilización moderada y severa. Por tanto, a partir de la

Figura 5. Zonas de vida de La Florida



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Conflicto de uso del suelo por vocación

Fuente: elaboración propia.

definición de dichas categorías de sobreutilización, de la aptitud del suelo y de la clasificación del territorio se buscó generar condiciones que hagan posible atender la solución de tales conflictos ambientales mediante los elementos de la IE.

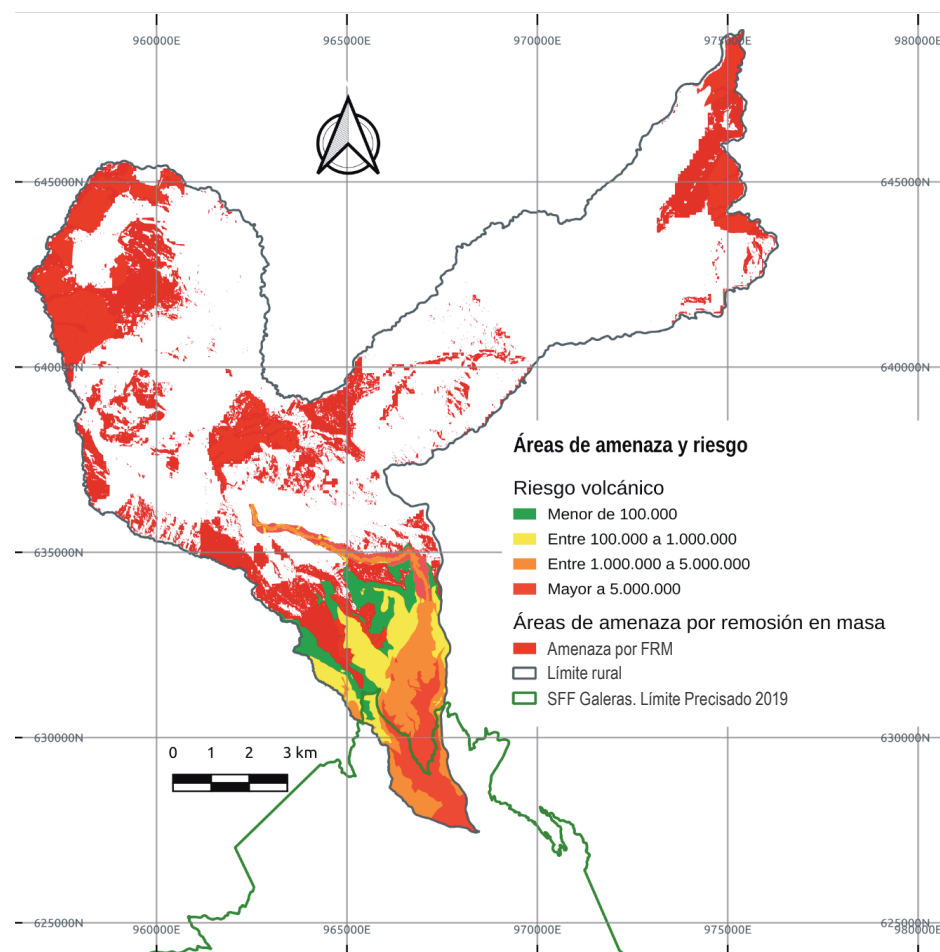
Áreas en condición de amenaza y riesgo

Se delimitaron las áreas en condición de amenaza y riesgo mediante estudios específicos de cada tema: severidad volcánica ponderada, amenazas por movimientos en masa, por inundaciones, por avenidas torrenciales y por incendios forestales. Asimismo, se realizó un estudio de zonificación de riesgo volcánico para edificaciones y riesgo volcánico por predios (figura 7).

Elementos de la estructura ecológica existentes

En la tabla 1 se presenta un inventario de las unidades de uso y cobertura vegetal existentes al inicio del presente estudio (2017) que configuran la estructura ecológica actual, según el Decreto 3600 de 2007, los cuales se clasificaron de acuerdo con la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia por el Ideam [11]. Esto, considerando que podrían asociarse a ellas diferentes tipos de aportes para el establecimiento de servicios ambientales o ecológicos, de los cuales depende la población humana asentada en sus áreas de influencia. Estos incluyen servicios de *abastecimiento* que pueden definirse como los beneficios materiales que las

Figura 7. Áreas en condición de amenaza y riesgo



Fuente: elaboración propia.

personas obtienen de los ecosistemas, por ejemplo, el suministro de alimentos, agua, fibras, madera y combustibles entre otros [17] [18] [6]; servicios de *regulación* que son los beneficios obtenidos de la regulación de los procesos ecosistémicos, por ejemplo, la regulación de la calidad del aire y la fertilidad de los suelos, el control de las inundaciones y las enfermedades y la polinización de los cultivos [17] [18] [6]; servicios de *soporte*, necesarios para la producción de todos los demás SE, por ejemplo, que ofrezcan espacios en los que viven las plantas y los animales, permitan la diversidad de especies, mantengan la diversidad genética y espacios para las obras de infraestructura [18] [6]; servicios *culturales*, es decir, los beneficios intangibles

proporcionados por los ecosistemas, como inspiración artística, manifestaciones culturales y bienestar espiritual [18] [6].

El inventario muestra solamente un 27,29 % del territorio como áreas que deben ser objeto de especial protección ambiental por su estado de conservación y 28,01 % con cultivos y pastos y con algunos espacios naturales, además de un 44,71 % del territorio altamente transformado. Tal situación refleja la pérdida de biodiversidad a causa de la gestión inadecuada del territorio, la cual vulnera las condiciones biofísicas de las que dependen los ecosistemas y que ponen en riesgo los servicios ecosistémicos que ellos brindan a las poblaciones actual y futura.

Tabla 1. Estructura Ecológica de Soporte Actual

Estructura	Definición	Cobertura ecosistémica según su nivel de transformación	Cobertura	Área (ha)	%
Estructura Ecológica de Soporte Actual (EESA)	Áreas conservadas: relictos de vegetación natural existente que deben continuar con su estado de conservación 27,29 %	Bosques y áreas seminaturales 27,29 %	Bosque denso	396,78	2,94
			Bosque de galería o ripario	1464,7	10,85
			Bosque abierto	85,82	0,64
			Bosque fragmentado	139,03	1,03
			Herbazal (páramo)	660,45	4,89
			Vegetación secundaria o en transición	860,97	6,38
			Afloramientos rocosos	75,38	0,56
	Áreas de uso humano: uso adecuado o no, ubicadas en sitios adecuados a sus fines o no, destinadas a la producción agrícola, ganadera y de explotación de recursos naturales 72,72 %	Moderadamente transformado 28,01 %	Mosaico de pastos con espacios naturales	884,45	6,55
			Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	1890,95	14,01
			Mosaico de cultivos y espacios naturales	1005,47	7,45
		Altamente transformado 44,71 %	Otros cultivos transitorios	451,08	3,34
			Pastos arbolados	1337,81	9,91
			Plantación forestal (intervención directa del hombre con fines de manejo forestal)	149,78	1,11
			Mosaico de pastos y cultivos	1162,03	8,61
			Mosaico de cultivos	582,44	4,31
			Cultivos permanentes arbóreos (diferentes de plantaciones forestales maderables o de recuperación, como cítricos, palma, mango, etc.)	617,52	4,57
			Cultivos permanentes herbáceos (cañas de azúcar y panelera, plátano, banano y tabaco. Plantas que no presentan órganos leñosos, son verdes y con ciclo de vida vegetativo anual)	239,74	1,78
			Pastos limpios	1341,59	9,94
			Pastos enmalezados	122,93	0,91
			Tejido urbano continuo	30,38	0,23

Fuente: elaboración propia.

Otro fenómeno observado, y que hace que los elementos de la EES sean cada vez menos viables, es la siembra sistemática de especies arbóreas exóticas como pinos no nativos, cipreses, eucaliptos, acacias, entre otros, que debido a su fácil adaptación a ambientes ajenos y a las dinámicas de las regiones tropicales ecuatoriales de montaña, causen perturbaciones notables y en algunos casos irreparables de las condiciones naturales y de la estructura del suelo (producto de las interacciones

bióticas asociadas a las coberturas vegetales). Las especies mencionadas son muy exitosas ya que no tienen árboles competidores o controladores o herbívoros naturales que puedan contrarrestar sus eficientes adaptaciones y el éxito que presentan sus estrategias de vida, desarrolladas en ambientes más hostiles que los nuestros. De hecho, un gran porcentaje de las coberturas boscosas actuales altoandinas del municipio corresponden a monocultivos de estas especies.

Con la EES y en las condiciones descritas, la EEP que cumpliría con los criterios del Decreto 3600 de 2007, se detallan en la tabla 2.

La EEP así planteada incrementaría las áreas de conservación y protección ambiental en 1,07 %, y pasaría de 27,29 % a 28,36 %, aunque no mejoraría la estructura ecológica necesaria para alcanzar la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos.

Estructura Ecológica de Soporte propuesta para La Florida

En este contexto, la presente propuesta para la EES busca incrementar las áreas destinadas a los ecosistemas boscosos. La EES integra las áreas de conservación y preservación ambiental de la EEP con las áreas de Infraestructura Ecológica (EI), como se detalla enseguida:

Tabla 2. Estructura Ecológica Principal, Decreto 3600 de 2007

Decreto 3600 de 2007 – Capítulo 2- Artículo 3°. Categorías del suelo rural			Área (ha)	%	
Artículo 4°. Categorías de protección en suelo rural	1. Áreas de conservación y protección ambiental 28,36 %	1.1. Las áreas del sistema nacional de áreas protegidas	398,70	2,95	
		1.2. Las áreas de reserva forestal	0	0,00	
		1.3. Las áreas de manejo especial	674,86	5,00	
		1.4. Las áreas de especial importancia ecosistémica	Nacimientos de agua	20	0,15
			Páramos y subpáramos	0	0,00
			Zonas de recarga de acuíferos	514,77	3,81
			Rondas hidráulicas de los cuerpos de agua	2187,90	16,21
			Humedales, pantanos, ciénegas	0	0,00
			Lagos, lagunas	0	0,00
			Manglares	0	0,00
			Reservas de flora y fauna	32,45	0,24
	2. Áreas para la producción agrícola y ganadera y de explotación de recursos naturales 62,76 %	2. Territorios agrícolas 2.1. Cultivos transitorios 2.2. Cultivos permanentes 2.3. Pastos 2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	8471,65	62,76	
	3. Áreas e inmuebles considerados como patrimonio cultural		0,31	0,002	
	4. Áreas del sistema de servicios públicos domiciliarios		0,30	0,002	
	5. Áreas de amenaza y riesgo		1080,90	8,01	
Artículo 5°. Categorías de desarrollo restringido en suelo rural	1. Los suelos suburbanos		64,21	0,48	
	2. Los centros poblados rurales		14,90	0,11	
	3. La identificación y delimitación de las áreas destinadas a vivienda campestre		38,33	0,28	

Fuente: elaboración propia.

Áreas de conservación y preservación ambiental

En esta categoría se incluyen las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Sinap) y del Sistema Departamental de Áreas protegidas (Sidap) Nariño, las áreas de la Zona con Función Amortiguadora del Santuario de Flora y Fauna Galeras (SFFG) y áreas de preservación constituidas por reservas de la sociedad civil (RSC) (figura 8).

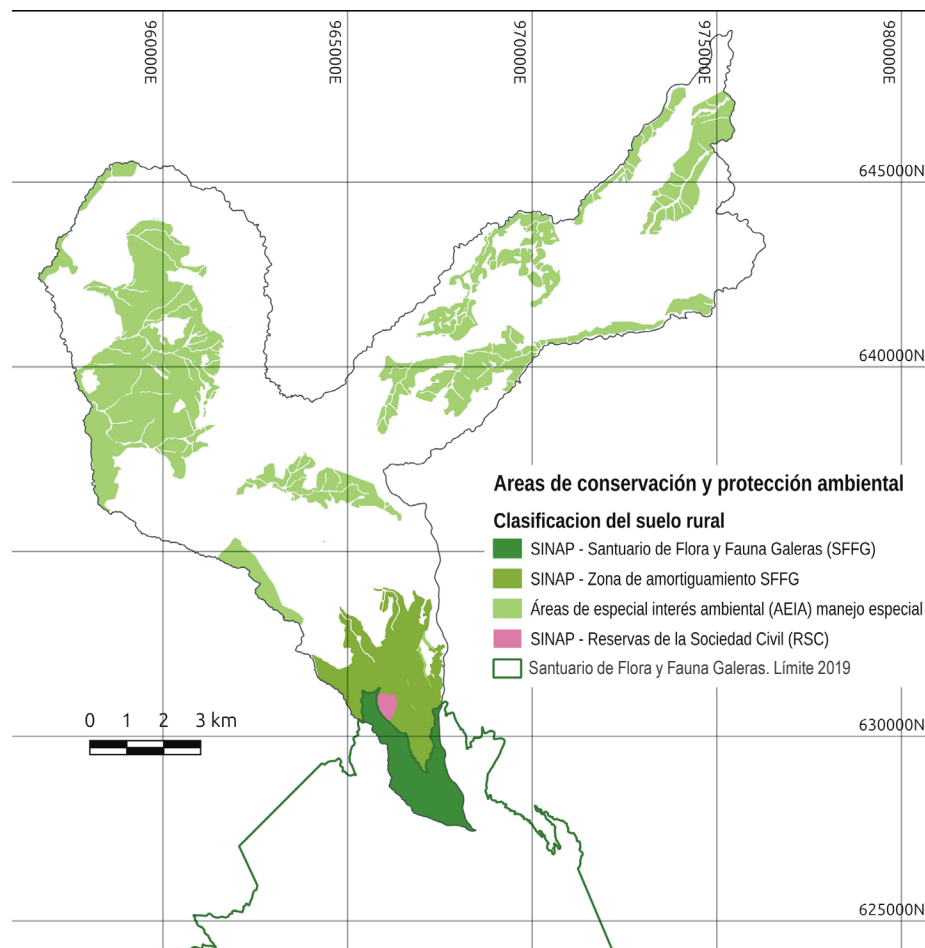
Se incluyen también las de especial interés ambiental (AEIA) conformadas por las zonas donde se preservan muestras de los ecosistemas originales (bosques nativos), terrenos de importancia estratégica municipal y de soporte que permiten la preservación de los ecosistemas, su restauración y aprovechamiento sustentable de la biodiversidad

y los SE, definidas además con criterios geomorfológicos como las altas pendientes, las funciones de regulación superficial y profunda del recurso hídrico y zonas de riesgo.

Infraestructura ecológica

La IE contiene elementos complementarios a la EEP, construidos o transformados de forma notoria por intervención antrópica, que prestan SE y que soportan el desarrollo socioeconómico y cultural de la población en el territorio. Dentro de estos elementos se encuentran: zonas de recarga hídrica (divisoria Guáitara-Juanambú), las franjas de protección hídrica (FPH), que incluyen las rondas hídricas, cauces, nacederos y áreas de protección asociadas, laderas de protección y el parque

Figura 8. Áreas de conservación y protección ambiental



Fuente: elaboración propia.

temático ambiental “La casa del roble” (figura 9) y corredores de conectividad (figura 10).

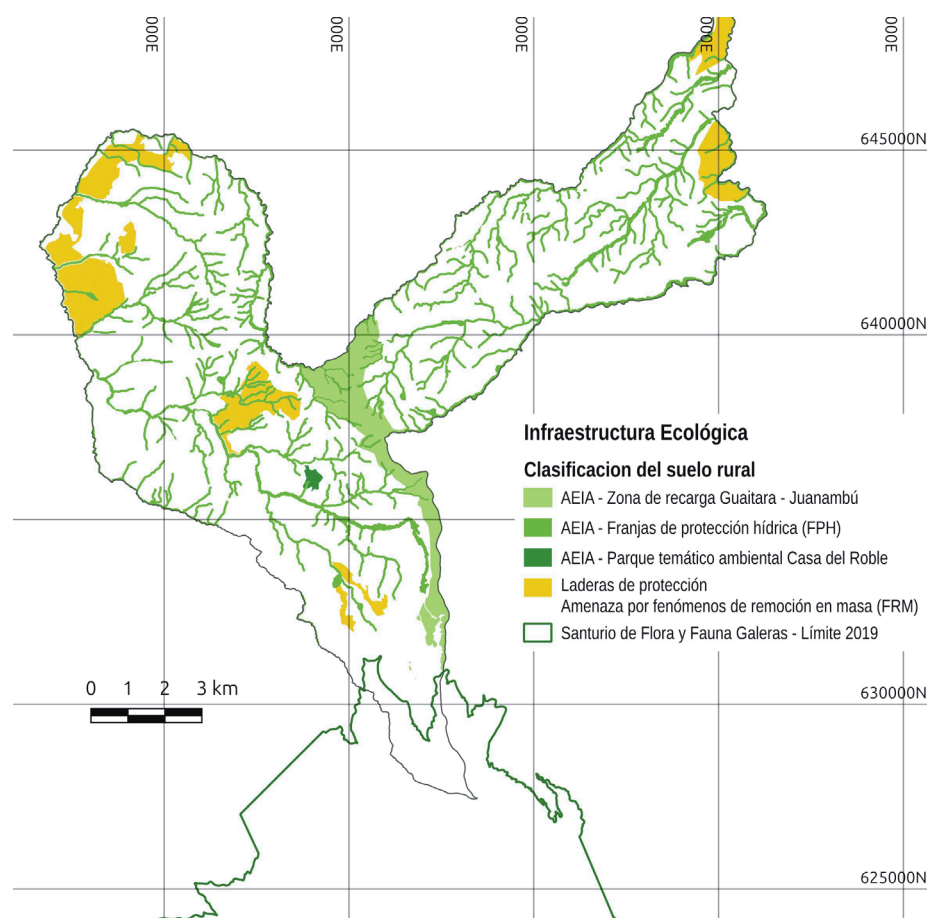
Categorías del suelo rural de acuerdo con la EES propuesta

Con base en la EES propuesta, los criterios y resultados obtenidos en los estudios particulares, se determinaron y delimitaron las categorías de conservación y protección ambiental, producción agrícola, ganadera y de explotación de recursos naturales y de desarrollo restringido en suelo rural, como se muestra en la figura 11 y se detalla en la tabla 3. De igual forma se definieron los lineamientos de ordenamiento y la asignación de usos principales, compatibles, condicionados y prohibidos,

correspondientes a cada categoría, de acuerdo con las exigencias del Decreto 3600 de 2007 [1].

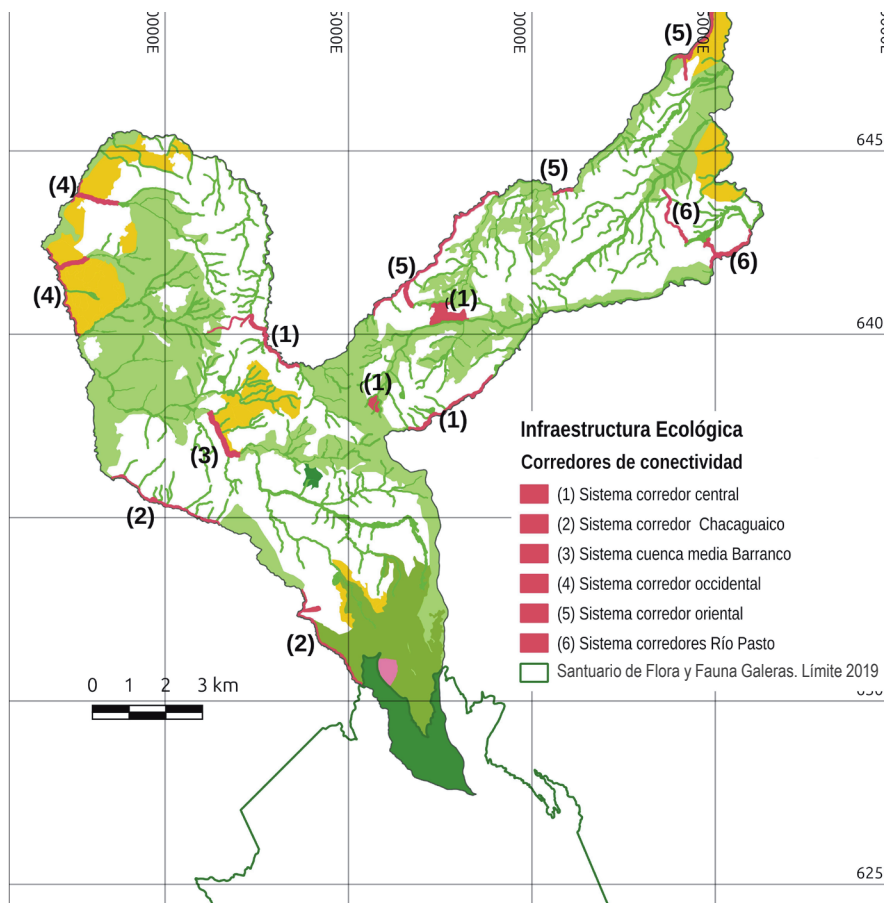
La EES permitió duplicar las áreas de conservación y protección ambiental hasta el 56,02 %, mediante la inclusión de la IE, compuesta por corredores de conectividad, cauces, nacimientos y áreas de protección asociada (FPH), áreas de recarga hídrica, laderas de protección y el parque temático ambiental “La casa del roble”. El uso principal de la IE es la preservación, restauración, rehabilitación y recuperación de espacios naturales que han sido moderada o altamente transformados. Otros usos de la IE son el conocimiento, como uso compatible y el uso sostenible y el disfrute como usos condicionados.

Figura 9. Elementos de la infraestructura ecológica



Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Corredores de conectividad (infraestructura ecológica)



Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Distribución de las áreas de la Estructura Ecológica de Soporte propuesta

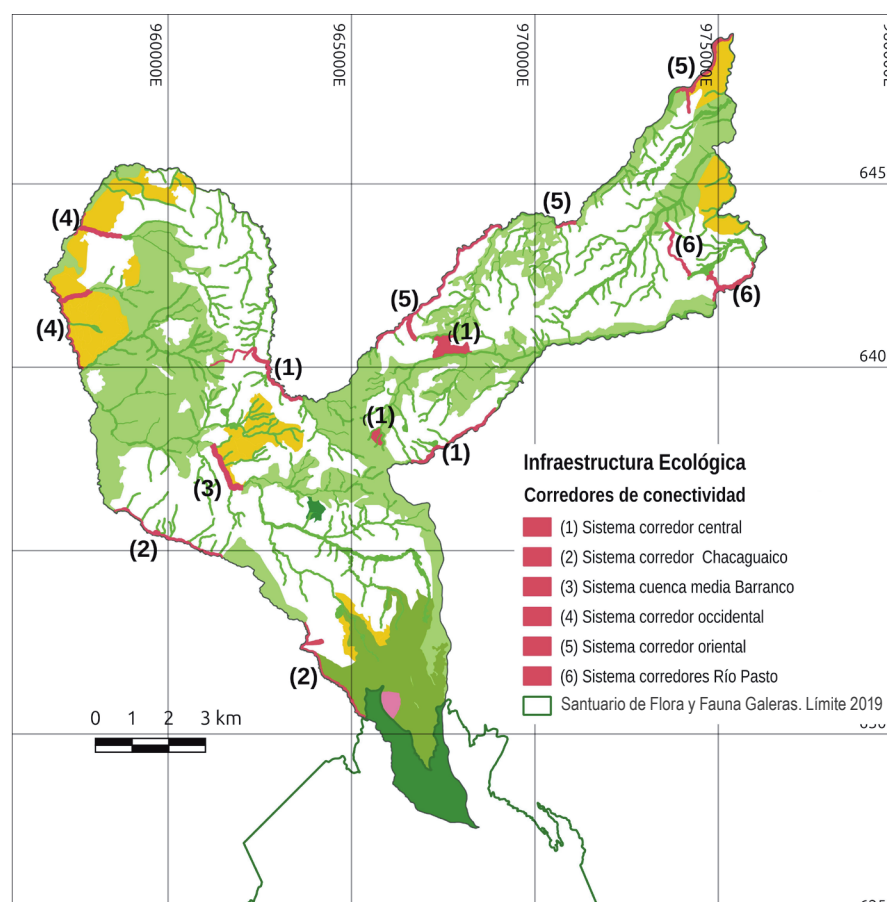
Propuesta de Estructura Ecológica de Soporte			Área (ha)	%
1. Áreas de conservación y protección ambiental 56,02 %	EEP 27,85 %	1. Áreas del Sinap y Sidap Nariño	398,701	2,95
		2. Áreas de la zona con función amortiguadora	674,864	5,00
		3. Áreas de reserva de la sociedad civil RSC	32,450	0,24
		4. Áreas de Especial Interés Ambiental	2654,232	19,66
	IE 28,17 %	1. Corredores de conectividad	97,684	0,72
		2. Cauces, nacimientos (nacederos) y áreas de protección asociada	2188,570	16,21
		3. Áreas de recarga hídrica	514,770	3,81
		4. Laderas de protección	982,543	7,28
		5. Parque temático ambiental “La casa del roble”	20,294	0,15

Continúa

Continuación Tabla 3. Distribución de las áreas de la Estructura Ecológica de Soporte propuesta

Propuesta de Estructura Ecológica de Soporte		Área (ha)	%
2. Áreas para la producción agrícola y ganadera y de explotación de recursos naturales 43,10 %	2. Territorios agrícolas	4892,859	36,25
	Áreas de producción agroforestal	924,059	6,85
Otros criterios de protección 0,01 %	3. Áreas e inmuebles considerados como patrimonio cultural	0,31	0,003
	4. Áreas del sistema de servicios públicos domiciliarios	0,50	0,005
Artículo 5°. Categorías de desarrollo restringido en suelo rural 0,87 %	1. Los suelos suburbanos	64,212	0,48
	2. Los centros poblados rurales	14,902	0,11
	3. La identificación y delimitación de las áreas destinadas a vivienda campestre	38,331	0,28

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. Clasificación y reglamentación del suelo de La Florida


Fuente: elaboración propia.

A partir de ello, la EEP brinda las condiciones generales y la IE permite determinar las condiciones específicas para los planes de manejo, de modo que el análisis espacial realizado orienta las estrategias de desarrollo que se materializan en los proyectos estratégicos y el Plan de Desarrollo para el municipio de La Florida.

Conclusiones

La Estructura Ecológica de Soporte es una herramienta crucial para el manejo del territorio, ya que permite el equilibrio entre las dinámicas sociales y los criterios ambientales. Por tanto, su definición debe ser un proceso integral que considere la diversidad geográfica y ambiental, étnico-cultural y político-administrativa del territorio, para aplicar un verdadero enfoque de sostenibilidad ambiental y preservar la calidad de vida de la población.

La pérdida de biodiversidad, los cambios en la cobertura vegetal y la introducción de especies exóticas en el municipio de La Florida generan preocupación, ya que se observa que han comprometido la viabilidad de la EEP y sus servicios ambientales esenciales.

La EEP de La Florida, determinada según la conceptualización del Decreto 3600 de 2007, permite salvaguardar elementos bióticos y abióticos cruciales para procesos ecológicos esenciales. No obstante, debido a la fuerte intervención antrópica y a la fragmentación de ecosistemas que amenazan la conectividad de hábitats y afectan las comunidades de flora y fauna, el enfoque de EEP no es suficiente para garantizar la sostenibilidad, por lo que es necesario avanzar hacia una EES que incluya relictos de vegetación natural, parcialmente naturales o parcialmente cultivados, franjas de conectividad y otras áreas intervenidas, que a pesar de no tener la categoría de áreas naturales conservadas, tienen una funcionalidad en la conservación de la biodiversidad, la productividad de los agroecosistemas y la calidad de vida de la población.

Los estudios y resultados obtenidos permitieron evidenciar los daños en áreas críticas del municipio, como la zona de recarga hídrica en la divisoria de las cuencas de Guátara y Juanambú, entre otras, que demandan atención urgente para

involucrar acciones para la conservación y restauración de una estructura ecológica mínima de soporte, que sea la base y guíe el desarrollo municipal.

Los métodos de mapeo aplicados se configuraron como herramientas sólidas que representan y proyectan escenarios complejos de cambios espaciotemporales en los diversos elementos de la EES acorde con las afirmaciones de Urbina-Cardona *et al.* (2023) [16].

Agradecimientos

- Municipio de La Florida y Universidad de Nariño
- Equipo executor del Convenio Interadministrativo n.º 2017000277 entre el Municipio de La Florida y la Universidad de Nariño.

Referencias

- [1] Presidencia de la República de Colombia, Decreto 3600. Por el cual se reglamentan las disposiciones de las Leyes 99 de 1993 y 388 de 1997 relativas a las determinantes de ordenamiento del suelo rural y al desarrollo de actuaciones urbanísticas de parcelación y edificación en este tipo de suelo y se adoptan otras disposiciones, 2007.
- [2] T. van der Hammen y G. Andrade, “Estructura ecológica principal de Colombia: primera aproximación”, Bogotá: Ideam, 2003.
- [3] E. Villegas, A. Cifuentes, D. Contreras, y L. Fernández, “Ordenamiento territorial como instrumento, para la zonificación ambiental a través de la Estructura Ecológica Principal, como apoyo a la formulación de los POT y los POMCAS en Colombia”, *Rev. Tecnol.*, vol. 14, n.º 2, pp. 49-76, 2015.
- [4] J. Prüssmann, S. A. Rincón, H. A. Tavera, y C. F. Suárez, “Estructura ecológica principal de la Orinoquia colombiana - Actualización metodológica mapa Sulu”, Cali, Colombia, 2020.
- [5] G. Camargo, “Incorporación de la estructura ambiental integrada en el suelo urbano y de expansión del POT”, Bogotá: Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2017.
- [6] T. León Sicard, *La estructura agroecológica principal de los agroecosistemas. Perspectivas teórico-prácticas*, 1.a. ed. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), 2021.

- [7] G. Márquez y E. Valenzuela, “Estructura ecológica y ordenamiento territorial ambiental: aproximación conceptual y metodológica a partir del proceso de ordenación de cuencas”, *Gest. Ambiente*, vol. 11, n.º 2, pp. 137-148, 2008.
- [8] L. Holdridge, *Ecología basada en zonas de vida*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1978.
- [9] QGIS, «QGIS». 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.qgis.org/es/site/>
- [10] Ideam, *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000*. Bogotá, D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2010.
- [11] IGAC, *Metodología para la clasificación de las tierras por su capacidad de uso*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2014.
- [12] IGAC, “Estudio general de suelos y zonificación de tierras en el departamento de Nariño”, Pasto: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2004.
- [13] Corponariño, “Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Guáitara”, Corporación Autónoma Regional de Nariño, 2019.
- [14] Corponariño, “Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Juanambú”, Pasto: Corporación Autónoma Regional de Nariño, 2019.
- [15] N. Urbina-Cardona, V. O. Cardona, and S. Cuellar, “Uncovering thematic biases in ecosystem services mapping: Knowledge shortfalls and challenges for use in conservation”, *Biol. Conserv.*, vol. 283, p. 110086, 2023, doi: 10.1016/j.biocon.2023.110086.
- [16] R. Costanza *et al.*, “The value of the world’s ecosystem services and natural capital”, *Nature*, vol. 387, n.o 6630, pp. 253-260, may. 1997, doi: 10.1038/387253a0
- [17] R. S. de Groot, M. A. Wilson, y R. M. J. Boumans, “A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services”, *Ecol. Econ.*, vol. 41, n.º 3, pp. 393-408, 2002, doi: 10.1016/S0921-8009(02)00089-7
- [18] X. Pu, W. Ding, W. Ye, X. Nan, y R. Lu, “Ecosystem service research in protected areas: A systematic review of the literature on current practices and future prospects”, *Ecol. Indic.*, vol. 154, p. 110817, 2023, doi: 10.1016/j.ecolind.2023.110817

