



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Soluciones de las problemáticas urbanísticas, emulando
las practicas naturales. Propuesta de intervención en
Sibaté, Colombia.

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Arquitectura Avanzada, Paisaje,
Urbanismo y Diseño

AUTOR/A: Barrera Bernal, Andres

Tutor/a: Almenar Muñoz, María Mercedes

Cotutor/a: Díez Torrijos, Ignacio

CURSO ACADÉMICO: 2024/2025



SOLUCIONES DE LAS PROBLEMATICAS URBANISTICAS, EMULANDO LAS PRACTICAS NATURALES.

PROPUESTA DE INTERVENCIÓN EN SIBATÉ, COLOMBIA

AUTOR: Barrera Bernal, Andres Sebastian

Curso Academico: 2025

Tutor/a: Mercedes Almenar Muñoz

Cotutor/a: Ignacio Díez Torrijos

Departamento de Urbanismo

“Cuanto más se parezca nuestro mundo al mundo
natural, más probable es que seamos aceptados en
esta casa que es la nuestra, pero no de nosotros solos”

Benyus, Janine M, 1997.



INDICE

AGRADECIMIENTOS	1
GLOSARIO	2
INDICE DE FIGURAS Y TABLAS	3
RESUMEN	5
ABSTRACT.....	6
RESUM	7
ACRONIMOS	8
1 INTRODUCCIÓN	9
1.1 MOTIVACIÓN.....	9
1.2 ANALISIS DE LA INVESTIGACION	10
1.3 CONTEXTO GEOGRAFICO	10
1.4 PROBLEMATICAS	12
1.5 OBJETIVOS	13
1.6 METODOLOGÍA.....	13
2 MARCO TEORICO.....	14
2.1 BIOMIMESIS.....	14
2.1.1 Antecedentes	16
2.1.2 Biomimesis.....	16
2.2 SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA.....	23
2.2.1 Antecedentes SBN	26
2.3 SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS	32



2.3.1	Principios.....	35
2.3.2	Conectividad	35
2.3.3	Conservación Ecológica.....	36
2.3.4	Componentes Involucrados En El Ecosistema	37
2.4	INFRAESTRUCTURA VERDE	39
2.4.1	Marco Normativo	41
2.4.2	Plan Básico de Ordenamiento Territorial	41
2.5	TEJIDO CONJUNTIVO DEL PAISAJE	45
3	OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS).....	45
3.1	ACCIÓN POR EL CLIMA.....	46
3.2	VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES.....	46
4	PROBLEMÁTICAS AMBIENTALES	49
4.1	RIO BOGOTÁ.....	49
4.2	EMBALSE DEL MUÑA	50
5	FORMA DEL TERRITORIO	52
5.1	INFRAESTRUCTURA ECOLOGICA	54
5.2	AMENAZAS	55
5.3	AREAS DE ALTO RIESGO.....	56
5.4	MOVILIDAD	57
6	PARQUE ECOLOGICO LOS FRAILEJONES.....	58
6.1	ZONA DE IMPLANTACIÓN	59
6.2	CAPAS DE COMPOSICIÓN.....	63
6.3	DESAFIOS.....	66



6.4	MEDIDAS Y ACCIONES	71
6.5	SOLUCIÓN BIOMIMÉTICA	93
6.5.1	Espeletia argentea “frailejón”	94
6.5.2	Oportunidad	96
6.5.3	Bioinspiración	97
7	CONCLUSIONES	103
7.1	CONTRIBUCIONES	104
8	BIBLIOGRAFÍA	105



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, deseo expresar mi gratitud a Dios, por brindarme la fortaleza física y mental necesarias para afrontar los desafíos que se presentaron a lo largo de este proceso tan significativo.

A mi madre Alexandra, por ser siempre un ejemplo de vida y apoyo incondicional, aun en la distancia. Su guía emocional y espiritual, así como sus valiosos consejos tanto académicos como profesionales, han sido fundamentales para el desarrollo de esta etapa. A mi padre, por su constante acompañamiento desde el inicio de este camino, transmitiéndome su resiliencia frente a los obstáculos, también a pesar de la distancia. A mi pareja, Daniela, por su presencia en los momentos de mayor dificultad, por su comprensión, apoyo y amor, que me motivaron a seguir adelante.

Extiendo mi agradecimiento a todos los profesores del Máster, quienes contribuyeron de manera decisiva a la consolidación de mis conocimientos en esta disciplina. De manera especial, a mis tutores, Mercedes Almenar e Ignacio Díez, por su acompañamiento sus orientaciones y valiosos aportes, que resultaron esenciales para el desarrollo y la culminación de este trabajo, con el cual me siento profundamente satisfecho.

Agradezco igualmente a la Universidad Politécnica de Valencia, por abrirme sus puertas y permitirme formar parte de su comunidad académica. Esta experiencia me ofreció la oportunidad de potenciar mis capacidades, estimular mi curiosidad y ampliar mi perspectiva profesional y personal.

Finalmente, expreso un sentido agradecimiento a mi municipio de origen, Sibaté (Colombia), territorio que ha sido una fuente constante de inspiración desde mi formación académica. Este lugar me ha permitido comprender la naturaleza de



una manera más profunda y consciente, despertando en mí un sentimiento de gratitud hacia los ecosistemas y reafirmando la convicción de que, desde mi profesión, es posible demostrar que vivir en armonía con la naturaleza es la vía para actuar en el presente y construir un futuro sostenible



GLOSARIO

ADAPTACION BASADA EN ECOSISTEMAS: Es el uso de la biodiversidad y los servicios como parte de una estrategia general de adaptación.

BIOMIMESIS: Es una ciencia la cual estudia los modelos y los procesos biológicos de la naturaleza para emularlos, imitarlos o inspirarse para la resolución de problemas humanos.

CONTAMINACIÓN DEGRADACIÓN DEL SUELO: Se considera contaminación o degradación del suelo al acto por el cual se introducen en este medio afluentes industriales sólidos o líquidos que destruyen los suelos y los seres vivos de dicho medio.

ECOSISTEMAS RIPARIOS: Bosques que se encuentran a lo largo de cuerpos de agua.

IMPACTO AMBIENTAL: Es el grado de contaminación generado por el funcionamiento de una actividad.

MITIGACIÓN BASADA EN ECOSISTEMAS: Se refiere a un enfoque que utiliza la conservación, restauración y gestión sostenible de los ecosistemas para reducir los impactos del cambio climático, al mismo tiempo que se generan beneficios sociales, económicos y ambientales.

PLANIFICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VERDE INTEGRADA (PIVI): Consiste en un enfoque estratégico cuyo objetivo es desarrollar redes de espacios verdes y azules integrados a las zonas urbanas, periurbanas y rurales del entorno, diseñadas y gestionadas para ofrecer una amplia gama de servicios



ecosistémicos y otros beneficios a todas las escalas espaciales y junto al resto de infraestructuras.

SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA: Describe las acciones para proteger, gestionar y restaurar de manera sostenible los ecosistemas naturales o modificados, proporcionando simultáneamente beneficios para el bienestar humano.



INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 01: Características de los suelos del páramo.

Figura 02: Principios de la Biomimesis.

Figura 03: Relación entre los conceptos SbN, Infraestructura verde y Biomimesis.

Figura 04: 5 principios clave del cambio climático mediante las SbN.

Figura 05: Línea de tiempo antecedente histórico de las SbN.

Figura 06: Descripción del concepto bosque urbano.

Figura 07: Importancia de la naturaleza para las personas.

Figura 08: Relación entre la Biomimesis y las SbN.

Figura 09: Ilustración servicios de los ecosistemas.

Figura 10: SbN como un término general para enfoques relacionados con los ecosistemas.

Figura 11: Conectividad ecológica.

Figura 12: Rutas hidrológicas generalizadas en un paisaje natural.

Figura 13: Infraestructura Verde.

Figura 14: Tipologías de espacios verdes, Infraestructura verde.

Figura 15: Extensión Río Bogotá.

Figura 16: Identificación cualidades ambientales y sus problemáticas.

Figura 17: Identificación de las problemáticas territoriales.



Figura 18: Identificación de la Infraestructura ecológica territoriales.

Figura 19: Identificación de las amenazas territoriales.

Figura 20: Identificación de las áreas críticas de alto riesgo.

Figura 21: Identificación de la movilidad territorial.

Figura 22: Localización intervención.

Figura 23: Parque Los frailejones, zonas del parque.

Figura 24: Localización parque los frailejones.

Figura 25: Capas de composición parque los frailejones (estado actual).

Figura 26: Identificación problemáticas ambientales y de infraestructura funcional.

Figura 27: ilustración de las estrategias SbN.

Figura 28: Interpretación del antes y después, zonas de dispersión para picnic.

Figura 29: Imaginario casetas de concienciación Zona 1 del parque.

Figura 30: Imaginario Reforestación hacia el embalse.

Figura 31: Imaginario Humedal.

Figura 32: Interpretación Mirador.

Figura 33: Imaginario huertos comunitarios

Figura 34: Sección detalle senderos parque ecológico.

Figura 35: Imaginario Senderos ecológicos.

Figura 36: Zonificación intervención.



Figura 37: Corema de los conceptos para la propuesta.

Figura 38: Disposición de las estrategias.

Figura 39: Capas de composición elementos para la propuesta.

Figura 40: Zonificación elementos de la propuesta.

Figura 41: Perfil de elevación acciones de recuperación y conservación para la Biodiversidad.

Figura 42: Perfil de elevación senderos y humedal

Figura 43: Perfil de elevación mirador y senderos.

Figura 44: Ciclo hidrológico frailejón en el páramo.

Figura 45: Reproducción a nivel general del Frailejón.

Figura 46: Ilustración Diseño en espiral Biomimesis.

Figura 47: Estructura Biomimetica tipo frailejón.

Figura 48: Diagrama resultados esperados.

Figura 49: Resultado Planta general propuesta.

Tabla 04: Aclaración de los términos utilizados en el marco de definición de las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN).

Tabla 05: Descripción SbN Centro Corredores Verdes, Medellín.

Tabla 06: Descripción SbN Recuperación de la selva tropical en zonas urbanas, Salvador Bahía.

Tabla 07: Descripción SbN Centro Corredores Verdes, Medellín.

Tabla 08: Infografía ODS ítem “Acción por el clima”.

Tabla 08: Variables claves para análisis prospectivo Y construcción de escenarios

Tabla 10: Infografía ODS ítem “Vida de Ecosistemas”.

Tabla 11: Tabla descripción fitotectura parque los frailejones.

Tabla 12: Ilustración Bioinspiración frailejón.

TABLAS

Tabla 01: Descripción Biomimetica Centro EASTGATE, Zimbabue.

Tabla 02: Descripción Biomimetica Torre Gherkin, Londres.

Tabla 03: Descripción Biomimetica Casa BIQ, Alemania.



RESUMEN

En el presente nos hallamos inmersos en una crisis ambiental bastante fuerte la cual, no solo compete a una población en particular sino a todos en escala a nivel mundial, el hombre se ha ensimismado y ha puesto sus intereses particulares por encima de la naturaleza, ha adoptado practicas a lo largo de la historia que, en su afán u obsesión por el desarrollo se ha olvidado de volver a sus raíces que son, vivir en armonía con el medio natural que lo rodea el cual es quien le proporciona los recursos para poder subsistir “sólo si abandonamos nuestro enfoque antropocéntrico y atendemos con humildad a las lecciones de la naturaleza, podremos mantener una estabilidad dinámica y aprovechar los recursos sin acumular desechos, respetando el ecosistema en que nos hallamos inmersos” (Benyus, Janine M, 1997) La Biomimesis anima al estudio de las estrategias y el diseño de entornos del mundo natural las cuales si las emulamos responden a los diferentes problemas ambientales que nosotros mismos hemos causado, en función a las practicas que nos ofrece el medio natural, mismas que han sido modeladas y puestas a prueba durante millones de años. En el municipio de Sibaté, Colombia existe una preocupación por parte de sus habitantes y de la misma administración local de la falta de intervenciones a los diferentes ecosistemas existentes los cuales son abundantes, las únicas intervenciones que existen son para la explotación de canteras, extracción de minerales y la deforestación de los suelos de protección afectando el equilibrio ecosistémico; en este trabajo se busca conocer las diferentes cualidades paisajísticas y medioambientales del municipio, identificando las problemáticas más relevantes y asimismo explorar las alternativas para intervenir este lugar teniendo en cuenta las soluciones basadas en la naturaleza que nos brinda.



Palabras clave: Antropocéntrico, Biomimesis, Emular, Ecosistema, Naturaleza, Urbanismo.



ABSTRACT

In the present we have plunged into a rather strong environmental crisis which, not only concerns a particular population but all on a global scale, man has self-absorbed and has put his particular interests above nature, has adopted practices throughout history that, in its eagerness or obsession with development, it has forgotten to return to its roots which are to live in harmony with the surrounding natural environment which is the one who provides the resources to be able to subsist "Only if we abandon our anthropocentric approach and humbly heed the lessons of nature can we maintain dynamic stability and exploit resources without accumulating waste, respecting the ecosystem in which we are immersed" (Benyus, Janine M, 1997) Biomimesis encourages the study of strategies and design of environments in the natural world which, if emulated, respond to the different environmental problems that we ourselves have caused, depending on the practices offered by the natural environment, which have been modelled and tested over millions of years. In the municipality of Sibaté, Colombia there is a concern by its inhabitants and the local administration itself of the lack of interventions to the different existing ecosystems which are abundant, the only interventions that exist are for the exploitation of quarries, mineral extraction and deforestation of protective soils affecting the ecosystem balance; in this work we seek to know the different landscape and environmental qualities of the municipality, Identifying the most relevant problems and also exploring alternatives to intervene this place taking into account the solutions based on nature that provides us.



Keywords: Anthropocentric, Biomimesis, Emular, Ecosystem, Nature, Urbanism.



RESUM

En el present ens hàgem immersos en una crisi ambiental bastant forta la qual, no sols competix a una població en particular sinó a tots en escala a nivell mundial, l'home s'ha entotsolat i ha posat els seus interessos particulars per damunt de la naturalesa, ha adoptat practiques al llarg de la història que, en el seu afany o obsessió pel desenrotllament s'ha oblidat de tornar a les seues arrels que són, viure en harmonia amb el medi natural que l'envolta el qual és qui li proporciona els recursos per a poder subsistir “només si abandonem el nostre enfocament antropocèntric i atenem amb humilitat a les lliçons de la naturalesa, podem mantindre una estabilitat dinàmica i aprofitar els recursos sense acumular deixalles, respectant l'ecosistema en què ens trobem immersos” (*Benyus, *Janine M, 1997) La *Biomimesis anima a l'estudi de les estratègies i el disseny d'entorns del món natural les quals si les emulem responen als diferents problemes ambientals que nosaltres mateixos hem causat, en funció a les practiques que ens oferix el medi natural, mateixes que han sigut modelades i posades a prova durant milions d'anys. En el municipi de *Sibaté, Colòmbia existix una preocupació per part dels seus habitants i de la mateixa administració local de la falta d'intervencions als diferents ecosistemes existents els quals són abundants, les úniques intervencions que existixen són per a l'explotació de pedreres, extracció de minerals i la desforestació dels sòls de protecció afectant l'equilibri ecosistèmic; en este treball es busca conéixer les diferents qualitats paisatgístiques i mediambientals del municipi, identificant les problemàtiques mes rellevants i així mateix explorar les alternatives per a intervindre este lloc tenint en compte les solucions basades en la naturalesa que ens brinda.



Palabras clave: Antropocéntrico, Biomimesis, Emular, Ecosistema, Naturaleza, Urbanismo.



ACRONIMOS

ABE: Adaptación basada en ecosistemas

CICES: Clasificación común Internacional

IV: Infraestructura verde

ICU: Isla de calor urbana

MBE: Mitigación basada en ecosistemas

ODS: Objetivos desarrollo sostenible

PIB: Producto interno bruto

PBOT: Plan básico de Ordenamiento Territorial

PIVI: Planificación de la infraestructura verde integrada

SE: Servicios ecosistémicos

SEs: Servicios de los ecosistemas

SBN: Soluciones basadas en la naturaleza

TU: Temperatura urbana

WWF: Fondo mundial para naturaleza

CLLC: Center For Large Landscape Conservation

CCSG: Connectivity Conservation specialist Group

1 INTRODUCCIÓN

1.1 MOTIVACIÓN

Mi formación académica en la Universidad católica de Colombia marcó un punto de inflexión en la manera en que comprendía el territorio que habitaba. Allí fue donde adquirí una nueva perspectiva, más consciente y crítica, sobre las cualidades medioambientales que conforman nuestro entorno. Esta transformación en mi visión del paisaje me permitió reconocer que el territorio no es simplemente un espacio físico o una extensión de tierra sujeta a explotación, sino un sistema complejo e interdependiente que nos provee condiciones únicas para la vida y que, a cambio, exige respeto, cuidado y equilibrio.

Comencé entonces a valorar profundamente la biodiversidad que me rodea: los ríos que surcan el territorio, el embalse que regula el agua, la fauna y flora endémica que habita nuestros ecosistemas, y especialmente los páramos, elementos vitales para la regulación hídrica y climática de la región. A tan solo treinta minutos de mi municipio se encuentra el Páramo de Sumapaz, reconocido como el más grande del mundo, un verdadero hito ambiental y símbolo del patrimonio natural colombiano. Estos espacios, que han evolucionado para albergar vida, hoy se encuentran amenazados por actividades humanas que, en muchos casos, priorizan intereses económicos por encima de la sostenibilidad ecológica.

En este contexto, la presente tesis surge como un compromiso con el reconocimiento y la valorización de estos territorios. El objetivo es realizar un diagnóstico detallado, un análisis profundo y una propuesta de intervención

coherente con los principios del desarrollo sostenible. Para ello, se integran los lineamientos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), junto con enfoques innovadores como la Biomimesis y las soluciones basadas en la naturaleza (SbN), los cuales ofrecen una alternativa viable para la conservación y regeneración ambiental desde el urbanismo.

Esta investigación no solo pretende recuperar y potenciar las zonas de estudio, sino también posicionarlas como un modelo replicable en otros territorios con condiciones similares. De esta manera, se busca aportar a la construcción de un territorio más resiliente, ecológico y sostenible, capaz de responder a los retos del presente sin comprometer los recursos de las generaciones futuras.



Imagen 01: Vista Sibaté, Cundinamarca,

fuentes: fotografía propia, *Parque los frailejones*



Imagen 02: Vista iglesia municipal,
fuentes: fotografía archivo municipal

1.2 ANALISIS DE LA INVESTIGACION

El presente Trabajo de Final de Máster se fundamenta en la aplicación de enfoques innovadores que integran el conocimiento ecológico con la planificación territorial, mediante acciones que aprovechan tanto los ecosistemas como los procesos naturales que ofrece la propia naturaleza. La investigación se centra en un lugar específico, seleccionado a partir de un análisis geográfico y ambiental, donde se propone una intervención basada en los principios de la Biomimesis y las soluciones basadas en la naturaleza (SbN). Ambos conceptos comparten una profunda relación intrínseca. A lo largo de este trabajo se abordarán a profundidad ambas perspectivas, destacando sus puntos

de conexión y complementariedades. Esta propuesta no solo pretende explorar su aplicabilidad teórica, sino también demostrar su potencial transformador en el contexto local y convertirse en un modelo replicable en los demás territorios, ofreciendo herramientas innovadoras para la regeneración ecológica, la resiliencia ambiental y la sostenibilidad del territorio intervenido.

1.3 CONTEXTO GEOGRAFICO

El Municipio de Sibaté se encuentra ubicado al sur-este de Bogotá con una población de 42.286 habitantes, constituye uno de los extremos de la sabana. El desarrollo urbano de este municipio se remonta hacia el año 1930 donde se comienzan a generar los primeros conceptos de organización urbana, con calles definidas entorno a dos caminos principales. En 1940 se inició el proyecto hidroeléctrico que cambiaría totalmente el sistema de vida y crecimiento del asentamiento, específicamente en el caserío entonces llamado La Unión; como fue la Represa del Muña. La ubicación del Municipio en el marco Nacional y Departamental además de la relativa proximidad con la capital de la República, a 25 kilómetros conectada por una vía que da acceso a importantes centros de desarrollo, otorgan a este Municipio una situación geográfica ventajosa. Estas circunstancias hacen de Sibaté un centro activo de comercio, ya que allí confluyen los productos característicos de tierra fría, que se distribuyen en las diferentes ciudades del país

El territorio de Sibaté cuenta con una extensión equivalente a 12.560 hectáreas de las cuales 10.870 son área rural, allí la principal actividad es de la producción agrícola la cual equivale a 1.100 hectáreas convirtiéndose este en la actividad principal de las zonas rurales del municipio. En la extensión del territorio se encuentran ecosistemas los cuales han estado allí por miles de años

proporcionando los principales recursos y cualidades ecosistémicas; las riquezas ambientales que se gozan en este lugar son gracias lo que nos ofrece la naturaleza y estas cualidades se extienden por miles de kilómetros hacia la periferia del municipio abarcando también la capital que es Bogotá, allí en una localidad de esta ciudad llamada Sumapaz se encuentra el páramo más grande del mundo, con una extensión de 333.420 hectáreas y una de las fuentes hídricas mas importantes del país. Sibaté cuenta con dos fuentes hídricas importantes que son el rio aguas claras y el rio muña los cuales son de vital importancia no solo para el municipio, sino que también es vital para los municipios periféricos.



Imagen 03: Vista Paramo del Sumapaz

fuentes: Portal news, los páramos más increíbles de Cundinamarca



Figura 01: Características de los suelos del páramo

fuentes (Hémbuz Solano, J., 2023, pág. 24)

1.4 PROBLEMATICAS

El municipio de Sibaté, localizado en el departamento de Cundinamarca, se caracteriza por albergar en su territorio extensas áreas con un alto valor ecológico y paisajístico. No obstante, estas zonas han sido objeto de diversas intervenciones que, lejos de responder a una planificación territorial sostenible, han priorizado intereses económicos específicos ligados principalmente a sectores como la minería, la generación hidroeléctrica y el turismo no regulado. Dichas prácticas, implementadas sin una visión integral del territorio ni una valoración adecuada de los servicios ecosistémicos, han generado impactos ambientales significativos, alterando el equilibrio ecológico y comprometiendo la funcionalidad de los ecosistemas locales. Este deterioro ambiental ha despertado una creciente preocupación entre la población sibateña, que históricamente ha demostrado un fuerte arraigo a su territorio y un compromiso activo en la defensa de sus recursos naturales. Paralelamente, en la periferia del casco urbano existen espacios naturales concebidos en su momento como zonas de compensación ambiental o de uso recreativo para suplir la carencia de áreas verdes de carácter socioambiental. Sin embargo, la falta de gestión, mantenimiento y políticas de conservación claras ha conllevado al abandono progresivo de estos espacios, ignorando su relevancia estratégica para la resiliencia urbana y ecológica del territorio, de este análisis viene la preocupación y la motivación para realizar la intervención.



Imagen 04: Embalse del muña

fuentes: fotografía propia



1.5 OBJETIVOS

Objetivo Principal:

Conservar y Regenerar las cualidades medioambientales de un espacio natural estrategico abandonado, mediante practicas basadas en la naturaleza, mitigando el impacto ambiental hacia un cuerpo de agua clave para la región.

Objetivos Especificos:

1. Adoptar practicas basadas en la naturaleza en función a las necesidades identificadas del parque los frailejones.
2. Disponer de campañas de concienciación a la comunidad mediante actividades que expliquen las practicas aplicadas.
3. Diseñar e implementar un modelo de restauración ecologica aplicada a un espacio natural que mitigue las problematicas ambientales de si mismo y también de su entorno.

1.6 METODOLOGÍA

La metodología adoptada para el desarrollo de este trabajo se estructura en tres etapas principales que permiten un abordaje progresivo del territorio, desde un enfoque multiescalar e interdisciplinar, integrando tanto el análisis teórico como la aplicación práctica de conceptos innovadores en el campo del urbanismo sostenible. En la primera fase se construye el marco teórico y contextual que sustenta la investigación a partir de un análisis territorial a escala amplia, se examina tanto el municipio de Sibaté como su periferia, identificando las problemáticas comunes que afectan estos espacios desde una perspectiva integral. Se estudian las condiciones ambientales, sociales y los antecedentes históricos del territorio, permitiendo comprender la evolución de su estructura ecológica, los conflictos de uso del suelo y los factores que han influido en su



transformación. Este análisis se constituye como base para identificar las oportunidades de intervención y establecer los criterios fundamentales del diseño territorial. En la segunda etapa se abordan los fundamentos conceptuales que guían la propuesta metodológica. Se exploran los principios de la biomímesis y las soluciones basadas en la naturaleza (SbN), analizando la relación sinérgica entre ambos enfoques y su contribución al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Asimismo, se realiza una revisión de casos de éxito, principalmente en Colombia y América Latina, en los que se han aplicado estos conceptos de forma efectiva, estos referentes permiten establecer lineamientos metodológicos, identificar buenas prácticas y reconocer el potencial de replicabilidad de dichas estrategias en contextos similares. La tercera etapa corresponde a la aplicación directa de la metodología en el ámbito municipal, con un enfoque detallado en un área específica del territorio. Se realiza un análisis a escala local que incluye la caracterización paisajística, el estudio morfológico del territorio y la identificación de sus cualidades ecosistémicas. A partir de esta información, se formulan estrategias de intervención orientadas a mitigar las afectaciones provocadas por prácticas humanas insostenibles. Estas estrategias se fundamentan en la biomímesis y en las SbN, y buscan no solo conservar, restaurar y proteger el ecosistema, sino también proponer un modelo de gestión territorial que sea funcional, viable, sostenible e innovador. El objetivo final es demostrar que este modelo puede ser replicado en otros territorios con características similares, promoviendo así una visión regenerativa del urbanismo. *“Poniendo a nuestra especie en mejor armonía con el resto de la naturaleza, estas soluciones nos muestran el camino para satisfacer nuestras necesidades y crear nuevas posibilidades”.*¹

¹ (Benyus, Janine M, 1997, pág. 15)



2 MARCO TEORICO

2.1 BIOMIMESIS

Mucho antes de la aparición del ser humano en la tierra, diferentes especies han habitado este planeta, que mejor modelo para seguir que nuestro entorno el cual, durante 3.800 millones de años ha perfeccionado pacientemente sus tecnologías creando una armonía perfecta para la vida que habita en ella *“La Biomimesis está descubriendo lo que funciona en el mundo natural y, cosa aún más importante, lo que dura. Después de 3800 millones de años de investigación y desarrollo, los fracasos han quedado fosilizados y lo que nos rodea es el secreto de la supervivencia”*². La Biomimesis (Del griego *bios*-vida, y *mimesis*, imitación) es una ciencia la cual estudia los modelos y los procesos biológicos de la naturaleza para emularlos, imitarlos o inspirarse para la resolución de problemas humanos; este estudio consiste en corregir los procesos de innovación del ser humano para que de tal manera podamos aprender de ella para si lograr como humanidad a co-existir, también es una manera de valorar lo que la naturaleza nos ofrece entendiendo con humildad que si tomamos a la naturaleza como nuestro mentor saliendo de nuestro ego como el ser vivo más “desarrollado” podremos evolucionar de tal manera que no solo nos favorecemos a nosotros mismos sino que también al medio que nos rodea logrando armonía, funcionalidad y descubriremos un proceso el cual perdura durante el paso del tiempo sin afectar el medio que nos proporciona los recursos para existir *“Cuanto más se parezca nuestro mundo al mundo natural, más probable es que seamos aceptados en esta casa que es la nuestra, pero*

² (Benyus, Janine M, 1997, pág. 17)



*no de nosotros solos”*³ Este concepto juega un papel importante a la hora en que hablamos de la protección del medio ambiente ya que, ofrece soluciones que imitan los procesos y sistemas que la naturaleza nos ofrece, al aplicar los principios de la Biomimesis es posible:

- Reducir el consumo de energía
- Minimizar la producción de residuos
- Optimizar el uso de recursos naturales limitados

³ (Benyus, Janine M, 1997, pág. 17)

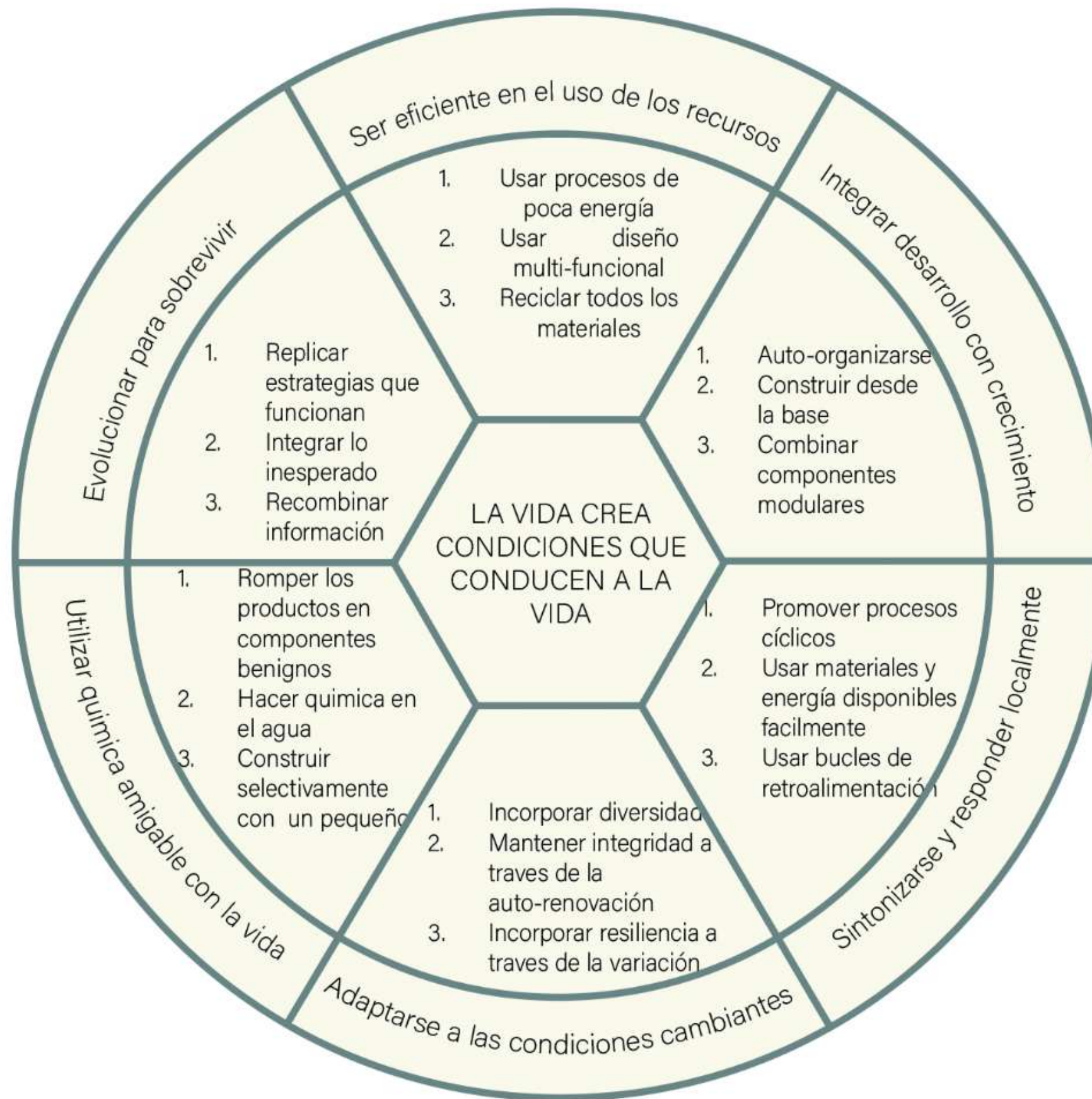


Figura 02: Principios de la Biomimesis.

Fuente: Elaboración propia

2.1.1 Antecedentes

2.1.2 Biomimesis

Existen antecedentes de la aplicación de este concepto en el urbanismo y la arquitectura. A principios del siglo arquitectos como Antoni Gaudí adoptaban en sus edificios la imitación de las formas naturales, Gaudí expresaba “Es el método más racional, duradero y económico”

La idea para este parque fue una simbiosis entre urbanismo, arquitectura y naturaleza, que configuró el parque como un enclave destacado de la gran metrópoli ⁴.



Imagen 05: Parc Guell Barcelona, Antoni Gaudí, **fuentes:** fotografía <https://www.barcelona.cat/es/>

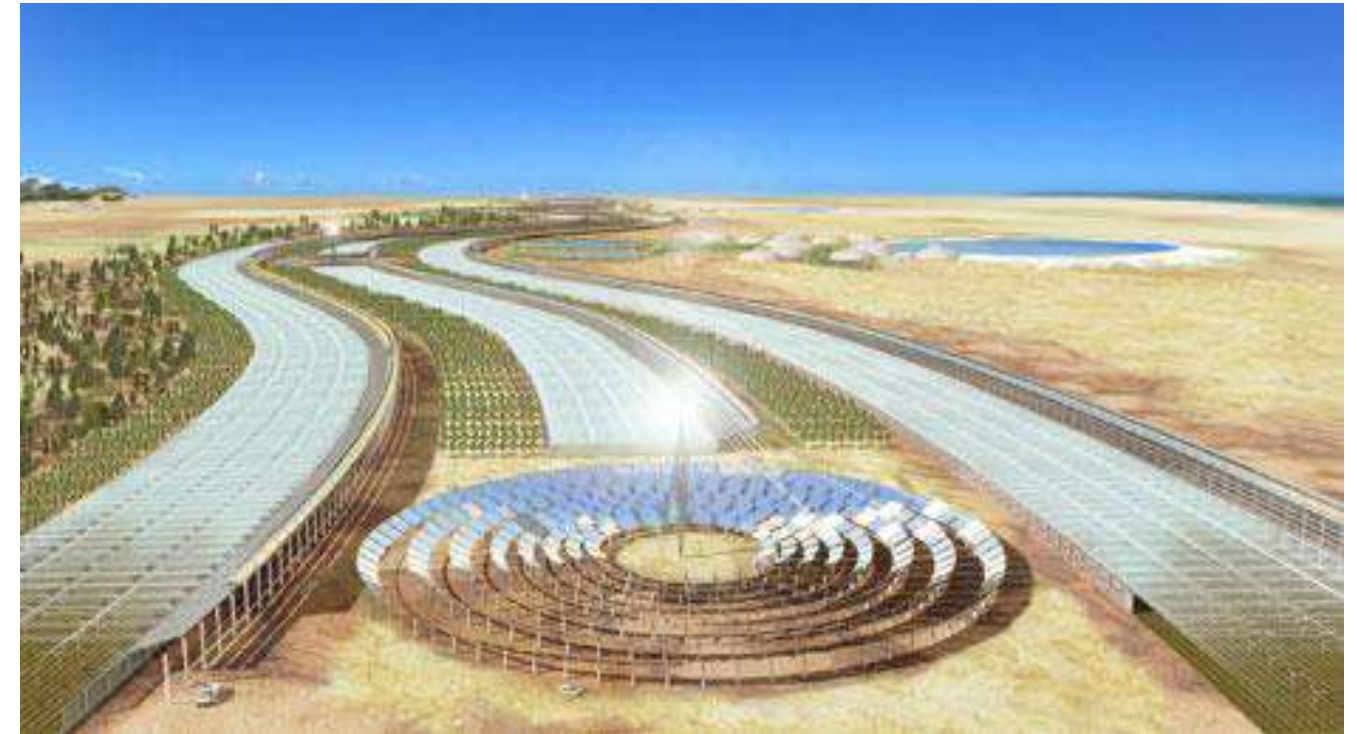


Imagen 06: Proyecto bosque en el Sahara, **fuentes:** fotografía <https://yorokobu.es/biomimesis/>

⁴ (MUSEU D` HISTÓRIA DE BARCELONA, s.f.)

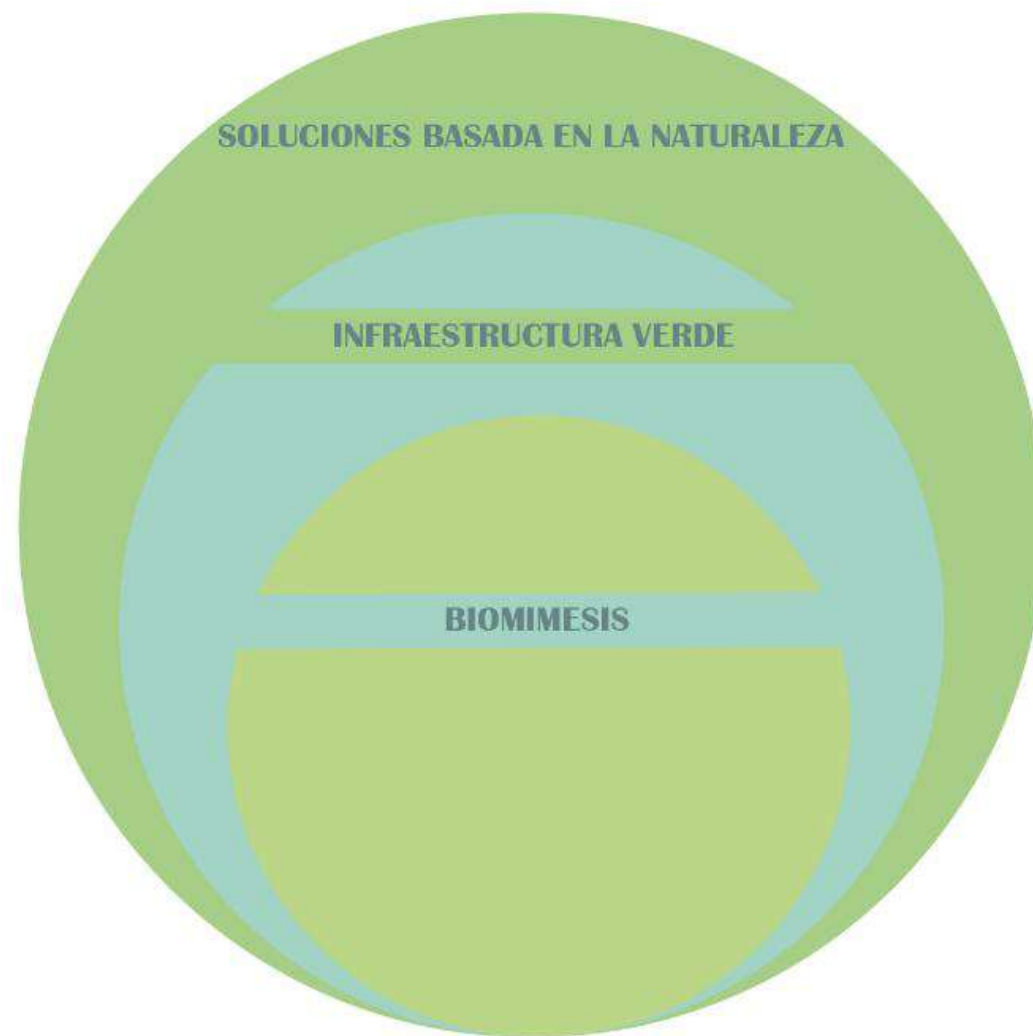


Figura 03: Relación entre los conceptos.

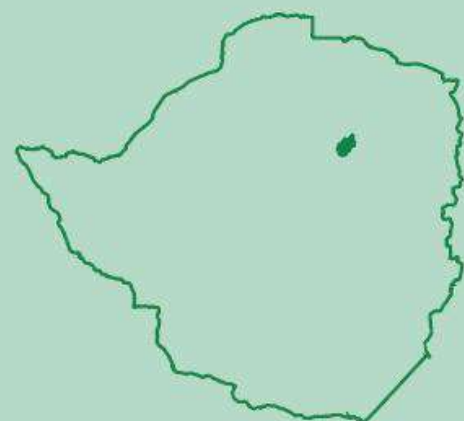
Fuente: Elaboración propia, basada en infraestructura verde y soluciones basadas en la naturaleza para la adaptación al cambio climático.

La ambición para este proyecto es hacer que los desiertos del mundo vuelvan a ser productivos, restaurando la vegetación. El sistema está diseñado para cosechar sinergias tecnológicas al tiempo que minimiza y reutiliza los residuos utilizando el agua salada y la luz solar como principales factores de entrada, se combinan tecnologías ambientales y las Soluciones basadas en la naturaleza de la reforestación y el sistema de continuidad ambiental para volver a darle vida a un lugar, así permitiendo revegetar la tierra en las áreas desérticas ⁵.

⁵ (Goldapple, 2021)

CENTRO EASTGATE

Harare, Zimbabwe



Clima subtropical



INSPIRACIÓN

Estructura interna de los termiteros

OBJETIVO

Lograr un sistema de ventilación y refrigeración pasiva

FUNCIONALIDAD

El proceso de termorregulación consiste en la reducción de ganancia térmica mediante el acristalamiento limitado, los salientes profundos y la masa del edificio, además de la refrigeración nocturna a través de corrientes de aire conectivas.

RESULTADOS

Se consiguieron beneficios del 10% de ahorro por adelantado en los costos de construcción al no comprar sistemas de aire acondicionado o un 35% menos de gasto energético anual, comparándolo con edificios de la zona

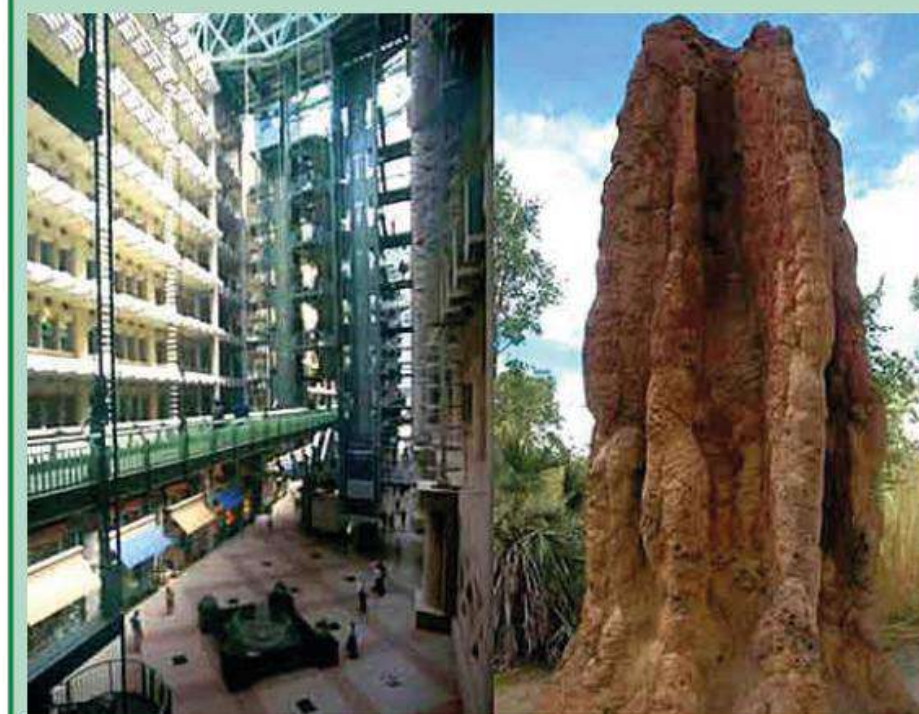


Tabla 01: Descripción Biomimética Centro EASTGATE, Zimbabwe

Fuente: Elaboración propia

TORRE GHERKIN

Londres, Reino Unido



Clima Templado



INSPIRACIÓN

Sistema de respiración de las esponjas marinas

OBJETIVO

Proporcionar aire de una forma eficiente

FUNCIONALIDAD

La forma de redonda del edificio reduce las desviaciones del viento y crea diferentes los diferenciales de presión externos que impulsan el sistema de ventilación natural, el aire puede fluir en el interior con mayor suavidad en comparación con la forma rectilínea de un diseño tradicional.

RESULTADOS

El calor que se forma dentro del edificio huye y no suben las temperaturas y en invierno este sistema de ventilación mueve la calefacción por todo el edificio con mas facilidad, esta estructura permite el ahorro de un 50% de energía con respecto a otros edificios.



Tabla 02: Descripción Biomimética Torre Gherkin, Londres

Fuente: Elaboración propia

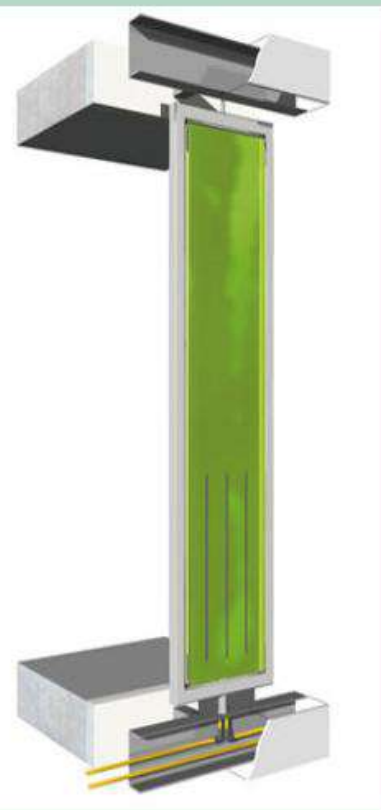
CASA BIQ Hamburgo, Alemania Clima Sub-Oceanico  	
INSPIRACIÓN	Algas microscopicas
OBJETIVO	Controlar la luz y obtencion de nutrientes
FUNCIONALIDAD	Consiste en una fachada Bio-Reactiva de vidrio, que contiene en su interior algas microscopicas, encargadas de controlar la luz que ingresa al edificio, en invierno las algas no se propagan y las pantallas de la fachada quedan transparentes y en verano las algas se propagan tamizando la luz que ingresa al edificio.
RESULTADOS	Las algas cuando crecen lo suficiente son extraidas y procesadas en Bioreactores de colt international, para hacer biogás que da al edificio, reduciendo el consumo de energía en un 50%.
 	

Tabla 03: Descripción Biomimetica Casa BIQ, Alemania

Fuente: Elaboración propia



2.2 SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA

Este es un concepto relativamente nuevo el cual abarca todas aquellas acciones las cuales están apoyadas en los ecosistemas y los servicios que estos mismos proveen, mediante acciones que protegen, gestionan y restauran de una manera sostenible los diferentes ecosistemas naturales o modificados proporcionando simultáneamente beneficios para el bienestar humano y la biodiversidad. Estas prácticas están respaldadas e inspiradas por la naturaleza tomando como modelo la misma, emulando los procesos para contribuir a la gestión de los diferentes recursos como el agua, el suelo, el clima los riesgos o la ciudad como conjunto. Las SbN implican un aplicación a microescala o macroescala inspiradas y respaldadas por la naturaleza, en el ámbito urbano es una opción ya que se aplica en función a la planificación urbana incluyendo la reforestación y restauración de los ecosistemas, la creación de zonas naturales de inundación para la retención de agua potable en episodios de lluvia, depuración y mejora de la calidad de agua a través de los humedales. *“La naturaleza, imaginativa por necesidad, ya ha resuelto los problemas que nos preocupan a nosotros. Nuestro reto es tomar estas ideas que el tiempo ha refrendado y reflejarlas en nuestra vida”*⁶

TEMA	DESCRIPCIÓN
ECOSISTEMAS	se refiere a todos los tipos de ecosistemas, incluyendo tanto los ecosistemas naturales como los modificados
SOCIAL	Las SbN abordan explícitamente los desafíos sociales. Las soluciones no están orientadas únicamente a enfrentar desafíos ambientales o a minimizar solo los impactos ambientales, aunque estos pueden formar parte de los objetivos de las SbN.
ACCIONES	Este término fue elegido para destacar la necesidad de soluciones activas frente a los principales desafíos sociales. Todas las intervenciones de SbN son soluciones basadas en la naturaleza o en los ecosistemas, y no incluyen intervenciones que estén únicamente inspiradas en la naturaleza, como la biomimética.

Tabla 04: Aclaración de los términos utilizados en el marco de definición de las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN).

Fuente: Elaboración propia basado en (Tein McDonald, 2016, pág. 6)

⁶ (Benyus, 2005)



figura 04: 5 principios clave del cambio climático mediante las SbN.

Fuente: Elaboración propia basado en WWF (WWF. Vidal, 2021, pág. 23)

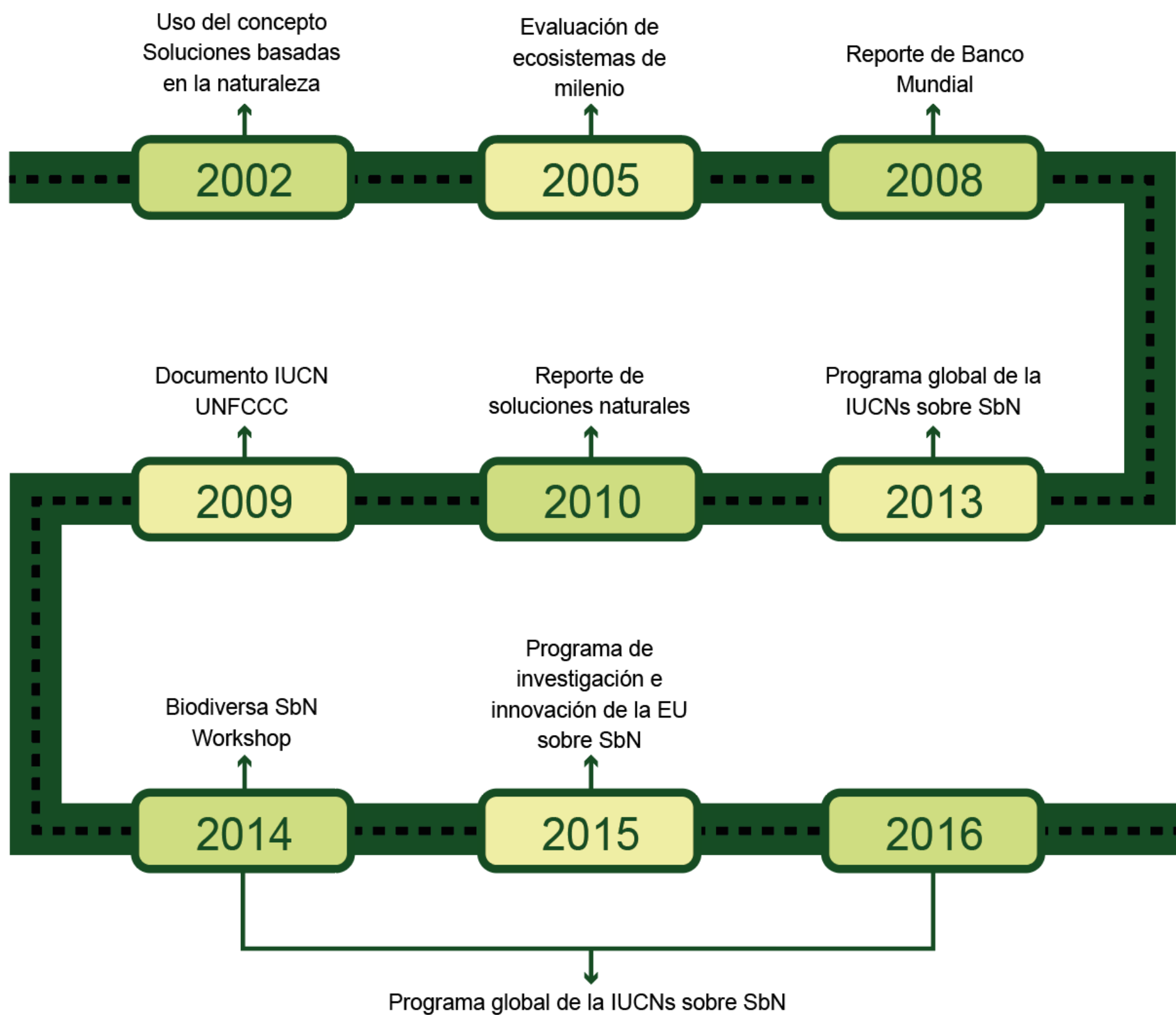


Figura 05: Línea de tiempo antecedente histórico de las SbN.

Fuente: Elaboración propia basado en IUCN (Cohen-Shacham, 2016, pág. 4)

2.2.1 Antecedentes SBN

Este trabajo tiene como objetivo servir de ejemplo para sensibilizar a aquellos promotores urbanos que toman las decisiones en las ciudades y su contexto, también a la población, que las soluciones basadas en la naturaleza son viables, económicas y es una alternativa sostenible en la actualidad, pero también pensando en las generaciones futuras; para este ítem se traen 3 proyectos que son capaces de inspirar a otras ciudades en adoptar estas prácticas.

Las SbN pueden reportar múltiples beneficios para hacer frente a la pérdida de biodiversidad y la crisis climática, a su vez que mejoran la calidad de la vida urbana, para esto las ciudades deben incluir las SbN en sus planes climáticos locales, que son aún más poderosos cuando se combinan con compromisos destinados a poner fin a la deforestación y la conversión de hábitats.

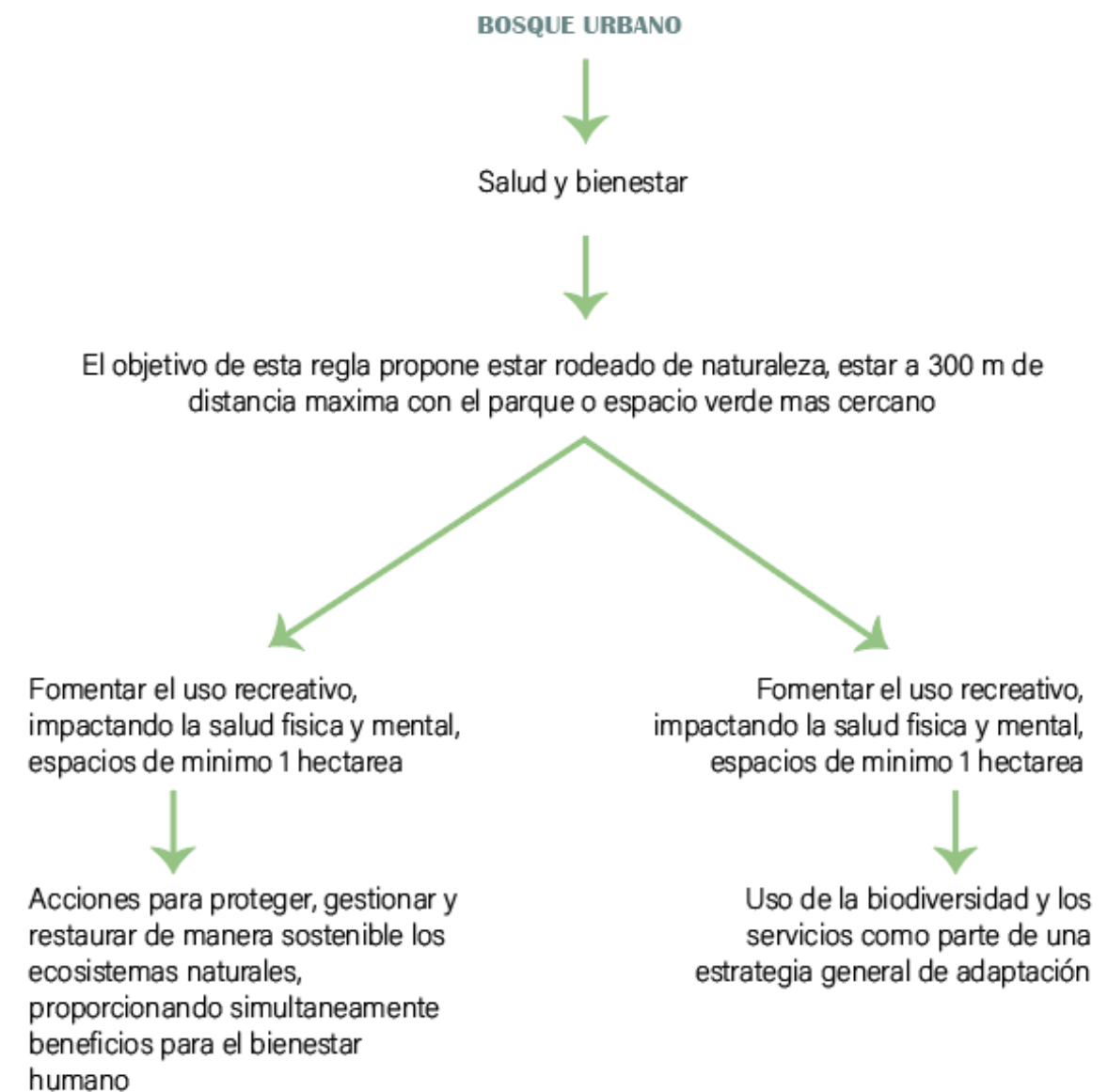


Figura 06: Descripción del concepto bosque urbano

Fuente: Elaboración propia basado en la regla 3-30-300

PROYECTO DE CORREDORES VERDES, ALCORQUES Y HUERTOS	
Medellín, Colombia	Clima Sub/tropical Humedo
	
POBLACIÓN URBANA	Elevada 1millon - 10 millones
OBJETIVO	Restauración y creación de ecosistemas degradados
DESCRIPCIÓN	Entre el año 2016 y 2019, el proyecto creó una continuidad ecología entre varios espacios naturales para restaurar los cinturones verdes y azules, fomentando el movimiento de especies. plantaciones de arboles urbanos y la creación de huertos urbanos favorecen la biodiversidad y contribuyen al bienestar de los habitantes
RESULTADOS	- Las SbN son rentables - Las SbN son valiosas para influir en las ciudades - 36 corredores verdes creados - 65 hectares conservadas - 2°C en promedio - 678 muertes relacionadas a problemas cardiacos evitados
	

Tabla 05: Descripción SbN Centro Corredores Verdes, Medellín

Fuente: Elaboración propia

RECUPERACIÓN DE LA SELVA TROPICAL EN ZONAS URBANAS

Salvador bahía, Brasil



Clima Bosque Ecuatorial



POBLACIÓN URBANA

Elevada 1millon - 10 millones

OBJETIVO

Preservación de la integridad ecológico de los ecosistemas

DESCRIPCIÓN

Se puso en marcha un proyecto de rehabilitación de bosques urbanos, para proporcionar a los residentes con un hogar mas verde y habitable. 15 politicas integradas en curso que como objetivo es la transformación de los espacios publicos que garantizan el desarrollo sostenible del bosque atlantico.

RESULTADOS

- Potenciar el sector privado
- implicar a los ciudadanos y utilizar las politicas mediambientales
- 75.000 arboles plantados
- 39 zonas de conservación creadas en la ciudad
- Mejora de la salud de los residentes
- Reconocimiento por la UNESCO



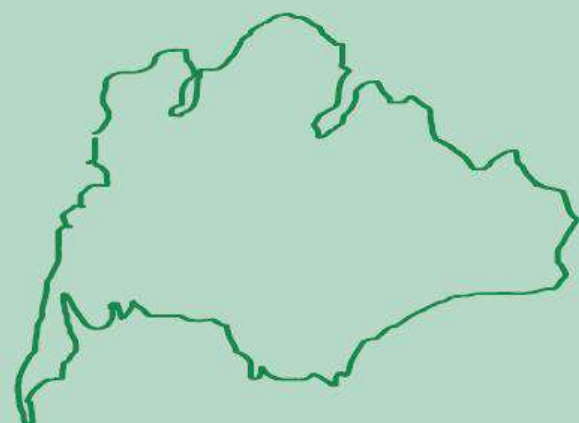
Tabla 06: Descripción SbN Recuperación de la selva tropical en zonas urbanas, Salvador Bahía

Fuente: Elaboración propia

PARQUE BISHAN-ANG MO KIO Y RESTAURACIÓN DEL RÍO KALLANG

Singapur

Clima Humedales



POBLACIÓN URBANA

Elevada 1millon - 10 millones

OBJETIVO

Restauración de ecosistemas degradados o creación de ecosistemas

DESCRIPCIÓN

Es uno de los mayores parques urbanos de singapur. Entre 2009 y 2012, el proyecto naturalizó un desagüe pluvial de hormigón que atravesaba el parque y lo convirtió en un río serpeante de 3 Kilometros e longitud con exuberantes orillas vegetadas, se combinaron tecnicas de ingenieria civil, bioingenieria y los principios del diseño biofílico.

RESULTADOS

- Las SbN pueden ser mas economicas que la construcción de infraestructuras convencionales
- Presencia de mas de 100 especies de aves
- Registro de mas de 10 especies de plantas fluviales autoctonas
- Seguridad hidrica y acceso al agua
- Reducción de riesgo de desastres



Tabla 07: Descripción SbN Centro Corredores Verdes, Medellín

Fuente: Elaboración propia



Figura 07: Importancia de la naturaleza para las personas.

Fuente: Elaboración basada en (WWF. Grooten, 2018, pág. 16)

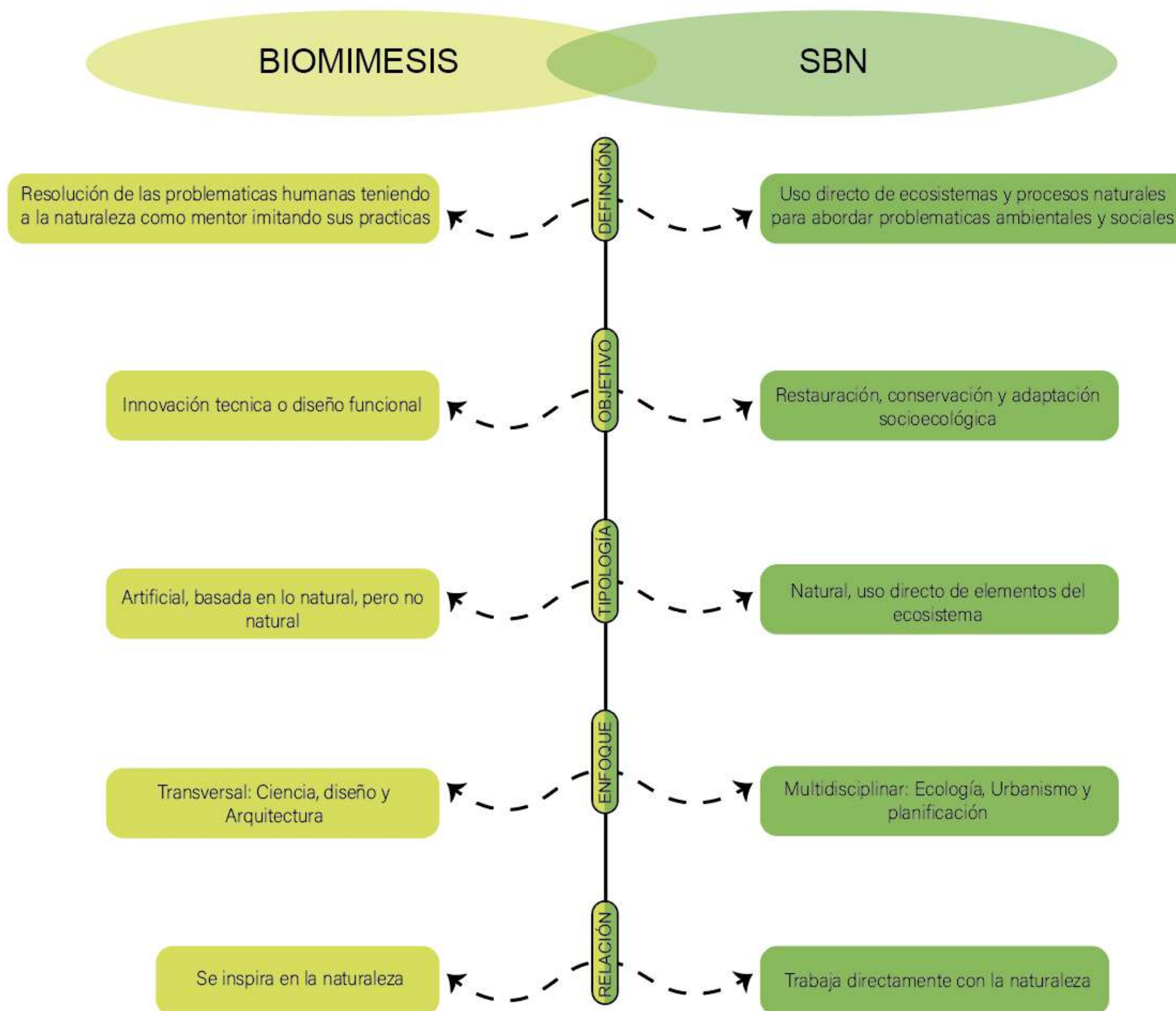


Figura 08: Relación entre la Biomimesis y las SbN.

Fuente: Elaboración propia



2.3 SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS

Son aquellos beneficios que el ser humano obtiene directamente de los ecosistemas; durante la última década las condiciones de estos servicios se han empeorado debido a que se tiene un uso desmedido de estos recursos a escala global.

Los servicios de los ecosistemas están clasificados mediante una estructura jerárquica, que son los siguientes:

1. **Servicios de abastecimiento:** Se definen como aquellas contribuciones directas al bienestar humano que provienen de la estructura biótica y geótica de los ecosistemas, es decir, los servicios que se encargan del suministro de materiales y fuentes de energía proporcionadas por los ecosistemas como, por ejemplo: el agua dulce, la madera, la fibra, los recursos genéticos, las medicinas, etc.
2. **Servicios de regulación y mantenimiento:** Se define como aquellas formas en la que los organismos vivos pueden mediar o moderar el entorno ambiental y que afectan a las actividades y bienestar humanos como, por ejemplo: La regulación del clima, regulación hídrica o polinización.
3. **Servicios culturales:** Se definen aquellos aspectos de los ecosistemas que afectan el estado físico y mental de las personas como, por ejemplo: el potencial recreativo.⁷

La naturaleza ha proporcionado todo aquello sobre lo que se ha construido la sociedad moderna, con sus beneficios y lujos, y seguiremos necesitando estos recursos naturales para sobrevivir y prosperar. La ciencia demuestra cada vez



más la importancia incalculable de la naturaleza para nuestra salud, bienestar, alimentación y seguridad.⁸

⁷ (Ministerio para la transición ecológica, 2021, pág. 44)

⁸ (WWF. Grooten, 2018, pág. 12)

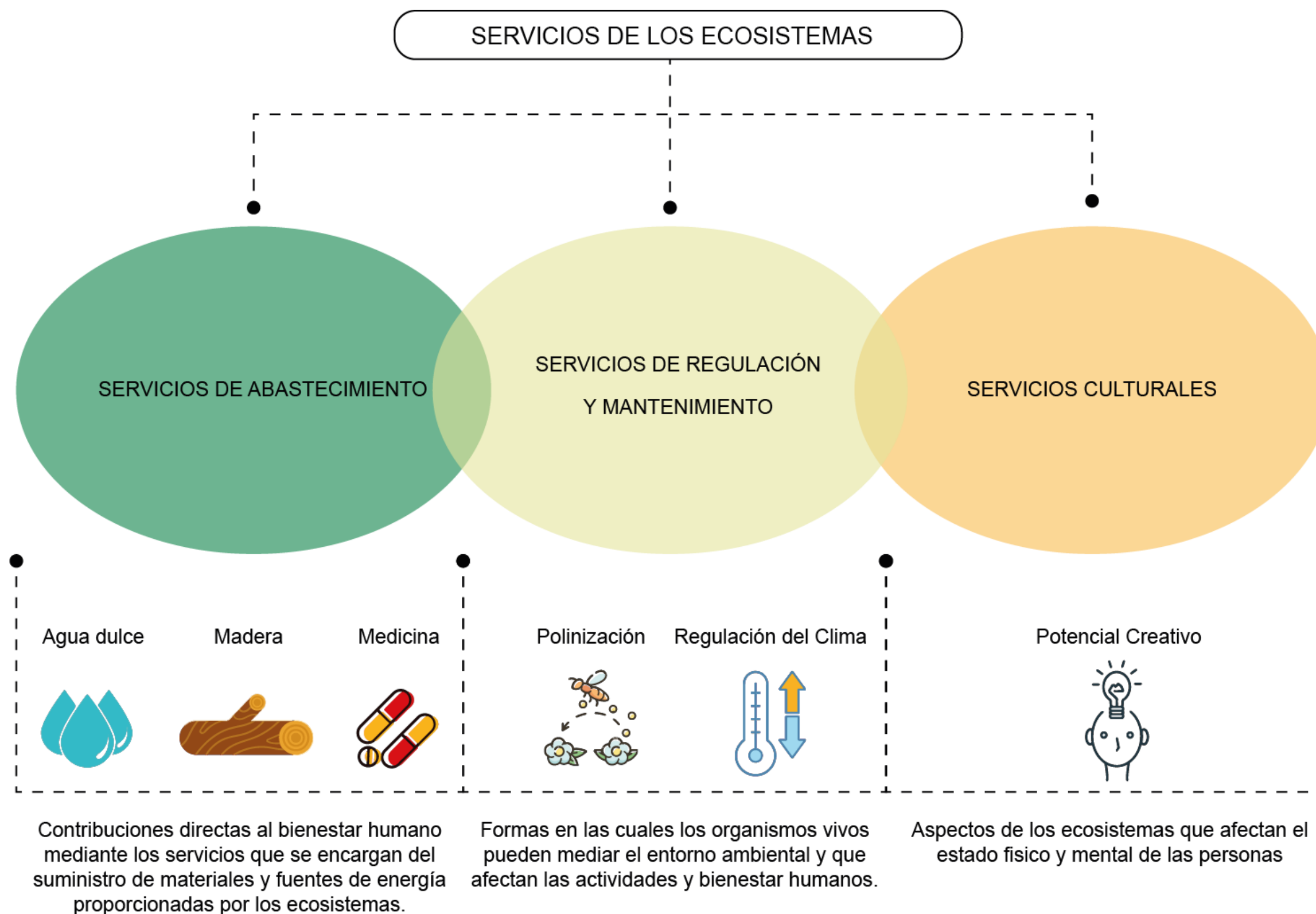


Figura 09: Ilustración servicios de los ecosistemas.

Fuente: Elaboración propia, basado en (Ministerio para la transición ecológica, 2021, pág. 44)

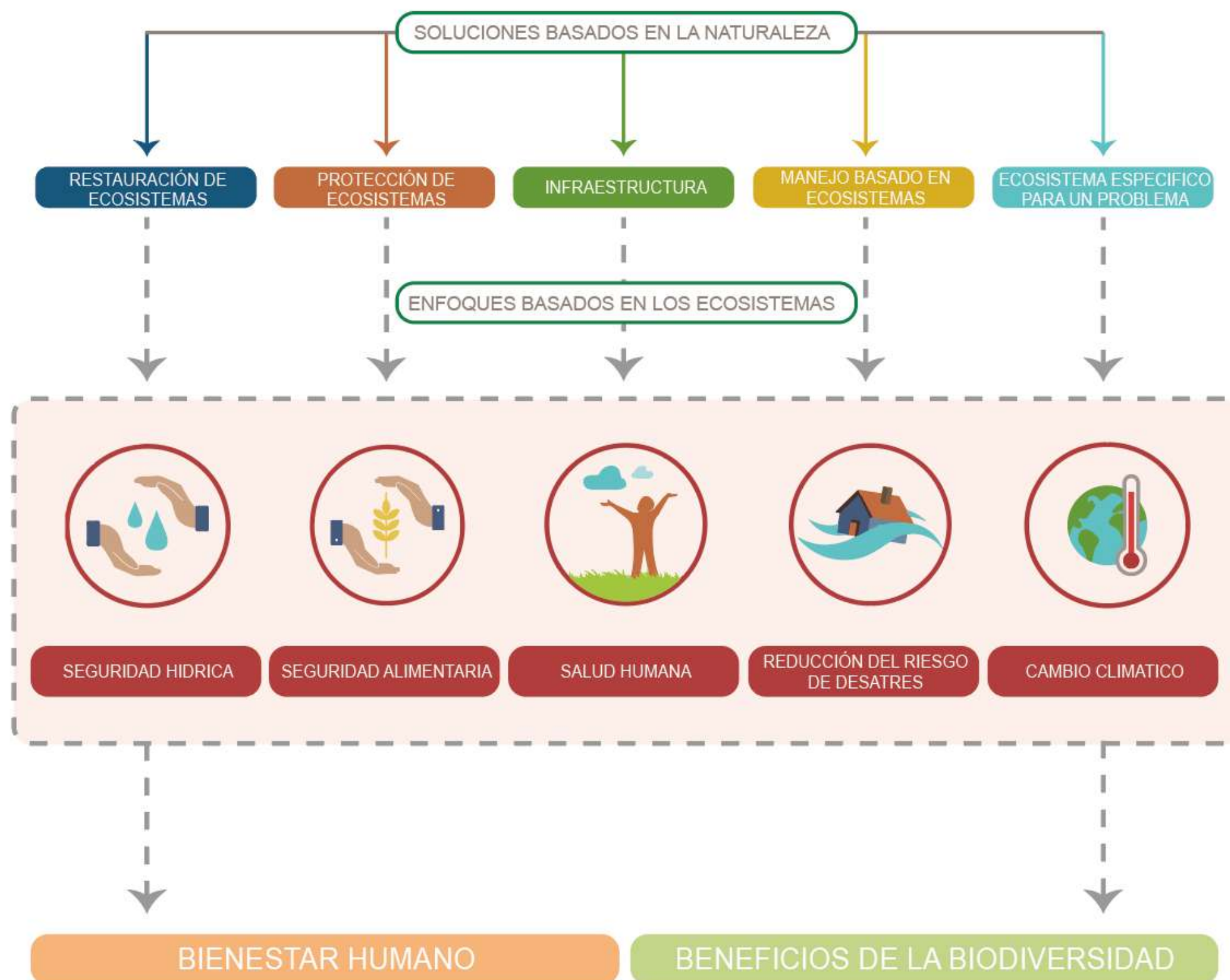


Figura 10: SbN como un término general para enfoques relacionados con los ecosistemas

Fuente: Elaboración propia, basado en (Cohen-Shacham, 2016, pág. 11)



2.3.1 Principios

Los siguientes principios se formulan siguiendo los lineamientos fundamentales de la infraestructura verde; se exponen aquellos que se adaptan más a este trabajo de tesis ya que en total son 11 bases fundamentales y los que sientan las bases para el proyecto son las siguientes:

- a. La infraestructura verde tiene como objetivo promover el capital natural y la conservación de la Biodiversidad.
- b. Incluirá aquellos lugares que representan mayor importancia para la conectividad ecológica y la diversidad biológica, también la relación de áreas clave por la provisión de servicios ecosistémicos, para finalmente promover el desarrollo sostenible.
- c. Promover la infraestructura verde como una herramienta sostenible e integradora de la Biomimesis y de las soluciones basadas en la naturaleza, orientada a la protección de los recursos naturales y evitar la dependencia de infraestructura cuya construcción es costosa, cuando las respuestas las tenemos a menudo en la naturaleza ya que esta puede aportar soluciones más económicas y duraderas.
- d. La infraestructura verde debe tener una aproximación multiescalar, mediante acciones apropiadas al detalle territorial, partiendo desde las acciones en el tejido urbano, implantación de huertos urbanos, setos vivos, cerramientos vivos, creación de humedales para la purificación del agua, corredores ecológicos que enlazan, restauran y potencian áreas protegidas.



2.3.2 Conectividad

Este concepto se define como, la configuración de los paisajes y cómo afectan al desplazamiento y dispersión de las especies desglosándose en dos componentes fundamentales para este trabajo:

- **Conectividad estructural:** Este concepto se asemeja a la continuidad misma del hábitat este se mide analizando la estructura del paisaje, sin considerar los requerimientos de los organismos.
- **Conectividad Funcional:** Este concepto es paralelo al anterior ya que, a diferencia de centrarse en el paisaje, este estudia la respuesta de los organismos al entorno y sus elementos distintos a los de sus hábitats característicos.

Existe una iniciativa por parte de “Wildlife Connect” conjunta entre otros organismos como WWF, CLLC, CCSG Y CMS que su principal objetivo es la conservación de los ecosistemas y el cambio climático. Estos organismos describen la importancia de la “conectividad ecológica” concepto que se describe como un proceso en el cual la naturaleza opta por el movimiento sin obstáculos, es decir, el flujo de los procesos que sostienen la vida en el planeta tierra. Es importante conservar las áreas vulnerables potenciándolas y protegiéndolas, pero no es suficiente para ello hay que mantenerlas conectadas, al hacer esto ayudan a mantener los procesos naturales el aire limpio, el suelo rico y el agua dulce estos recursos los cuales dependemos para nuestra supervivencia; si se pierde la conectividad entre los ecosistemas, los paisajes y los sistemas fluviales se fragmentarían permitiendo que los sistemas ecológicos empiecen a descomponerse.



Figura 11: Conectividad ecológica.

Fuente: Elaboración propia basada en el concepto de “Wildlife Connect”

Al tomar este concepto como una solución adoptada de las ejecutadas en la naturaleza tenemos como resultado una “alta conectividad” es decir aquellos hábitats que permiten el movimiento sin obstáculos esto permite que los seres vivos que se conforman en este medio puedan moverse libremente para acceder a los recursos que necesitan para prosperar⁹.

El ser humano está interrumpiendo este proceso rompiendo y degradando los hábitats, de manera que resulta dañino para los animales y la fitotectura que viven allí. Estos procesos de degradación dan paso a la creación de un “conflicto” entre los seres humanos y la vida silvestre. La expansión en forma

horizontal de las ciudades y los pueblos permiten la invasión de tierras que alguna vez albergaron y fueron ricas de vida silvestre bloqueando así su movimiento en tierra, un camino o cerca impidiendo que los animales accedan a una fuente de agua.

2.3.3 Conservación Ecológica

Actualmente los suelos han sufrido una transformación e intensificación causando la desaparición y pérdida de funcionalidad en muchos de los conectores naturales, asimismo también han contribuido a la disminución de los servicios ecosistémicos; para esta problemática aparece el concepto de la restauración ecológica la cual se define como, el proceso de restauración que se le da a un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido ¹⁰.

En un análisis más profundo se entiende que, los sistemas restaurados no siempre contienen mayor y mejores SEs (Servicios ecosistémicos) que los sistemas degradados, esto quiere decir que en la medida de lo posible al momento de realizar una intervención sobre un territorio es importante optar por medidas de conservación ya que, en este proceso se mantienen los ecosistemas de referencia intactos, en cambio la restauración no suele devolver el totalmente el área a su estado original.

⁹ (Fondo mundial para la naturaleza (WWF), s.f.)

¹⁰ (Ministerio para la transición ecológica, 2021, pág. 45)



2.3.4 Componentes Involucrados En El Ecosistema

La mayor parte de las aplicaciones de las SbN, incluidos los paisajes urbanos, implican esencialmente el manejo de la vegetación, los suelos y/o los humedales incluidos ríos y lagos ¹¹, estos componentes hacen parte de la variable para este trabajo debido a que, se tienen en cuenta como un todo y no como conceptos independientes, al contrario se exponen cada uno de ellos con sus cualidades, como están correlacionados y como influyen positivamente en el ecosistema al momento en que los conservamos y a su vez los potenciamos.

La Vegetación

Actualmente las plantas cubren el 72% de la masa terrestre mundial, componentes como los tallos y las hojas de las plantas influyen en el proceso de interceptación de las precipitaciones de la lluvia o la humedad del aire o de las nubes (como lo es en nuestro caso de estudio). Las plantas afectan la disponibilidad del agua y el clima a través de las funciones de transpiración, por ende, estas remueven el agua disponible de los suelos y en ocasiones de agua subterránea. Las raíces de las plantas contribuyen a la estructura y salud del suelo e influyen en el almacenamiento y disponibilidad del agua del suelo, la infiltración y la percolación del agua subterránea.

El Suelo

Los suelos juegan un papel importante, son complejos sistemas vivos y sus procesos hidrobiológicos están estrechamente vinculados a su salud ecológica. La cantidad de agua que se infiltra se evapora o percola a través de la tierra depende no solo de la vegetación y el clima, sino también de la geometría del



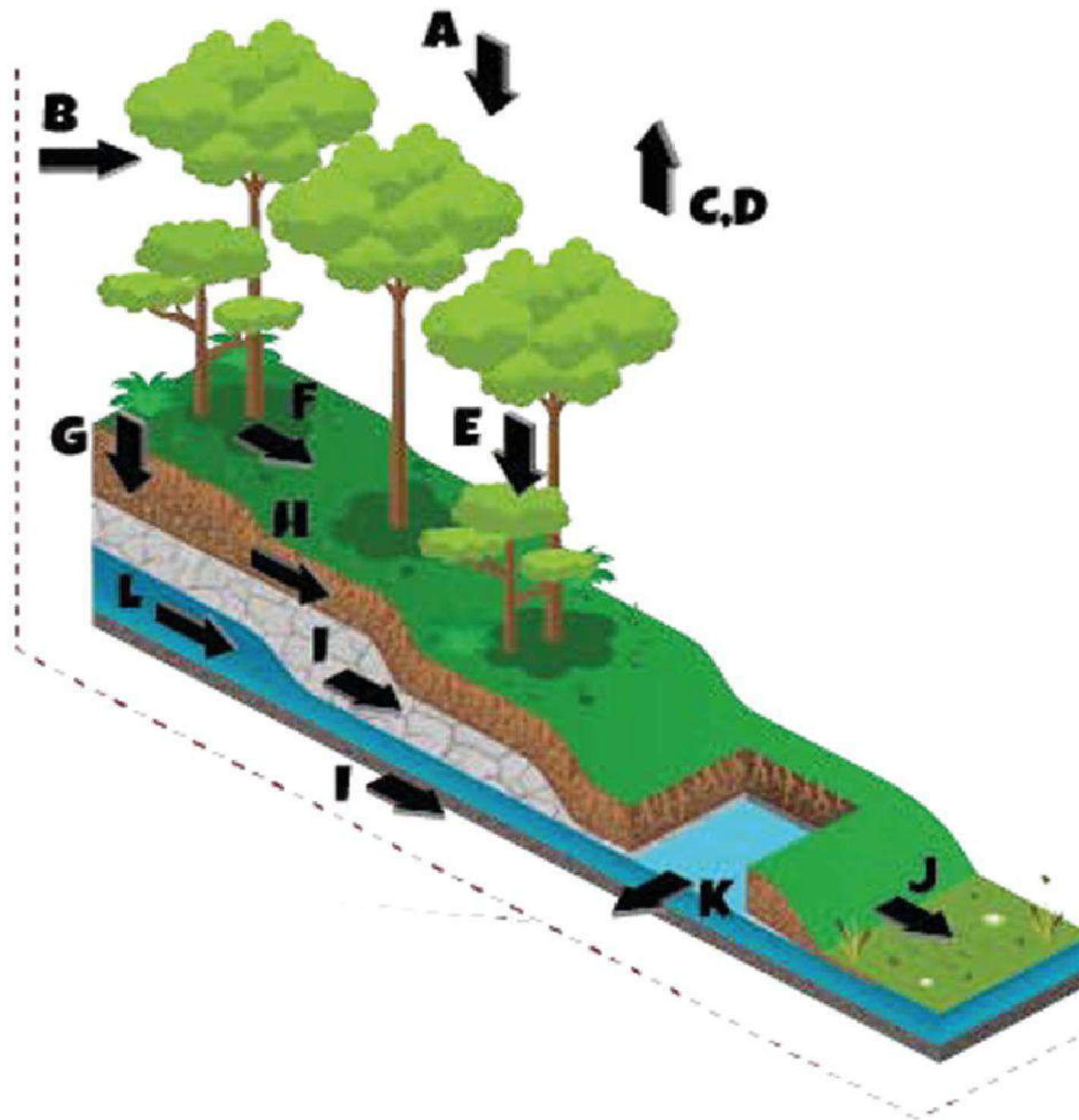
espacio poroso del suelo. El sistema suelo-vegetación es el primer receptor de precipitación y energía que cae sobre la tierra. La zona comprendida entre los rangos superiores del nivel freático y la del nivel de la cubierta vegetal del suelo es fundamental para controlar la cantidad y calidad del agua terrestre, aproximadamente el 65% del agua que cae a la tierra se almacena o se evapora del suelo y de las plantas. Del agua almacenada en la tierra, mas del 95% se acumula en las zonas vadosas o poco profundas y saturadas o aguas subterráneas del suelo. El agua del suelo en la capa superior que es biológicamente más activa comprende solo el 0,05% de la reserva mundial de agua dulce, es de vital importancia disponer de procesos los cuales permitan que estos procesos se llevan a cabo para que así exista un equilibrio entre tierra-agua y energía para que en un futuro exista una retroalimentación positiva a medida que el clima se caliente en un futuro¹².

Los Humedales

Solo el 2,6% de la tierra está cubierta por masas de agua continentales, los humedales desempeñan un papel desproporcionadamente importante en lo que concierne la hidrología por unidad de superficie, es importante su cuidado y preservación ya que son cuerpos de agua bastante delicados por los procesos de recarga y descarga de aguas subterráneas, la alteración de flujo de caudales, la estabilización de los sedimentos y la calidad del agua.

¹¹ (UNESCO, 2018, pág. 28)

¹² (UNESCO, 2018, pág. 30)



- A - Lluvia y/o nevada
- B - Captura de precipitación horizontal
- C - Intercepción, evaporación
- D - Transpiración
- E - Precipitaciones directas y escorrentía cortical
- F - Flujo superficial del exceso de infiltración
- G - Infiltración
- H - Flujo subsuperficial lateral en los estratos del suelo
- I - Flujo subsuperficial lateral en roca no consolidada y/o roca sólida
- J - Flujo superficial de saturación
- K - Flujo del río (o flujo del canal)
- L - Flujo de agua subterránea lateral

Figura 12: Rutas hidrológicas generalizadas en un paisaje natural.

Fuente: Grafico (UNESCO, 2018, pág. 29)



2.4 INFRAESTRUCTURA VERDE

Para el objetivo de la conservación de los recursos medioambientales es importante el conocimiento de este concepto que se describe como una red interconectada de diferentes espacios verdes que conserva las funciones y valores de los ecosistemas naturales, esto ofreciendo beneficios a la población humana; es importante plantear la infraestructura verde como un enfoque estratégico para la conservación de la naturaleza y para la sostenibilidad ambiental, social y económica. El cumplimiento de lo que describe este concepto para las ciudades del siglo XXI, permite el crecimiento de estas y de la planificación de la infraestructura en los territorios. *“El término Infraestructura Verde es muy amplio refiriendo principalmente a áreas con vegetación diseñadas por el hombre”* ¹³.

¹³ (Baxendale, 2019, pág. 26)

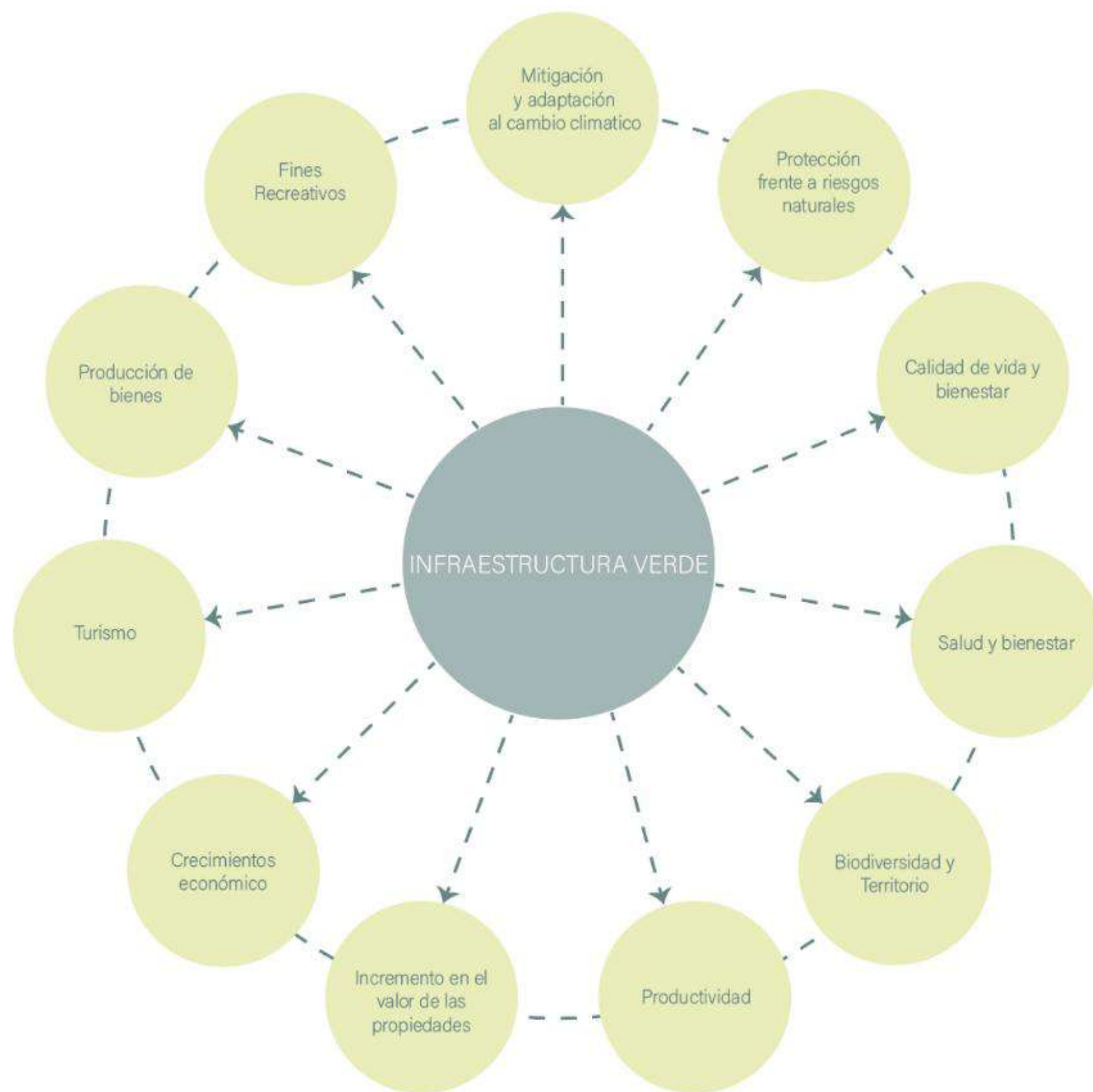


Figura 13: Infraestructura Verde.

Fuente: Elaboración propia, basada en los lineamientos de la Unión Europea (2012)



2.4.1 Marco Normativo

La comunicación de la comisión europea consolida una serie de estrategias y de parámetros cuyo papel en la estructuración del territorio juega un papel fundamental, estos elementos se definen como:

- I. Ecosistemas sanos y zonas de alto valor ecológico fuera de las zonas protegidas como llanuras aluviales, humedales, litorales, bosques naturales, etc.
- II. Elementos paisajísticos naturales, como pequeños cursos de agua, manchas de bosque, setos que pueden actuar como pasillos verdes o piedras pasaderas para la fauna silvestre.
- III. Zonas multifuncionales en las que promuevan usos del suelo que ayuden a mantener o regenerar unos ecosistemas biodiversos y sanos frente a otras actividades incompatibles.
- IV. Zonas en las que se apliquen medidas para mejorar la calidad ecológica general y la permeabilidad del paisaje.
- V. Manchas de hábitats regenerados creadas pensando en especies concretas, por ejemplo, para aumentar la extensión de una zona protegida o de los lugares de alimentación, cría o descanso para esas especies y favorecer su migración o dispersión.

Las directrices anteriormente expuestas se optaron ya que son las que más se destacan para el objetivo de esta tesis, estas iniciativas responden a una necesidad aclamada por el territorio respondiendo a las diferentes necesidades identificadas en las problemáticas mediante el ámbito de estudio del territorio. *“El punto fuerte de la idea es establecer una relación funcional entre la política*



*territorial, la conservación de los recursos ambientales y las iniciativas de desarrollo sostenible basadas en la “amplia gama de servicios ecosistémicos que pueden ofrecer estos últimos”*¹⁴

2.4.2 Plan Básico de Ordenamiento Territorial

El Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Sibaté-Cundinamarca es un instrumento administrativo de planificación municipal que permitirá ordenar el proceso de ocupación y transformación del territorio municipal, mediante la localización adecuada y racional de los asentamientos humanos, de las actividades socioeconómicas, de la infraestructura física y del equipamiento colectivo, de la preservación de los recursos naturales y del medio ambiente, con el fin de mejorar la calidad de vida de su población. Para este trabajo se determinan dos artículos de este documento, ya que son aquellos suelos en los que se dispone la intervención el primero (**artículo 42**) del suelo para el área del embalse del muña y e segundo (**Artículo 49**) del suelo para el área del parque de los frailejones:

¹⁴ (Antequera Terroso E., 2021, págs. 18-19)



ARTÍCULO 42 Áreas de Reserva Forestal: Son aquellas áreas de propiedad pública o privada que se destinan al mantenimiento o recuperación de la vegetación nativa protectora. Se distinguen en el Municipio de Sibaté-Cundinamarca para el suelo del objeto de estudio de este trabajo se identifica:

- I. **Áreas forestales Protectoras Productoras:** Su finalidad es proteger los suelos y demás recursos naturales; pueden ser objeto de usos productivos, sujetos al mantenimiento del efecto protector.

Uso Principal: Conservación y establecimiento forestal.

Usos Compatibles: Recreación contemplativa, rehabilitación e investigación controlada.

Usos Condicionados: Silvicultura, aprovechamiento sostenible de especies forestales, implantación de Infraestructura para el establecimiento de los usos compatibles, construcción de infraestructura prioritaria para servicios públicos y vivienda del propietario y/o administrador.



ARTÍCULO 49 Áreas Protectoras de recreación ecoturística: Hace referencia las características físicas y de la naturaleza del paisaje rural la cuales se potencian con la definición del corredor ecoturístico paralelo a la Vía Departamental y el fortalecimiento del Parque Ecológico “Los Frailejones”, ubicado al costado occidental de la Cabecera Municipal con una disponibilidad de 45.00 Has. para la recreación pasiva y activa.

Uso principal: Recreación y conservación ecológica.

Usos compatibles: Usos que tengan como finalidad el desarrollo del uso principal, actividades compatibles con la vocación agrícola del suelo en zonas sin explotación o recuperadas; así como el desarrollo de proyectos ecoturísticos, agroturísticos y recreativos.

Usos condicionados: Vías, campamento, infraestructura de saneamiento, vivienda del propietario o administrador.



SUBSISTEMAS	VARIABLES CLAVES	ANÁLISIS ESPECÍFICOS
BIOFÍSICO Recursos naturales y medio ambiente	Bosques y Vegetación nativa	Estado actual, extensión, Deforestación, diversidad, presión por la tierra
	Recursos hídricos	Cantidad de aguas, calidad, protección de fuentes
	Erosión y degradación de tierras	Grado y tipo de erosión
ECONÓMICO Sistemas de producción y extracción	Sistema agropecuario	Labranza, manejo de agroquímicos, impacto.
	Aprovechamiento forestal	Extensión, Actividades, amenazas, impacto ambiental.
	Minería	Extensión, Sistema de producción, tecnología.
	Industria	Extensión y distribución, sistema de producción, tecnología.
	Turismo	Distribución
SOCIAL Aspectos socioculturales y de funcionamiento espacial	Población: organización y participación social, Vivienda, empleo, Servicios públicos: sociales, domiciliarios, y equipamientos colectivos Sistema vial,	Localización de asentamientos salud, educación, cultura, recreación, deporte, energía, teléfono, acueducto, alcantarillado, aseo, equipamientos, plan vial.
ADMINISTRATIVO Sistema Administrativo y de gestión	Organización y división Territorial	Veredas, barrios, comunas.
	Estructura administrativa Reglamentación de uso del suelo	Servicios administrativos Zonificación

Tabla 08: Variables claves para análisis prospectivo Y construcción de escenarios

Fuente: Elaboración propia, basado en (planeación, PBOT, Plan Basico de Ordenamiento Territorial- DIAGNOSTICO, 2002)



Figura 14: Tipologías de espacios verdes, Infraestructura verde.

Fuente: Elaboración propia, basada en Proyecto colaborativo Infraestructura Verde Santiago (Zucchetti, 2020, pág. 18)



2.5 TEJIDO CONJUNTIVO DEL PAISAJE

Este concepto está estructurado en función a la “Infraestructura verde”, la primera aproximación fue por parte del ecólogo Ramón Margalef, se refería más que a los espacios naturales singulares, al “retículo del paisaje” como los márgenes de los campos, los ribazos de las acequias etc., estos pueden ser más importantes que los propios parques, para conservar los valores naturales del territorio¹⁵.

Es importante este concepto para la propuesta de este TFM ya que, la simbiosis entre los diferentes conceptos principales se reconocen su papel estructurante dentro del marco medioambiental y entendiendo que la cercanía entre los elementos verdes del territorio genera una conciencia colectiva sobre los valores ambientales del territorio, el objetivo de este concepto busca incorporar a las políticas territoriales una visión “ecopedagógica” del paisaje cotidiano, urbano y rural disponiendo de una visión unificada para el bien del territorio y los ecosistemas conformados adoptando prácticas para rehabilitarlos, conservarlos y potenciarlos.



3 OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

La humanidad se ha enfrentado a diferentes retos a lo largo de su historia los cuales la ha puesto a repensar sus diferentes comportamientos en el planeta tierra con respecto a los demás seres vivos, estudios indican que el planeta tierra ha sufrido en el último siglo cambios a niveles críticos, debido a esto se ha implementado desde el año 2015 los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) funcionan como un llamamiento para tomar acción en diferentes materias como: pobreza, proteger el planeta y garantizar que las personas disfruten de paz y prosperidad para el 2030. Este plan consiste en 17 objetivos los cuales están destinados a que si se implementa una acción en uno afecte positivamente los demás, a su vez pretenden equilibrar la sostenibilidad social, económica y ambiental.

Para este trabajo se adoptan dos conceptos los cuales suscitan su aplicación en el territorio, describiéndolos y describiendo por qué su aplicación aporta a un nivel urbanístico y medioambiental:

¹⁵ (Antequera Terroso E., 2021, pág. 17)



3.1 ACCIÓN POR EL CLIMA

Alrededor del mundo cada población vive bajo condiciones climáticas diferentes por lo tanto enfrenta problemáticas particulares, sin embargo cada acción que se tome al respecto afecta sistemáticamente las demás, es decir que debemos combatir los cambios en nuestro ecosistema de manera que reconozcamos que vivimos en un medio el cual esta interconectado entre sí, que es frágil y que cualquier variación que tenga en un lugar va afectar en otro, por lo tanto nuestro reto como es reducir el efecto invernadero para mitigar el calentamiento global lo cual influye en que surjan consecuencias que pueden ser irreversibles; las emisiones de efecto invernadero actualmente se han incrementado en un 50% superior al año 1990, este punto en específico requiere principalmente la intervención política, ya que su sugiere apoyar a los ecosistemas más vulnerables mediante la implementación de integrar las medidas de reducción para las pérdidas anuales debido a las catástrofes, lo que se quiere es limitar el aumento de la temperatura media global a dos grados Celsius por encima de los niveles preindustriales, apuntando a 1,5 °C, este objetivo requiere de acciones colectivas inmediatas.



3.2 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES

Los seres humanos dependemos para nuestra supervivencia del medio ambiente, la flora que nos proporciona el 80% de la alimentación, las áreas de los bosques ocupan un 30% de la superficie terrestre, provee hábitats a millones de especies, representan una fuente crucial de agua y aire limpio y nos ayudan a mitigar el cambio climático; este medio protege y proporciona vida, debemos protegerlo es nuestra tarea como especie, sin embargo, por necesidad política y económica se atenta contra ella, cada año se pierden 13 millones de hectáreas de bosques, la degradación persistente de las tierras secas ha llevado a la desertificación de 3.600 millones de hectáreas. El objetivo para mitigar estos daños son optar por soluciones basadas en la naturaleza estas equivalen al 33% porque contribuyen significativamente en un tercio de las reducciones del CO2 necesarias como objetivo para el 2030. *“No hay nada de sorprendente en el hecho de que los arquitectos hayan comenzado a estudiar el arte de construcción de la naturaleza, y que hayan iniciado la investigación de las formas arquitectónicas maravillosamente calculadas por la propia naturaleza”*¹⁶

¹⁶ (Pioz, J., 2018, pág. 47)

3.1



ACCIÓN POR EL CLIMA

ADOPTAR MEDIDAS URGENTES PARA COMBATIR EL CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS EFECTOS

EL PUNTO DE INFLEXIÓN DE LA TIERRA

EL PUNTO DE INFLEXIÓN DE LA TIERRA

DONDE ESTAMOS



1850



2022

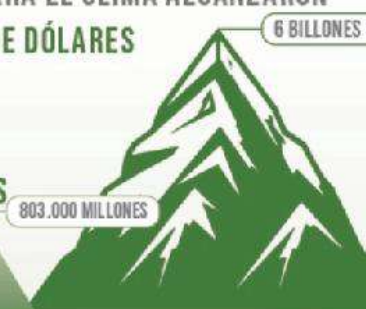
LO QUE NECESITAMOS



DE MILES DE MILLONES A BILLONES

LAS CORRIENTES FINANCIERAS MUNDIALES PARA EL CLIMA ALCANZARON UN PROMEDIO ANUAL DE 803.000 MILLONES DE DÓLARES EN 2019-2020

SIN EMBARGO, LOS PAÍSES EN DESARROLLO NECESITAN CERCA DE 6 BILLONES DE DÓLARES PARA 2030



2019-2020
Promedio Anual

2030

LA TASA DE AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR SE HA **DUPLICADO** EN LA ÚLTIMA DÉCADA



LAS REGIONES ALTAMENTE VULNERABLES

EXPERIMENTAN POR DESASTRES **TASAS DE MORTALIDAD 15 VECES**

SUPERIORES A LAS REGIONES MUY POCO VULNERABLES (2010-2020)



AL BORDE DE LA CATASTROFE CLIMÁTICA

Tabla 09: Infografía ODS ítem “Acción por el clima”

Fuente: Elaboración propia, basado en (NACIONES UNIDAS (ONU), 2015)

3.2



VIDA DE ECOSISTEMAS
TERRESTRES

CAMBIO FUNDAMENTAL EN LA
HUMANIDAD Y SU RELACIÓN
CON LA NATURALEZA ES
ESENCIAL

AUMENTO



PÉRDIDA
DE BOSQUES



DEGRADACIÓN
DE LOS SUELOS



EXTINCIÓN
DE ESPECIES

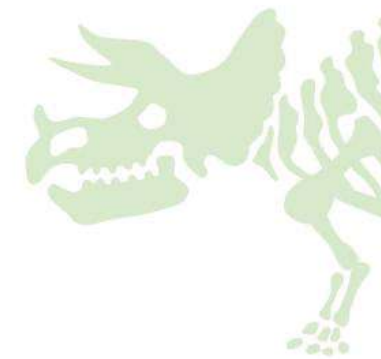
GENERAN GRAVES AMENAZAS PARA LAS PERSONAS Y EL PLANETA

PROTEGER Y PROMOVER EL USOS SOSTENIBLE DE LOS
ECOSISTEMAS TERRESTRES, GESTRIONAR
SOSTENIBLEMENTE LOS BOSQUES, LUCHAR CONTRA LA
DESERTIFICACIÓN, DETENER E INVERTIR LA DEGRADACIÓN
DE LAS TIERRAS Y DETENER LA PERDIDA DE BIODIVERSIDAD

100 MILLONES
DE HECTÁREAS

DE TIERRAS SANAS
Y PRODUCTIVAS
SE DEGRADARON CADA AÑO
ENTRE 2015 Y 2019

EQUIVALE AL DOBLE DEL
TAMAÑO DE GROENLANDIA



EL MUNDO SE
ENFRENTA ACTUALMENTE
AL MAYOR EVENTO
DE EXTINCIÓN
DESDE LA DESAPARICIÓN
DE LOS DINOSAURIOS

EL MARCO MUNDIAL DE KUNMING-MONTREAL DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

OFRECE UN NUEVO ÍMPETU PARA LA CONSERVACIÓN DE ECOSISTEMAS TERRESTRES CON:



4 OBJETIVOS ORIENTADOS
A RESULTADOS PARA 2050



23 METAS PARA 2030

OBJETIVOS

Tabla 10: Infografía ODS ítem "Vida de Ecosistemas"

Fuente: Elaboración propia, basado en (NACIONES UNIDAS (ONU), 2015)

4 PROBLEMÁTICAS AMBIENTALES

4.1 RIO BOGOTÁ

El río Bogotá es un cuerpo de agua que tiene un área de influencia de 589.143 hectáreas Y 380 kilómetros, este no es un río navegable ni caudaloso, es un cuerpo de agua importante ya que su ronda atraviesa 47 municipios, el río nace en su cuenca alta hacia el norte del departamento sobre unos 3.300 m.s.n.m, recorre la sabana de Bogotá de norte a sur bañando con su agua los municipios de Cundinamarca y las localidades de Bogotá, en su cuenca media pasa por Bogotá y allí recibe las aguas negras de los demás ríos y en la cuenca baja ya está más hacia los municipios del sur de la capital abandonando la sabana llegando al salto del Tequendama hasta llegar al río magdalena a unos 120 kilómetros de distancia allí desciende a unos 3.020 m.s.n.m.



Figura 15: Extensión Río Bogotá.

Fuente: Elaboración propia basada en Alexrk2, CC BY-SA 3.0, Wikimedia Commons

Su problemática no es reciente, esta se remonta desde mediados del siglo XX, ya que como la mayoría de los cuerpos de agua que existen en el territorio colombiano, ha sido víctima de un proceso de degradación progresiva, impulsado principalmente por el crecimiento desmedido de la población y también de la falta de tratamiento adecuado de las aguas residuales. Durante décadas el río ha recibido vertidos industriales, aguas residuales, domésticas sin tratar, basura y desechos tóxicos, estas malas prácticas han llevado a la degradación de sus aguas y la pérdida significativa de biodiversidad de este imponente cuerpo de agua.¹⁷

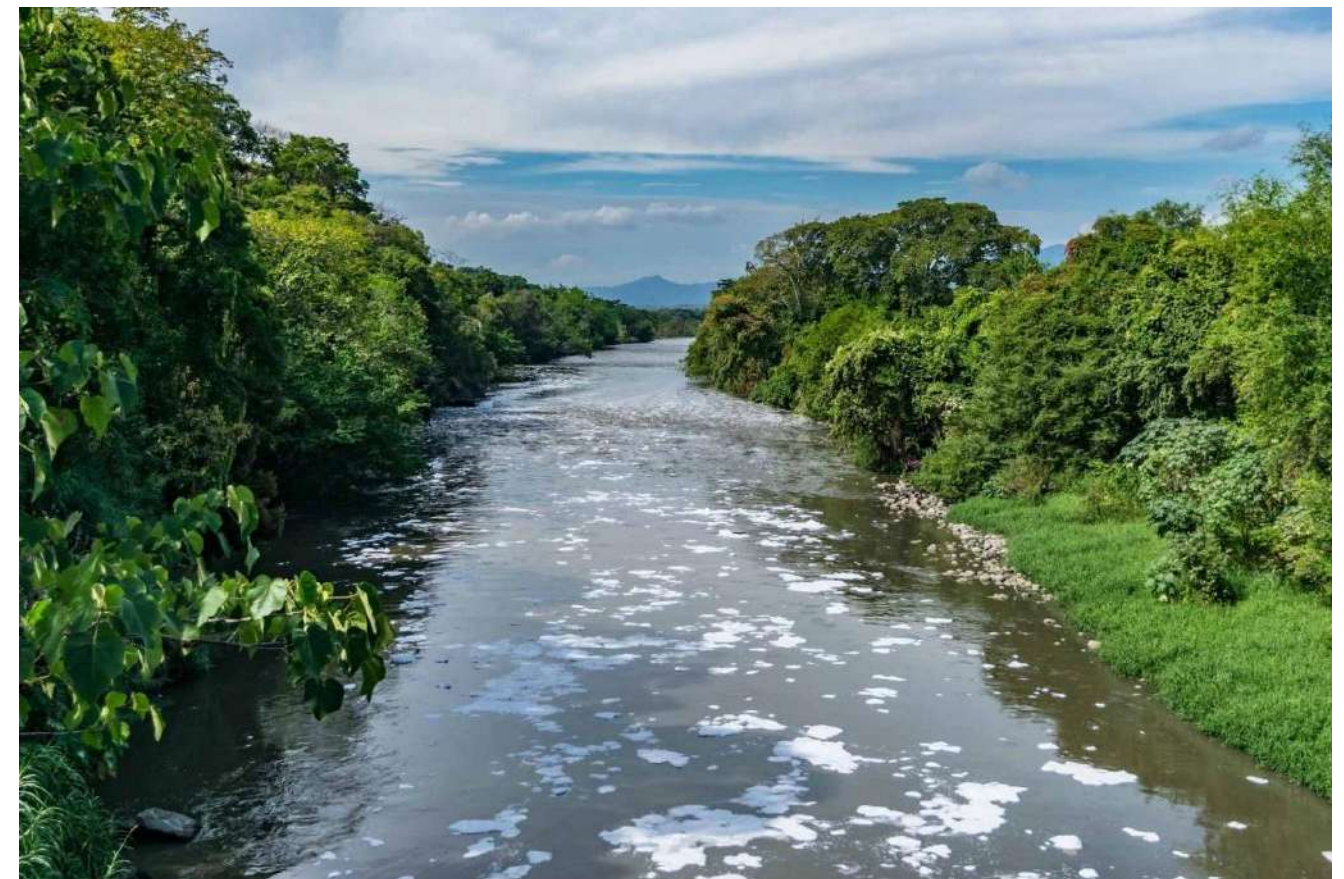


Imagen 07: Ronda del Río Bogotá

fuentes: fotografía (Pontificia Universidad Javeriana, 2022)

¹⁷ (Guevara, E, s.f.)

4.2 EMBALSE DEL MUÑA

En Sibaté hacia el año 1940 se inició el proyecto hidroeléctrico que cambiaría totalmente el sistema de vida y crecimiento del asentamiento, específicamente en el caserío entonces llamado La Unión; como fue la Represa del Muña, estas circunstancias hacen de Sibaté un centro activo de comercio, ya que allí confluyen los productos característicos de tierra fría, que se distribuyen en las diferentes ciudades del país, la creación de este embalse se realizó con el fin para ayuda de represa para la hidroeléctrica que abastece de energía al municipio. El embalse contenía actividades como, un club náutico el cual fue importante para la economía local, en 1945 se realizaron actividades de pesca deportiva las cuales fueron un éxito, la exhibición de veleros, construcción de cabañas para los deportistas, visitantes y asociados, se instauró un club de profesionales con una cancha de golf para empresarios y políticos nacionales, promovió la llegada de empresas tecnológicas, compañías de quitación y juegos infantiles, el embalse promovió una importante actividad turística y económica en los años 50s, fue precursor del primer escenario que logró favorecer el inicio para uno de los deportes más antiguos en Colombia y lograr crear bases para la implementación del primer velero elaborado en el país.¹⁸



Imagen 08: Regatas en el embalse del muña

Fuente: Fotografía de G. Cuéllar

¹⁸ (Walter Ocampo Gutierrez , 2017)

El embalse logra un gran avance en la producción energética de 190.000 Kilovatios para la región y para Bogotá. Desde su construcción el embalse fue bombeado con aguas del río Bogotá, finalizando la década de los 70s la calidad de este cuerpo de agua se vio alterado como consecuencia del desmedido aumento poblacional de Bogotá, por ende, se hizo evidente la incapacidad de tratar sus aguas, el embalse cuenta con 711 hectáreas y esta problemática ambiental a transformado el paisaje y se ira transformando si no se interviene. *“En los años cincuenta Sibaté fue un lugar de importante actividad económica gracias al Embalse del muña hasta que unos años después, en el 67, la EEB comenzó a bombearle aguas contaminas del río Bogotá. La empresa encargada desde entonces hasta el año 1997 fue la (EEB), luego vino capital español. Hoy en día la empresa propietaria del embalse es Emgesa filial colombiana del grupo español Endesa”*¹⁹ Hoy en día solo quedan vestigios de lo que alguna vez fue el embalse, todas las empresas e inversionistas se retiraron y el embalse sigue siendo bombeado por las aguas negras del río Bogotá. Existen campañas de intervención para evitar que este crimen ambiental siga aumentando, como lo son la construcción de PTAR en el municipio cercano para tratar las aguas negras provenientes de Bogotá y así ir mitigando el impacto ambiental hacia el municipio.



Imagen 09: Embalse del muña

Fuente: Fotografía de Andrea Vargas

¹⁹ (El Espectador, 2014)

5 FORMA DEL TERRITORIO

①

La imagen prospectiva del municipio de Sibaté se fundamenta en el gran potencial ecológico y productivo que posee. Por un lado la presencia de áreas de páramo y subpáramo, relictos de bosques, las condiciones morfológicas, la condición de sus suelos y la diversidad ecosistémica, implican que el Municipio debe mantener un equilibrio dinámico entre la conservación de sus ecosistemas estratégicos y las actividades productivas.

②

La deforestación de las partes altas, la presión por la extracción de minerales y la contaminación de aguas superficiales, señalan un proceso acelerado de degradación de los recursos naturales con implicaciones en la productividad económica del Municipio, con afectaciones a nivel de la oferta hídrica tanto para el consumo como para las actividades

③

El embalse del Muña se considera como uno de los problemas ambientales y paisajístico del casco urbano y su entorno; la disposición o vertimiento de aguas negras locales y las aguas del río Bogotá, ha superado la capacidad de autolimpieza de este cuerpo de agua, generando su deterioro acelerado con consecuencias ambientales negativas para Sibaté. Los resultados del análisis lo clasifican como el problema más relevante.

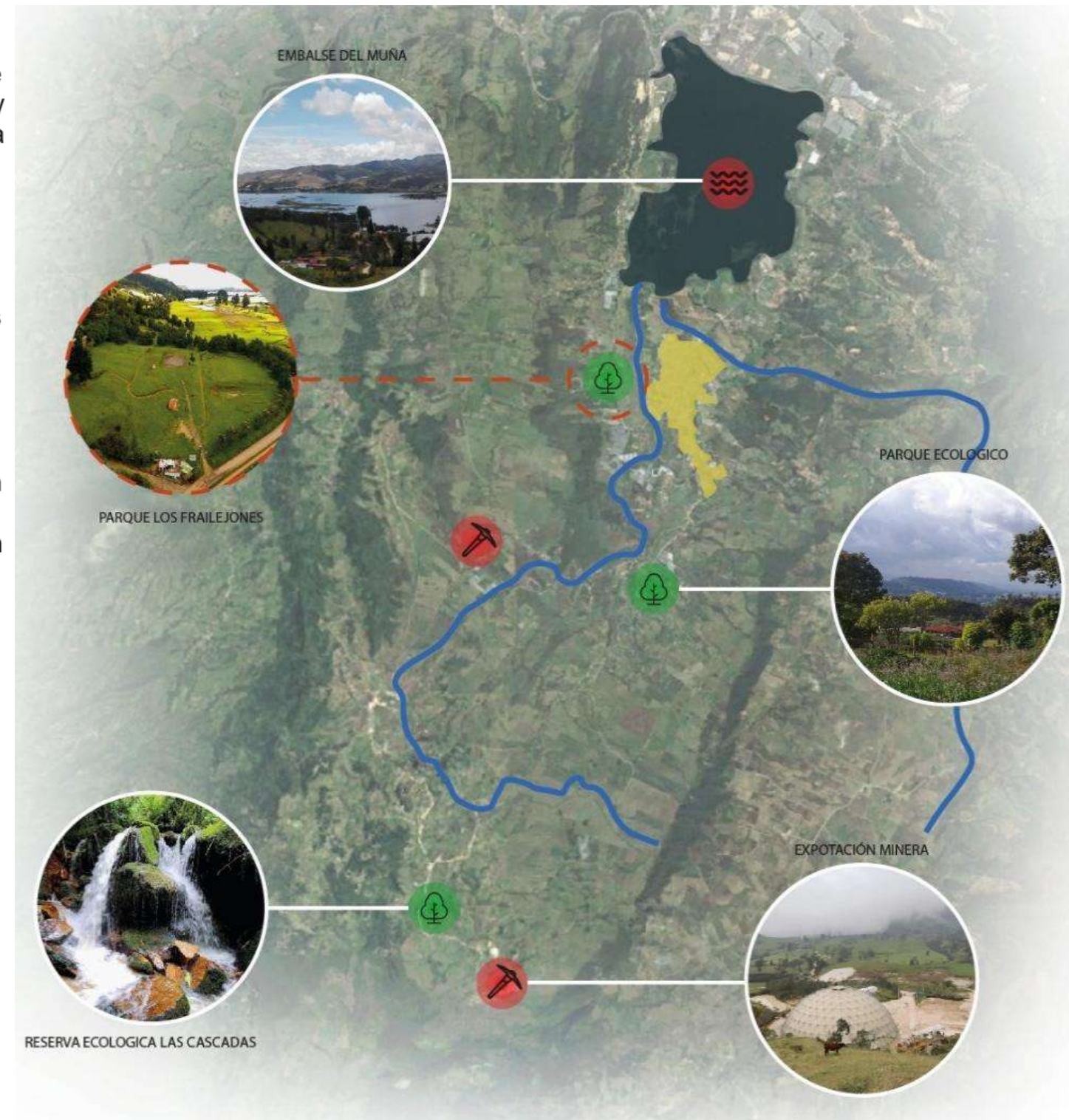


Figura 16: Identificación cualidades ambientales y sus problemáticas.

Fuente: Elaboración propia basada en el PBOT municipal

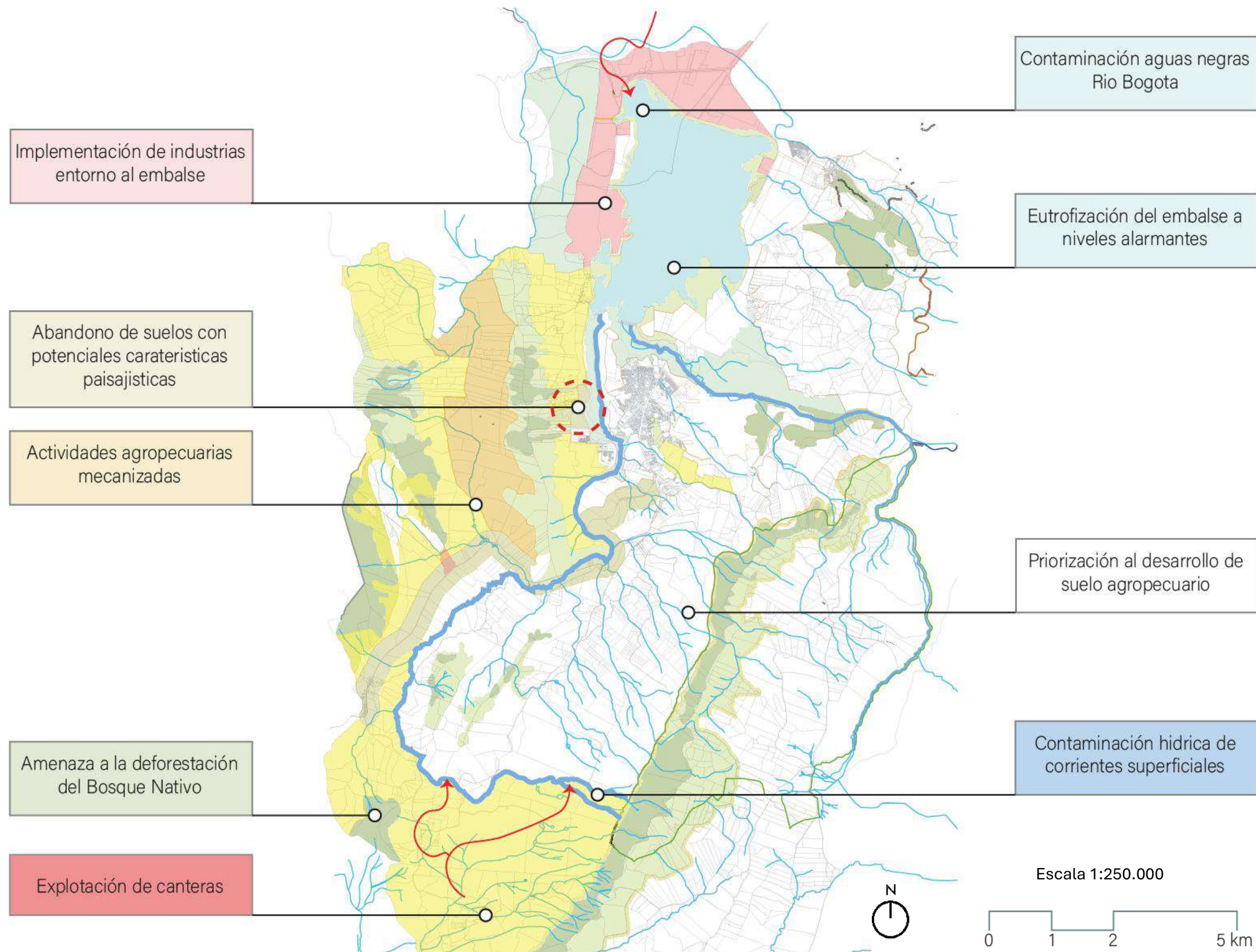
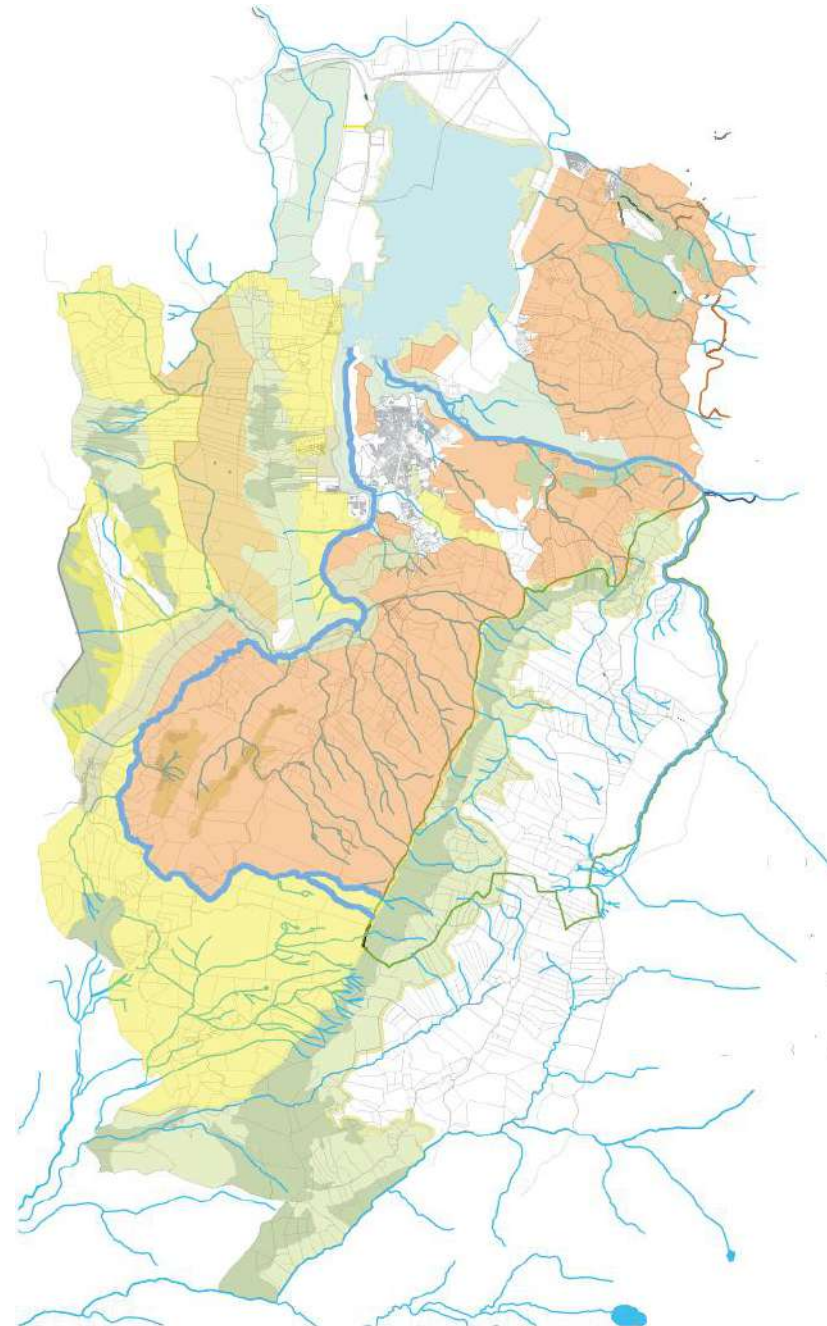


Figura 17:
Identificación de las
problemáticas
territoriales

Fuente: Elaboración
propia

5.1 INFRAESTRUCTURA ECOLOGICA



- Áreas forestales protectoras productoras
- Suelo de uso agropecuario tradicional semi-mecanizado
- Área de bosque protector y conservación de la fauna
- Suelo de uso agropecuario tradicional
- Áreas de recreación ecoturística

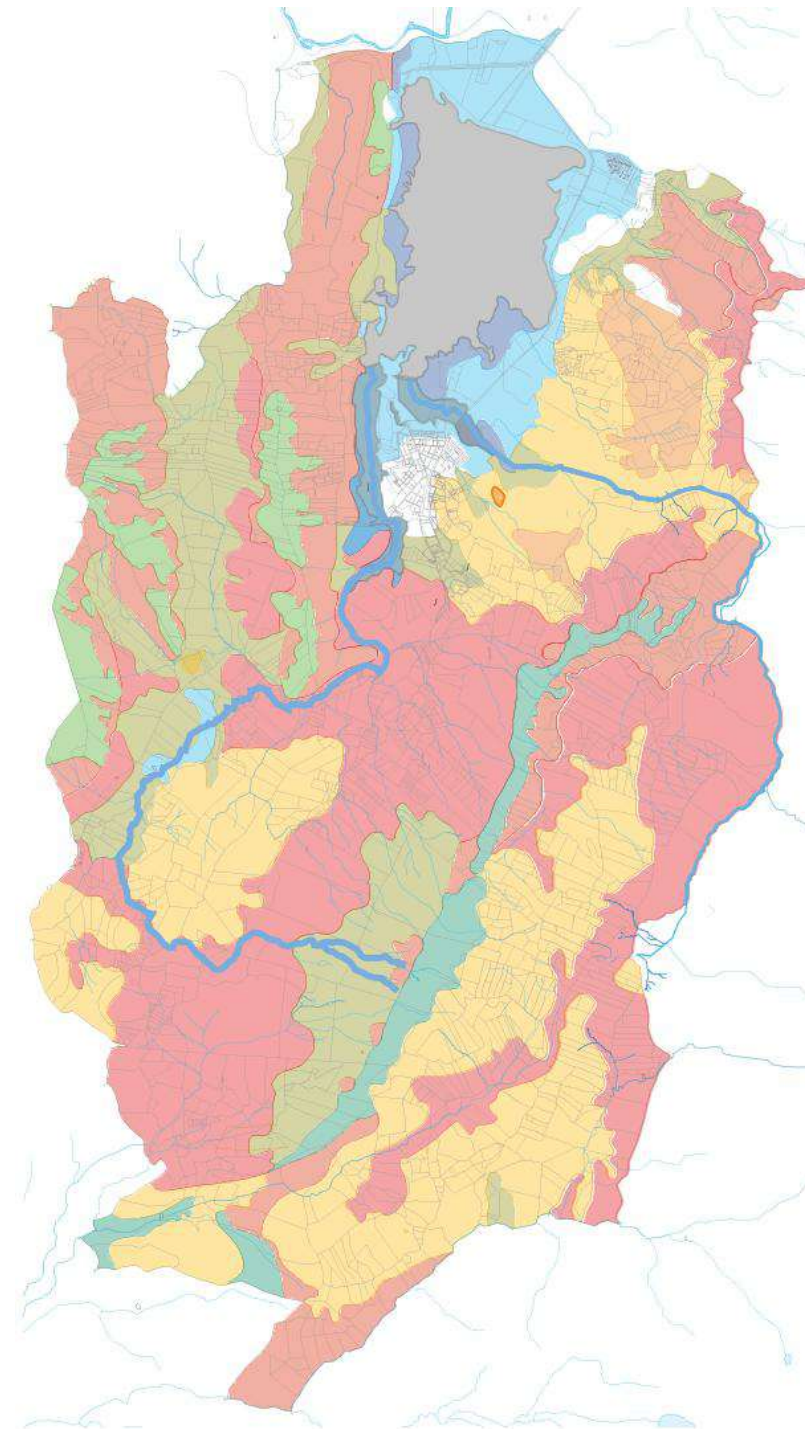
En este territorio se puede ver que el 60% de su suelo es prioritario el uso de la actividad agropecuaria tradicional y tradicional semi-mecanizado, es decir, aquellas áreas en las cuales se prioriza la actividad agro en suelos relativamente planos u ondulados. En el resto del territorio están distribuidos los usos como: en un 30% áreas de bosque protector y conservación de la fauna y áreas forestales protectoras productoras, y en un 10% las áreas de recreación ecoturística; este análisis nos permite ver que, a lo largo del territorio a los suelos que se les da más prioridad es a los de uso agropecuario tradicional y tradicional semi-mecanizado, de resto se distribuyen los usos de áreas forestales protectoras productoras, área de bosque protector y conservación de la fauna y áreas de recreación ecoturística, cabe recalcar que este es el resultado de una gestión que refleja el desinterés por el ecosistema ya que, al tener un territorio tan extenso en el cual se jerarquizan zonas verdes de características paisajísticas notables no se potencien y en cambio se adopten prácticas agresivas hacia las mismas.

Figura 18: Identificación de la Infraestructura ecológica territorial

Fuente: Elaboración propia



5.2 AMENAZAS



- Amenaza alta por erosión
- Amenaza media por erosión
- Amenaza baja por erosión
- Amenaza alta por incendios
- Amenaza baja por incendios
- Amenaza alta por inundación
- Amenaza baja por inundación
- Degradación ambiental- Represa del Muña

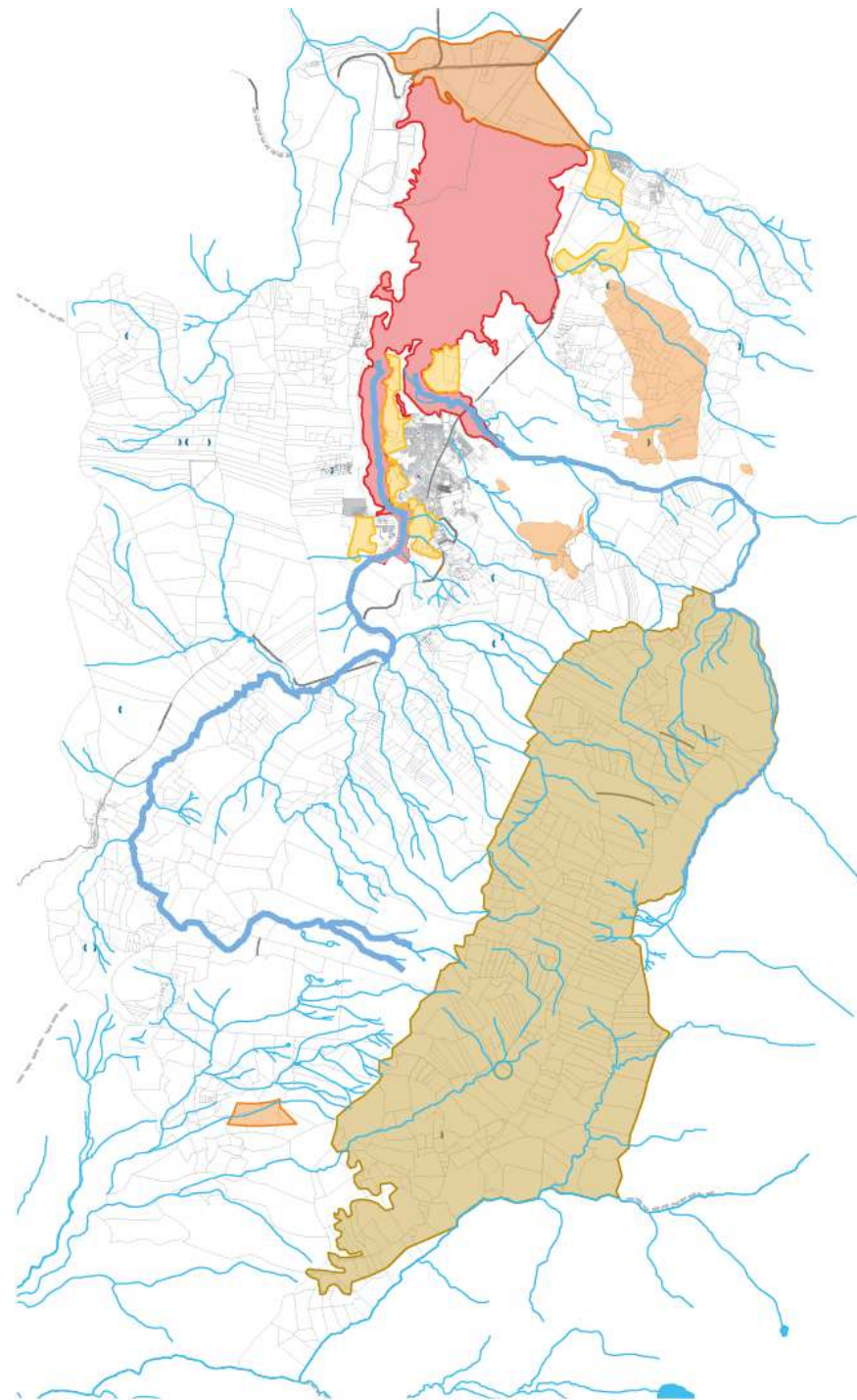
Se estudian las diferentes tipos de amenazas que existen a lo largo del territorio y se entiende que las áreas donde se concentran el mayor riesgo de erosión son las de los tipos de suelo de uso agropecuario tradicional y agropecuario tradicional semi-mecanizado, junto con el área de explotación de canteras, esto causado al mal uso que se le da al suelo y a sus recursos, ocasionando cambios en su geografía alterando así también los ecosistemas que rodean este tipo de actividades; a su vez podemos evidenciar que en la parte norte se encuentra el embalse del muña el cual representa un grado de degradación ambiental considerablemente alta la cual ha afectado a nivel ambiental sus alrededores disponiendo así una alta tasa de inundabilidad.



Figura 19: Identificación de las amenazas territoriales

Fuente: Elaboración propia

5.3 AREAS DE ALTO RIESGO



- Contaminación embalse del muña
- Contaminación Industrial
- Explotación de canteras
- Contaminación agroindustrial
- Destrucción generalizada de vegetación
- Quebradas
- Ríos principales

Teniendo en cuenta el uso del suelo a lo largo del territorio, nos damos cuenta que los ecosistemas que nos ofrece este maravilloso lugar se complementan con los cuerpos de agua que se extienden y surten de agua potable al casco urbano y demás fincas que se encuentran en el municipio; esta característica esta intrínsecamente relacionada con la capacidad que tiene el ecosistema de proveer recursos ambientales, sin embargo las quebradas que nacen principalmente desde la zona oriental que se van interconectando entre sí hasta los dos ríos principales que son: del sentido occidental el Rio Muña y del sentido oriental el Rio Aguas Claras, estos cuerpos de agua se están viendo afectados principalmente desde la parte oriental la cual se evidencia que existe la destrucción de la vegetación lo cual se complementa con la actividad de explotación de canteras contaminando así el agua potable que fluye por los ríos muña y aguas claras pasando por el casco urbano y llegando al embalse del muña ²⁰.

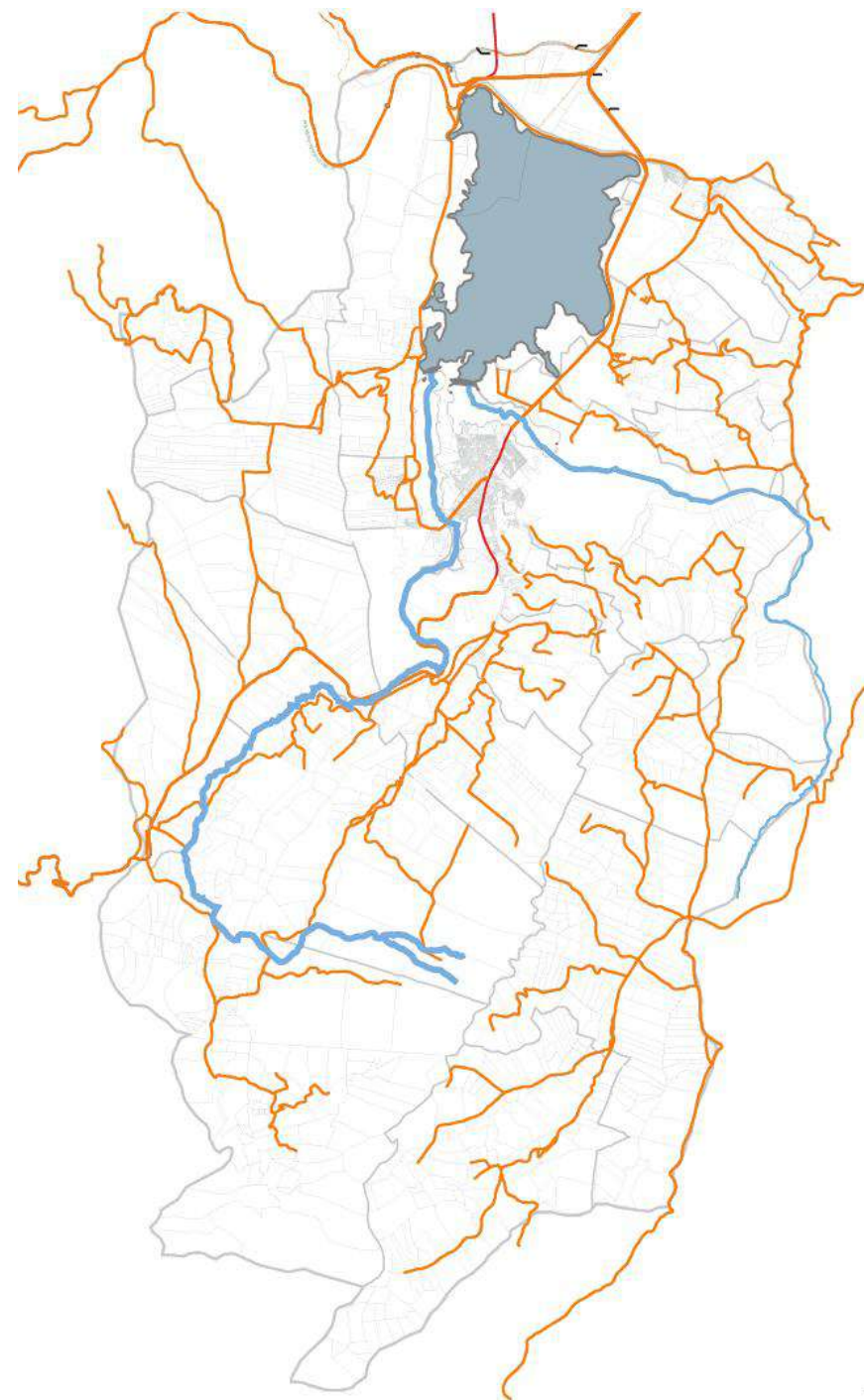


Figura 20: Identificación de las áreas críticas de alto riesgo

Fuente: Elaboración propia

²⁰ (Almenar Muñoz, M, 2022)

5.4 MOVILIDAD



● Vía departamental ● Vía rural

El municipio de Sibaté se encuentra en una ubicación estratégica, está relativamente cerca de la capital Bogotá, está a 25 km conectada por una vía en sentido sur-norte que da acceso a importantes centros de desarrollo, esta característica otorga al municipio una situación geográfica ventajosa. Estas circunstancias hacen de Sibaté un centro activo de comercio, ya que allí confluyen los productos característicos de tierra fría que se distribuyen en las diferentes ciudades del país. Por este territorio cruza una vía departamental en sentido norte-sur bastante importante, clave no solo para la movilidad sino también para el acceso turístico, a su vez se desprenden una serie de vías rurales las cuales se extienden por toda la periferia permitiendo así una interconexión de las veredas con el casco urbano, facilitando el acceso a las mismas y así los trabajadores del campo puedan disponer la actividad del comercio²¹.



Figura 21: Identificación de la movilidad territorial

Fuente: Elaboración propia

²¹ (Almenar Muñoz, M., 2018, págs. 334-356)

6 PARQUE ECOLOGICO LOS FRAILEJONES

Escala 1:25.000.000



COLOMBIA

Escala 1:250.000



CUNDINAMARCA

Escala 1:150.000



SIBATE



Figura 22: Localización intervención.

Fuente: Elaboración propia

En la parte rural de Sibaté, donde afloran ecosistemas de páramo, se aprovechó el potencial paisajístico y ecológico para crear un espacio recreativo-educativo en torno a los frailejones y senderos naturales, desarrollado durante las últimas décadas, el parque ha sido escenario de salidas pedagógicas agrícolas y ambientales, usadas por colegios y padres para la educación ambiental, e Parque “Los Frailejones” es resultado de un combinar historia rural con conservación ambiental, ofreciendo un lugar donde disfrutar y aprender sobre el ecosistema andino, su valor radica tanto en la riqueza natural del páramo como

en la conexión de la comunidad con su ambiente. Este lugar se encuentra al occidente del casco urbano de Sibaté junto a una zona que se encuentra drenada del embalse del Muña, el uso del suelo describe que es un área de recreación eco-turística es un área con potenciales recursos paisajísticos y de biodiversidad; desafortunadamente nada ajeno al embalse del Muña, se han tomado muy malas decisiones con respecto al este parque el cual está dividido en dos zonas separadas por una vía rural, la primera zona hacia el sur consta de 79.002 M2 y la segunda zona hacia el norte consta de 43.441 M2. *“El crecimiento urbano puede representar una amenaza para las áreas verdes urbanas, pero también una oportunidad para reconocer la contribución de una adecuada PIVI (Planificación de la Infraestructura Verde Integrada) para el bienestar y la salud humana, la protección de especies, la adaptación al cambio climático y el desarrollo urbano sustentable”*²²



Imagen 10: Parque los frailejones

fuentes: Fotografía propia

²² (Baxendale, 2019, pág. 28)



Imagen 11: Parque los frailejones

fuelle: Fotografía propia

6.1 ZONA DE IMPLANTACIÓN

El parque contiene un gran potencial para su intervención, porque está ubicado en un lugar estratégico permitiendo así aplicar mediante el estudio de las SBN (soluciones basadas en la naturaleza), optando por las cualidades ecosistémicas y de biodiversidad, solucionando las problemáticas no solo del parque en cuanto a sus características ambientales sino además optando por extender la intervención hacia el tramo del embalse del muña que se encuentra drenado, purificando las aguas que vienen desde la parte de arriba de la montaña las cuales pasan por el parque mediante escorrentías y así filtrarlas

hacia el canal de la ronda del muña que se dirige al embalse.” En esta coyuntura histórica, al contemplar la posibilidad bien real de que se pierda una cuarta parte de las especies en los próximos treinta años, el biomimetismo se convierte en algo más que una nueva manera de mirar la naturaleza: se convierte en una carrera y un rescate”²³.



Figura 23: Parque Los frailejones

Fuente: elaboración propia, Zonas del parque, basado en Google earth.

²³ (Benyus, Janine M, 1997, pág. 24)



Figura 24: Localización
parque los frailejones,
Fuente: Elaboración
propia.

FITOTECTURA PARQUE LOS FRAILEJONES

Grupo	Nombre Científico	Características Principales	Función Ecológica
Arboles y Arbustos	Baccharis latifolia (chilca)	Arbusto de rápido crecimiento, hojas lanceoladas.	Control de erosión, colonizador de suelos.
	Escallonia myrtilloides (tunillo)	Arbusto o arbolito, hojas pequeñas brillantes.	Aporta sombra y cobertura, refugio para aves.
	Gynoxys buxifolia (pumamaqui de páramo)	Arbusto alto, follaje denso, corteza rugosa.	Proveedor de hábitat, estabilización de laderas.
	Berberis bogotensis (calafate)	Arbusto espinoso, hojas pequeñas.	Alimentación para aves, protección de suelos.
Herbáceas y pajonales	Gramíneas nativas (Festuca spp., Calamagrostis spp.)	Pastos resistentes al frío y al viento.	Formación de pajonal, retención de suelos.
	Ageratina tinifolia (margosa de páramo)	Arbusto bajo, hojas aromáticas.	Captura carbono, restauración de suelos.
	Plantago rigida (llantén de páramo)	Hierba baja en roseta.	Conservación de humedad, alimento de fauna.
Especies emblemáticas	Espeletia Argentea. (frailejones, presencia según altitud)	Tallos gruesos, hojas vellosas en roseta.	Regulación hídrica, almacenamiento de agua.

Tabla 11: Tabla descripción fitotectura parque los frailejones

Fuente: Elaboración propia



Imagen 12: Vista aérea Parque los frailejones

fuentes: Fotografía propia



6.2 CAPAS DE COMPOSICIÓN

1. SENDAS PEATONALES

Los senderos en el parque son una parte fundamental del mismo ya que facilitan su recorrido, en un principio se diseñaron con materiales de roca local pero el deterioro de los años permitió que estos caminos se fueran desgastando y perdiendo su finalidad que es mimetizarse con el medio que lo rodea. Asimismo, estos recorridos que en teoría deben conectar todo el parque se volvieron un amenaza para sus visitantes y para el suelo, ya que no fueron implantados mimetizándose con la topografía, al contrario, iba en contra de esta y las pendientes son muy pronunciadas en la mayoría de sus tramos.

2. ESTRATO ARBOREO

La arborización juega un papel muy importante en este parque ya que, la naturaleza al ser un medio el cual funciona como un todo, es decir, que los elementos que la componen comparten entre sí una conexión que a su vez dan una armonía, dicho esto la arborización existente es abundante en zona 1 del parque, pero en la zona 2 es limitada por la deforestación en las zonas con cualidades paisajísticas provocada a lo largo de los años y la falta de concienciación por parte de la administración a la comunidad local.

3. ZONA DE USO PUBLICO

El parque los frailejones se divide en dos zonas, la primera zona hacia el sur consta de 79.002 M2 y la zona hacia el norte consta de 43.441 M2, estas áreas vienen desde la parte de arriba hacia la montaña, este lugar se caracteriza por ser un parque icónico del municipio de Sibaté, su nombre hace alusión al frailejón el cual se encuentra allí, pero actualmente está prácticamente desapareciendo por incendios que se han provocado en el lugar afectando su



fitotectura y a su vez va generando escenarios poco favorables para el parque y sus cualidades medioambientales.

4. TRAFICO RODADO

El parque está ubicado hacia la zona occidental del casco urbano del municipio, consta de una vía principal la cual viene desde la capital Bogotá pasando por frente del parque facilitando el acceso y así ser reconocido por sus visitantes y locales; en la parte más alta del parque pasa una vía rural principal que viene desde las veredas y esta se va fraccionando por los alrededores del parque, las vías están en mal estado incluyendo el tramo del frente del parque, debido a la erosión del suelo y a la falta de capacidad de la administración de contar con nuevos materiales para las vías ya que no tienen en cuenta el nivel freático del suelo.

5. LAMINA DE AGUA

El Rio Muña es uno de los ríos que encausan en el embalse del Muña, cruza el territorio del Sur oriente al Noroccidente del municipio, desciende desde el Alto Zarzo a una altura de 3.400 msnm (Metros sobre el nivel del mar), este recorrido lo hace a lo largo de 16 kilómetros, esta ronda es importante ya que pasa por la mayoría de las veredas del municipio desde la parte de arriba del páramo hasta llegar al embalse del Muña, por eso este río es importante para la propuesta de este trabajo.

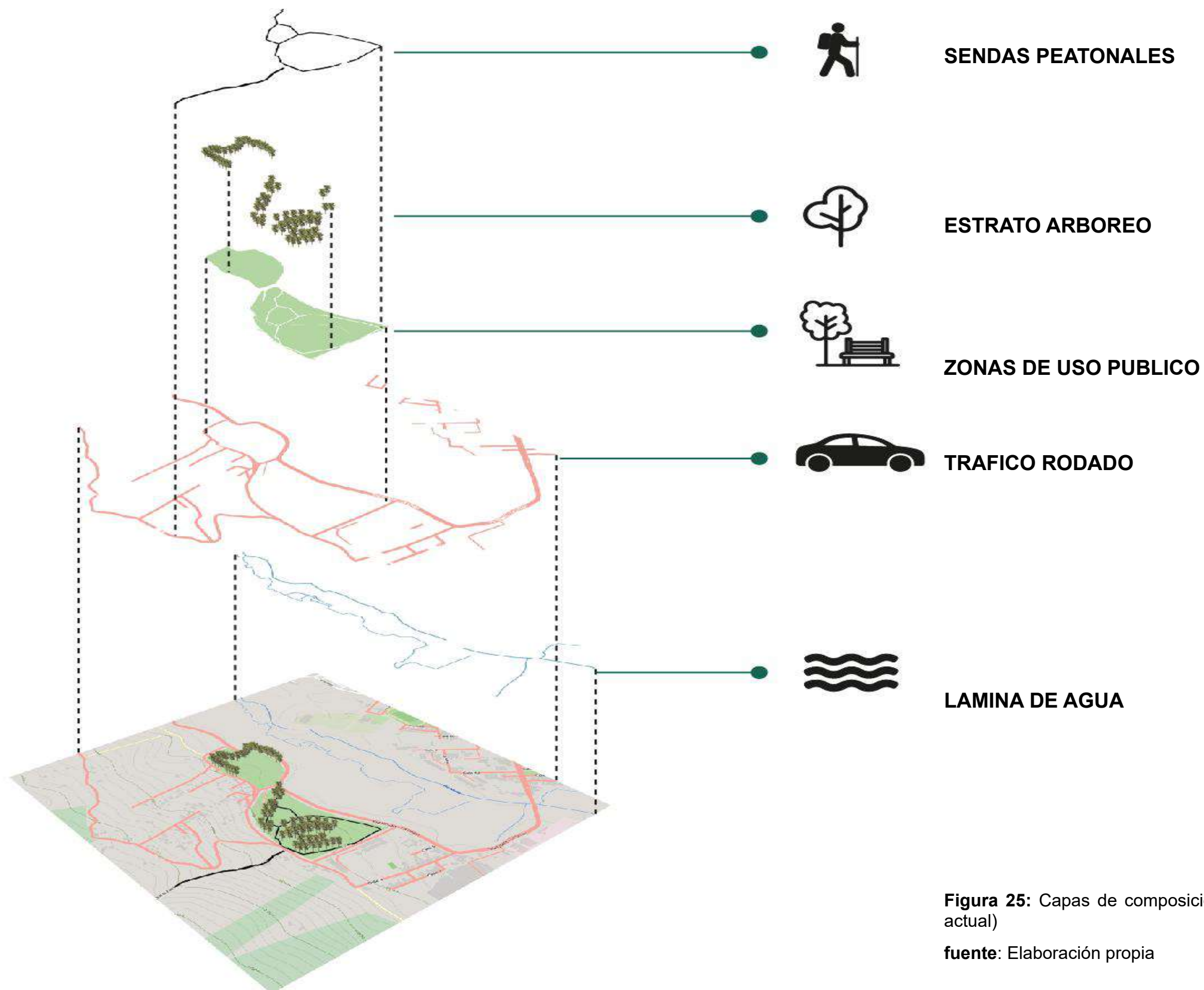


Figura 25: Capas de composición parque los frailejones (estado actual)

fuelle: Elaboración propia



Imagen 13: Parque los frailejones

fuelle: Fotografía propia basada en las campos de composición



6.3 DESAFIOS

Los desafíos que se van a explicar a continuación se identificaron mediante el análisis de la cartografía y la recopilación de las diferentes capas de las condiciones medioambientales y los resultados de las malas prácticas en este tipo de entornos.

A. Deforestación

En el territorio nacional existe una predisposición muy grande por parte de los leñadores, colonos y especialmente por los despobladores del bosque, de continuar con sus procesos de tala y destrucción de los bosques colombianos. El municipio de Sibaté no es ajeno a esta situación ya que especialmente en las partes altas, se ha dado con el transcurrir del tiempo un proceso de deforestación muy marcado; sin embargo, no hay un estudio previo que prevalezca su verdadera magnitud. Este fenómeno se ha dado por la necesidad de los madereros de materia prima y principalmente por la cultura y mentalidad de producción agrícola dentro de la cual es necesaria la ampliación de la frontera agrícola, lo cual se logra con procesos de tala de la mayor parte de los árboles, estableciendo cultivos transitorios como la papa, arveja etc. Pero por tratarse de los suelos con vocación totalmente forestal, los cultivos producen en buenas condiciones durante periodos cortos, después se van degradando y pierden su productividad, lo cual los obliga a sembrar pastos como único recurso; estos nuevos procesos conllevan a la inutilización del suelo y su deterioro a través de la erosión y la sedimentación. Estas prácticas se han visto



reflejadas en el parque de los frailejones ya que una parte del parque es de uso agropecuario tradicional, pero las malas prácticas se han realizado en estos suelos de vocación forestal, produciendo la desaparición de los bosques naturales y de la fauna silvestre, desconociendo la importancia del bosque como productor de energía y alimento. A partir de este análisis se puede afirmar que la vegetación de Sibaté ha sufrido grandes y profundas alteraciones en su flora original, así como transformaciones en las zonas de abundante estrato arbóreo y se podrá asegurar que en un alto porcentaje nativo se ha intervenido o destruido quedando solamente algunas especies como encenillo, olivo, paja, frailejón, pagoda, chite, chilco pegamosco, manzano, tuno, reventadera, uva de monte, palma boba y reductos de vegetación autóctona con el predominio de especies pioneras como el chusque, bejuco y gramíneas de gran tamaño.

B. Contaminación Lámina de Agua

Las corrientes superficiales de las zonas rurales de Sibaté son del tipo quebrada o riachuelo de alta montaña, con pendientes pronunciadas y trayectos más o menos largo cuyo nacimiento se concentra en la zona o páramo húmedo de la vertiente occidental de la cordillera oriental. El principal problema se produce por el manejo que se les da a estos cuerpos de agua, desde su nacimiento hasta las zonas bajas del Municipio especialmente la intervención antrópica en los cauces ha originado alteraciones de su dinámica natural. En este caso tenemos al Río Muña uno de los dos principales ríos del municipio el cual pasa por la parte del frente de nuestro parque y termina en el embalse del muña, está sometido a la invasión de su ronda, a la contaminación de sus aguas con residuos sólidos y líquidos especialmente sedimentos y desechos de la



explotación de canteras de piedra, arena y la disminución de su potencial hídrico por captación, desvíos, represamientos o el continuo proceso de deforestación.

C. Zonas de uso público Limitado

En el municipio de Sibaté la recreación y el deporte ha sido prioridad en las diferentes administraciones a lo largo de los últimos años, la construcción de escenarios deportivos se ha convertido en una prioridad para sus habitantes; el afán por suplir esta necesidad de tener escenarios deportivos ha permitido asimismo el descuido de los mismos, es verdad que en el municipio y en las zonas rurales los suelos representan áreas las cuales permiten la construcción de canchas de fútbol en su mayoría, estos se han construido en suelos los cuales han sido inutilizados y deteriorados por la deforestación.

En el parque los Frailejones en sus dos zonas se encuentran dos escenarios deportivos de fútbol, sin embargo estas zonas anteriormente se dispusieron de tal forma que contaban con equipamientos (casetas) con la finalidad de que funcionaran como zonas de permanencia para la socialización de las personas, pero al pasar los años por el descuido del tratamiento de los suelos han provocado erosión y la sedimentación de los mismos, provocando el deterioro de estos escenarios y la administración ha optado por no intervenir en estos escenarios provocando el abandono de los mismos, pero no solo de las canchas deportivas sino que también de su entorno natural que conforma un ecosistema bastante frágil con arborización, flora y fauna que por malas prácticas se han visto afectadas reduciendo significativamente las áreas que conforman estos escenarios tan delicados y con cualidades paisajísticas importantes para el municipio.



D. Desconexión

El parque los frailejones consta de dos áreas las cuales están divididas por una vía rural que va hacia el páramo, sin embargo esta vía descrita anteriormente no hace parte fundamental de la red vial rural, normalmente es utilizada por la misma comunidad para subir hacia sus viviendas o fincas a las afueras del caso urbano, muchas veces está bloqueada por personas que después de utilizar los escenarios deportivos del parque permanecen en las mediaciones del mismo; esta vía es de vital importancia para la conexión de ambas partes del parque, debido a su ubicación justo en medio y serviría como eje principal de uso peatonal terraceado con huertos urbanos sembradas por la misma comunidad, en el cual las personas puedan ir de un área a otra sin necesidad de salir de una como se hace normalmente.

E. Deterioro De Las Sendas

Los recorridos o sendas forman una parte fundamental a nivel de la infraestructura ya que permiten a los visitantes recorrer el lugar, delimitar zonas recreativas y se prestan para estar de forma libre para disfrutar de las zonas que nos brinda esta lugar con las cualidades paisajísticas que representa. Pero actualmente el lugar cuenta con sendas, pero, no se consideraron las condiciones del lugar, no fueron dispuestas de tal manera que se mimeticen y hagan armonía con el entorno, van contra la topografía, no cuenta con la fluides que debería tener una senda, cortándose en varios tramos desorientando al visitante, la materialidad es un punto a favor ya que estos senderos fueron contruidos con piedra local.



F. Degradación De La Fitotectura Local

Las malas prácticas hacia este parque se han extendido en sus habitantes, la falta de concienciación al momento de ir a visitar este lugar como muchos otros, no hay conciencia de los desechos como plásticos, basura, botellas etc., que se van dejando cada vez que utilizan este tipo de escenarios, sumando a esto que personas van donde quedan las áreas de mayor arborización (de la poca que queda con respecto a los años anteriores) a botar la basura de sus casas, negocios y cuando se va a permanecer con la familia un fin de semana no recogen los residuos que producen dejándolos allí acumulándolos convirtiendo este valioso lugar en un “botadero de basura”.



Imagen 14: Parque los frailejones y embalse
fuentes: Fotografía propia, basado en los desafíos

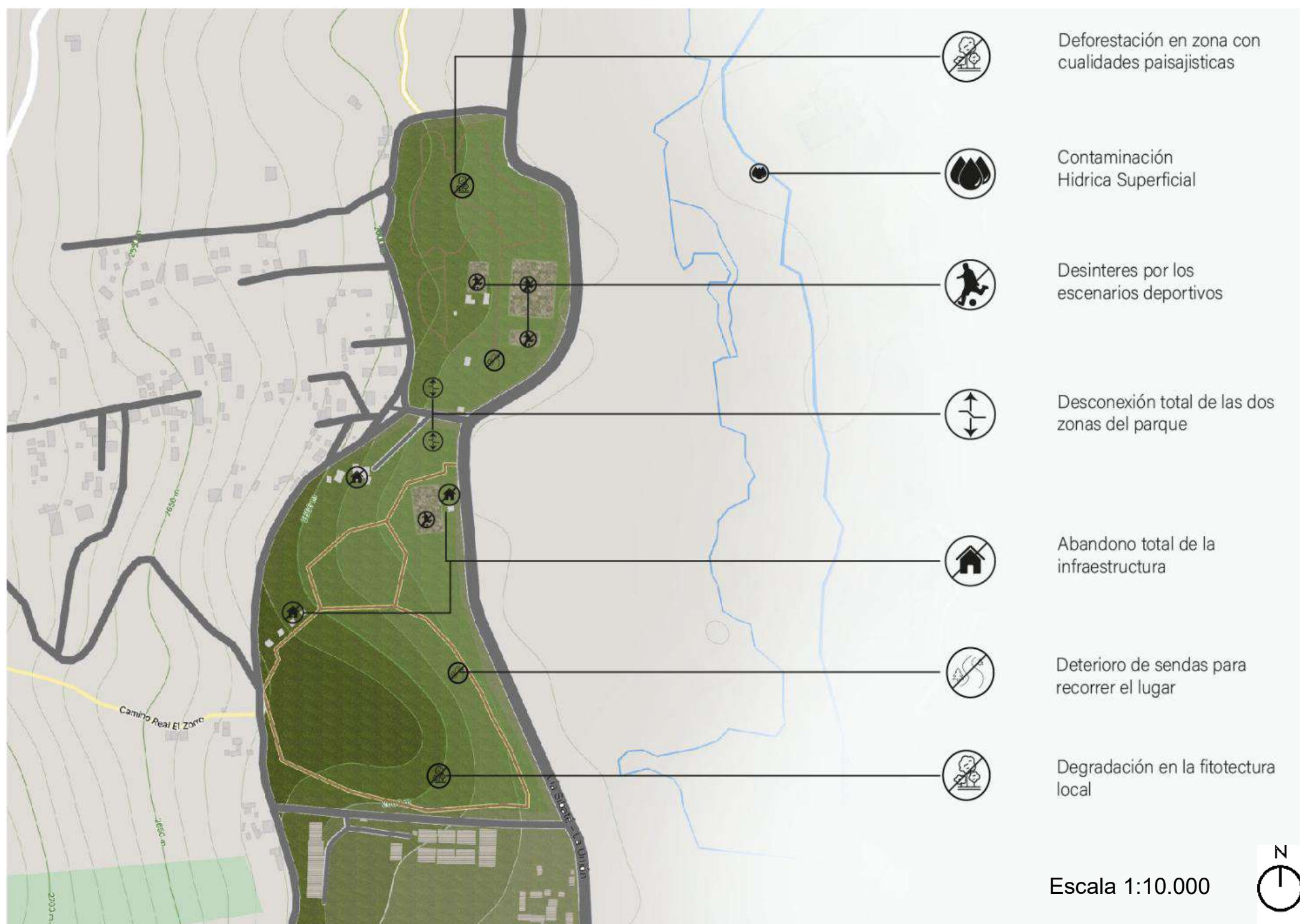


Figura 26: Identificación problemáticas ambientales y de infraestructura funcional

Fuente: Elaboración propia

6.4 MEDIDAS Y ACCIONES

A medida que se van identificando las problemáticas y los desafíos identificados de este lugar y su contexto, se van disponiendo también las estrategias para atacarlas y mitigar los diferentes impactos al medioambiente.



Figura 27: ilustración de las estrategias SbN

Fuente: Elaboración propia

Concienciación

En el área 1 del parque se encuentran unas cacetas en la parte superior, actualmente están abandonadas debido a la falta de mantenimiento de estas, se va a hacer su debida restauración y así reutilizarlas para disponer una serie de espacios los cuales expongan la importancia de este parque, exponer el antes y el después de la intervención, generar campañas de concienciación hacia sus visitantes para inculcar el cuidado de la naturaleza y su biodiversidad.





Imagen 15: Estado actual casetas

Fuente: elaboración propia



Figura 29: Imaginario casetas de concienciación Zona 1 del parque

Fuente: elaboración propia

Reforestación

Las malas prácticas es un tema que sobresale en este lugar, son una reacción en cadena que una produce la otra y así sucesivamente, los malos usos de los espacios establecidos, el descuido y la falta de higiene por parte de la administración hacia el parque es bastante notoria; es por eso que la reforestación aparece como una solución a este problema ya que, no solo es sembrar por sembrar sino que el objetivo es conservar las especies actuales que se encuentran allí, pero a su vez potenciar mediante la siembra de arborización de crecimiento rápido de especies locales tanto de gran escala como de escala pequeña como lo serían los frailejones, esto con el fin de mitigar los impactos ambientales y a su vez complementan en ciertas áreas purificando los canales de agua que se dirigen hacia el embalse.





Imagen 16: Estado actual Rio muña

Fuente: Fotografía propia

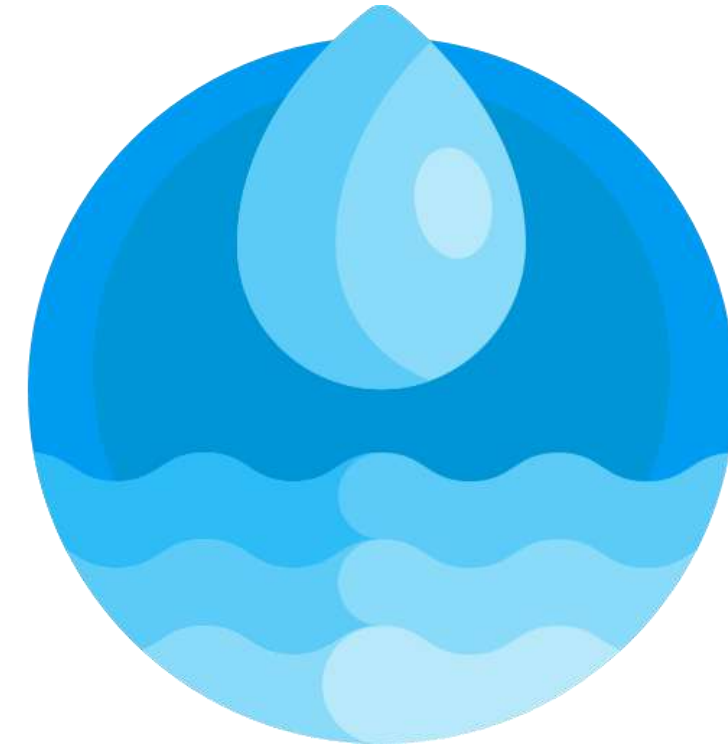


Figura 30: Imaginario Reforestación hacia el embalse

Fuente: elaboración propia

Creación De Humedal

Las condiciones físicas ambientales del parque se encuentran bajo amenaza, desde hace años el abandono, la deforestación, el uso inadecuado de sus espacios naturales, la falta de tratamiento y la pérdida de biodiversidad han ocasionado que este lugar se haya convertido en lo que se llamaría coloquialmente un “botadero de basura” por parte de sus habitantes; lo que se quiere es devolverle la identidad a este parque, que los pobladores y visitantes lo vean como lo que realmente es un parque natural que en él convive una biodiversidad, mediante actuaciones como la de la creación de 3 humedales los cuales son aquellos que mediante una perspectiva ecosistémica son como aquellos sistemas integrales que sustentan procesos ecológicos complejos con dinámicas propias, a su vez determinan las funciones y servicios que pueden proveer incluidas la biocenosis la cual son capaces de mantener las interrelaciones que integran e incluyen no solo un sistema, sino que integra los elementos como medioambiente no vivo, tierra, agua, aire y vivo hábitats y las especies que habitan en el medio.²⁴ Estos humedales se crean con el fin de purificar y generar un proceso de Biofiltración de las aguas que vienen de las principales esorrentías de la parte de arriba del parque los frailejones, esto con el fin de que estos cuerpos de agua emulen el efecto esponja de las areas con abundante estrato arboreo y a su vez del frailejón que son los mayores captadores de agua en el lugar.



²⁴ (MITECO, 2023, pág. 41)

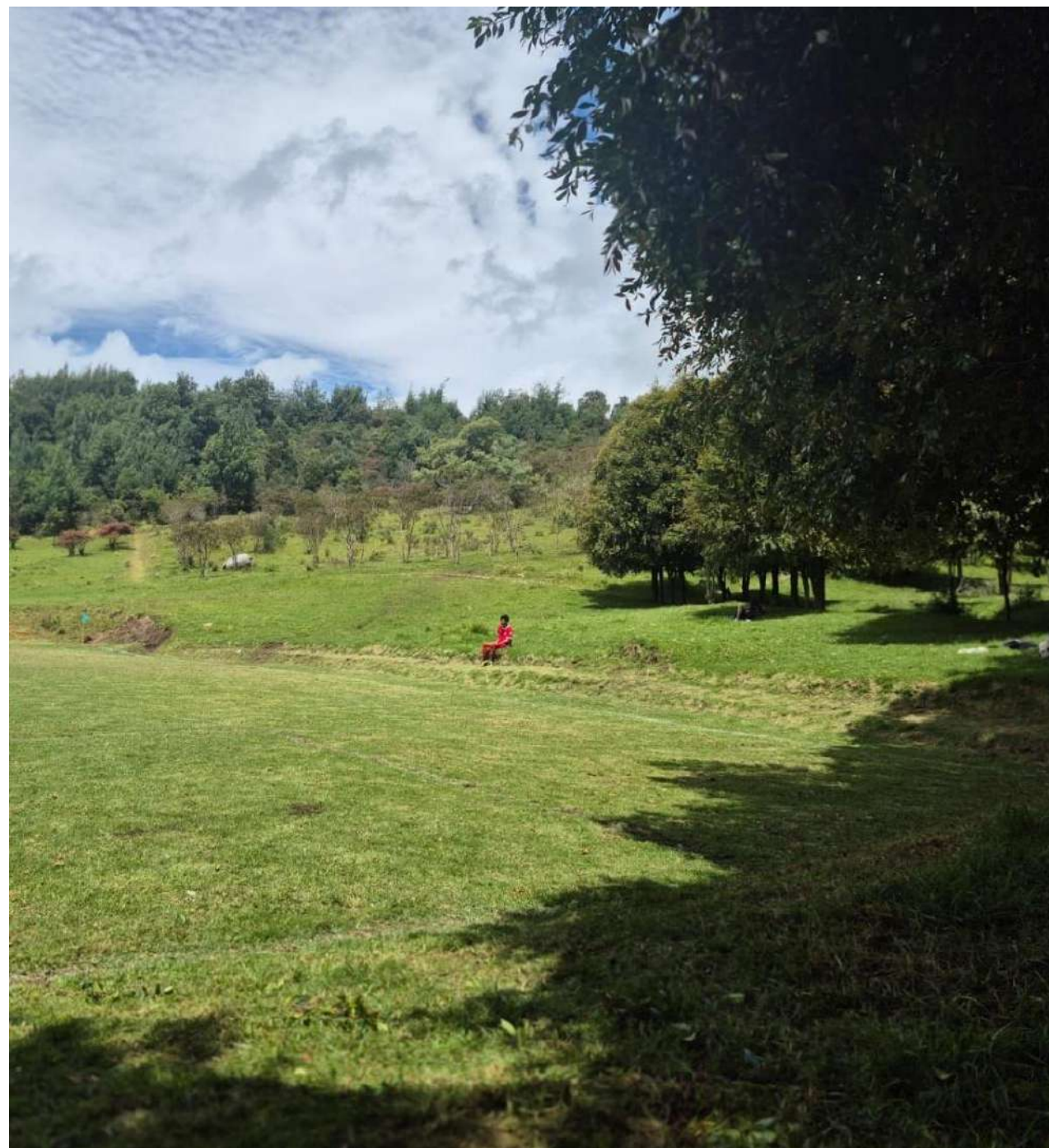


Imagen 17: Estado actual escenario deportivo

Fuente: Fotografía propia



Figura 31: Imaginario Humedal

Fuente: elaboración propia

Mirador

El parque permite una topografía entre 15% al 30% lo cual permite que en la parte más alta del área 1 dispone de increíbles vistas hacia parte del embalse, los páramos que lo rodean y el casco urbano, actualmente esta parte más alta se encuentra abandonada, es usada como parqueadero de los vehículos, realizan actividades familiares pero esta zona está en condiciones de abandono sin el debido cuidado, sin embargo en la propuesta se dispone de una serie de 3 miradores contruidos tipo plataforma con fitotectura alrededor sin obstaculizar las vistas, en los bordes se van a plantar arborización de rápido crecimiento y frailejones, esto para limpiar la escorrentía que pasa por allí.





Imagen 18: Estado actual Parte alta

Fuente: Fotografía propia



Figura 32: Interpretación Mirador

Fuente: Elaboración propia

Econexión

El parque los frailejones al estar dividido en 2 áreas, lo que se busca es que como en la naturaleza exista una “conexión” que permita no solo a los usuarios ir de un lado al otro explorando el parque, sino que también permita ser un paso para la flora y la fauna, se dispone mediante una vía existente la cual está justo en la mitad del parque, lo que se busca es que se convierta en un huerto urbano el cual sea sembrado por la misma población y que a su vez potencie la economía de las personas del lugar, permitiendo así un balance entre sostenibilidad tanto ecológica como económica.

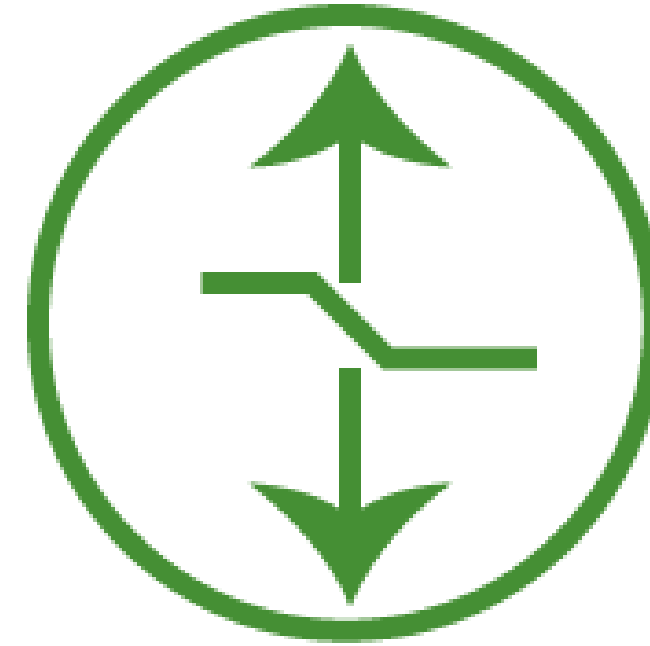




Imagen 19: Estado actual vía rural

Fuente: Fotografía propia



Figura 33: Imaginario huertos comunitarios

Fuente: Elaboración propia

Senderos

En el parque los frailejones se disponen de diferentes propuestas las cuales en su mayoría buscan la conservación y potencialización de sus cualidades paisajísticas, sin embargo los senderos juegan un papel fundamental para sus visitantes ya que mediante ellos se guía a las personas por las zonas de este maravilloso lugar permitiendo así, una experiencia natural orientándolos en un recorrido por el parque exponiendo sus excelentes vistas, sus cualidades ambientales, generando actividades sostenibles y resilientes hacia no solo este lugar sino que también que se tenga un mensaje de la importancia y fragilidad de los ecosistemas.

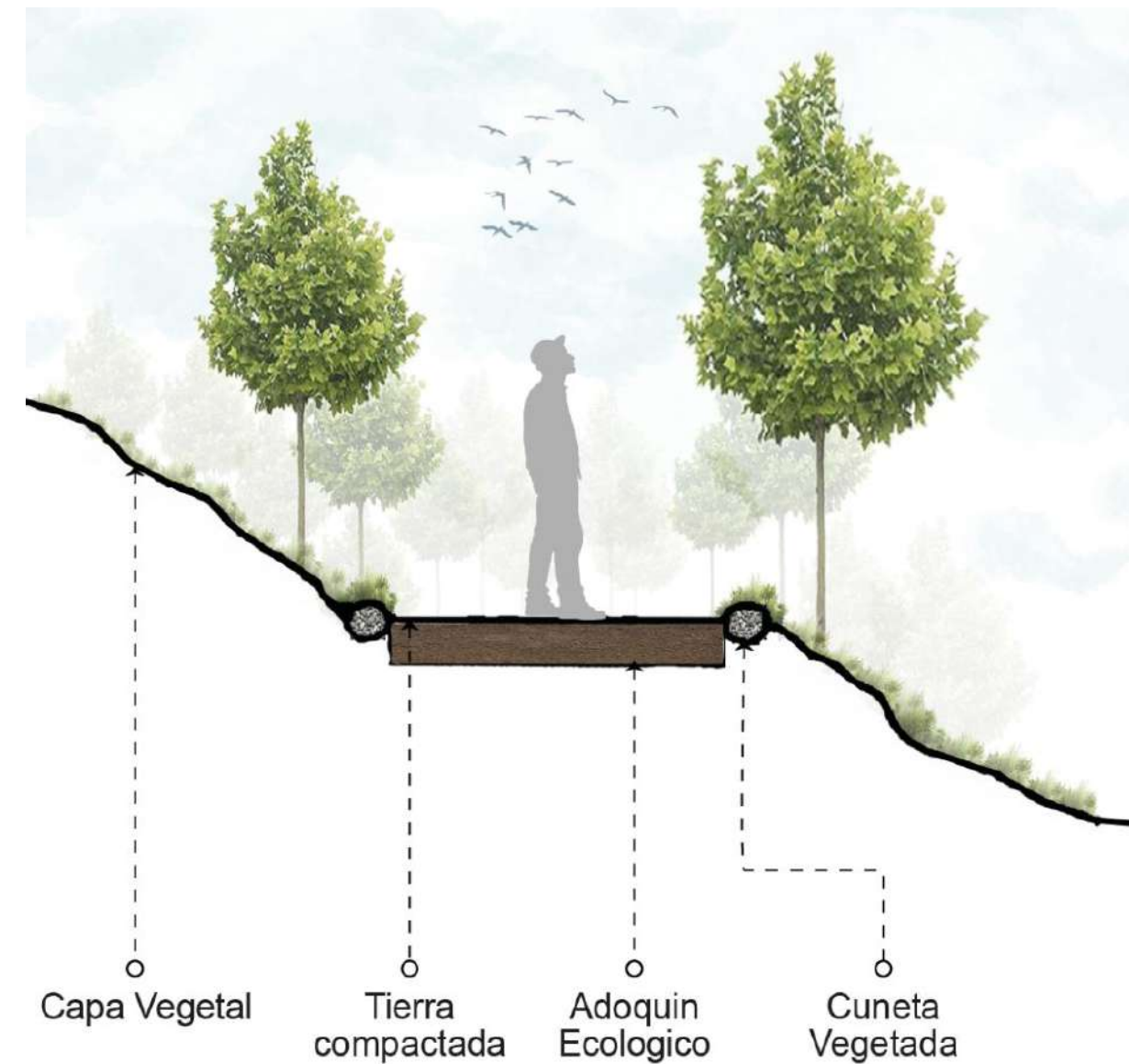


Figura 34: Sección detalle senderos parque ecológico

Fuente: Elaboración propia



Imagen 20: Estado actual sendero

Fuente: Fotografía propia



Figura 35: Imaginario Senderos ecológicos

Fuente: Elaboración propia

Recreación Y Picnic

Dentro del parque y la parte seca hacia el embalse frente del parque, son áreas abiertas que actualmente las personas lo usan como zonas para ir a disfrutar al aire libre, jugar con la familia, elevar cometa, etc. Estas áreas lo que se propone es consolidarlas mediante la infraestructura verde que viene desde el parque, es decir, debido a los corredores verdes delimitar estas áreas para una mejor sensación de conectarse con la naturaleza sin limitar estas actividades





Imagen 21: Zona actual área zona seca del embalse

Fuente: Fotografía propia



Figura 28: Interpretación del antes y después, zonas de dispersión para picnic

Fuente: elaboración propia zona seca del embalse

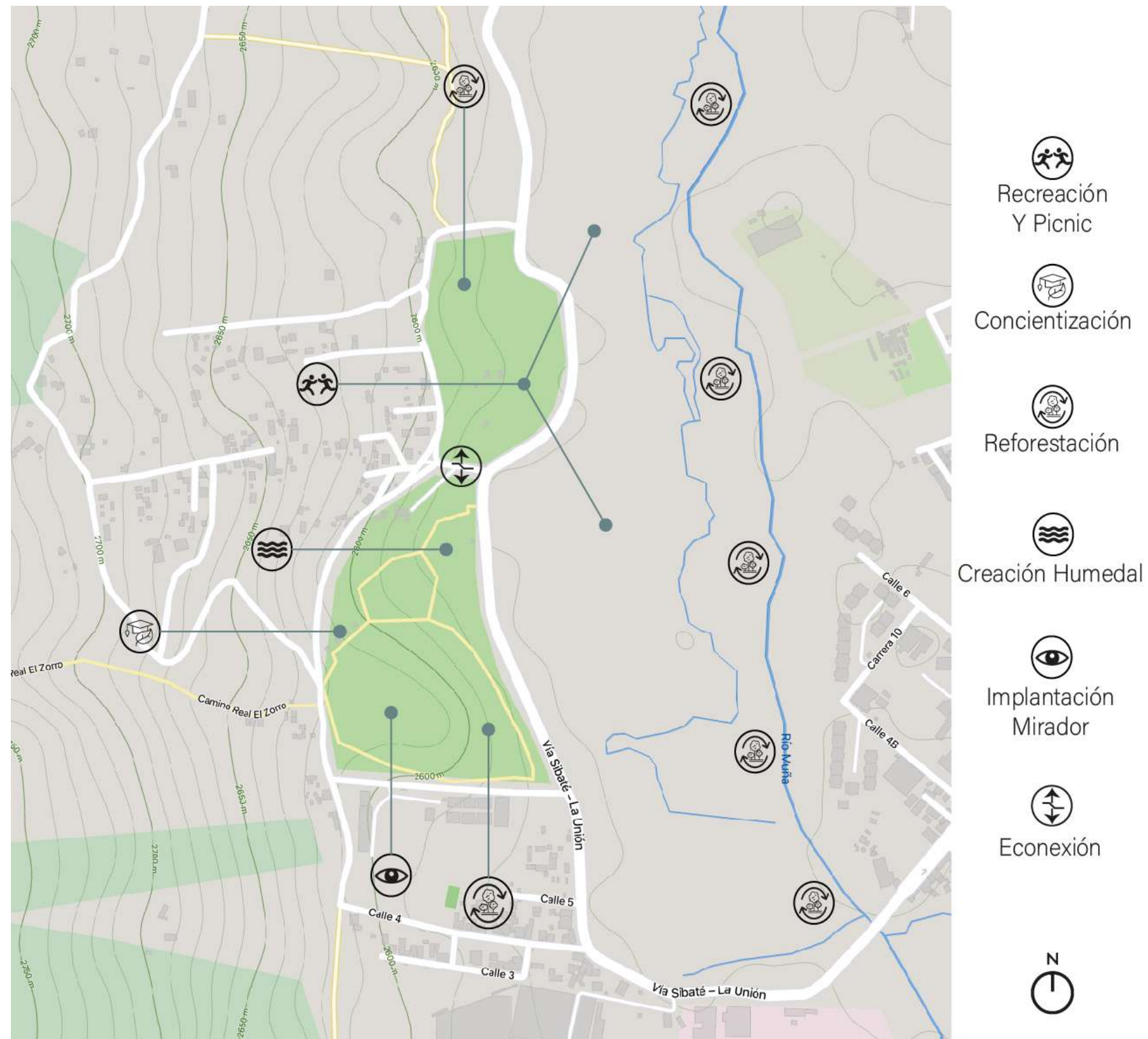


Figura 36: Zonificación intervención

Fuente: elaboración propia, parque Los frailejones



Figura 37: Corema de los conceptos para la propuesta,

Fuente: elaboración propia, parque Los frailejones

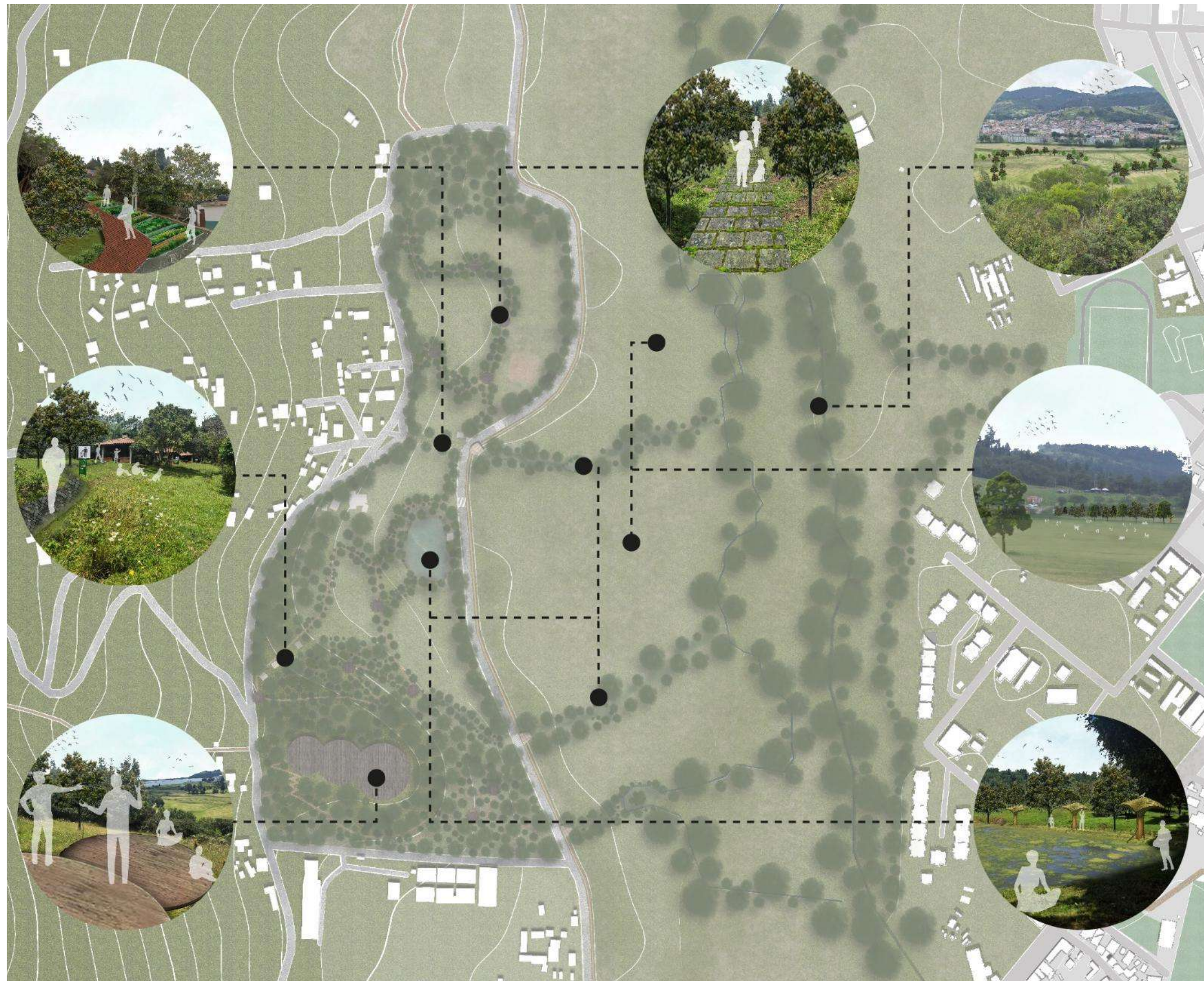


Figura 38: Disposición de las estrategias

Fuente: elaboración propia, parque Los frailejones

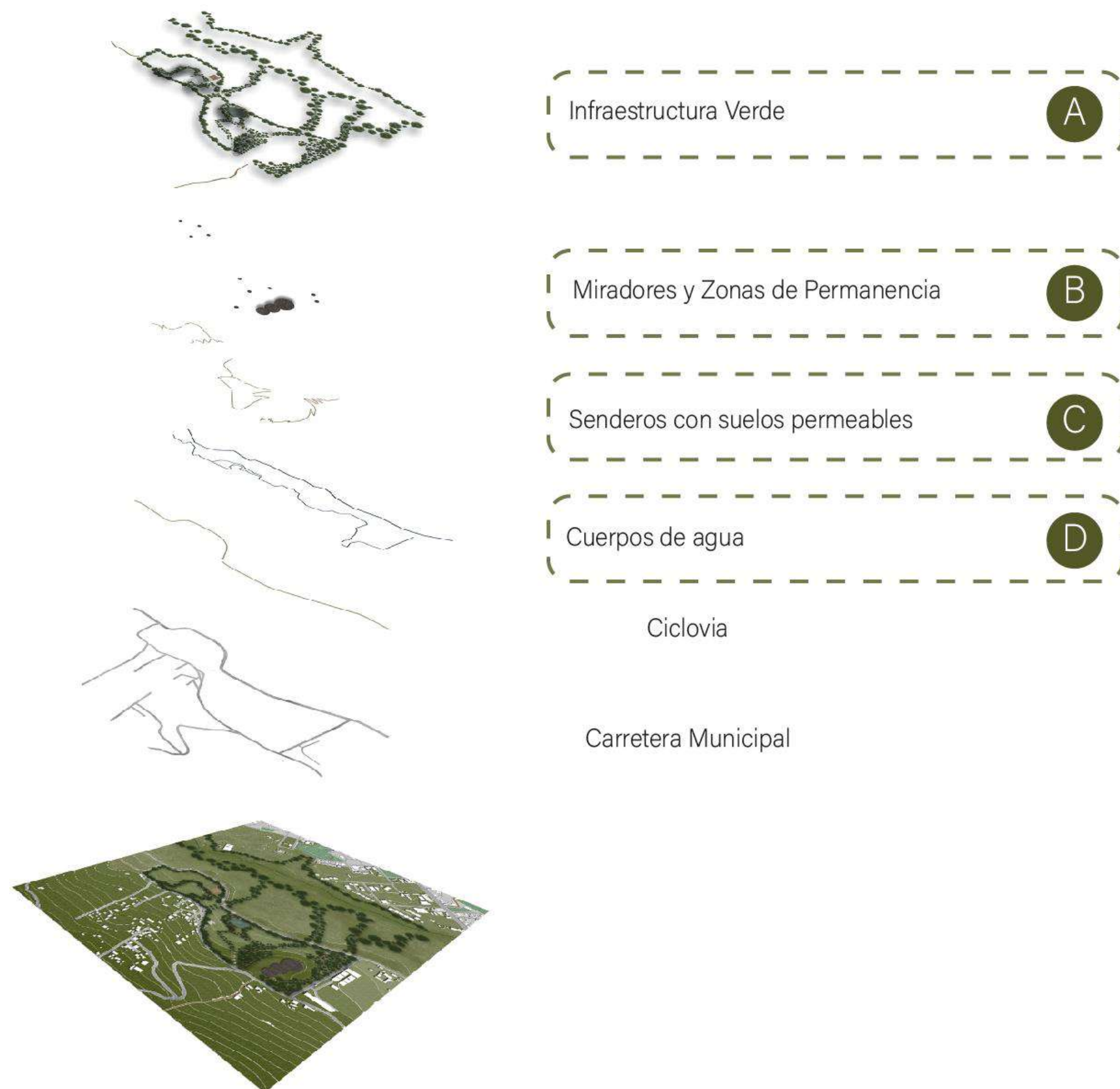


Figura 39: Capas de composición elementos para la propuesta
Fuente: elaboración propia.



Figura 40: Zonificación elementos de la propuesta
Fuente: elaboración propia.

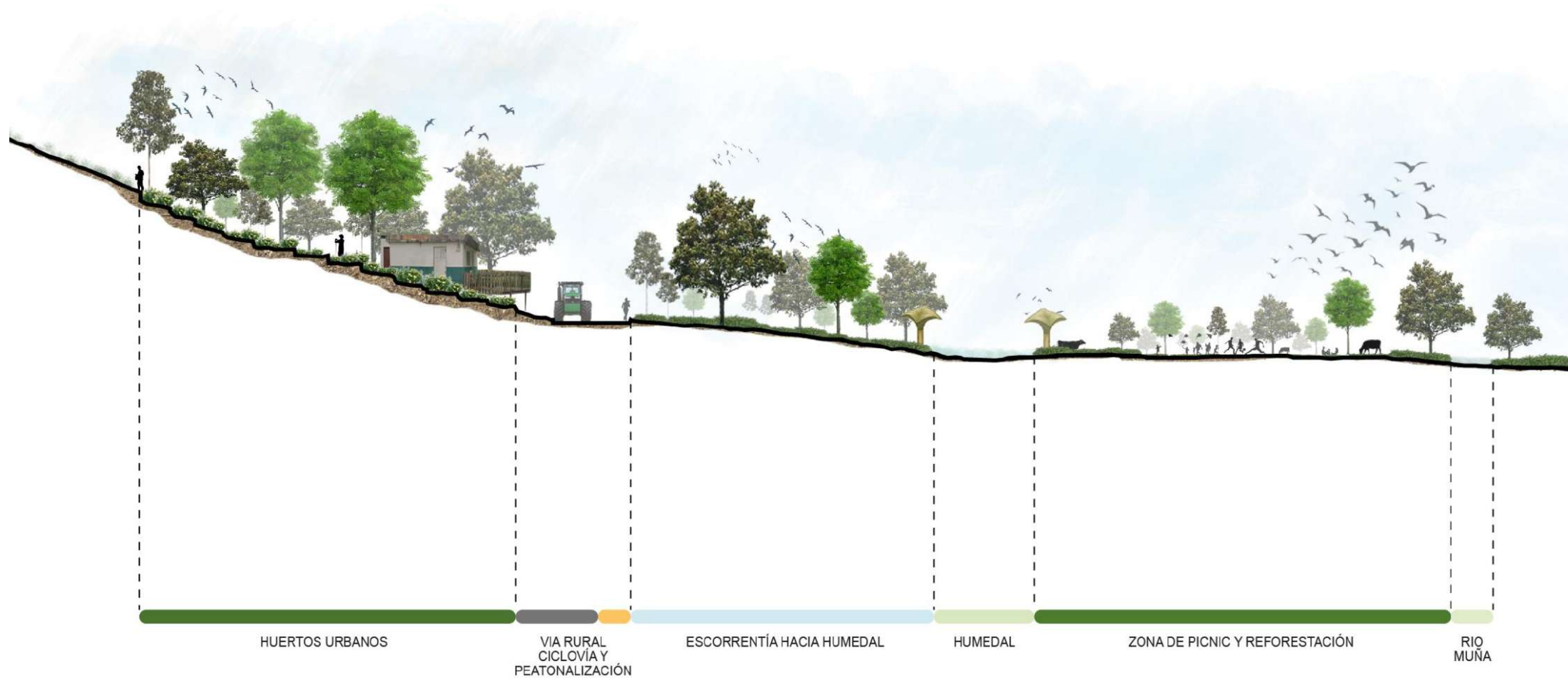


Figura 41: Perfil de elevación acciones de recuperación y conservación para la Biodiversidad

Fuente: elaboración propia.

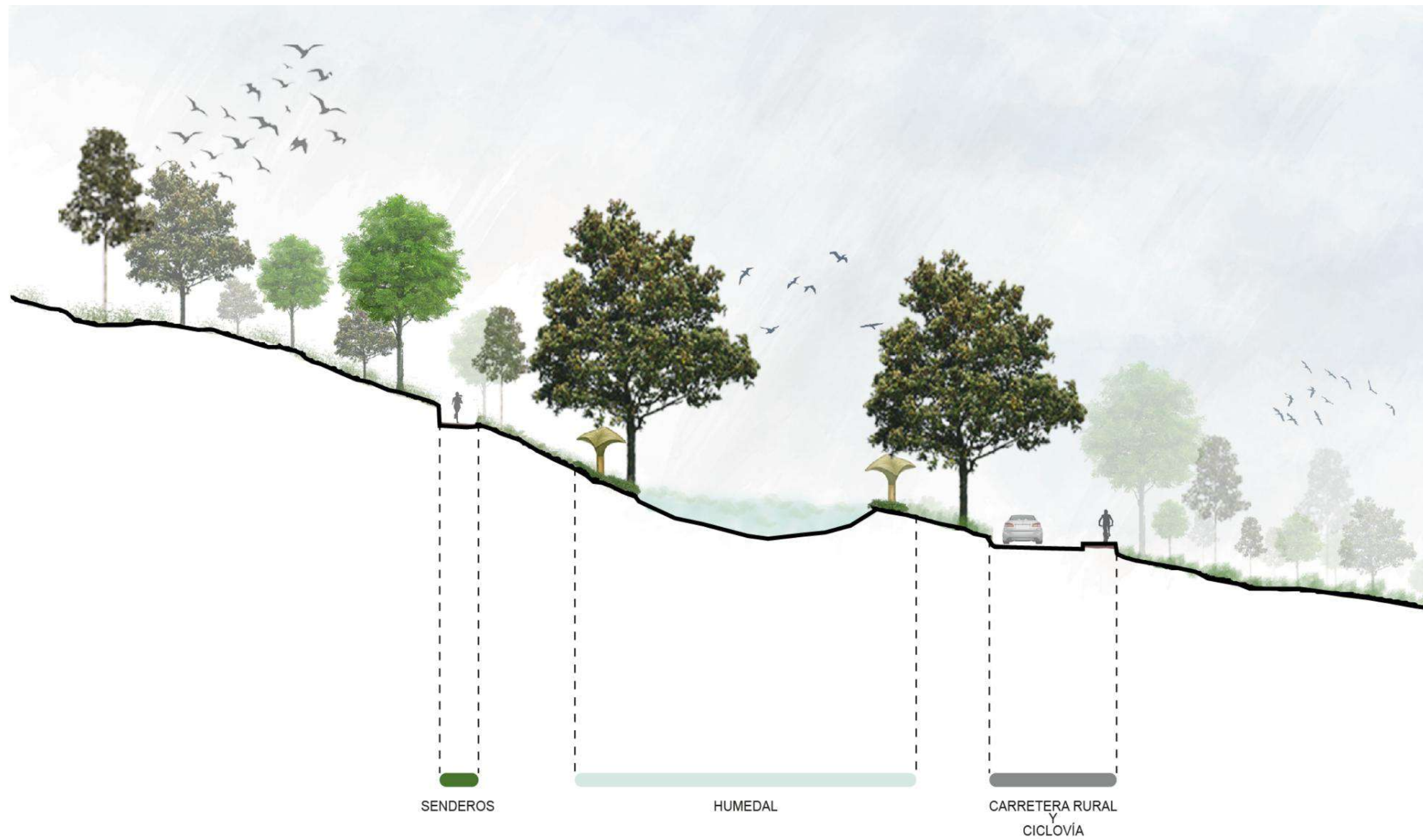


Figura 42: Perfil de elevación senderos y humedal

Fuente: elaboración propia

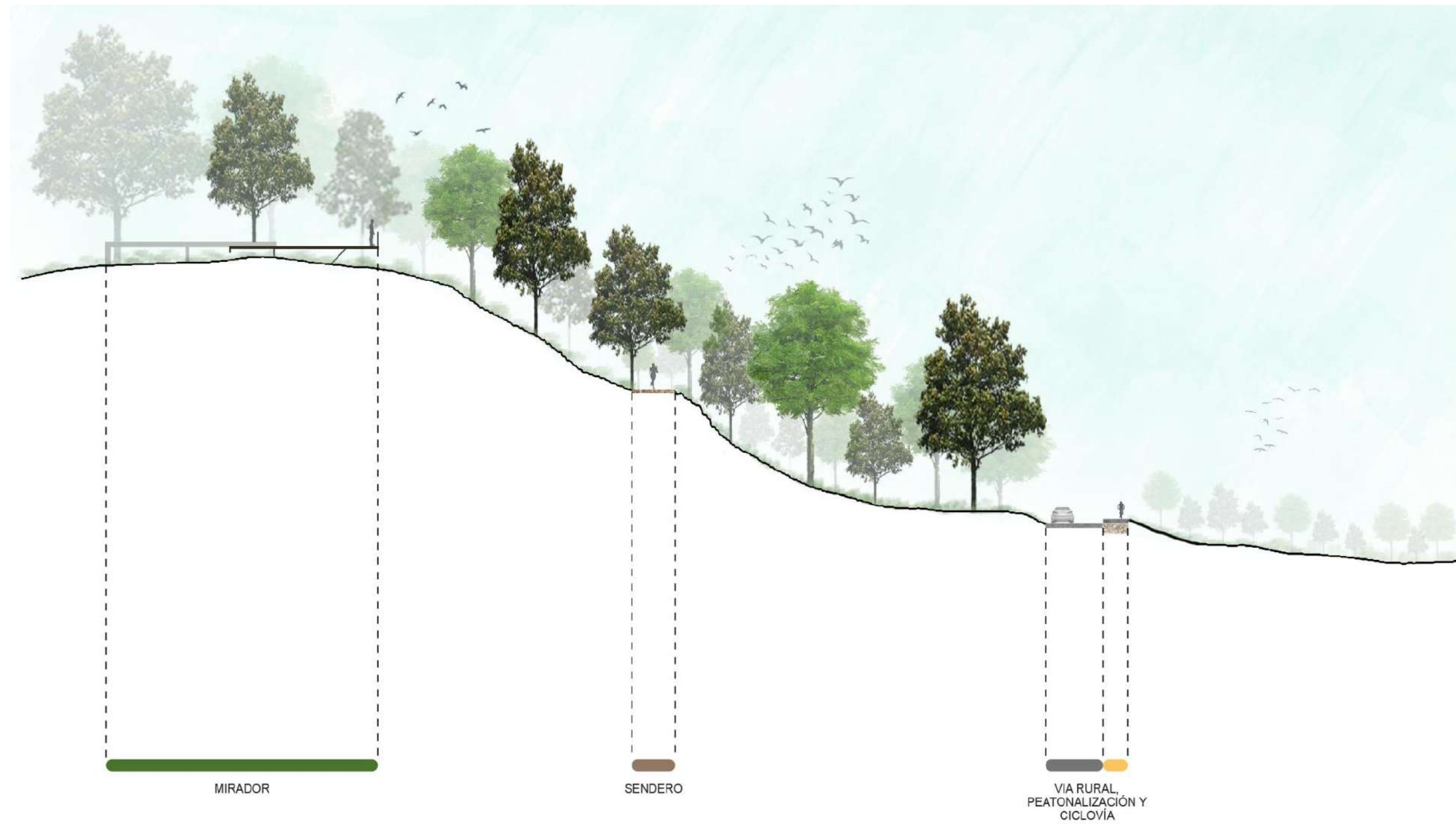


Figura 43: Perfil de elevación mirador y senderos

Fuente: elaboración propia

6.5 SOLUCIÓN BIOMIMÉTICA

El territorio de estudio nos ha permitido ver con otro ojos sus componentes naturales y sus cualidades paisajísticas, mediante el estudio del mismo nos ofrece verlo de tal manera que entendamos que lo que vemos no son componentes aislados unos de otros, sino que nos hace entender que es un todo, es decir que los diferentes elementos que conforman un ecosistema funcionan de tal forma que están conectados unos con otros, que hay movimiento en sus procesos naturales y que no debemos interrumpir los ciclos ni movimientos que realizan.

Esto nos lleva a una solución que su objetivo es conservar y potenciar el recurso hídrico, anteriormente se había explicado que basándonos en las Soluciones basadas en la naturaleza la infraestructura verde mediante los corredores naturales permiten la conexión y el movimiento, es una solución audaz, pero en este trabajo se quiere ir más allá.

Mediante la creación de los humedales se permite que el flujo del agua que viene desde las escorrentías de la parte más alta de la montaña, no se encuentre interrumpido de ninguna forma por la erosión tratando el suelo, respetando la topografía mediante la implantación de la fitotectura que evita la erosión y la sedimentación, para ir más allá se estudiaron las especies de plantas que habitan en el parque y cuáles de ellas son las mas amenazadas, y la más importante es como el nombre del parque lo indica es el “frailejón”.



Imagen 22: Frailejón “*Espeletia grandiflora*”

Fuente: Fotografía de Santiago madriñan (INaturalist, 2014)

6.5.1 Espeletia argentea “frailejón”

Son plantas típicas del páramo con aproximadamente 125 especies distribuidas en el norte de los andes, se caracterizan por ser plantas vivaces, sus hojas en la parte superior son cortas y estrechas formando vértices de entre 4 o 5 hojas que alcanzan una altura aproximada de 1 a 1,5 metros. En el páramo, principalmente en el páramo bajo o subpáramo es muy común ver en zonas extensas destinadas a la agricultura y el pastoreo. Los campesinos usan un sistema de rotación que por lo general consiste en tumbar, rozar, quemar, cultivar y abandonar para posterior pastoreo. Este sistema está cambiando la estructura y la composición de la vegetación propia, llevando a que el ecosistema que antes era un bosque altoandino o paramo natural, sea eliminado casi en su totalidad y se convierta en un paisaje fragmentado con matrices de pastizales entremezclados con vegetación natural.

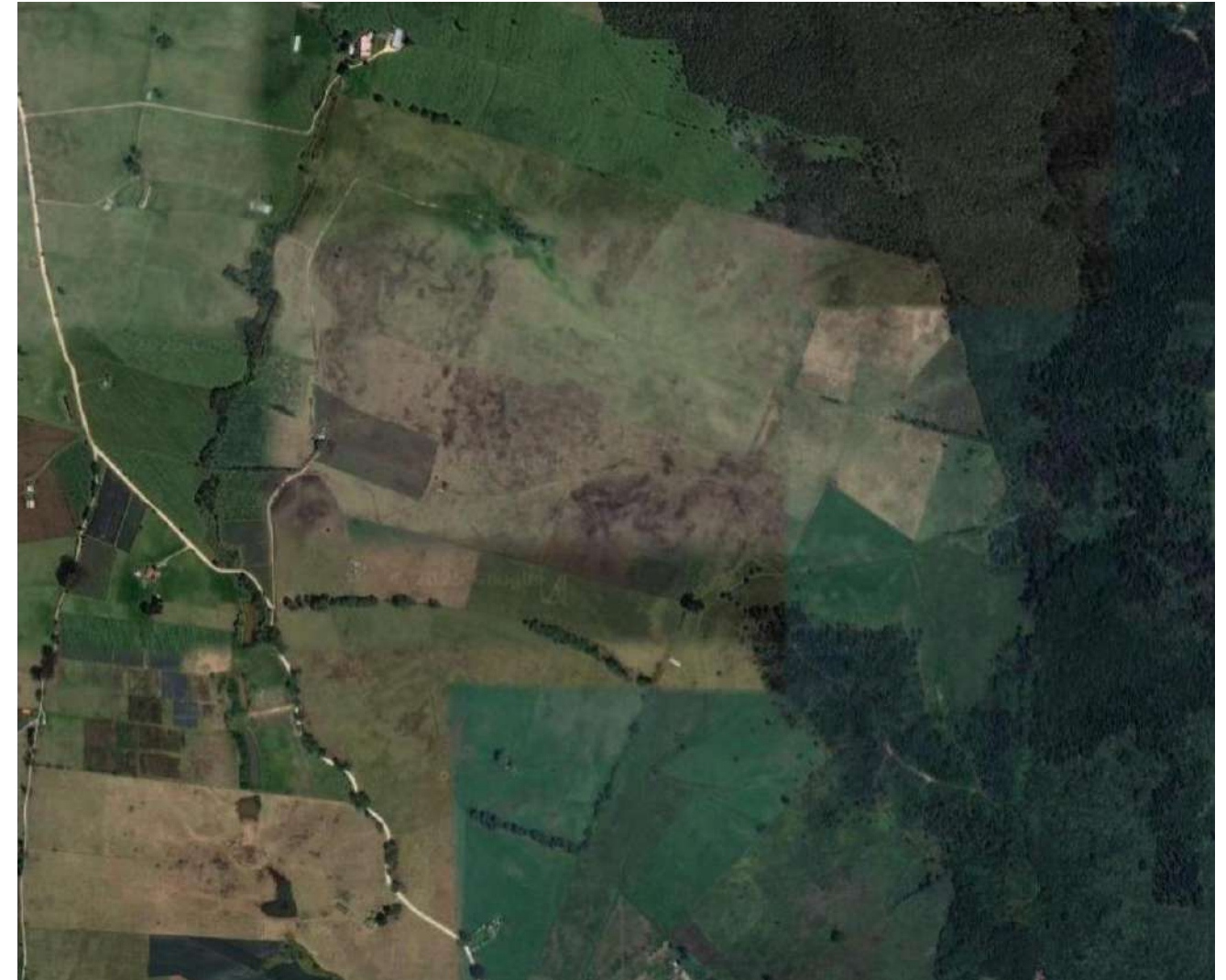


Imagen 23: Paisaje Fragmentado por malas prácticas de pastoreo Sibaté

Fuente: Encuadre propio basado en Google Maps.

El frailejón no es ajeno a este cambio, el efecto antrópico sobre sus poblaciones y otras especies está ampliamente sustentado²⁵. En el territorio en general el frailejón juega un papel fundamental para la biodiversidad porque mediante su ciclo hidrológico representa un equilibrio entre el agua que ingresa al ecosistema mediante la precipitación y la condensación de las nubes, el agua que sale a través de las escorrentías y la evaporación de las plantas, y el agua que se mantiene en ecosistema almacenada en el suelo por medio de infiltración. El balance ecológico se podría plantear de la siguiente manera:

$$\text{Cantidad de agua} = C + P + I.V + I - E_s - E$$

C	<i>Condensación (entra)</i>
P	<i>Precipitación (entra)</i>
I.V	<i>Intervención Vegetativa (Se mantiene)</i>
I	<i>Infiltración (Se mantiene)</i>
Es	<i>Escorrentía (Sale)</i>
E	<i>Evaporación (Sale)</i>

²⁵ (VANEGAS NUÑEZ, M., 2001)

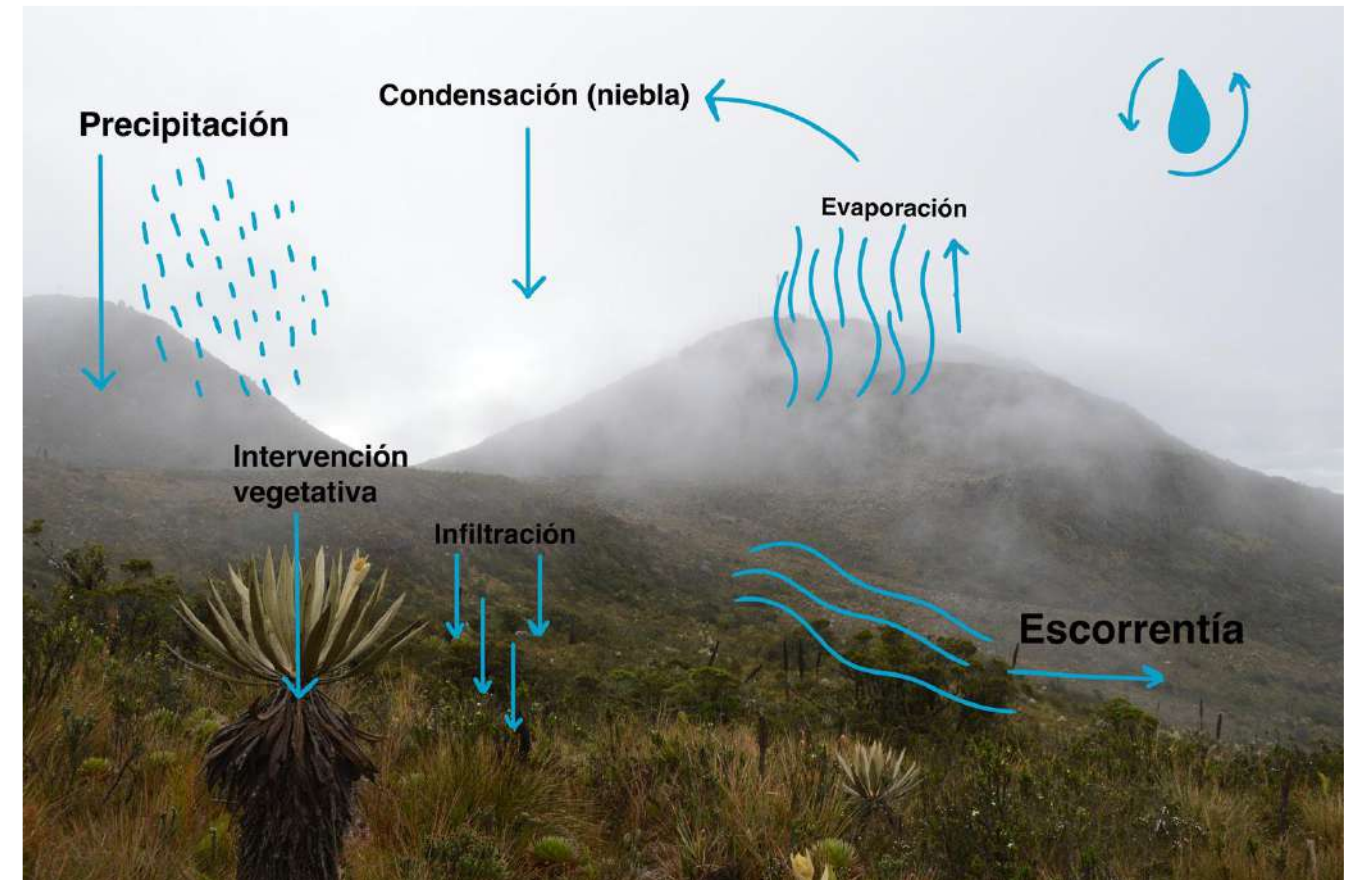


Figura 44: Ciclo hidrológico frailejón en el páramo

Fuente: (Hémbuz Solano, J., 2023)

El proceso de reproducción de estas plantas depende de la capacidad de dispersión de sus semillas, las condiciones cambiantes y extremas son factores críticos para la etapa de reproducción, ahora bien la dispersión de estas semillas desempeña un papel importante, ya que ayuda a la reducción de la mortalidad desproporcionada de semillas cercanas a la planta madre, al incremento de la probabilidad de colonizar nuevos hábitats después de un disturbio y a permitir la localización de microhábitats adecuados para el establecimiento de nuevas plántulas²⁶.

²⁶ (Hémbuz Solano, J., 2023, pág. 28)

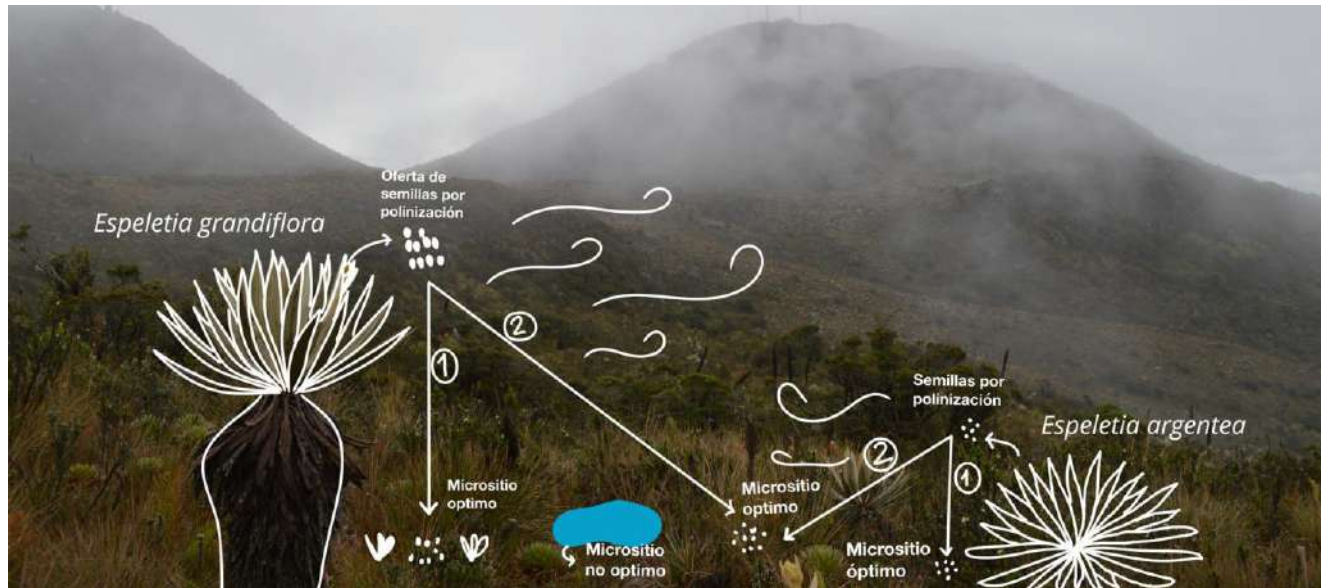


Figura 45: Reproducción a nivel general del Frailejón

Fuente: (Hémbuz Solano, J., 2023)

Este ciclo se divide en dos partes, la primera se basa en el mecanismo el cual una semilla se desplaza o es transportada desde la planta madre a una superficie cercana y la segunda ocurre cuando las semillas las semilla pueden ser arrastradas por factores externos como el viento, hasta superficies lejanas de la planta madre. No obstante, es importante tener en cuenta que puede haber pérdida de semillas debido a la acción de patógenos, herbívoros o defectos fisiológicos que afectan el eje embrionario y obstaculizan su desarrollo normal.

6.5.2 Oportunidad

En el Parque Los Frailejones de Sibaté se observa una interrupción significativa en el ciclo natural de la especie que le da nombre. Este espacio, concebido originalmente por la comunidad como un lugar de conservación ambiental, ha sufrido una transformación progresiva en su uso. Con el paso de los años, las

prácticas turísticas inadecuadas lo han convertido en un parqueadero improvisado y en un lugar de disposición incontrolada de residuos, derivados principalmente de actividades recreativas y deportivas concentradas en los fines de semana.

El presente análisis busca poner en evidencia estas problemáticas, al tiempo que propone explorar las soluciones que el propio ecosistema ofrece. En este caso, el frailejón, especie endémica de los páramos andinos, constituye un referente esencial. Su capacidad de captar, almacenar y regular el agua en su ciclo vital representa una estrategia natural de adaptación que puede inspirar procesos biomiméticos. Emular este mecanismo permite proyectar acciones orientadas a la conservación y revitalización del parque, integrando así la recuperación ecológica con un modelo sostenible de gestión del territorio.



Imagen 24: frailejón plateado de Cundinamarca "*Espeletia argentea*"

Fuente: Fotografía de Diego Amaya (INaturalist, 2014)

6.5.3 Bioinspiración

Inspirados en este mecanismo, se plantea un modelo biomimético de restauración que emule la capacidad del frailejón de regular el recurso hídrico. Este modelo integrará infraestructuras verdes como canaletas de captación, micro humedales de filtración y revegetación con especies nativas, articuladas a procesos de educación y corresponsabilidad comunitaria. De esta manera, se busca transformar el parque en un laboratorio vivo de conservación y regeneración ecológica, capaz de reconciliar el uso social del espacio con la protección del ecosistema. Se propone un sistema el cual emule el ciclo del frailejón para la captación de agua, este sistema funciona de tal manera que el agua se capta desde la parte superior, pasando por un tubo vertical hacia un punto de infiltración dirigiéndola al suelo filtrante para si llegar al humedal.

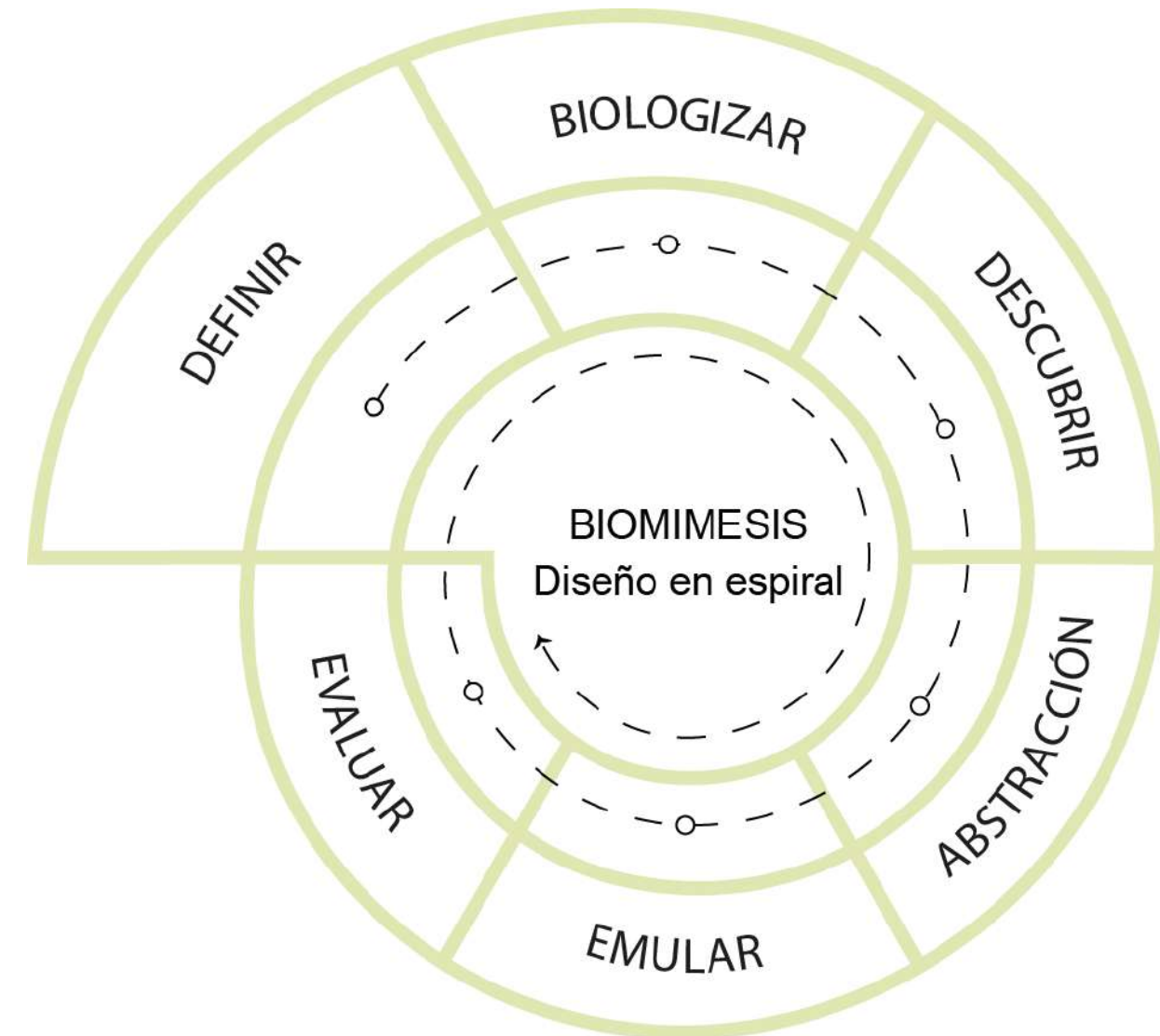


Figura 46: Ilustración Diseño en espiral Biomimesis

Fuente: Elaboración propia

BIOINSPIRACIÓN FRAILEJÓN				
DIMENSIONES		MATERIALES		RESULTADOS
Altura total	2.20 m	Copa Captadora	Bioplastico	Cada estructura puede captar entre 40 a 60 litros de agua lluvia por evento dependiendo de la intensidad, al agua filtrada recarga el humedal ayudando a mantener la humedad del suelo así favoreciendo la regeneración de la vegetación nativa circundante
Diametro hoja captadora	1.80 m	Tallo Central	Bambú tratado 3mm	
Diametro tallo central	0,15 cm	Sistema de Conducción	Manguera Polietileno	
Profundidad infiltración	0,60 cm	Excavación	Grava 0,15 cm Arena lavada 0,15 cm	

Tabla 12: Ilustración Bioinspiración frailejón

Fuente: Elaboración propia



Imagen 25: Zona actual cancha deportiva

Fuente: Fotografía propia

Actualmente en el área 1 del parque se encuentra la zona más abandonada del parque, consta de un área deportiva para practicar fútbol, las personas van cada fin de semana a divertirse en este sitio, al no contar con señalización, tampoco con puntos específicos para que se puedan botar los desperdicios, aquellas personas optan por dejar en este lugar en las zonas arborizadas sus desechos, pero no solo de los visitantes también de sus habitantes circundantes, permitiendo que este parque se convierta en un botadero de basura en el que se practica una sola actividad cada fin de semana, generando desperdicios y desechos que afectan a su ecosistema.

Identificado el problema se ataca mediante la intervención Biomimética, teniendo en cuenta una simbiosis entre las SbN y la Biomimesis, esto mediante la creación de un humedal el cual está tratado mediante la implantación de una serie de estructuras que mediante la Biomimética emulan el ciclo del frailejón, proceso por el cual capta la humedad del aire y de las aguas lluvias un aproximado de entre 40 y 60 Litros de agua por evento, recargando lentamente el humedal ayudando a mantener la humedad del suelo favoreciendo la generación de la vegetación circundante. Asimismo, mediante las escorrentías que vienen desde la parte superior de la montaña limpiando el agua que va hacia el río muña mediante los corredores verdes y así terminando su recorrido en el embalse del muña.

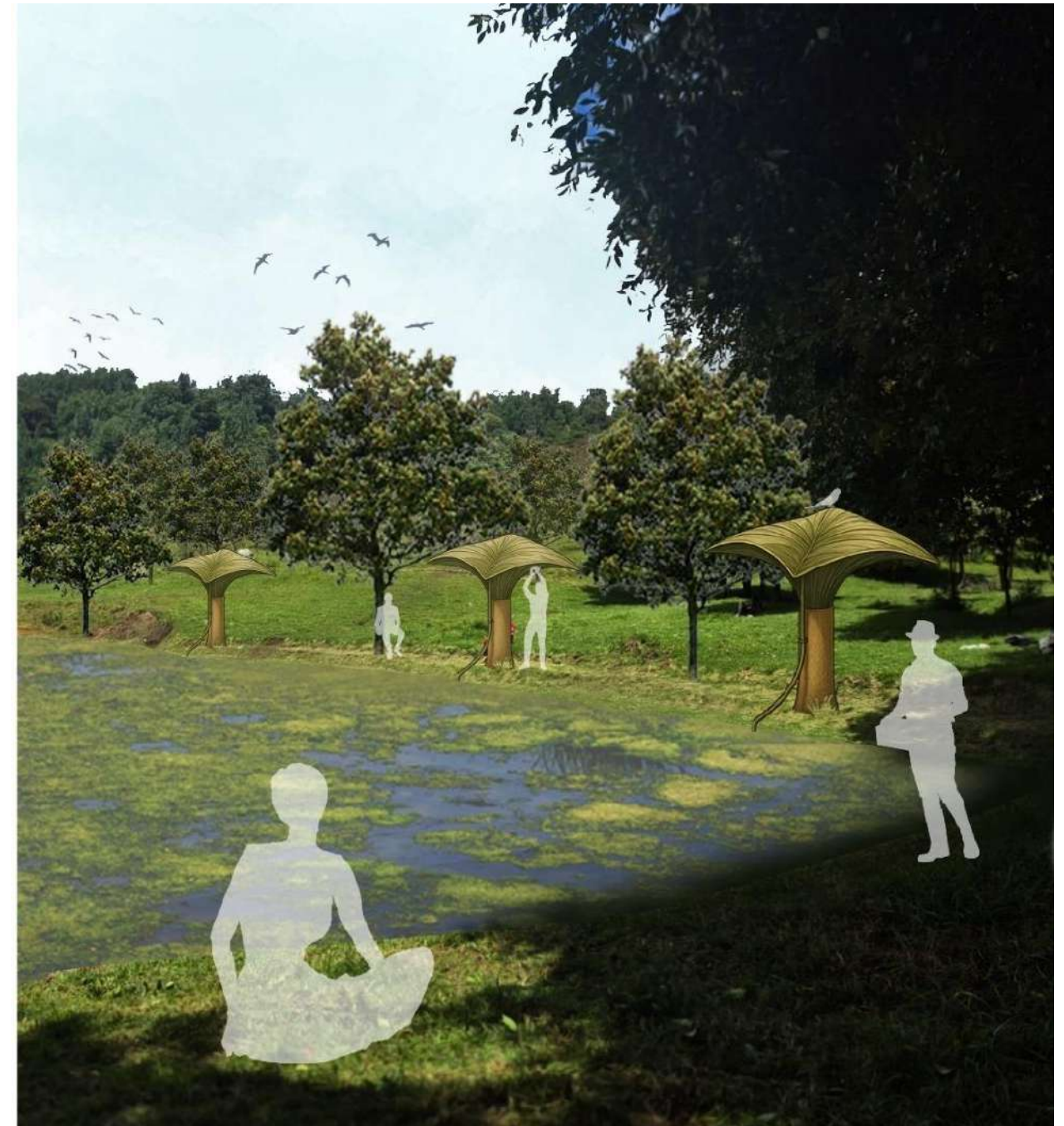


Figura 47: Imaginario Humedal con estructuras tipo Frailejón

Fuente: Elaboración propia

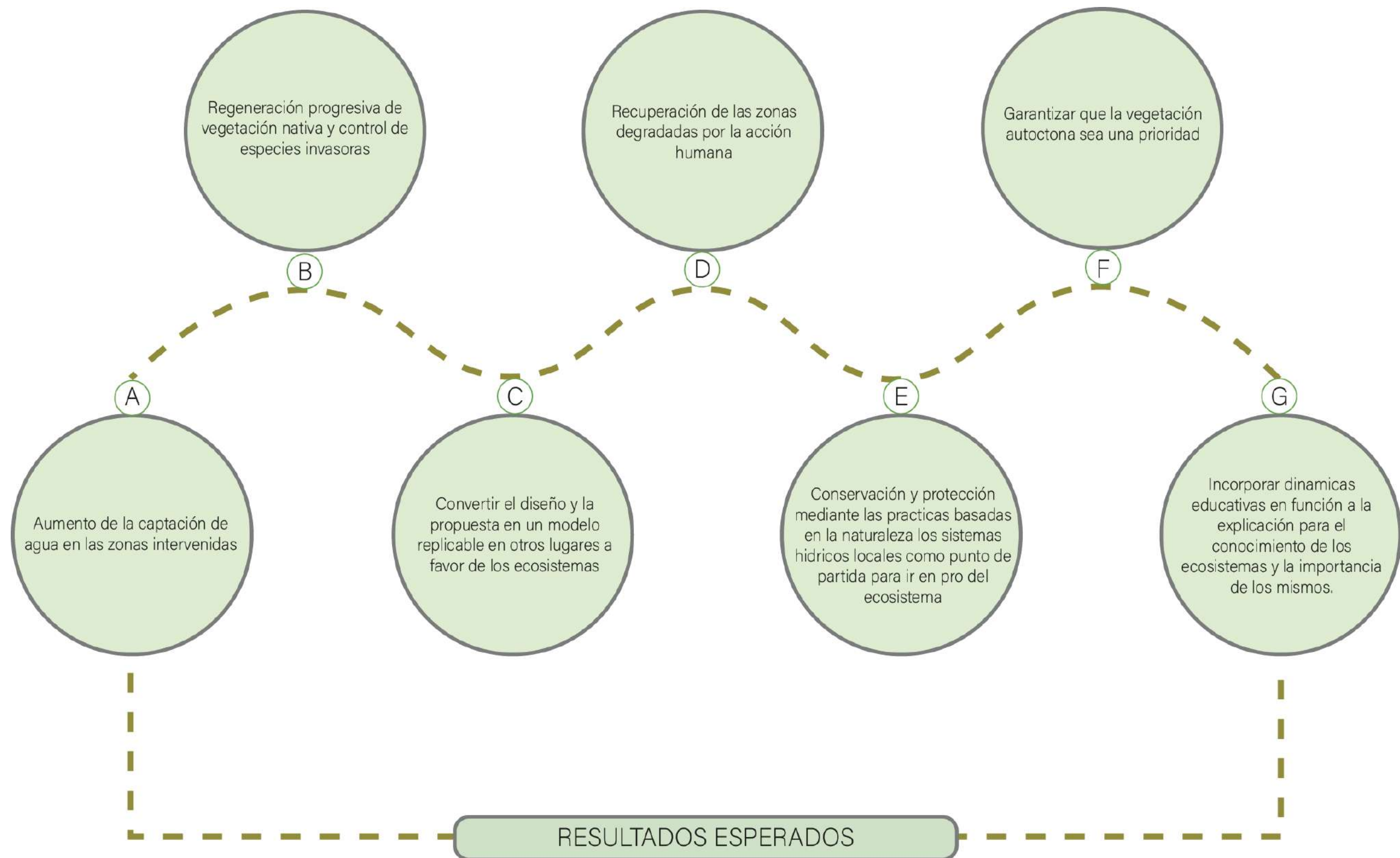


Figura 48: Diagrama resultados esperados

Fuente: Elaboración propia



Figura 49: Resultado Planta general propuesta

Fuente: Elaboración propia



7 CONCLUSIONES

En el municipio de Sibaté se reconocen una serie de cualidades medioambientales y paisajísticas que hacen de este territorio óptimo para albergar biodiversidad en él, sin embargo, se evidencia mediante el análisis en este trabajo la degradación progresiva a lo largo de este territorio causada por malas prácticas y esto da como resultado la alteración de las dinámicas ecológicas y medioambientales.

El turismo mantiene un escenario con tendencia de bajo perfil, luego de la pérdida del potencial surgido con el Embalse del Muña, desconociendo la capacidad paisajista del hábitat rural.

Reconocer los elementos naturales como referentes Biomiméticos, nos permiten diseñar técnicas innovadoras en virtud de aquellos ecosistemas los cuales nos ofrecen sus recursos naturales y lo único que nos pide a cambio es que los cuidemos, porque este lugar no es solo nuestro, también es hogar de otras especies de seres vivos que incluso han estado mucho más tiempo que nosotros.

Implementar prácticas de las soluciones basadas en la naturaleza nos permite apoyarnos en aquellos procesos naturales los cuales son los más viables para la gestión e intervención de un territorio, ofreciendo la restauración de este para así conservar sus ecosistemas funcionales.

Lo que se propone en este trabajo es un modelo simbiótico entre la Biomimesis y las SbN (Soluciones basadas en la naturaleza), constituyendo una oportunidad para consolidar un modelo replicable en un territorio el cual goza de cualidades paisajísticas y medioambientales, la implementación de estos dos modelos es viable, económico, que permite diseñar estrategias innovadoras y que



demuestran como la observación de la naturaleza puede traducirse en acciones replicables y sostenibles.

El desarrollo urbanístico ha orientado tendencia de ocupación sobre los sectores rurales, condicionando el hábitat natural rural, la organización productiva, como demanda concentrada de Servicios Públicos Domiciliarios.

Identificar las problemáticas ambientales mediante el estudio de las diferentes capas de los elementos que componen el territorio, las deficiencias que existen de para cada una de ellas para así mediante el análisis de ingeniería inversa y mediante las diferentes propuestas de solución basadas en la naturaleza atacar cada uno de los problemas.

Mediante la normativa local del PBOT municipal, el uso del suelo del territorio de intervención al ser de carácter “recreación ecoturística” nos permite disponer de una propuesta que se diseña en función a la conservación y la revitalización del parque, sin dejar a un lado aquellas actividades que en su implementación nos permite tener como resultado un lugar ecológico con vida en su ecosistema y a la vez turístico por sus buenas prácticas.

Las políticas de los entes de control adoptan nombres para parecer “sostenibles”, tienen una imagen de la naturaleza como un lugar el cual esta para explotarlo para si sacarle sus secretos, pero lo único que se logra es destruir sus recursos que pensamos que son nuestros, solo somos una especie que habita en ella, pero existe una biodiversidad que llevan acá mucho más tiempo que nosotros y que si aprendemos de ellas evitaremos una extinción masiva, debemos ser una especie mas sostenible y menos antropocentrista.

Entender que una intervención urbana no debe ser solo un modelo para un lugar en específico, tal como se explico en el trabajo la conexión y el movimiento son dos conceptos importantes que la naturaleza emplea, por lo tanto, en las



políticas ambientales territoriales deben respetarse estos dos conceptos para así partir de un modelo basado en la naturaleza implementado en las leyes urbanísticas.

Cada uno de los factores determinantes en la organización espacial del territorio, conducen inequívocamente al escenario de un Municipio con reales alternativas de sostenibilidad: Recuperar para el escenario ambiental los recursos naturales y el entorno del Embalse del Muña habitable.

La priorización de los recursos locales es de vital importancia implementarlo ya que, la fitotectura local sustenta el curso hídrico el cual da sustento no solo a la cabecera municipal, sino que además las rondas hídricas son un sistema abundante, pero desde su origen hasta su desembocadura (como lo son el río muña y el río aguas claras) legan contaminados por la explotación de tierras debido a la minería y la deforestación de los suelos protegidos.

La intervención busca ser un modelo el cual se pueda replicar en diferentes territorios con las mismas condicionantes demostrando que, siguiendo un modelo tan eficiente como lo es la naturaleza, nuestra mentora la cual nos muestra que, siguiendo el camino de la sostenibilidad, la resiliencia y el respeto podemos coexistir armónicamente con el medio y los organismos vivos que nos rodean, salvaguardando nuestro presente para pensar en un futuro próspero para nuestro planeta.



7.1 CONTRIBUCIONES

Se adaptaron principios de la Biomimetica en simbiosis con las SbN, al diseño de corredores verdes, sistemas de captación de agua, demostrando como los procesos naturales pueden traducirse en soluciones replicables.

Se propuso un modelo innovador que integra suelo, agua, vegetación y comunidad, abordando la conservación y recuperación ecológica desde una perspectiva sistémica y no fragmentada.

Se dispone de un proyecto el cual sienta las bases para el trabajo con la comunidad local y las instituciones, generando herramientas pedagógicas y de gestión que promueven la apropiación social del territorio

Se establecen lineamientos que pueden extrapolarse a otros ecosistemas con problemáticas similares, aportando al debate sobre soluciones basadas en la naturaleza y diseño Biomimético en contextos locales.

Se demostró que respetando la normativa local del uso del suelo se puede llegar a un equilibrio entre las políticas ambientales y el urbanismo sostenible basado en las practicas de la naturaleza, sin comprometer las leyes establecidas ni el equilibrio ambiental de un ecosistema.

Este trabajo contribuye a vincular el conocimiento académico con la práctica territorial, ofreciendo un camino hacia la revitalización del parque los frailejones y el aporte hacia el embalse del muña, reforzando la importancia de integrar ciencia, diseño y comunidad en la gestión sostenible de los ecosistemas.



8 BIBLIOGRAFÍA

Almenar Muñoz, M. (2022). *El análisis ambiental y territorial del planeamiento. El caso de la comunidad valenciana*. Valencia: Universidad de Valencia.

Almenar Muñoz, M. (2018). *Contaminación atmosférica urbana y cambio climático. Retos del desarrollo sostenible e integrado*. Valencia: Tirant Lo Blanch.

Antequera Terroso E. (2021). *Infraestructura verde y crisis climática*. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia: FUNDICOT.

Baxendale, S. E.-C. (2019). *Infraestructura verde concepto y enfoque integrador en la práctica del ordenamiento territorial*.

Benyus, J. M. (2005). *BIOMIMICRY INSTITUTE*. Obtenido de <https://biomimicry.org/>

Benyus, Janine M. (1997). *BIOMIMESIS, Como la ciencia innova inspirándose en la naturaleza*. Tusquets editores.

Cervera M. (2019). *Bionica, Biomimetica Y Arquitectura , Aprendiendo de la Naturaleza*. Barcelona: Architec Publications S.L.

Cohen-Shacham, E. W. (2016). *Nature-based Solutions to address global societal challenges*. Switzerland.

El Espectador. (8 de Septiembre de 2014). Obtenido de <https://blogs.elespectador.com/actualidad/el-rio/el-embalse-del-muna-la-eterna-pesadilla-de-sibate/>

Fondo mundial para la naturaleza (WWF). (s.f.). Obtenido de Por qué la conectividad es importante para la vida silvestre y las personas:

<https://www.worldwildlife.org/stories/why-connectivity-matters-to-wildlife-and-people>

Goldapple, L. (12 de ENERO de 2021). *ATLAS DEL FUTURO REVERDECER EL DESIERTO CON EL MAR*. Obtenido de PROYECTO BOSQUE DEL SAHARA, JORDANIA: <https://atlasofthefuture.org/project/the-sahara-forest-project/>

Guevara, E. (s.f.). *Recuperación ambiental del río Bogotá*. Obtenido de ENCOLOMBIA: <https://encolombia.com/medio-ambiente/recuperacion-ambiental-rio-bogota/>

Hémbuz Solano, J. (2023). *Espeletia Argentea y Espeletia Grandiflora: Bioinspiración para la salud*. Bogota: Universidad de los Andes.

INaturalist. (9 de Febrero de 2014). *INaturalist*. Obtenido de Observaciones: <https://www.inaturalist.org/photos/671268>

Litinetski, I. B. (1975). *Iniciación a la Bionica*. Barcelona: Barral Editores S. A.

MITECO. (2023). *Plan Estratégico de Humedales a 2030*. Madrid: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.



Ministerio para la transición ecológica. (2021). *Estrategia Nacional de infraestructura verde y de la conectividad y restauración ecológicas*.

MUSEU D` HISTÓRIA DE BARCELONA. (s.f.). Obtenido de Gaudí, el Park Güell y Barcelona: urbanismo y naturaleza:

<https://www.barcelona.cat/museuhistoria/es/casa-del-guarda-del-park-guell/gaudi-el-park-guell-y-barcelona-urbanismo-y-naturaleza>

NACIONES UNIDAS (ONU). (25 de Septiembre de 2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Objetivos de Desarrollo Sostenible:

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Pioz, J. (2018). *ARQUITECTURA BIONICA, principios*. Madrid, España: Munilla-Lería.

planeación, O. d. (2002). *PBOT, Plan Basico de Ordenamiento Territorial- DIAGNOSTICO*. Sibate.

planeación, O. d. (2010). *PBOT Plan Basico de Ordenamiento Territorial-INDICE*. Sibate.

Pontificia Universidad Javeriana. (2022 de Agosto de 2022). Obtenido de Río Bogotá: hora de salvarlo para asegurar el agua:

<https://www.javeriana.edu.co/pesquisa/rio-bogota-estado-contaminacion/>

Tein McDonald, G. D. (2016). *SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION (SER)*.

UNESCO. (2018). *SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA PARA LA GESTIÓN DEL AGUA*. UNESCO. JSTOR.

Václav Havel, e. p. (s.f.).

VANEGAS NUÑEZ, M. (2001). *Estructura poblacional y fenología de Espeletia argentea en campos y paramos de cundinamarca, Colombia*. BOGOTA D.C: Politecnica Universidad Javeriana.

Walter Ocampo Gutierrez . (09 de 05 de 2017). *ASOMUÑA, Asociación de empresarios de Sibaté, Soacha y Sur de Bogotá*. Obtenido de Cuencas Naturales de los Ríos Muña y Aguas Claras, Que Alimentan el Embalse del Muña, en Sibaté, Cundinamarca, Colombia.: <https://asomuna.org/index.php/blog/51-cuencas-naturales-de-los-rios-muna-y-aguas-claras-que-alimentan-el-embalse-del-muna-en-sibate-cundinamarca-colombia>

WWF. Grooten, M. y. (2018). *Informe Planeta Vivo*. Gland, Suiza.: WWF-Colombia.

WWF. Vidal, M. P. (2021). *SOLUCIONES URBANAS BASADAS EN LA NATURALEZA*. Gland, Suiza: EcoAct.

Zucchetti, A. H. (2020). *Infraestructura verde y soluciones basadas en la naturaleza para la adaptación al cambio climático*. Lima, Peru: World Wildlife Fund INC.