

**ELEMENTOS METODOLÓGICOS PARA DEFINIR ÁREAS PRIORITARIAS DE
CONSERVACIÓN EN EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL LOCAL A PARTIR DE
ESPECIES DE FAUNA AMENAZADAS.**

Sergio Andrés Montoya Arango

CC. 1039453835

Universidad Pontificia Bolivariana

Escuela de Ingeniería

Especialización en Preservación y Conservación de los Recursos Naturales

Bucaramanga

2024

**ELEMENTOS METODOLÓGICOS PARA DEFINIR ÁREAS PRIORITARIAS DE ii
CONSERVACIÓN EN EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL LOCAL A PARTIR DE
ESPECIES DE FAUNA AMENAZADAS.**

Sergio Andrés Montoya Arango

CC. 1039453835

Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de:
ESPECIALISTA EN PRESERVACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LOS
RECURSOS NATURALES

Director del Proyecto

JOSÉ LUIS GONZÁLEZ MANOSALVA

Universidad Pontificia Bolivariana

Escuela de Ingeniería

Especialización en Preservación y Conservación de los Recursos Naturales

Bucaramanga

2024

La idea de esta monografía surge de la participación del autor en el equipo de trabajo de la empresa CONSTRUDINCO para la actualización del Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Caramanta-Antioquia, los cuales brindaron y permitieron el uso de algunos insumos para su desarrollo. A Iván Jose Luis López Montiel por sus aportes e ideas en materia de ordenamiento y planificación del territorio, a Víctor Manuel Martínez por brindar asesoría, bibliografía y formación en su semillero SIG, a Leidy Laura López (mastofauna), Natalia Duque Guerrero y Melisa Galeano Yepes (herpetofauna) por sus aportes con la depuración de bases de datos y su criterio experto con los grupos de fauna que estudian. Finalmente, a Jose Luis Gonzalez Manosalva, profesor y asesor de esta monografía, quien mantuvo una gran disposición durante el tiempo del desarrollo de este trabajo y fue de enorme ayuda en todas sus fases.

Tabla de Contenidos

iv

Introducción	10
Capítulo 1 Objetivos	13
Objetivo general.....	13
Objetivos específicos	13
Capítulo 2 Antecedentes	14
Capítulo 3 Justificación.....	23
Metodologías para la determinación de Áreas Prioritarias de Conservación	23
Identificación de Áreas Clave para la Biodiversidad según la IUCN y recursos necesarios....	26
Identificación de Áreas Protegidas en un marco nacional	27
Sistema Nacional de Áreas Protegidas en Colombia	28
Criterios del SINAP para definir un Área Protegida	28
Categorías de Áreas Protegidas que existen en Colombia.....	28
Identificación de Áreas Protegidas según el SINAP y recursos necesarios.....	30
Consideraciones iniciales.....	31
Capítulo 4 Metodología	32
Construyendo un listado de las especies potenciales	32
Definiendo las especies prioritarias para la conservación	33
Uso de herramientas SIG para el análisis cartográfico de las zonas prioritarias de conservación	34
Mapas de coberturas y uso de la tierra.....	34
Visualizando las zonas de mayor importancia para la presencia/ausencia potencial de las especies amenazadas.	35
Modelando la conectividad ecológica de las especies amenazadas.....	39
Capítulo 5 Resultados y Discusión	42
Mapas de coberturas y uso de la tierra.....	42
Visualizando las zonas de mayor importancia para la presencia/ausencia potencial de las especies amenazadas.....	42
1- Preparando los datos	42
2- Cargando los datos.....	42
3- Visualización.....	46
Modelando la conectividad ecológica de las especies amenazadas.....	48
1- Definiendo los nodos de interés.....	48
2- Definiendo atributos de los nodos de interés	50
3- Correr análisis de conectividad estructural	59
Capítulo 6 Conclusiones	67
Capítulo 7 Recomendaciones, limitaciones y trabajos futuros	68
Capítulo 8 Lista de Referencias	70
Vita.....	79

Lista de tablas

v

Tabla 1. Marco normativo con relevancia en el ordenamiento territorial.....	15
Tabla 2. Metodologías generales para la selección de áreas prioritarias de conservación de ecosistemas.	20
Tabla 3. Especies de fauna vertebrada terrestre potencialmente presentes en el municipio de Caramanta consideradas en las categorías de mayor vulnerabilidad.	36

Figura 1. Algunas fuentes de información secundaria que pueden ser consultadas.	32
Figura 2. Algunas fuentes para la consulta de categorías de amenaza de las especies.	34
Figura 3. Mapa de cobertura y uso de la tierra del municipio de Caramanta-Antioquia.	35
Figura 4. Elaboración de matriz de presencia/ausencia de las especies amenazadas en cada una de las coberturas presentes.	37
Figura 5. Cantidad de especies amenazadas esperadas por cobertura.	38
Figura 6. Interfaz inicial del programa QGIS con la capa de coberturas del municipio de Caramanta.	38
Figura 7. Componentes del paisaje desde una perspectiva de la conectividad ecológica.	40
Figura 8. Procedimiento rápido para cargar tabla con información de cantidad de especies amenazadas por cobertura.	43
Figura 9. Procedimiento para añadir capa desde texto delimitado.	43
Figura 10. Especificaciones para añadir la tabla con información de cantidad de especies amenazadas por cobertura como una tabla de atributos.	44
Figura 11. Propiedades de la capa para añadir datos procedentes de otra tabla.	45
Figura 12. Opciones a elegir para la unión entre la tabla de atributos de cantidad de especies por cobertura con la capa del mapa de coberturas.	46
Figura 13. Paso a paso para configurar visualización de la riqueza potencial de especies amenazadas en las distintas coberturas.	47
Figura 14. Riqueza potencial de las especies amenazadas en el municipio de Caramanta.	47
Figura 15. Mapa de cobertura y uso de la tierra con las distintas coberturas discriminadas.	48
Figura 16. Mapa de cobertura y uso de la tierra con la selección de las coberturas consideradas de interés como nodos.	49
Figura 17. Herramienta de selección de objetos espaciales.	49
Figura 18. Procedimiento para pegar los objetos espaciales seleccionados y copiados con el fin de crear una nueva capa.	50
Figura 19. Procedimiento para crear un nuevo campo (columna) en la tabla de atributos de la capa, que contiene un identificador único para cada nodo de la capa.	51
Figura 20. Procedimiento para crear un nuevo campo (columna) en la tabla de atributos de la capa, que contiene el área de cada nodo de la capa.	52
Figura 21. Procedimiento para guardar los cambios realizados sobre la tabla de atributos de la capa.	53
Figura 22. Procedimiento para guardar la capa temporal “Pegado”.	54
Figura 23. Especificaciones para guardar la capa temporal “Pegado”.	55
Figura 24. Procedimiento para abrir desde excel la tabla de atributos de la capa “Red_elementos_conefor”.	56
Figura 25. Selección de columnas de interés para crear el archivo de notas con la información de las áreas de cada nodo.	57
Figura 26. Especificaciones para correr el análisis de conectividad estructural por medio del software Conefor 2.6.	59
Figura 27. Procedimiento para guardar los resultados del análisis de conectividad con CONEFOR.	60
Figura 28. Valores de importancia relativa de cada nodo en la conectividad estructural.	61

Figura 29. Estructura de libro de Excel que debe crearse para importar datos de la importancia vii relativa de cada nodo a la capa de la red de elementos en Qgis.	62
Figura 30. Pasos para unir la información de importancia relativa de cada nodo a la capa de Red de Elementos.	63
Figura 31. Procedimiento para crear un nuevo campo con el valor de dPC considerado como numérico a partir de la calculadora de campos.	64
Figura 32. Procedimiento para establecer la simbología que permite visibilizar diferencias en la importancia de los nodos en la conectividad estructural.	65
Figura 33. Mapa del municipio de Caramanta con la importancia relativa de los fragmentos de bosque y vegetación secundaria en materia de conectividad estructural para las especies amenazadas potencialmente presentes en el municipio.	66
Figura 34. Resultados del procedimiento detallado en el desarrollo metodológico. Izquierda: Mapa de la riqueza potencial de las especies amenazadas en el municipio de Caramanta (verde más oscuro para áreas con mayor riqueza potencial); Derecha: Mapa que representa las áreas con mayor importancia para la conectividad estructural de las especies amenazadas potencialmente presentes en el municipio de Caramanta (verde más oscuro para zonas con mayor importancia).	67

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO:	ELEMENTOS METODOLÓGICOS PARA DEFINIR ÁREAS PRIORITARIAS DE CONSERVACIÓN EN EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL LOCAL A PARTIR DE ESPECIES DE FAUNA AMENAZADAS
AUTOR(ES):	Sergio Andrés Montoya Arango
PROGRAMA:	Esp. en Preservación y Conservación de los Recursos Naturales
DIRECTOR(A):	JOSÉ LUIS GONZÁLEZ MANOSALVA

RESUMEN

El ordenamiento territorial es el proceso que comprende un conjunto de acciones político-administrativas y de planificación física concertadas, mediante el cual se orienta la ocupación y uso del territorio. En Colombia, existe un amplio marco normativo en materia de ordenamiento territorial, sin embargo, en la actualidad son pocos los documentos que dan lineamientos de cómo planificar el territorio desde el ámbito ambiental a escalas municipales, por lo que suelen resultar en planteamientos muy generales y sus alcances pueden ser algo limitados en la conservación de la biodiversidad. Esta monografía plantea una propuesta metodológica que considera el uso de información secundaria en bases de datos de registros biológicos, entre las cuales se resaltan las especies prioritarias por estar amenazadas de extinción, y el uso de herramientas de sistemas de información geográfica, con el fin de visualizar las zonas potencialmente más importantes para la presencia/ausencia de estas especies y para favorecer la conectividad en el paisaje en función de estas. Se pretende aportar algunos elementos metodológicos de fácil aplicación, que le permita a los municipios, a partir de recursos relativamente limitados, definir áreas prioritarias de conservación para especies de fauna amenazadas en sus ejercicios de ordenamiento territorial local.

PALABRAS CLAVE:

Planificación municipal, Conectividad, Priorización

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: METHODOLOGICAL ELEMENTS FOR DEFINING PRIORITY CONSERVATION AREAS IN LOCAL TERRITORIAL PLANNING BASED ON THREATENED FAUNA SPECIES

AUTHOR(S): Sergio Andrés Montoya Arango

FACULTY: Esp. en Preservación y Conservación de los Recursos Naturales

DIRECTOR: JOSÉ LUIS GONZÁLEZ MANOSALVA

ABSTRACT

Land-use planning is the process that comprises a set of concerted political-administrative and physical planning actions, through which the occupation and use of the territory is oriented. In Colombia, there is a broad regulatory framework for land-use planning; however, there are currently few documents that provide guidelines on how to plan the territory from an environmental perspective at the municipal scale, so they tend to be very general and their scope may be somewhat limited in biodiversity conservation. This monograph presents a methodological proposal that considers the use of secondary information in databases of biological records, among which priority species are highlighted because they are threatened with extinction, and the use of geographic information systems tools, to visualize the potentially most important areas for the presence/absence of these species and to favor connectivity in the landscape according to these species. The aim is to provide some easy-to-apply methodological elements that will allow municipalities, with relatively limited resources, to define priority conservation areas for endangered fauna species in their local land-use planning exercises.

KEYWORDS:

Municipal planning, Connectivity, Prioritization

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

Introducción

El ordenamiento territorial es el proceso que comprende un conjunto de acciones político-administrativas y de planificación física concertadas, mediante el cual se orienta la ocupación y uso del territorio (Congreso de Colombia, 1997; Instituto Geográfico Agustín Codazzi et al., 1998). Este proceso tiene ciertos atributos: es holístico e integral, ya que la realidad territorial se considera como un todo; es sistémico, considerando el territorio como un espacio geográfico compuesto por sistemas administrativo, biofísico, social, económico, funcional; democrático, pues requiere una activa organización y participación social; flexible, debido a que se ajusta a cambios importantes del desarrollo del territorio en armonía con los planes de desarrollo y programas de gobierno; y prospectivo, pues tiene una visión del futuro deseado y concertado para actuar en el presente y poder alcanzarlo (Instituto Geográfico Agustín Codazzi et al., 1998).

En Colombia, existe un amplio marco normativo en materia de ordenamiento territorial, el cual va evolucionando constantemente. Sin embargo, en la actualidad son pocos los documentos que dan lineamientos de cómo planificar el territorio desde el ámbito ambiental (Baptiste-Ballera & Rincón, 2006; Centro Latinoamericano Para el Desarrollo Rural-RIMISP, 2017; Dirección de Desarrollo Territorial & Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2005; Fals Borda, 1999; Instituto Geográfico Agustín Codazzi et al., 1998; Universidad de New York, 2017). Esto ha generado que la planificación ambiental, especialmente a una escala municipal, se planteen de una manera muy general por lo que sus alcances pueden ser algo limitados en cuanto al uso sostenible de los recursos naturales y la conservación de la biodiversidad.

De acuerdo con el Convenio de Diversidad Biológica (CDB), del cual Colombia hace parte, uno de los objetivos es que las partes aporten a la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de sus componentes (Naciones Unidas, 1992). Para lograr esto se plantearon las metas AICHI, buscando “*detener la pérdida de diversidad biológica a fin de asegurar que, para 2020, los ecosistemas sean resilientes y sigan suministrando servicios esenciales, asegurando de este modo la variedad de la vida del planeta y contribuyendo al bienestar humano y a la erradicación de la pobreza*” (Naciones Unidas, 2010). Esta meta adquiere especial relevancia dentro del campo del ordenamiento territorial, pues se reconocen los impactos crecientes del uso de la tierra en la biodiversidad y la disminución del secuestro de carbono debido al crecimiento poblacional y económico (Marques et al., 2019).

Una de las metas AICHI menciona que: “*Para 2020, se habrá evitado la extinción de especies amenazadas identificadas y se habrá mejorado su estado de conservación, especialmente el de las especies en mayor peligro*” (Naciones Unidas, 2010). Sin embargo, esta no es una responsabilidad que regía hasta el año 2020, pues “*se espera que para el 2050 se logre una visión del mundo en el que la diversidad biológica sea valorada, conservada, restaurada y utilizada racionalmente, manteniendo los servicios de los ecosistemas, sustentando un planeta saludable y brindando beneficios esenciales para todos*” (Naciones Unidas, 2010).

Respecto a las especies amenazadas, en Colombia se encuentran 788 especies de animales categorizadas con riesgo de extinción en categorías como Extinto (EX: 1 especie), En Peligro Crítico (CR: 149 especies), En Peligro (EN: 257 especies) y Vulnerable (VU: 381 especies) (IUCN, 2022). En consecuencia, el país tiene una gran responsabilidad a nivel mundial, pues debe aportar en la conservación de una considerable cantidad de especies que se encuentran en riesgo de extinción, las cuales son especial prioridad en materia de conservación, siendo posible aportar desde la planificación municipal a lograr los retos planteados en las metas AICHI y de las Naciones Unidas. Particularmente dentro de los grupos taxonómicos de anfibios, reptiles, aves y mamíferos, grupos con los que se plantea el desarrollo de este proyecto, se encuentran 515 especies dentro alguna categoría de amenaza, categorizadas como En Peligro Crítico (CR: 108 especies), En Peligro (EN: 185 especies), Extintas (EX: 1) y Vulnerable (VU: 221 especies) (IUCN, 2022), por lo que los elementos metodológicos que se aportan con el desarrollo de este proyecto constituyen un elemento clave en una considerable cantidad de especies con prioridad en conservación.

Por lo anterior, esta monografía tiene como pregunta de investigación ¿Cómo considerar metodológicamente a las especies amenazadas para la definición de áreas prioritarias de conservación en los ejercicios de ordenamiento territorial municipal? Para darle respuesta se plantea una propuesta metodológica que considera el uso de información secundaria en bases de datos de registros biológicos, la construcción de listados de especies de fauna potencialmente presentes, entre las cuales se resaltan las especies prioritarias por estar amenazadas de extinción, y el uso de herramientas de sistemas de información geográfica, en los que, partiendo de mapas de cobertura del suelo se puedan visualizar las zonas potencialmente más importantes para la presencia/ausencia de estas especies y para favorecer la conectividad en el paisaje en función de estas. Para esto, se pretende **i)** analizar el estado del arte sobre metodologías para determinación de áreas prioritarias de conservación; **ii)** Elaborar el marco metodológico para levantar la información necesaria a incluir en las áreas prioritarias de conservación del municipio; **iii)** Definir los determinantes correspondientes a las especies amenazadas a ser consideradas como prioritarias en conservación; **iv)** Construir un protocolo desde los sistemas de información geográfica que permita realizar un proceso de definición de áreas prioritarias de conservación.

Se espera que estos elementos aporten en el mejoramiento de los procesos de ordenamiento territorial local, específicamente en materia de preservación y conservación de recursos naturales como la fauna, pues es pertinente brindar elementos metodológicos que ayuden a cualificar los procesos de ordenamiento territorial municipal, mucho más considerando que para el 1 de enero de 2020 el 88,1% de los municipios del país (972 municipios) contaban con POT adoptados hace doce años o más (Departamento Nacional de Planeación- DNP, 2021) que deben ser revisados y ajustados. Este proyecto daría un apoyo metodológico que ayuda a definir, con herramientas técnico-científicas y desde una visión no parcializada o subjetiva, las zonas que pueden ser de interés para la conservación de especies de fauna (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) con prioridad en materia de conservación en las fases de diagnóstico y formulación de procesos de ordenamiento territorial, permitiendo generar propuestas más sólidas y efectivas en conservación de estos recursos naturales, y aportando

al cumplimiento de algunas metas correspondientes a acuerdos y convenios internacionales firmados.

Capítulo 1

Objetivos

Objetivo general

Proponer una metodología que permita definir áreas prioritarias de conservación para la fauna en el ordenamiento territorial local, en el municipio de Caramanta, Antioquia, Colombia, a partir de información secundaria de registros de especies de fauna amenazadas y el uso de sistemas de información geográfica.

Objetivos específicos

- Analizar el estado del arte sobre metodologías para determinación de áreas prioritarias de conservación.
- Identificar los determinantes correspondientes a las especies amenazadas a ser consideradas como prioritarias en materia de conservación.
- Construir un protocolo desde los sistemas de información geográfica que permita la delimitación de áreas prioritarias de conservación.

Capítulo 2

Antecedentes

Desde 1940 comenzaron a presentarse rápidos fenómenos de urbanización en el país, los cuales abrieron la discusión sobre la necesidad de considerar el diseño de planes urbanos específicos para algunas ciudades, y la creación de institucionalidad en la administración pública que se encargara de estos temas (Consejo Nacional de Política Económica y Social -CONPES, 2016). Inicialmente, la Ley 61 de 1978, también conocida como Ley Orgánica de Desarrollo Urbano, mencionaba que “El desarrollo de las áreas urbanas se regulará dentro de una política nacional de equilibrio entre las diversas regiones del territorio y entre las zonas rurales, urbanas y de conservación ecológica” (Congreso de Colombia, 1978). Seguidamente, la Ley 9 de 1989 y la Ley 2 de 1991 (también conocida como Ley de Reforma Urbana) obligó a los municipios a elaborar y adoptar planes de desarrollo como instrumento básico de planeación, gestión y financiamiento del desarrollo urbano (Consejo Nacional de Política Económica y Social -CONPES, 2016).

Desde entonces, se ha venido construyendo un marco normativo amplio y en permanente evolución para estos fines de ordenamiento territorial. Por ejemplo, la Constitución Política de 1991, con grandes aportes en materia de descentralización y la posibilidad de erigir territorios colectivos, o la Ley 388 de 1997, que permitió la formulación de la primera generación de POT en el país. En la Tabla 1 se presenta un resumen de las leyes y decretos con especial relevancia en el ordenamiento territorial.

A pesar de todo este marco normativo existente en Colombia en materia de ordenamiento territorial, en la actualidad, son pocas las guías metodológicas que dan indicios o lineamientos de cómo realizarlo (Baptiste-Ballera & Rincón, 2006; Centro Latinoamericano Para el Desarrollo Rural- RIMISP, 2017; Dirección de Desarrollo Territorial & Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2005; Fals Borda, 1999; Instituto Geográfico Agustín Codazzi et al., 1998; Universidad de New York, 2017), por lo que estos ejercicios cuentan con algunas generalidades como base, pero se desarrollan de acuerdo a la visión e interpretación que tenga el ordenador sobre el marco normativo. En cuanto a esto, se ha mencionado por ejemplo en el tema ambiental, que la consideración de los determinantes ambientales proviene de una combinación de criterios tanto técnicos como políticos, que frecuentemente corresponde a una visión de la planificación en que la ciencia es utilizada como discurso de conveniencia, aprovechando la falta de conocimiento e incertidumbre de los procesos biológicos en el largo plazo (Baptiste-Ballera & Rincón, 2006).

En materia ambiental, de acuerdo a la Ley 388 (Congreso de Colombia, 1997), el ordenamiento territorial debe incorporar elementos que permitan regular las dinámicas de transformación del territorio con miras a que se optimice la utilización de los recursos naturales de una manera sostenible. Por ende, debe realizarse considerando la conservación, preservación y uso sostenible de los recursos naturales, en consenso con aspectos de carácter administrativo, social, económico y político, por lo que el ordenamiento territorial se configura como un instrumento de gran utilidad para la gestión de la biodiversidad y con ello

Tabla 1. Marco normativo con relevancia en el ordenamiento territorial.

Disposición normativa	Materia regulada	Relación con planes de ordenamiento territorial
Ley 99 de 1993	Creación del Ministerio de Ambiente, reordenamiento del sector ambiental, y organización del Sistema Nacional Ambiental.	Crea el Ministerio del Medio Ambiente como entidad con funciones de orientar y regular el proceso de diseño y planificación de uso del territorio y de los recursos naturales renovables de la nación, a fin de garantizar su adecuada explotación y su desarrollo sostenible.
Ley 152 de 1994	Ley Orgánica de Planeación.	Adopción de planes de desarrollo para las entidades territoriales.
Ley 388 de 1997	Actualiza la Ley 9 de 1989 y la armoniza con la Constitución Política.	Desarrolla los POT como instrumento de ordenamiento y gestión del territorio.
Ley 550 de 1999	Promueve y facilita la reactivación empresarial y la reestructuración de los entes territoriales.	Reestructuración de pasivos de entidades territoriales para recuperar su viabilidad económica e institucional.
Decreto 3600 de 2006	Decreto Único Reglamentario del sector de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.	Contiene reglamentación sobre las determinantes de ordenamiento del suelo.
Ley 1176 de 2007	Desarrolla los artículos 356 y 357 de la Constitución Política.	Asigna y distribuye competencias y recursos entre la nación, los departamentos, distritos y municipios; en particular, en materia de agua potable y saneamiento básico.

Disposición normativa	Materia regulada	Relación con planes de ordenamiento territorial
Decreto 2372 de 2010	Reglamenta el Sistema Nacional de Áreas Protegidas	Reglamenta el SINAP, determina sus principios, objetivos y define las categorías que conforman el SINAP.
Ley 1454 de 2011	Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial (LOOT).	Adopta reglas en materia de planeación y ordenamiento territorial, así como instrumentos de ordenamiento de escala departamental; directrices de ordenamiento territorial y POD. Crea la COT como instancia técnica y asesora del Gobierno nacional y del Congreso en materia de descentralización y ordenamiento territorial.
Decreto 4145 de 2011	Crea Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA).	La UPRA es la entidad de planificación del Ordenamiento Social y Productivo de la Propiedad.
Ley 1523 de 2012	Ley nacional de gestión del riesgo de desastres.	Adopta la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.
Ley 1551 de 2012	Normas para modernizar la organización y el funcionamiento de los municipios.	Moderniza la organización y el funcionamiento de los municipios.
Decreto 1640 de 2012	Reglamento para la planificación, ordenación y manejo de cuencas hidrográficas y acuíferos	se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos
Ley 1617 de 2013	Por la cual se expide el Régimen para los Distritos Especiales.	Establece las disposiciones que conforman el Estatuto Político, Administrativo y Fiscal de los Distritos.

Disposición normativa	Materia regulada	Relación con planes de ordenamiento territorial
Ley 1625 de 2013	Por la cual se deroga la Ley Orgánica 128 de 1994 y se expide el Régimen para las Áreas Metropolitanas.	Expide el Régimen para Áreas Metropolitanas e incorpora a legislación los PEMOT como instrumento de ordenamiento territorial.
Ley 1712 de 2014	Ley de Transparencia y del Derecho de Acceso a la Información Pública Nacional.	Regula el derecho de acceso a la información pública, los procedimientos para el ejercicio y garantía del derecho y las excepciones a la publicidad de información.
Decreto 1807 de 2014	Reglamenta el artículo 189 del Decreto Ley 019 de 2012.	Reglamenta la incorporación de la gestión del riesgo en los POT.
Decreto 2363 de 2015	Crea Agencia Nacional de Tierras (ANT).	La ANT es la entidad encargada de la política ordenamiento social de la propiedad rural.
Decreto 2366 de 2015	Crea la Agencia de Renovación del Territorio (ART).	La ART es la entidad que coordina la intervención de las entidades nacionales y territoriales en las zonas rurales por el conflicto priorizadas por el Gobierno nacional, a través de la ejecución de y proyectos para la renovación territorial de estas zonas.
Decreto 2367 de 2015	Crea el Consejo Superior para el Ordenamiento del Suelo Rural.	El Consejo Superior de Ordenamiento del Suelo Rural es la instancia encargada de formular lineamientos generales de política, y de coordinar y articular la implementación de políticas públicas en materia de ordenamiento del suelo rural.
Decreto 1076 de 2015	Decreto Único Reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible.	Compila las normas del sector administrativo de ambiente y desarrollo sostenible.

Disposición normativa	Materia regulada	Relación con planes de ordenamiento territorial
Decreto 1077 de 2015	Decreto Único Reglamentario del sector vivienda, ciudad y territorio.	Compila las normas del sector administrativo de vivienda, ciudad y territorio.
Acuerdo 010 de 2016	Expide los lineamientos y criterios para la formulación y adopción de los POD.	Adopta orientaciones para la reglamentación de los POD al fijar lineamientos, criterios y procedimientos aplicables a los procesos de ordenamiento territorial departamental.
Decreto 1232 de 2020	Modifica y adiciona artículos del Decreto 1077 de 2017	Actualiza la compilación de normas del sector administrativo de vivienda, ciudad y territorio.

Fuente: Tomado y modificado de Consejo Nacional de Política Económica y Social -CONPES, 2016.

la conservación de los recursos naturales. A una pequeña escala, los municipios como mínimo deben identificar y caracterizar las áreas de importancia ambiental, por lo que se debe realizar un diagnóstico de sus áreas de conservación y protección (Universidad de New York, 2017), estas áreas incluyen ecosistemas estratégicos como páramos, humedales, manglares, bosque seco tropical, así como las áreas protegidas definidas en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), como Parques Nacionales, Reservas Forestales Protectoras, Parques Naturales Regionales, entre otros.

Respecto a las áreas protegidas declaradas, estas se han definido con el fin de alcanzar objetivos específicos de conservación, entre los cuales en ocasiones se consideran especies con especial interés en conservación como lo son las amenazadas. Sin embargo, a una escala municipal no necesariamente se encuentran áreas protegidas declaradas, o es posible que algunas áreas de los municipios puedan ser importantes para la conservación de especies y no se encuentren en el SINAP.

Adicionalmente, este diagnóstico realizado para el ordenamiento territorial debe incluir áreas de interdependencia y conectividad ecosistémica que buscan una articulación de áreas protegidas y de áreas de interés estratégico, así como la oferta y demanda de servicios ecosistémicos (Universidad de New York, 2017). Además, se ha sugerido que los municipios incorporen la biodiversidad a partir del diálogo de saberes, conocimientos que junto con las capacidades técnico-científicas permiten definir la Estructura Ecológica Principal (EEP), logrando una convergencia de criterios que permite ajustar el ordenamiento territorial a la realidad local de los ecosistemas (Baptiste-Ballera & Rincón, 2006).

Este diagnóstico ambiental no necesariamente garantiza que la formulación del ordenamiento territorial elabore una propuesta sólida en materia de preservación y conservación de la biodiversidad, debido a que este ejercicio generalmente no alcanza siquiera a considerar a la mayor parte de las especies de fauna y flora presentes en el municipio que se pretende planificar, siendo fundamental tener un conocimiento de las especies que habitan el territorio para la planificación de acciones y programas para su uso, protección y conservación (Flores-Martínez et al., 2011; Parra-Herrera et al., 2016). Por ejemplo, al no conocer las especies presentes en el territorio, no se sabe cuáles están consideradas en riesgo de extinción, siendo estas especies de especial interés en materia de conservación.

La Tabla 2 resume los diferentes métodos cuantitativos de la revisión de literatura y las técnicas espaciales utilizadas como herramientas metodológicas. Unos se caracterizan por estar altamente especializados en la investigación de la conservación de la biodiversidad e integrar en el proceso diversos modelos informáticos de técnicas de optimización y análisis estadístico espacial. Otros presentan una técnica más general que permite la identificación

de áreas prioritarias utilizando enfoques distintos a la conservación y están integrados en programas de sistemas de información geográfica. Para cada metodología y técnica se proporciona el propósito de la priorización, una explicación, los tipos de criterios utilizados, sus fortalezas y debilidades y las referencias utilizadas.

Tabla 2. Metodologías generales para la selección de áreas prioritarias de conservación de ecosistemas.

Nombre del método	Objetivo de priorización	Descripción de la metodología	Criterios utilizados	Ventajas	Desventajas	Referencias
(a) Metodologías cuantitativas utilizadas para la identificación de áreas prioritarias						
Planificación Ecorregional (Diseño para la Conservación de The Nature Conservancy)	Conservación de la diversidad de especies, comunidades y sistemas ecológicos	Hace énfasis en la conservación de la totalidad de comunidades y ecosistemas (no solo aquellos que son raros), en la conservación a escalas geográficas y niveles de organización biológica múltiples y en el reconocimiento del valor de la planificación biológica completa basada en límites ecorregionales y no geopolíticos.	Ecológicos. Biofísicos. Sociales. Económicos. Políticos.	Utilizado para grandes espacios geográficos y para todo tipo de ecosistemas. Incluye la identificación de amenazas y el establecimiento de estrategias para conservación. Metodología sistemática, eficiente, repetible y participativa.	Requiere disponibilidad de información georreferenciada de calidad para grandes espacios geográficos. Necesita del conocimiento y guía de expertos en diferentes áreas temáticas. Costoso para aplicación a nivel regional, local o para priorizar un solo servicio ecosistémico.	Arrivillaga y Windevoxhel, 2008; Galindo et al., 2009; Groves et al., 2000; Kappelle, 2007; Loos, 2011; Pronatura y TNC, 2007
Metodología del Ordenamiento Ecológico del Territorio	Conservación de la biodiversidad	Se usan criterios biológicos, estadísticos y técnicos estandarizados para determinar las áreas prioritarias para la conservación de la diversidad biológica. Utilizan métodos de modelación estadísticas, SIG y modelos de optimización; se considera la aproximación más conveniente en el contexto del ordenamiento ecológico de una región.	Ecológicos. Biofísicos. Sociales. Económicos.	El uso de modelos probabilísticos permite el análisis a escala regional, basada en muestreos a escala local. Se reduce la incertidumbre e inconsistencia de los resultados. Realza el análisis de conflictos de usos del territorio.	Para poder realizar los análisis y la modelación estadística, se requiere un nivel adecuado (suficiente) de información ecológica y biológica de los elementos a conservar. No incluye el análisis de amenazas como tal, aunque estas pueden ser parte de las restricciones en los modelos de optimización.	Semarnat, 2006

					Da prioridad a los límites político-administrativos del territorio.	
Análisis de vacíos	Conservación de la biodiversidad	Proceso en el cual se identifica y examina la presencia de la biodiversidad en un sistema de áreas protegidas para determinar cuáles elementos no están representados, o lo están de manera insuficiente y en qué áreas protegidas se encuentran. Posteriormente, esta información es utilizada para identificar áreas prioritarias o designar nuevas áreas que requieran acciones de conservación. Es considerado como la principal herramienta para el establecimiento de prioridades en la planificación de áreas protegidas.	Biofísicos. Sociales. Económicos. Conservación.	Incluye amenazas Evita traslapes de conservación de áreas. Modelos de distribución de especies. Valiosa fuente de información para otros estudios más detallados o específicos Asigna valores de protección a los sitios de conservación Incluye propiedad o tenencia de la tierra.	Requiere la información de la red de áreas de conservación ya existente. La escala utilizada debe ser similar a la de las áreas de conservación vigentes. Los límites del análisis coinciden con los límites de las áreas actuales (nivel estatal). Solo representación (distribución) del elemento de interés, no viabilidad del mismo (calidad del hábitat, abundancia de la especie, tendencia de la población, etc.). Demanda validación de campo para la distribución modelada de especies	Conabio et al., 2007; Groves et al., 2000; Jennings, 2000; Koleff y Urquiza, 2011; Koleff et al., 2009; Rentería et al., 2011.
REDD+ (Reducción de Emisiones derivadas de la Deforestación y Degradación de los bosques)	Conservación de áreas forestales	Metodologías que permiten priorizar áreas para la implementación de proyectos REDD, basadas en el análisis de las distintas variables que permiten la cuantificación de los múltiples beneficios de los bosques, incluyendo su vulnerabilidad a ser destruidos o convertidos a otros usos.	Biofísicos. Sociales. Económicos. Ambientales. Institucionales. Legales.	Aplicable a escalas Nacional, regional y local. Incluye la modelación de escenarios de provisión de servicios y de sus amenazas. Aplicable a la conservación de los beneficios por separado o en conjunto de las	Requiere disponibilidad de información georreferenciada, detallada y de calidad para los diferentes niveles de escala. Requiere el conocimiento y guía de expertos en diferentes áreas temáticas.	Bertzky et al., 2011; Harris et al., 2008; Parker et al., 2009; Semarnat, 2010.

				áreas forestales.		
(b) Técnicas espaciales utilizadas como herramientas metodológicas en la identificación de áreas prioritarias						
Análisis multicriterio (EMC)	<p>Manejo del recurso hídrico.</p> <p>Priorización de cuencas.</p> <p>Focalización de apoyos.</p>	<p>Conjunto de técnicas orientadas a asistir en los procesos de toma de decisiones. Su fin básico es investigar un número de alternativas de decisión bajo la luz de múltiples criterios y objetivos en conflicto, lo cual hace posible generar soluciones compromiso y jerarquizar las alternativas de acuerdo al objetivo planteado.</p>	<p>Biofísicos.</p> <p>Sociales.</p> <p>Económicos.</p> <p>Productivos.</p>	<p>Permite utilizar y combinar un sinnúmero de criterios e indicadores, para cualquier objetivo de priorización que se desee.</p> <p>Permite el estudio a cualquier escala, unidades de medida y límites territoriales.</p> <p>Se reduce la incertidumbre e inconsistencia de los resultados.</p>	<p>Más enfocado a los análisis de aptitud.</p> <p>No incluye el análisis a detalle de amenazas, restricciones o riesgos.</p> <p>Los procesos pueden ser técnicamente complejos, que requieran el apoyo de expertos.</p> <p>Riesgo de que pueda ser utilizado de manera indiscriminada.</p>	<p>Gómez y Barredo, 2006; Sánchez et al., 2004; Semarnat, 2011.</p>
Álgebra de mapas	<p>Pago de servicios hidrológicos.</p> <p>Compensación de servicios ecosistémicos.</p> <p>Desarrollo forestal.</p> <p>Manejo de cuencas.</p> <p>Restauración y reforestación.</p>	<p>Es la combinación matemática de las capas de los mapas, mediante tres tipos de operaciones básicas: modificación de los valores de los datos de atributo por medio de una constante, transformación de los valores por una operación estándar y combinación de capas diferentes de datos para producir un resultado compuesto.</p>	<p>Biofísicos.</p> <p>Biológicos.</p> <p>Biogeográficos.</p> <p>Sociales.</p> <p>Económicos.</p> <p>Ambientales</p>	<p>No requiere información especializada ni detallada.</p> <p>Aplicable a cualquier objetivo de priorización que se desee.</p> <p>Estudios a diferentes escalas y límites territoriales.</p>	<p>Análisis cuantitativos simples.</p> <p>Carácter subjetivo en el análisis de los criterios.</p> <p>Gran incertidumbre y margen de error elevado. Resultados irrepitibles e inconsistentes.</p>	<p>Benegas y León, 2009; Eastman, 2006; Escalante, 2003; Fonseca et al., 2011; Vargas et al., 2009.</p>

Fuente: Tomado de Chávez et al, 2014.

Capítulo 3

Justificación

A nivel mundial, la biodiversidad se está perdiendo a un ritmo sin precedentes (Steffen et al., 2015; Retief et al., 2016; Newbold et al., 2016; Jones et al., 2018; Mazor et al., 2018) y existe un reconocimiento internacional de que los objetivos de conservación globales y regionales no pueden lograrse solo a través de la conservación en tierras de propiedad estatal (Stolton et al., 2014; Mitchell et al., 2018; Shumba et al., 2020). En consecuencia, es necesario complementar las áreas de conservación de propiedad estatal en respuesta a la creciente presión sobre los recursos gubernamentales para una mayor expansión y gestión de los estados de conservación (Pasquini et al., 2011; Kamal et al., 2015; Gooden & 't Sas-Rolfes, 2020).

En cuanto a esto, las áreas protegidas (AP) son consideradas uno de los mecanismos más efectivos para la protección de los bienes naturales y garantizan la sostenibilidad del desarrollo económico de una nación (Huggett, 2005; Schulze et al., 2018). Las AP fueron concebidas para preservar la naturaleza de la explotación humana abusiva, en beneficio de las generaciones futuras (Machado et al., 2017) en el marco de una conservación estricta y aislada. Los estudios han demostrado, sin embargo, que las AP generalmente contribuyen poco a evitar la pérdida de biodiversidad (Geldmann et al., 2013), porque se establecen principalmente en áreas no aptas para otros usos de la tierra (Joppa & Pfaff, 2009), mientras que las áreas más amenazadas de la biodiversidad tienden a concentrarse en áreas de alta presión humana (Hoekstra et al., 2005; Venter et al., 2016).

Por lo tanto, se necesitan estrategias de conservación complementarias para salvaguardar la biodiversidad en áreas que no están disponibles para la expansión de áreas protegidas, o donde las áreas protegidas no son prácticas de implementar (Dudley et al., 2018). Algunos ejemplos de intervenciones alternativas de conservación basadas en áreas incluyen territorios conservados por pueblos indígenas y comunidades locales (Carranza et al., 2014), pagos por servicios ecosistémicos (PSA) (Costedoat et al., 2015) y zonificación del uso de la tierra (Bruggeman et al., 2018), considerada desde una escala municipal a partir de los ejercicios de ordenamiento territorial, siendo esta última estrategia la elegida como base para iniciar la construcción de la metodología que aporta este trabajo.

Metodologías para la determinación de Áreas Prioritarias de Conservación

En la actualidad, las áreas de conservación de la biodiversidad se definen de acuerdo a varios criterios, según Chávez-González et al., 2014:

- **La abundancia de las poblaciones:** Bajo este criterio se destaca un área particular en la cual, una o un grupo de especies, que pueden ser de importancia para un ecosistema, presentan una alta abundancia. Por ejemplo, el Parque Nacional Serengeti, con millones de herbívoros y sus depredadores realizando una de las migraciones más sorprendentes del planeta (Thomas, 1960; Unesco, 2020a).
- **La riqueza y diversidad de especies:** Un área se resalta debido a que presenta una gran riqueza y diversidad biológica. Un ejemplo de la aplicación del criterio que prioriza el aspecto de zonas con gran diversidad es el estudio de Brugiére & Kormos (2009), en el cual se identifican áreas claves para biodiversidad en Guinea, con la finalidad de que estas puedan ser incluidas en la red de áreas protegidas nacionales. La aplicación de este criterio es de gran utilidad, pues como evidenció Gray y colaboradores a partir de una compilación sobre áreas protegidas terrestres a nivel mundial (2016), tanto la riqueza como la abundancia de las especies es mayor dentro de las áreas protegidas en comparación con lo reportado en sitios fuera de estas.
- **La rareza de especies:** Se destaca un área debido a que allí se presentan especies raras o particulares. Un ejemplo de estos es el Parque Nacional de Komodo, inscrita ante la IUCN en 1991 para proteger las poblaciones de dragones de Komodo en las islas Komodo, Rinca y Padar (Unesco, 2020b). Otro ejemplo es el Bosque de Białowieża, un patrimonio mundial declarado por la Unesco en 1979 (Unesco, 2020c), ubicado entre Bielorrusia y Polonia el cual alberga la mayor población mundial del Bisonte Europeo (*Bison bonasus*).
- **El endemismo:** Bajo este criterio se prioriza un área debido a que presenta una o muchas especies que tienen distribución restringida (endémicas), es decir, que no se encuentran en otros lugares o zonas de vida del planeta. Un ejemplo destacado de esto son las Islas Galápagos, que albergan una enorme cantidad de especies endémicas, entre las que se incluyen 250 de plantas vasculares, 20 especies de reptiles, 5 de mamíferos terrestres y 2 de mamíferos marinos, 86 de peces, 6 de aves marinas y 22 de aves terrestres, entre las que se encuentran las 13 especies de Pinzones de Darwin, siendo uno de los casos de estudio más reconocidos en el mundo en el área de la evolución (Grant & Grant, 2014), entre otros grupos que aún falta por estudiar como los invertebrados terrestres y los asociados a la vida marina (Rainforest Cruises, 2023).
- **La vulnerabilidad:** Este criterio permite definir áreas con importancia en materia de conservación debido a que se trata de un ecosistema, zona de vida o especies que presentan cierto nivel de amenaza. En este atributo se puede encontrar el caso del Bosque Seco Tropical (Pizano & García, 2014) y los páramos, destacados estos últimos como ecosistemas estratégicos que son prioridad nacional en la conservación de la biodiversidad de Colombia (Galvis-Hernández & Ungar, 2021). A nivel de especies,

encontramos ejemplos como el caso del Jaguar en México que ha permitido identificar ciertas zonas prioritarias para su conservación (Chávez & Ceballos, 2006), o incluso distintas especies como el Colibrí del Sol (*Coeligena orina*), el loro Fuertesí (*Hapalopsittaca fuertesí*), el Cucharachero del Chicamocha (*Thryophilus nicefori*), entre muchas otras, que han sido la motivación para que la Fundación Proaves hasta el momento haya declarado 28 Reservas Naturales en distintas regiones del territorio colombiano.

Por su parte, la IUCN ha sugerido un estándar global para la identificación de Áreas Clave para la Biodiversidad (KBAs en inglés), basada en la experiencia acumulada y en la evidencia científica disponible a lo largo de décadas de identificación y delimitación de estas áreas. El objetivo es identificar los sitios que contribuyen significativamente a la persistencia global de la biodiversidad (IUCN, 2016). Los pasos para identificar y delimitar las KBA se basan en la Lista Roja de la UICN de Especies Amenazadas y la Lista Roja de Ecosistemas. Estas listas utilizan criterios y umbrales cuantitativos para identificar especies amenazadas y tipos de ecosistemas. Dichos umbrales fueron desarrollados a través de talleres técnicos y consultas con expertos, y posteriormente refinados utilizando conjuntos de datos que abarcan diferentes grupos taxonómicos, regiones y sistemas, que aseguran que la identificación de las KBA sea objetiva y transparente.

En total, la IUCN (2016) ha establecido nueve criterios para la identificación de las KBA, los cuales están agrupados en cuatro áreas temáticas: criterios basados en especies, criterios basados en ecosistemas, criterios basados en la integridad ecológica y análisis cuantitativo de irremplazabilidad.

- ✓ Los criterios basados en especies permiten identificar las KBA que albergan especies amenazadas o con una distribución geográfica muy restringida. Estos criterios incluyen la presencia de especies de la Lista Roja de la UICN en peligro crítico, en peligro o vulnerables, así como especies endémicas o con una distribución extremadamente limitada. Además, se considera la presencia de especies con un rango de distribución geográfica restringido a una KBA específica.
- ✓ Los criterios basados en ecosistemas se centran en identificar las KBA que albergan ecosistemas amenazados o únicos. Estos criterios incluyen la presencia de tipos de ecosistemas amenazados según la Lista Roja de Ecosistemas de la UICN, como bosques tropicales, manglares o arrecifes de coral. También se considera la presencia de ecosistemas únicos o altamente representativos de una región en particular.
- ✓ Los criterios basados en la integridad ecológica evalúan la condición de los ecosistemas presentes en una KBA y su capacidad para mantener la biodiversidad. Estos criterios incluyen la presencia de ecosistemas en buen estado de

- conservación, la ausencia de amenazas graves que puedan afectar la biodiversidad y la capacidad del ecosistema para resistir el cambio climático y otros impactos.
- ✓ El análisis cuantitativo de irremplazabilidad evalúa la importancia de una KBA en función de su contribución a la persistencia de la biodiversidad a nivel global. Esto se basa en la evaluación de la distribución geográfica y el grado de singularidad de las especies y los ecosistemas presentes en una KBA.

Junto con estos criterios, se establecen umbrales indicadores cuantitativos que permiten determinar si una KBA cumple con los criterios establecidos. Estos umbrales se basan en análisis de datos biogeográficos y evaluaciones técnicas realizadas por expertos. Los umbrales varían dependiendo del criterio aplicado y proporcionan una guía cuantitativa para la toma de decisiones en la identificación y delimitación de las KBA. Sin embargo, los criterios y umbrales para las KBA se establecen a una escala global. Por ejemplo, un porcentaje determinado del tamaño poblacional global de una especie amenazada, un porcentaje determinado de la extensión global de un ecosistema amenazado, entre otros. En consecuencia, su aplicación a una escala geográfica a nivel municipal, sería adecuada en pocos casos.

Por otra parte, también se han empleado metodologías cualitativas basadas en análisis simples, en los cuales, de acuerdo al juicio de expertos, se utilizan criterios como el valor escénico del paisaje, los usos recreativos, la presencia o ausencia de aprovechamientos forestales, la disponibilidad del terreno, entre otros (Semarnat, 2006).

Identificación de Áreas Clave para la Biodiversidad según la IUCN y recursos necesarios

En general, la identificación de las KBA es un proceso que requiere de tiempo y recursos adecuados para llevar a cabo de manera efectiva. En primer lugar, es importante tener en cuenta que la identificación de las KBA implica la recolección y análisis de una gran cantidad de información científica y técnica. Esto incluye la recopilación de datos sobre la presencia y distribución de especies amenazadas, ecosistemas únicos, y otros elementos de importancia para la biodiversidad. Este proceso de recopilación de datos puede llevar tiempo, especialmente si se requiere realizar investigaciones de campo adicionales o recopilar datos específicos para áreas geográficas particularmente extensas o remotas (Comité de Estándares y Apelaciones de KBA de IUCN CSE/CMAP, 2023).

Además, una vez que se recopilan todos los datos relevantes, se procede a aplicar los criterios y umbrales definidos por la UICN para identificar las KBA. Esto implica realizar análisis y evaluaciones rigurosas, que pueden requerir conocimientos especializados y la

participación de expertos en diferentes disciplinas científicas. En cuanto a los recursos necesarios, la identificación de las KBA requiere de un enfoque multidisciplinario y la colaboración entre diferentes actores. Es esencial contar con un equipo capacitado y dedicado que pueda realizar el análisis y la evaluación de manera efectiva. Estos equipos pueden incluir científicos, investigadores, especialistas en biodiversidad, profesionales en SIG (Sistemas de Información Geográfica) y personal técnico que pueda recopilar y analizar los datos necesarios. Además del personal capacitado, también puede ser necesario contar con recursos financieros para llevar a cabo las actividades de identificación de las KBA de manera adecuada. Esto puede incluir la contratación de expertos externos, la realización de investigaciones de campo, el acceso a bases de datos especializadas y la adquisición de equipos y tecnología necesarios para el análisis de datos (Comité de Estándares y Apelaciones de KBA de IUCN CSE/CMAP, 2023).

Identificación de Áreas Protegidas en un marco nacional

El ordenamiento territorial en Colombia tiene como objetivo facilitar el desarrollo institucional, el fortalecimiento de la identidad cultural y el desarrollo territorial, entendido este como desarrollo económicamente competitivo, socialmente justo, ambientalmente y fiscalmente sostenible, regionalmente armónico, culturalmente pertinente, atendiendo a la diversidad cultural y físico-geográfica de Colombia (Congreso de Colombia, 2011). En este sentido, existen varias normas que regulan las áreas protegidas en Colombia, entre las que se encuentran:

- ✓ **Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial de Colombia** (Congreso de Colombia, 2011): Esta ley establece la política de áreas de parques nacionales y áreas protegidas, y su relación con el ordenamiento territorial.
- ✓ **Decreto 2372 de 2010** (Presidente de la República de Colombia, 2010): Este decreto establece el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) y los principios y reglas para su establecimiento, desarrollo y funcionamiento.
- ✓ **Integrando Las Áreas Protegidas al Ordenamiento Territorial: Caso Colombia** (Paredes-Leguizamón, 2018): Este documento presenta reflexiones y propuestas para integrar las áreas protegidas al ordenamiento territorial en Colombia.
- ✓ **Política General de Ordenamiento Territorial (PGOT)** (DNP, 2020): Este documento establece la política de conservación de la naturaleza mediante la creación de Parques Nacionales y Reservas.

Sistema Nacional de Áreas Protegidas en Colombia

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) es un conjunto de áreas protegidas, actores sociales y estrategias e instrumentos de gestión que las articulan (Presidente de la República de Colombia, 2010), definido como parte de la ratificación del convenio de Diversidad Biológica a través de la Ley 165 de 1994. Inició su diseño desde finales de la década de los noventa y tiene como objetivo la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que brindan las áreas protegidas, es administrado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y cuenta con la participación de diferentes actores sociales e institucionales a nivel regional y local. La política pública para la consolidación del SINAP fue aprobada por el CONPES 4050 en 2021, con el objetivo de fortalecer la gestión de las áreas protegidas en Colombia.

Criterios del SINAP para definir un Área Protegida

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) utiliza varios criterios para definir un área protegida. Estos criterios consideran la estructura, composición y función de la biodiversidad característica de cada categoría de área protegida, así como los objetivos de conservación establecidos. Según el Decreto 1076 de 2015 (Departamento Administrativo de la Gestión Pública, 2015), en el artículo 2.2.2.1.4.2., se establece que en las distintas áreas protegidas que integran el SINAP se permiten usos y actividades siempre y cuando no alteren la estructura, composición y función de la biodiversidad, y no contradigan los objetivos de conservación de cada categoría. Asimismo, se prohíben todos los usos y actividades que no estén contemplados como permitidos para la respectiva categoría de área protegida.

Esto significa que, al definir un área protegida en el SINAP, se deben considerar factores como la conservación de la biodiversidad, la protección de los ecosistemas, la preservación de especies amenazadas o en peligro, la restauración de paisajes degradados, entre otros. Además, se busca garantizar la participación, coordinación y articulación entre los actores involucrados en la administración y manejo de las áreas protegidas. Es importante destacar que el SINAP busca garantizar el equilibrio entre la conservación de la biodiversidad y el respeto de los derechos de terceros, como el derecho de dominio y la libertad de empresa. Por lo tanto, los criterios utilizados para definir un área protegida en el SINAP deben ser coherentes con estos principios y objetivos de conservación (Ospina Moreno et al., 2020).

Categorías de Áreas Protegidas que existen en Colombia

En Colombia, existen diferentes categorías de áreas protegidas, las cuales se definen según su extensión, características y objetivos de conservación. A continuación, se presentan

algunas de las categorías de áreas protegidas que existen en Colombia y que son relevantes para este trabajo:

- a. Parque Nacional: Área de extensión que permite su autorregulación ecológica y cuyos ecosistemas en general no han sido alterados substancialmente por la explotación u ocupación humana, y donde las especies vegetales, de animales, complejos geomorfológicos y manifestaciones históricas o culturales tienen valor científico, educativo, estético y recreativo Nacional y para su perpetuación se somete a un régimen adecuado de manejo (Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2021).
- b. Reserva Natural: Área en la cual existen condiciones primitivas de flora, fauna y gea, y está destinada a la conservación, investigación y estudio de sus riquezas naturales (Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2021).
- c. Área Natural Única: Área que, por poseer condiciones especiales de flora o gea es un escenario natural raro (Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2021).
- d. Santuario de Flora: Área dedicada a preservar especies o comunidades vegetales para conservar recursos genéticos de la flora nacional (Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2021).
- e. Santuario de Fauna: Área dedicada a preservar especies o comunidades de animales silvestres, para conservar recursos genéticos de la fauna nacional (Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2021).
- f. Sistema de Parques Nacionales Naturales: Conjunto de áreas protegidas que representan la diversidad biológica, geológica y cultural del país, y que son administradas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Presidente de la República de Colombia, 2010).
- g. Reservas Forestales Protectoras: Áreas destinadas a la protección y conservación de los bosques naturales y sus recursos naturales (Departamento Administrativo de la Función Pública, 2015).
- h. Parques Naturales Regionales: Áreas protegidas que se establecen en regiones específicas del país, con el fin de proteger y conservar la biodiversidad y los recursos naturales de la región (Departamento Administrativo de la Función Pública, 2015).
- i. Distritos de Manejo Integrado: Áreas que se establecen en territorios colectivos de comunidades indígenas y afrodescendientes, con el fin de promover la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales (Departamento Administrativo de la Función Pública, 2015).
- j. Distritos de Conservación de Suelos: Áreas que se establecen en zonas de alta vulnerabilidad ambiental, con el fin de proteger y conservar los suelos y los recursos naturales (Departamento Administrativo de la Función Pública, 2015).

- k. **Áreas de Recreación:** Áreas protegidas que se establecen con el fin de promover la recreación y el turismo sostenible, y que cuentan con infraestructura y servicios para el disfrute de los visitantes (Departamento Administrativo de la Función Pública, 2015).
- l. **Las Reservas Naturales de la Sociedad Civil:** Áreas que tendrán como objetivo el manejo integrado bajo criterios de sustentabilidad que garantice la conservación, preservación, regeneración o restauración de los ecosistemas naturales contenidos en ellas y que permita la generación de bienes y servicios ambientales (Departamento Administrativo de la Función Pública, 2015).

Identificación de Áreas Protegidas según el SINAP y recursos necesarios

El tiempo necesario para la identificación de Áreas Protegidas según el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) puede variar dependiendo de diferentes factores. La identificación de estas áreas implica un proceso riguroso que requiere de tiempo y recursos adecuados para llevarlo a cabo de manera efectiva. En primer lugar, es importante destacar que el SINAP cuenta con criterios establecidos para la identificación de las áreas protegidas. Estos criterios consideran la importancia de la biodiversidad presente en cada categoría de área protegida, así como los objetivos de conservación establecidos. La identificación de las áreas protegidas según el SINAP implica la evaluación de diferentes aspectos como la estructura, composición y función de la biodiversidad, entre otros (Ospina Moreno et al., 2020).

El proceso de identificación de áreas protegidas según el SINAP puede requerir la recopilación y análisis de información científica y técnica relevante. Esto implica la revisión de estudios previos, la recopilación de datos sobre la presencia de especies amenazadas y endémicas, la evaluación de la importancia de los ecosistemas presentes, entre otros aspectos. La recopilación de esta información puede tomar tiempo, especialmente si se requiere realizar investigaciones adicionales o recopilar datos específicos para áreas geográficas extensas o remotas.

Además de la recopilación de información, la identificación de áreas protegidas según el SINAP puede requerir la participación de diferentes actores y la coordinación entre ellos. Esto puede incluir la colaboración entre entidades gubernamentales, organizaciones no gubernamentales, comunidades locales y expertos en biodiversidad. La participación de estos actores puede requerir tiempo adicional para la planificación, el diálogo y la toma de decisiones (Ospina Moreno et al., 2020).

En cuanto a los recursos necesarios, es importante contar con un equipo capacitado y dedicado que pueda realizar el proceso de identificación de manera efectiva. Este equipo

puede incluir biólogos, ecólogos, especialistas en biodiversidad, técnicos en SIG (Sistemas de Información Geográfica), entre otros profesionales. Además del personal capacitado, también pueden ser necesarios recursos financieros para llevar a cabo las actividades de identificación de áreas protegidas de manera adecuada. Estos recursos pueden utilizarse para la contratación de expertos externos, para realizar investigaciones de campo, acceder a bases de datos especializadas y adquirir equipos y tecnología necesarios para el análisis de datos (Ospina Moreno et al., 2020).

Como se puede evidenciar con lo expuesto anteriormente, los requerimientos de personal especializado y multidisciplinario, la adquisición de equipos tecnológicos, los recursos económicos y el tiempo que toma la definición de áreas protegidas de acuerdo con los criterios nacionales e internacionales es costoso y puede requerir largos períodos de tiempo, lo que conlleva a retos complejos a nivel municipal que para la mayoría de municipios del país sería imposible su aplicación. Por ende, esta monografía pretende aportar algunos elementos metodológicos de fácil aplicación, que le permita a los municipios, a partir de recursos relativamente limitados, definir áreas prioritarias de conservación para especies de fauna amenazadas en sus ejercicios de ordenamiento territorial local.

Consideraciones iniciales

El contenido de esta monografía establece elementos metodológicos para definir áreas prioritarias de conservación en el ordenamiento territorial local, a partir de especies de fauna amenazadas, mediante un procedimiento y herramientas de análisis considerados válidos por el autor para los objetivos que se han expuesto. No se pretende que sea considerado como el único método válido para la determinación de zonas prioritarias para la conservación en ejercicios de ordenamiento territorial, sino que busca dar algunos pasos para brindar elementos metodológicos y aportar al debate en dichos ejercicios a una escala local.

Capítulo 4

Metodología

Construyendo un listado de las especies potenciales

Inicialmente, se hace necesario que los ejercicios de planificación sistemática de la conservación compilen datos de la biodiversidad de la región que se desea planificar (Margules & Pressey, 2000). Para esto, se puede recurrir a diferentes fuentes de información actualizada y disponible en línea como estudios previos que incluyan inventarios de proyectos de investigación o consultoría, los cuales pueden encontrarse en revistas indexadas, bibliotecas de autoridades ambientales, entre otros; y en plataformas como iNaturalist, Global Biodiversity Information Facility- GBIF (GBIF.org, 2023), el sistema de información sobre biodiversidad de Colombia- SIB (Instituto Alexander von Humboldt, 2023), eBird (Aves) (Audubon & Cornell Lab of Ornithology, 2023), entre otros (Figura 1).



Figura 1. Algunas fuentes de información secundaria que pueden ser consultadas.

Es importante considerar que es posible que para algunos municipios no haya mucha información de registros biológicos, debido a que pueden ser pocos o nulos los inventarios asociados a investigaciones biológicas, licencias o permisos ambientales en el municipio,

siendo estos generalmente la principal fuente de información secundaria sobre listados de especies. Para estos casos, se sugiere considerar los registros de municipios aledaños que estén en la misma o mismas zonas de vida que se encuentran en el municipio de interés, de acuerdo a las unidades biogeográficas de Colombia (Hernández-Camacho J., A. Hurtado-Guerra, R. Ortiz-Quijano, 1992), o siguiendo otras clasificaciones que se consideren válidas en el aspecto biogeográfico.

Por otra parte, se debe tener en cuenta que la información recopilada puede provenir de diferentes años de muestreo o fuentes que siguen distintas propuestas taxonómicas, siendo posible que para algunas especies se hayan presentado cambios de sus nombres en actualizaciones posteriores o tengan sinonimias. Por ende, se hace necesaria una validación y actualización taxonómica de las especies que se incluyen en los listados compilados, eliminando duplicados de especies y usando la nomenclatura que se sugiere en alguna propuesta taxonómica reciente como la lista de los anfibios de Colombia (Acosta-Galvis, 2023), The Reptile Database (Uetz et al., 2022), la lista del Comité de Clasificación de Sudamérica para aves (Remsen et al., 2022), entre otras.

Finalmente, es importante considerar que muchas de estas fuentes de información no cuentan con una curaduría de sus datos, por lo que estos listados compilados pueden tener una sobreestimación de las especies presentes o potencialmente presentes en el municipio de interés. En cuanto a esto, se deben realizar filtros de acuerdo a criterios biogeográficos y ecológicos, excluyendo aquellas especies que podrían tratarse de errores de identificación, al ser especies con distribución para otras latitudes, regiones biogeográficas, zonas de vida o altitudes diferentes a las consideradas en el área de interés. Para esto, se puede usar el criterio experto de un especialista o distintas guías y/o artículos publicados en los cuales se especifique la distribución de las distintas especies de cada grupo biológico a considerar.

Definiendo las especies prioritarias para la conservación

A cada una de las especies que componen el listado compilado de las especies potencialmente presentes en el municipio de interés se les debe determinar su estatus de conservación. Para esto, se sugiere considerar distintos criterios como la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2022), la Resolución 1912 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible (MADS, 2017), los libros rojos de anfibios (Rueda-Almonacid et al., 2004), reptiles (Morales-Betancur et al., 2015), aves (Renjifo et al., 2014, 2016), mamíferos (Rodríguez-Mahecha et al., 2006), entre otros (Figura 2).



R. 1912

Figura 2. Algunas fuentes para la consulta de categorías de amenaza de las especies.

En estos listados, las especies consideradas en las categorías “En Peligro Crítico” (CR), “En Peligro” (EN) y “Vulnerable” (VU) son las que se encuentran en mayor riesgo de extinción. Por ende, al ser prioritarias en materia de conservación, serán usadas para definir las zonas prioritarias para la conservación del municipio que se desea planificar.

Uso de herramientas SIG para el análisis cartográfico de las zonas prioritarias de conservación

La herramienta SIG que se usa como ejemplo en esta monografía es el programa QGIS versión 3.20.3 ([Quantum-GIS-Development-Team, 2021](#)), el cual, al ser un Software libre, facilita que pueda replicarse por no necesitar licencias de pago como las que usan otros programas. Sin embargo, estos procedimientos igualmente pueden ser replicados con relativa facilidad en otros programas como ArcGIS.

Mapas de coberturas y uso de la tierra

Un insumo que es de vital importancia en los ejercicios de ordenamiento territorial es el mapa de cobertura y uso de la tierra (Figura 3). Este debe ser generado por el SIG como instrumento de apoyo (Instituto Geográfico Agustín Codazzi et al., 1998), en el que cada cobertura se define siguiendo la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia (IDEAM et al., 2008). A partir de estas coberturas se basarán los análisis de las zonas con mayor importancia para la presencia/ausencia de las especies amenazadas, y los posteriores análisis de conectividad ecológica.

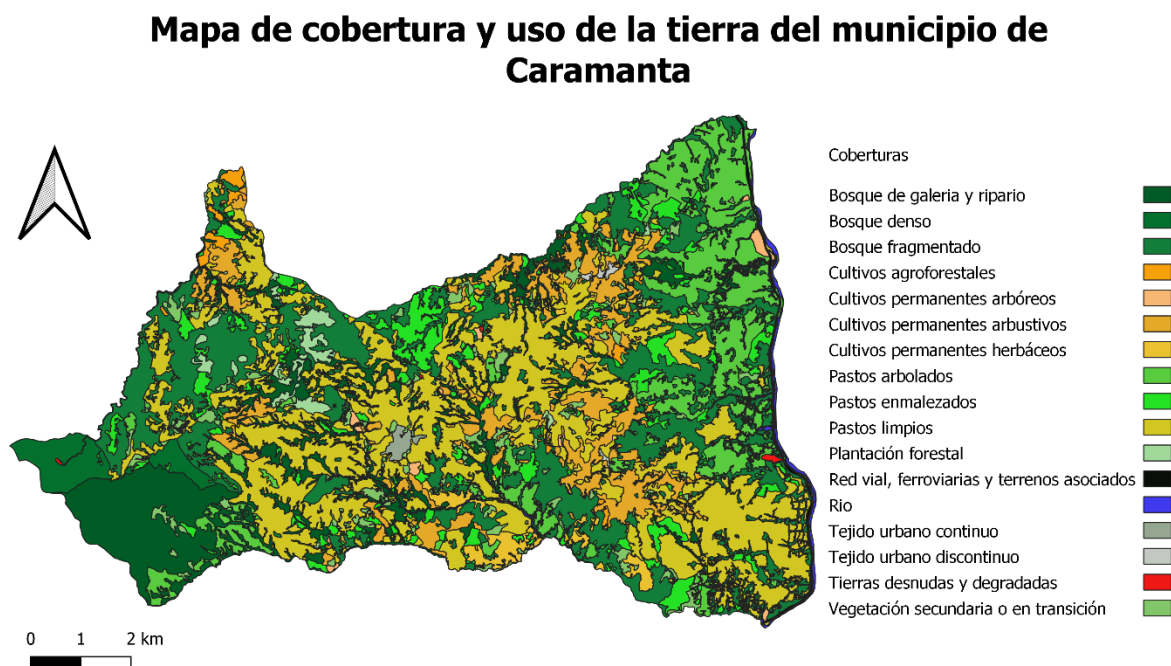


Figura 3. Mapa de cobertura y uso de la tierra del municipio de Caramanta-Antioquia.

Fuente: Construdinco

Visualizando las zonas de mayor importancia para la presencia/ausencia potencial de las especies amenazadas.

1- Preparando los datos

Para todas las especies resaltadas en materia de vulnerabilidad (Tabla 3), se debe determinar su presencia o ausencia potencial en cada una de las coberturas establecidas en el mapa de cobertura y uso de la tierra (Figura 3).

Tabla 3. Especies de fauna vertebrada terrestre potencialmente presentes en el municipio de Caramanta consideradas en las categorías de mayor vulnerabilidad.

Orden	Familia	Especie	IUCN	Res 1912
Anura	Craugastoridae	<i>Pristimantis myops</i>	EN	-
Anura	Craugastoridae	<i>Pristimantis ruedai</i>	VU	-
Squamata	Colubridae	<i>Atractus nicefori</i>	VU	VU
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Spizaetus isidori</i>	EN	EN
Strigiformes	Strigidae	<i>Glaucidium nubicola</i>	VU	VU
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Hapalopsittaca amazonina</i>	VU	VU
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Ognorhynchus icterotis</i>	VU	EN
Passeriformes	Grallariidae	<i>Grallaria alleni</i>	VU	EN
Passeriformes	Grallariidae	<i>Grallaria rufocinerea</i>	VU	VU
Passeriformes	Pipridae	<i>Chloropipo flavicapilla</i>	VU	VU
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Henicorhina negreti</i>	VU	VU
Passeriformes	Icteridae	<i>Hypopyrrhus pyrohypogaster</i>	VU	VU
Passeriformes	Thraupidae	<i>Sericossypha albocristata</i>	VU	
Passeriformes	Thraupidae	<i>Dacnis hartlaubi</i>	VU	VU
Passeriformes	Thraupidae	<i>Bangsia melanochlamys</i>	VU	VU
Paucituberculata	Caenolestidae	<i>Caenolestes convelatus</i>	VU	-
Carnivora	Felidae	<i>Leopardus tigrinus</i>	VU	-
Carnivora	Mustelidae	<i>Mustela felipei</i>	VU	EN
Carnivora	Ursidae	<i>Tremarctos ornatus</i>	VU	VU
Artyodactila	cervidae	<i>Mazama rufina</i>	VU	-
Artyodactila	Tayassuidae	<i>Tayassu pecari</i>	VU	-
Primates	Aotidae	<i>Aotus sp</i>	VU	VU
Primates	Atelidae	<i>Ateles geoffroyi</i>	EN	-
Primates	Callitrichidae	<i>Saguinus leucopus</i>	EN	VU

Fuente: El autor

Para esto, se debe crear una matriz que ubique en la primera columna a las especies, y a partir de la segunda columna a cada una de las coberturas establecidas en el mapa de cobertura y uso de la tierra (Figura 4). En esta matriz, en cada una de las celdas se asignará el valor de 1 para indicar que una especie determinada se puede encontrar en una cobertura dada, y 0 para indicar que no se encuentra en dicha cobertura. Estos valores se pueden asignar de acuerdo a la información consultada para cada especie en páginas web, guías de

campo, literatura especializada, entre otras, o de acuerdo al criterio experto de un especialista del grupo de estudio que se considera.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Especie	Bosque de galería y ripario	Bosque denso	Bosque fragmentado	Cultivos agroforestales	Cultivos permanentes arbóreos	Cultivos permanentes arbustivos	Pastos arbolados	Pastos enmalezados	Pastos limpios
1										
2	<i>Pristimantis myops</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0
3	<i>Pristimantis ruedai</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0
4	<i>Atractus nicefori</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	<i>Spizaetus isidori</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0
6	<i>Glaucidium nubicola</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0
7	<i>Hapalopsittaca amazonina</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0
8	<i>Ognorhynchus icterotis</i>	1	1	1	0	0	0	1	0	0
9	<i>Grallaria alleni</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0
10	<i>Grallaria rufocinerea</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0
11	<i>Chloropipo flavicapilla</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0
12	<i>Henicorhina negreti</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0
13	<i>Hypopyrhus pyrohypogaster</i>	1	1	1	1	0	0	1	0	0
14	<i>Sericossypha albocristata</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0
15	<i>Dacnis hartlaubi</i>	0	0	0	0	1	0	1	0	0
16	<i>Bangsia melanochlamys</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0
17	<i>Caenolestes convelatus</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0
18	<i>Leopardus tigrinus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	<i>Mustela felipei</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0
20	<i>Tremarctos ornatus</i>	1	1	1	1	1	1	0	0	0
21	<i>Mazama rufina</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	<i>Tayassu pecari</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0
23	<i>Aotus sp</i>	1	1	1	0	1	0	0	0	0
24	<i>Ateles geoffroyi</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0
25	<i>Saguinus leucopus</i>	1	1	1	1	1	0	1	0	0

Figura 4. Elaboración de matriz de presencia/ausencia de las especies amenazadas en cada una de las coberturas presentes.

Posteriormente, se debe elaborar una tabla en la que se consigna la cantidad de especies amenazadas presentes en cada una de las coberturas la cual puede denominarse **Tabla_RiquezaxCobertura** (Figura 5). Para esto, el título de la primera columna debe ser nombrado igual a como se nombra este campo en la capa del mapa de coberturas (*ver tabla de atributos*). Además, los nombres de las coberturas deben escribirse tal cual están determinados en el mapa de cobertura y uso de la tierra. Luego, este archivo debe ser guardado como un CSV delimitado por comas, el cual nombraremos **Tabla_RiquezaxCobertura**.

	A	B
1	Nivel_3	Riq
2	Bosque de galería y ripario	23
3	Bosque denso	23
4	Bosque fragmentado	23
5	Cultivos agroforestales	6
6	Cultivos permanentes arbóreos	7
7	Cultivos permanentes arbustivos	4
8	Pastos arbolados	7
9	Pastos enmalezados	3
10	Pastos limpios	3
11	Plantación Forestal	5
12	Red vial, ferrovías y terrenos asociados	2
13	Río	2
14	Tejido urbano continuo	1
15	Tejido Urbano discontinuo	6
16	Tierras desnudas y degradadas	1
17	Vegetación secundaria o en transición	15

Figura 5. Cantidad de especies amenazadas esperadas por cobertura.

2- Cargando los datos

Se abre la interfaz del programa Qgis, en el cual se carga la capa del mapa de coberturas del municipio nombrado *Coberturas* (Figura 6), luego, se debe cargar la tabla de información *Tabla_RiquezaxCobertura* en la plataforma QGIS y se realizan operaciones de unión para obtener el mapa que muestra la riqueza potencial de las especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos amenazadas en las distintas zonas del municipio.

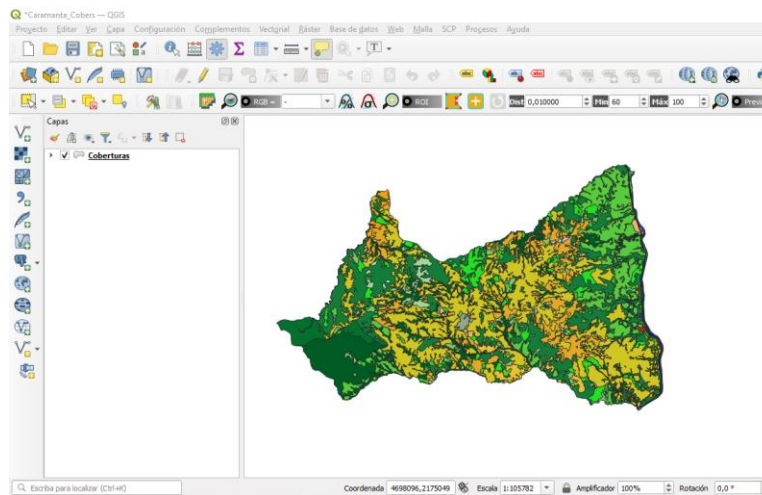


Figura 6. Interfaz inicial del programa QGIS con la capa de coberturas del municipio de Caramanta.

Modelando la conectividad ecológica de las especies amenazadas

El análisis de la conectividad ecológica es una herramienta que se ha desarrollado en el campo de la ecología del paisaje con especial utilidad en materia de conservación de la biodiversidad y la planificación territorial (Fletcher & Fortin, 2018; Gergel & Turner, 2017). Este se realiza a una escala de paisaje, en la cual se identifica qué tanto el paisaje facilita o impide el movimiento de las especies entre parches o fragmentos determinados. La conectividad ecológica, a grandes rasgos, se divide en dos tipos: la conectividad estructural y la conectividad funcional. La primera se refiere a la composición, estructura y configuración del paisaje, es decir, los factores determinantes en este enfoque son la forma, el tamaño y la distancia entre parches o nodos de interés. La segunda está orientada a la funcionalidad ecológica que pueden tener los distintos fragmentos, por ejemplo, qué tan idóneo es el hábitat de un fragmento para que allí permanezca una especie en particular, o qué tanto facilita o impide que una especie determinada pueda moverse a través de este (Keeley et al., 2021; Mimet et al., 2013).

En cuanto a la aplicación de los análisis de conectividad en materia de planificación, ya se han publicado diversas guías metodológicas con distintos grados de complejidad con ejemplos de distintos lugares del mundo (Firehock, 2013; Greenaway, 2016; Hilty et al., 2020). Sin embargo, una guía metodológica sencilla partiendo de un ejemplo de aplicación a una escala local como es el municipio de Caramanta-Antioquia podría ser de especial utilidad para los ejercicios de planificación territorial municipales. Por consiguiente, en el apartado de resultados se mostrará el paso a paso para realizar el análisis de conectividad ecológica con un enfoque estructural, es decir, se modela la conectividad con base en los nodos de interés, sus áreas y las distancias entre ellos. No se considera el enfoque funcional dado que se requieren más datos y capacidad técnica (Mimet et al., 2013, Keeley et al., 2021; Kimberley et al., 2021), lo cual dificulta que sea replicado en los distintos municipios de Colombia, principal motivación de la elaboración de esta monografía.

1- Definición de los nodos de interés

El paisaje, visto desde una postura del análisis de red en cuanto a la conectividad ecológica, consta de nodos y enlaces (Node y Link en Figura 7). Los nodos representan parches de hábitat o poblaciones locales, mientras que los enlaces indican interacciones o dispersiones entre las poblaciones de dos nodos determinados (Gergel & Turner, 2017).

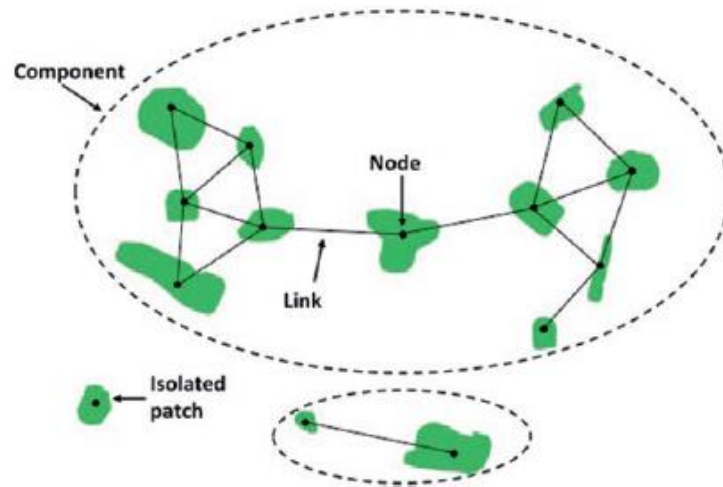


Figura 7. Componentes del paisaje desde una perspectiva de la conectividad ecológica.

Tomado de Gergel & Turner, 2017.

Se hace necesario identificar cuáles son los nodos que se consideran de interés dentro del análisis de conectividad. Estos pueden ser fragmentos de un tipo de vegetación dentro de algún área protegida, algún bosque protegido o incluso los polígonos de una cobertura determinada dentro de un área de interés. Para este caso, se definen los nodos como todos aquellos polígonos que se han identificado en las coberturas de bosque de galería y ripario, bosque denso, bosque fragmentado y vegetación secundaria o en transición, al ser estas las coberturas que potencialmente podrían presentar una mayor cantidad de las especies amenazadas identificadas en los apartados anteriores. Para esto, se debe crear una capa de polígonos llamada “**Red de elementos**” la cual va a contener únicamente los polígonos que pertenecen a las coberturas de interés.

2- Definición de atributos de los nodos de interés

Seguidamente, es necesario definir los atributos del área de cada nodo y la distancia entre cada par de nodos que hacen parte de esta “Red de elementos”, pues son los que se consideran en el análisis de conectividad estructural. Esta definición se hace mediante el uso de las herramientas de QGIS y [R](#) (R Development Core Team, 2021) que se explicarán en detalle en el apartado de resultados.

3- Correr análisis de conectividad estructural

El análisis de conectividad estructural se realizará por medio del Software Conefor 2.6, el cual tiene una interfaz bastante sencilla. En Distancia se debe usar el valor (en metros) del

rango de hogar de la especie o especies de interés en cada caso. Aquí se usarán 100m, siguiendo recomendaciones de un criterio experto, considerando que este puede ser el rango de hogar de muchas de las especies de anfibios amenazados considerados en las especies potenciales, siendo estas las de menor capacidad de movilidad en el paisaje. Es importante tomar en cuenta que entre mayor sea este valor, mayor será la probabilidad de conectar los distintos nodos del paisaje, es decir, que distancias mayores conectarían fragmentos mucho más alejados, lo cual podría aplicar fácilmente para especies de alta movilidad (como mamíferos o aves), pero no para otras como ranas, salamandras y lagartijas.

4- Exportar y visualizar los resultados de análisis de conectividad

Una vez finalizado el análisis, se puede proceder a guardar los resultados de en un archivo que luego será integrado al QGIS para obtener un mapa que representa la importancia relativa de los distintos nodos en la conectividad estructural para las especies amenazadas potencialmente presentes en el municipio.

Capítulo 5

Resultados y Discusión

En este apartado se aplicará la metodología expuesta anteriormente para el caso del municipio de Caramanta-Antioquia. En este municipio potencialmente se pueden encontrar 24 especies de anfibios, reptiles, aves o mamíferos considerados en estas categorías de mayor vulnerabilidad (Tabla 3).

Mapas de coberturas y uso de la tierra

Este mapa del municipio de Caramanta (Figura 3) se generó siguiendo la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia (IDEAM et al., 2008). A partir de estas coberturas se basarán los análisis de las zonas con mayor importancia para la presencia/ausencia de las especies amenazadas, y los posteriores análisis de conectividad ecológica.

Visualizando las zonas de mayor importancia para la presencia/ausencia potencial de las especies amenazadas.

1- Preparando los datos

Para todas las especies resaltadas en materia de vulnerabilidad (Tabla 3), se debe determinar su presencia o ausencia potencial en cada una de las coberturas establecidas en el mapa de cobertura y uso de la tierra (Figura 3). Para esto, se toma como base la *Tabla_RiquezaxCobertura* (Figura 5), la cual se obtuvo de la matriz presentada en la Figura 4.

2- Cargando los datos

Inicialmente, es necesario abrir la interfaz del programa QGIS, en el cual se carga la capa del mapa de coberturas del municipio nombrado *Coberturas* (Figura 6).

Luego, se debe cargar la tabla de información *Tabla_RiquezaxCobertura* en la plataforma QGIS. Para esto, simplemente se puede arrastrar el archivo CSV guardado al panel de capas de la interfaz QGIS (Figura 8).

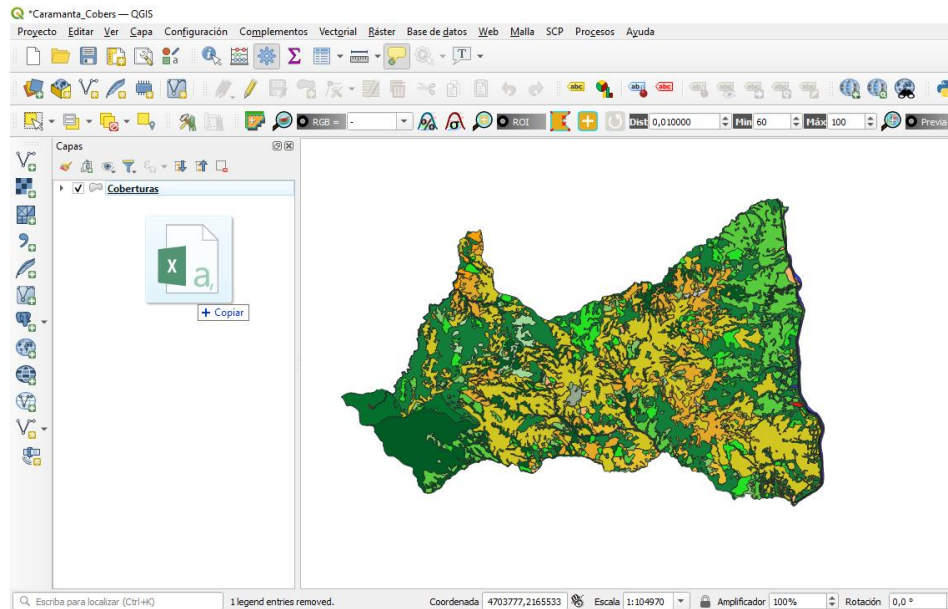


Figura 8. Procedimiento rápido para cargar tabla con información de cantidad de especies amenazadas por cobertura.

Este procedimiento también se puede realizar entrando en el menú “Capa”, donde en el submenú “añadir capa” se selecciona la opción “añadir capa de texto delimitado” (Figura 9).

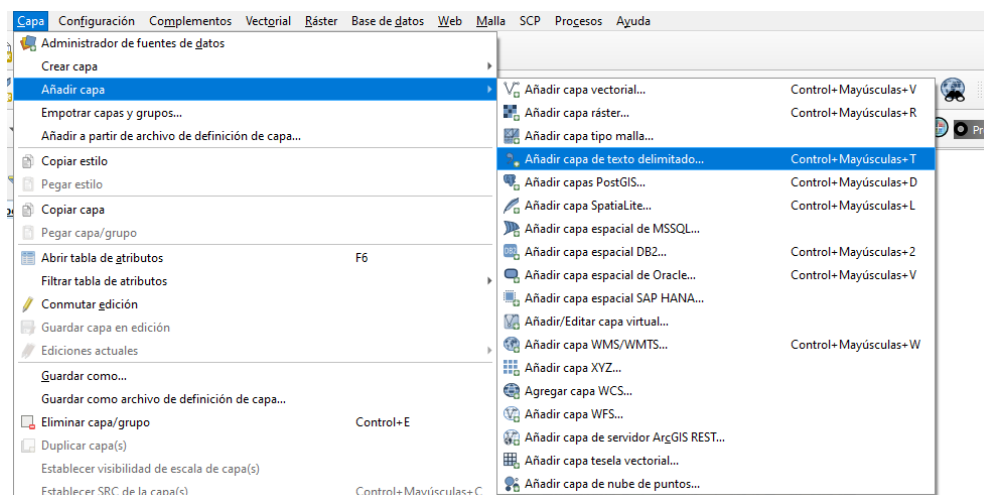


Figura 9. Procedimiento para añadir capa desde texto delimitado.

Luego, se escoge el archivo CSV *Tabla_RiquezaxCobertura* en la carpeta donde se guardó, y en la sección de definición de geometría se especifica que el archivo no tiene ninguna geometría, pues es solo una tabla de atributos (Figura 10).

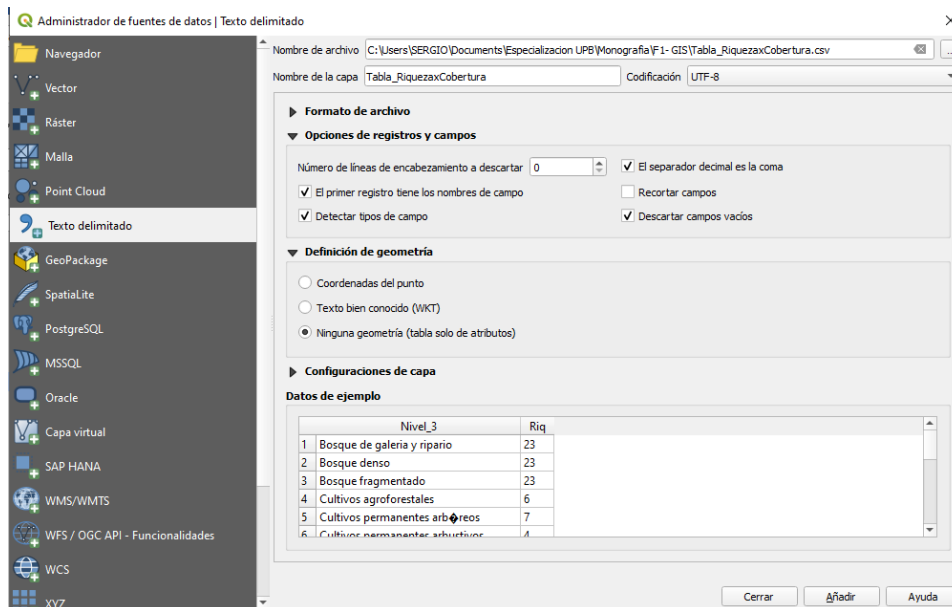


Figura 10. Especificaciones para añadir la tabla con información de cantidad de especies amenazadas por cobertura como una tabla de atributos.

Finalmente, se deben llevar los datos de la cantidad de especies en cada cobertura (*Tabla_RiquezaxCobertura*) a la capa de coberturas (*Coberturas*). Para esto, es necesario abrir las propiedades de la capa de coberturas y posteriormente escoger la opción “Uniones” (Figura 11).

Para esta operación de la unión de las dos tablas es importante que se cumplan los siguientes requisitos:

- Que el título del campo que contiene el nombre de la cobertura sea igual en la capa de coberturas (*Coberturas*) y en la tabla que contiene la cantidad de especies por cobertura (*Tabla_RiquezaxCobertura*). En este caso, ambos tienen por título “Nivel_3”.
- Que en la capa *Coberturas* y en la tabla *Tabla_RiquezaxCobertura*, los nombres de cada cobertura estén escritos de manera idéntica.

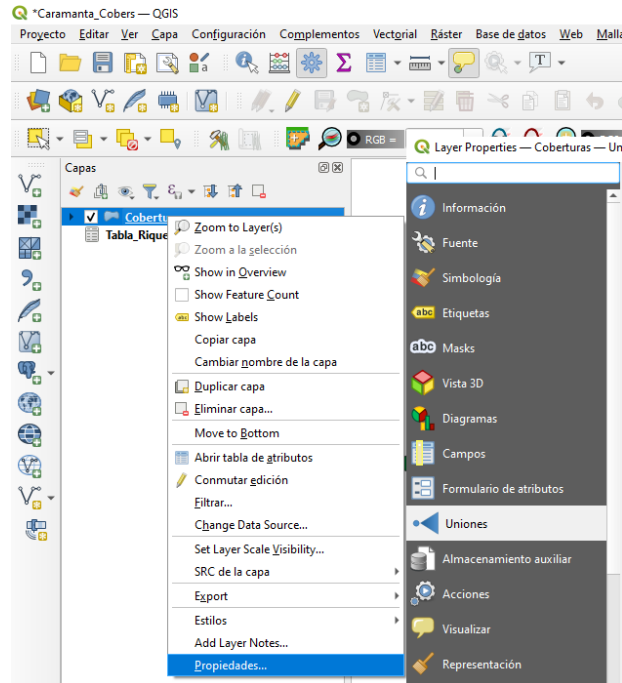


Figura 11. Propiedades de la capa para añadir datos procedentes de otra tabla.

Una vez dentro del menú de Uniones, dar click en añadir unión nueva (+). Luego, en el cuadro que se abre se deben determinar los siguientes valores (Figura 12):

- En unir capa seleccionar la tabla que contiene la cantidad de especies por cobertura (***Tabla_RiquezaxCobertura***).
- En unir campo seleccionar el título que tiene el campo que se quiere emparejar (las coberturas) en la ***Tabla_RiquezaxCobertura***. En este caso sería “Nivel_3”.
- En Campo objetivo se selecciona el título que tiene el campo que se quiere emparejar (las coberturas) en la capa ***Coberturas***. Igualmente sería “Nivel_3”.

Finalmente, se activa la casilla de Joined fields, en el que se escoge el campo del que se extrae el valor de la ***Tabla_RiquezaxCobertura*** para la tabla de atributos de la capa ***Coberturas*** (Figura 12). Para este ejemplo se escoge la “Riqueza”, dar click en aceptar y cerrar las propiedades de la capa.

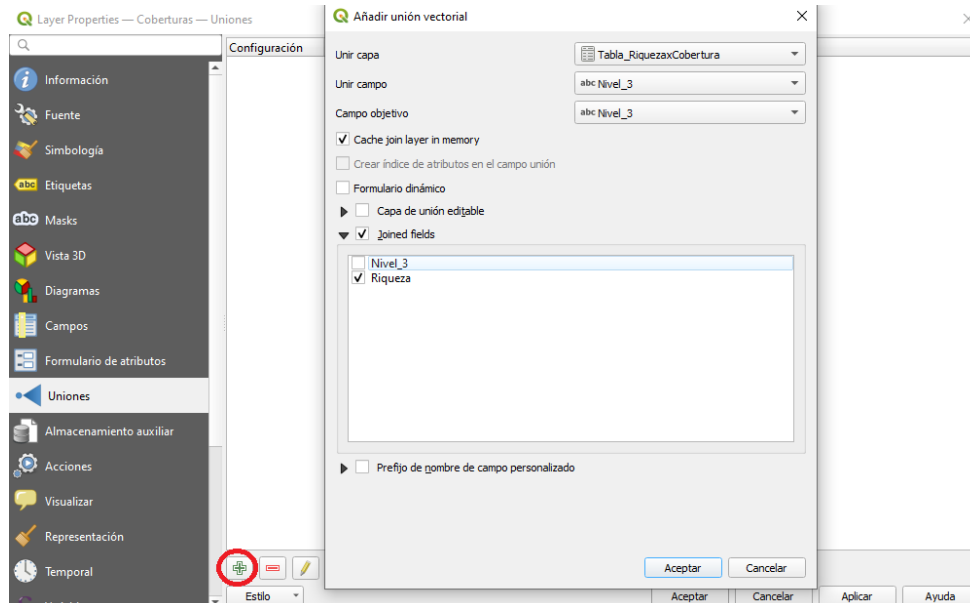


Figura 12. Opciones a elegir para la unión entre la tabla de atributos de cantidad de especies por cobertura con la capa del mapa de coberturas.

3- Visualización

Para lograr una visualización de la riqueza potencial de las especies amenazadas en las distintas coberturas, ingresar a las propiedades de la capa **Coberturas** y realizar los siguientes pasos (Figura 13):

1. Ingresar al menú simbología.
2. En la parte superior derecha desprender la pestaña y escoger la opción categorizado.
3. En el campo de valor seleccionar la opción “Tabla_RiquezaxCobertura_Riq”.
4. Dar click en clasificar, con el fin que aparezcan los distintos valores que toma la variable.
5. Reordenar los valores.
6. Seleccionar rampa de color
7. Dar click en aceptar.

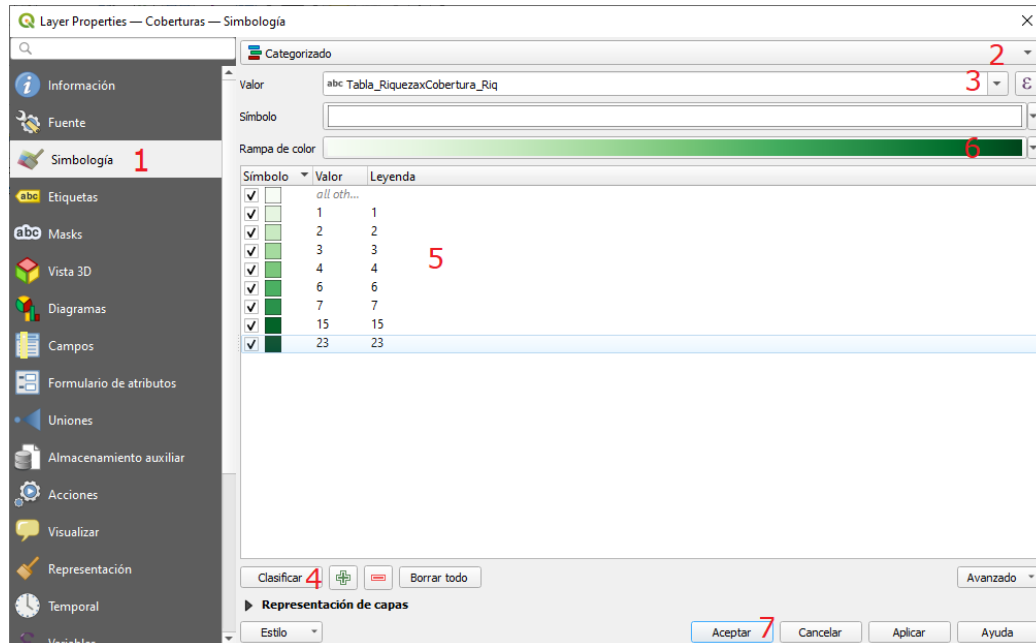


Figura 13. Paso a paso para configurar visualización de la riqueza potencial de especies amenazadas en las distintas coberturas.

Con el paso a paso anterior, se obtiene el mapa que muestra la riqueza potencial de las especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos amenazadas en las distintas zonas del municipio (Figura 14), de acuerdo al mapa de cobertura y uso del suelo.

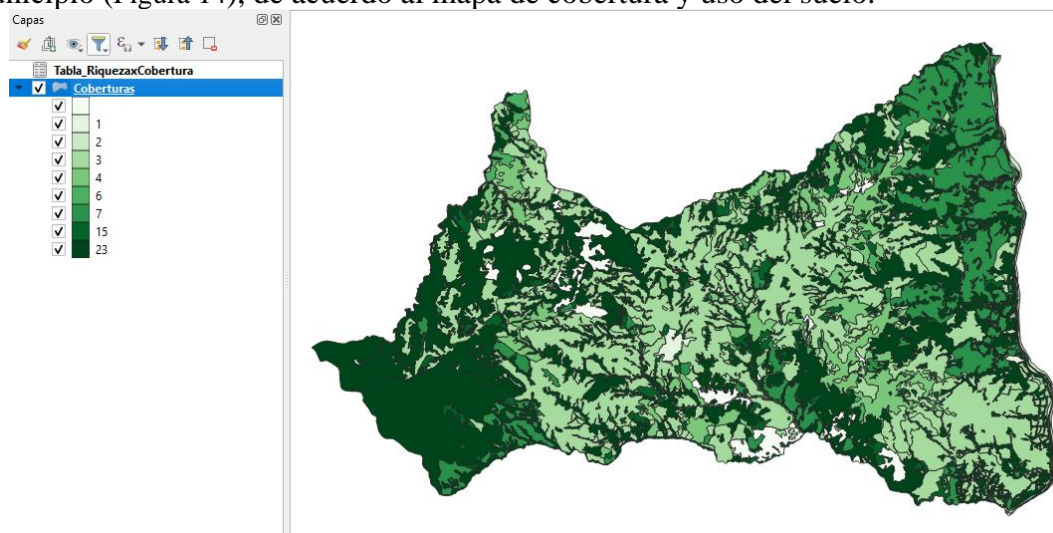


Figura 14. Riqueza potencial de las especies amenazadas en el municipio de Caramanta.

Modelando la conectividad ecológica de las especies amenazadas.

1- Definiendo los nodos de interés

Para este ejemplo, se definen como nodos todos aquellos polígonos que se han identificado en las coberturas de bosque de galería y ripario, bosque denso, bosque fragmentado y vegetación secundaria o en transición, al ser estas las coberturas que potencialmente podrían presentar una mayor cantidad de las especies amenazadas identificadas en los apartados anteriores. Para esto, se debe crear una capa de polígonos llamada “**Red de elementos**” la cual va a contener únicamente los polígonos que pertenecen a las coberturas de interés. El procedimiento que se detalla a continuación.

Primero, se debe cargar el mapa de coberturas y uso de la tierra, en el cual se deben tener discriminadas las distintas coberturas vegetales (Figura 15).

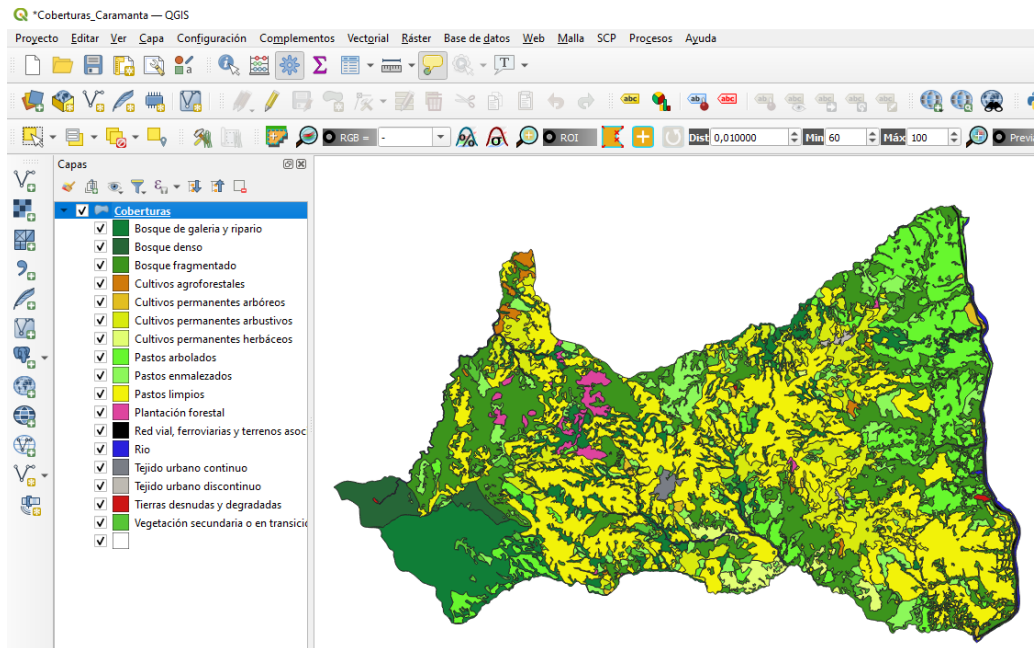


Figura 15. Mapa de cobertura y uso de la tierra con las distintas coberturas discriminadas.

Luego, seleccionar únicamente las coberturas de bosque de galería y ripario, bosque denso, bosque fragmentado y vegetación secundaria o en transición (Figura 16), siendo estas las coberturas a las que pertenecen los nodos que se consideran de interés para las especies amenazadas potencialmente presentes en Caramanta.

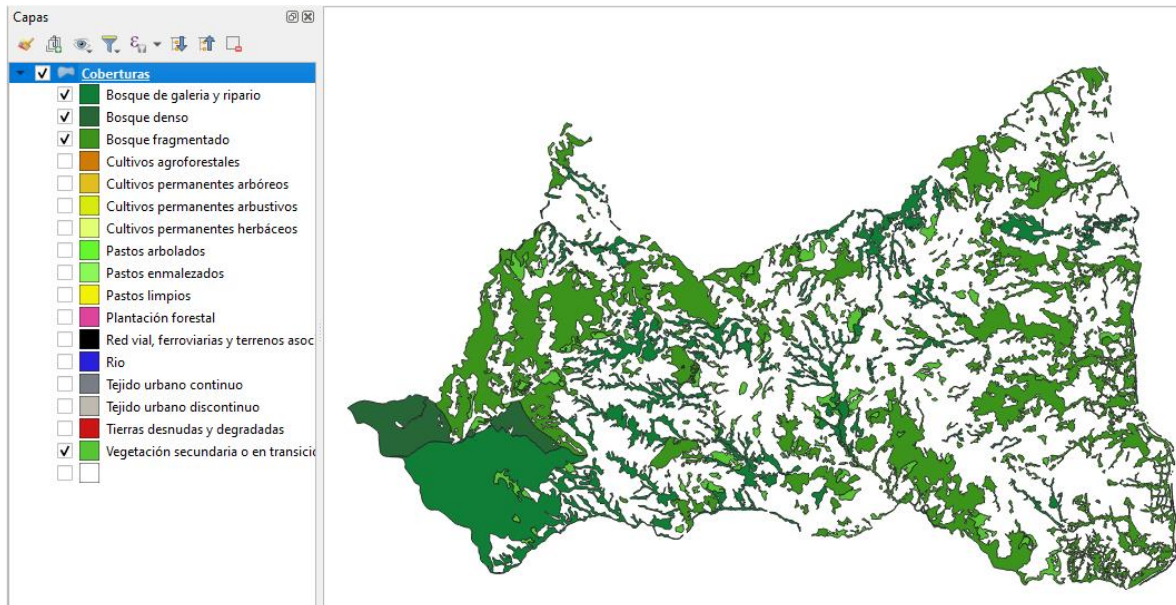


Figura 16. Mapa de cobertura y uso de la tierra con la selección de las coberturas

consideradas de interés como nodos.

Seguidamente, activar la herramienta de selección de objetos y escoger “Seleccionar objeto(s) espacial(es)” (Figura 17).

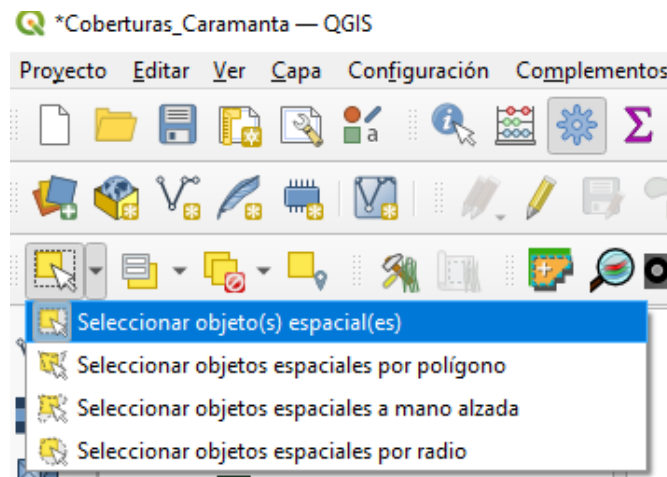


Figura 17. Herramienta de selección de objetos espaciales.

Luego, arrastrar el cursor para seleccionar todos los nodos en el mapa (al quedar seleccionados todos quedan de color amarillo). Posteriormente, ir al menú Editar y dar click en “Copiar objetos espaciales”. Finalmente, ir nuevamente al menú Editar, donde se escoge la opción “Pegar objetos espaciales como” y luego “Capa Borrador Temporal” (Figura 18). Allí, escoger un nombre (en este caso “Pegado”) y dar click en aceptar.

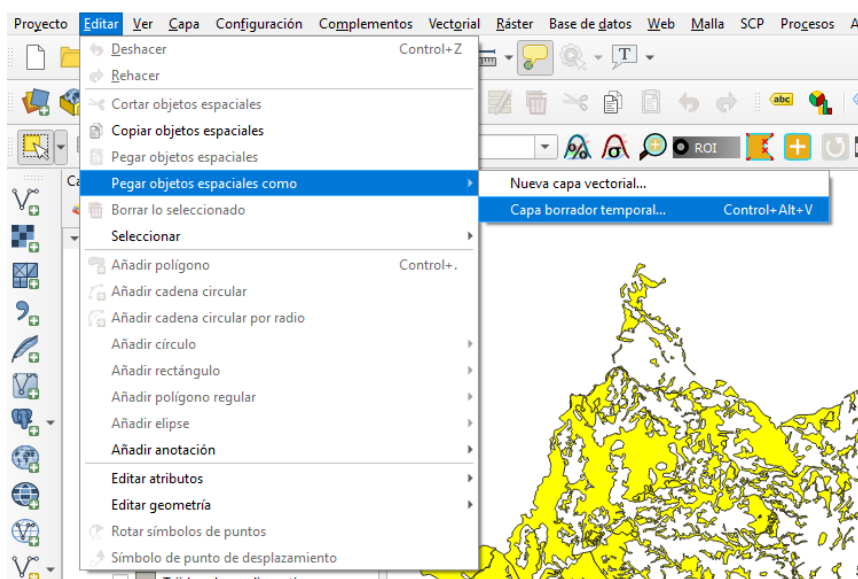


Figura 18. Procedimiento para pegar los objetos espaciales seleccionados y copiados con el fin de crear una nueva capa.

2- Definiendo atributos de los nodos de interés

Seguidamente, es necesario definir los atributos del área de cada nodo y la distancia entre cada par de nodos que hacen parte de esta “Red de elementos”, pues son los que se consideran en el análisis de conectividad estructural. Para esto, se crearán dos archivos, uno que contenga la información del área de cada nodo, y otro con la información de la distancia entre cada par de nodos, procedimiento que se detallará a continuación.

Área de cada nodo:

Inicialmente, se debe crear un identificador para cada uno de los nodos. Para esto, abrir la tabla de atributos de la capa temporal “pegado”. Allí, se accede a la calculadora de campos, en la cual se debe crear un nuevo campo nombrado “id_conn”, el cual va a tener valores igual al número de la fila (@row_number en campo de la expresión) y dar click en aceptar (Figura 19).

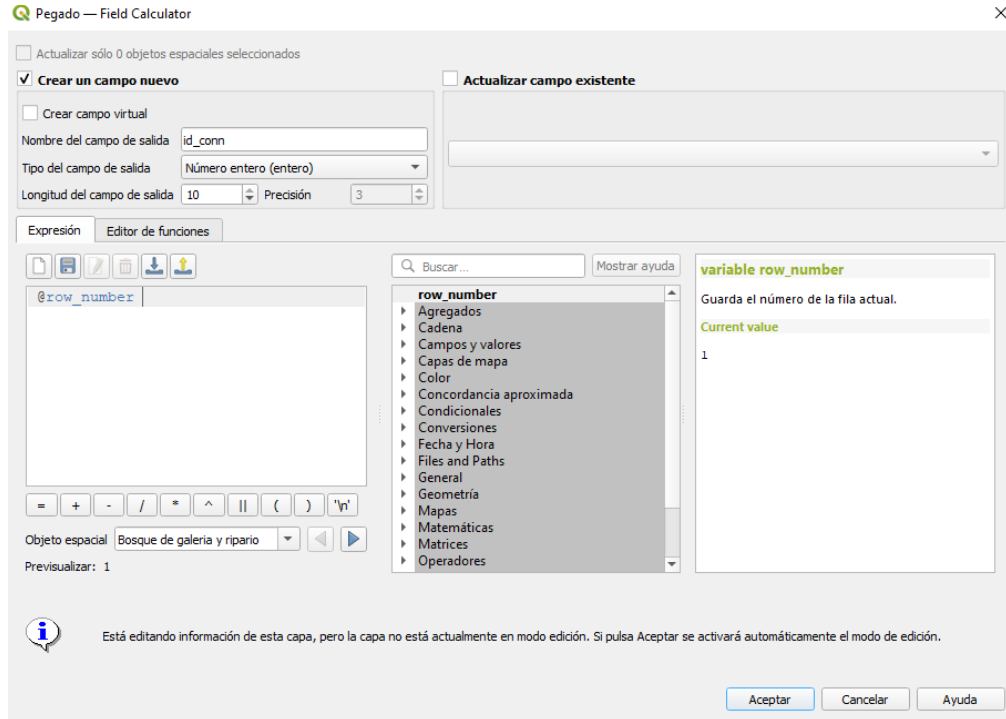


Figura 19. Procedimiento para crear un nuevo campo (columna) en la tabla de atributos de la capa, que contiene un identificador único para cada nodo de la capa.

Luego, se va a crear una columna que incluya la información del área de cada nodo de la capa. Para esto, abrir nuevamente la calculadora de campos y crear un campo llamado “área_m”, donde se debe especificar en tipo de campo de salida que se trata de un número decimal (real), en expresión escribir “\$area”, y dar click en aceptar (Figura 20).

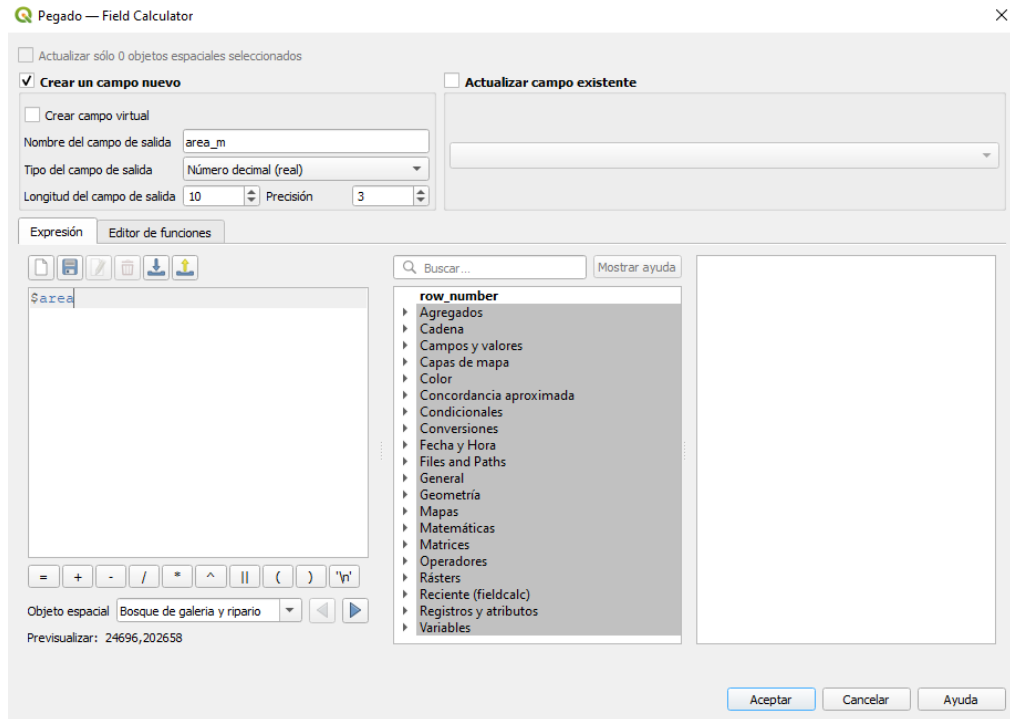


Figura 20. Procedimiento para crear un nuevo campo (columna) en la tabla de atributos de la capa, que contiene el área de cada nodo de la capa.

Posteriormente, con el fin de guardar los cambios realizados sobre la tabla de atributos de esta capa, se debe desactivar el modo edición (1) y dar click en Guardar (2) (Figura 21). Finalmente salir de la tabla de atributos.

Pegado — Features Total: 571, Filtered: 571, Selected: 0

123 OBJECTID = 123

OBJECTID	Nivel_3	UsoSuelo	Area_ha	Shape_Leng	Shape_Area	id_conn	area_m
1	2 Bosque de gale...	Protección	2,47108479177	1250,92691594000	24710,84791770...	1	24696,203
2	3 Bosque de gale...	Protección	1,03768766253	1005,98706837000	10376,87662530...	2	10372,326
3	4 Bosque de gale...	Protección	1,40948982594	1760,40810933000	14094,89825940...	3	14088,226
4	5 Bosque de gale...	Protección	2,75813267469	2228,10125637000	27581,32674690...	4	27566,205
5	6 Bosque de gale...	Protección	4,61726706077	1300,51664255000	46172,67060770...	5	46149,382
6	7 Bosque de gale...	Protección	5,10113296050	4190,21041903000	51011,32960500...	6	50988,591
7	8 Bosque de gale...	Protección	6,16878039383	5278,69408668000	61687,80393830...	7	61671,005
8	9 Bosque de gale...	Protección	0,22779279948	244,61315199000	22779,27994800...	8	22772,326
9	10 Bosque de gale...	Protección	0,29737151297	366,03757440300	29737,15129700...	9	29730,226
10	11 Bosque de gale...	Protección	3,76593260343	1797,70057071000	37659,32603430...	10	37652,205
11	12 Bosque de gale...	Protección	23,81127889450	10339,76297890...	238112,7889450...	11	237981,005
12	13 Bosque de gale...	Protección	2,68786248349	3057,58042663000	26878,62483490...	12	26866,459
13	14 Bosque de gale...	Protección	0,52092502142	643,07296417100	5209,25021420000	13	5206,449

Detener edición

¿Quiere guardar los cambios en la capa Pegado?

Guardar 2 Descartar Cancelar

Figura 21. Procedimiento para guardar los cambios realizados sobre la tabla de atributos de la capa.

El siguiente paso es guardar la capa temporal nombrada “Pegado” en el ordenador. Para esto, desde la interfaz de Qgis, en la capa “Pegado” abrir el menú y escoger la opción “Export” y “Save Feature As” (Figura 22).

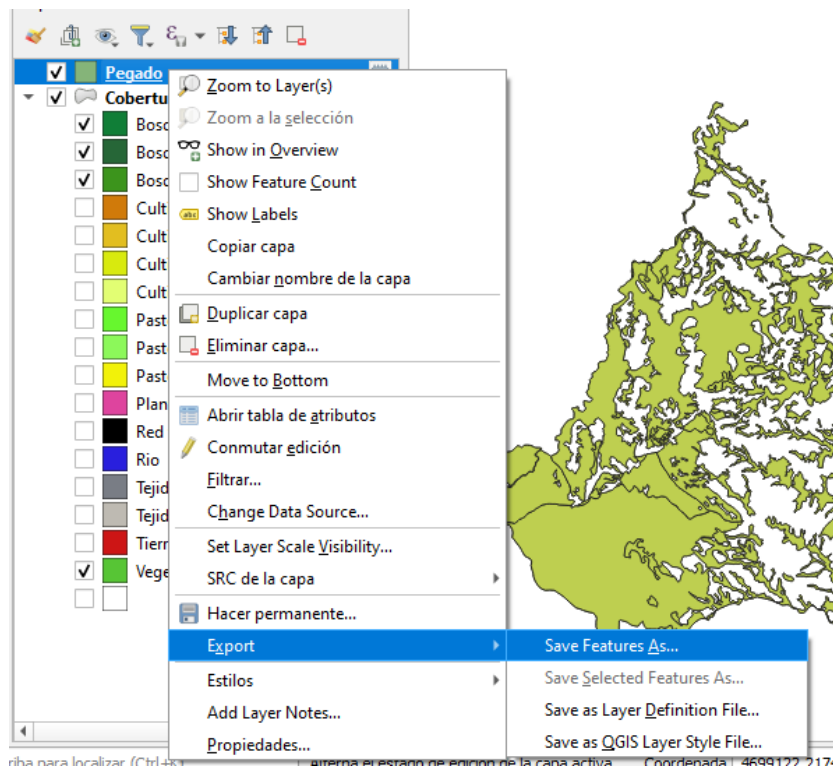


Figura 22. Procedimiento para guardar la capa temporal “Pegado”.

En el cuadro que se abre definir que el archivo tiene un formato “Archivo shape de ESRI”, poner un nombre (para este ejemplo será “Red_elementos_conefor”) y escoger el directorio donde se desea guardar (Figura 23). En este paso la geometría se puede escoger de manera automática, sin embargo, se debe verificar que no se incluya la dimensión z. En caso que así sea, se puede escoger la opción Polígono y desactivar la dimensión Z (Figura 23). Finalmente dar click en aceptar.

Guardar capa vectorial como...

Formato: Archivo shape de ESRI

Nombre de archivo: Red_elementos_conefor

Nombre de la capa:

SRC: ESRI:103599 - MAGNA-SIRGAS_CMT12

Codificación: UTF-8

Guardar sólo los objetos espaciales seleccionados

▶ **Seleccione campos a exportar y sus opciones de exportación**

Persist layer metadata

▼ **Geometría**

Tipo de geometría: Polígono

Forzar multi tipo

Incluir dimensión Z

▶ Extensión (actual: ninguno)

▼ **Opciones de capa**

RESIZE: NO

SHPT:

▶ **Opciones personalizadas**

Añadir archivo guardado al mapa

Aceptar Cancelar Ayuda

Figura 23. Especificaciones para guardar la capa temporal “Pegado”.

A partir de esta capa que contiene el identificador de los nodos de interés y sus áreas, entre otra información incluida anteriormente en la capa, es necesario crear un archivo de notas que incluya únicamente el identificador del nodo y el área de cada nodo. Para esto, abrir el programa Excel, desde el cual con la opción abrir del menú archivo, escogiendo el directorio donde se encuentra la capa guardada, se selecciona el archivo DBF con nombre “Red_elementos_conefor” (Figura 24).

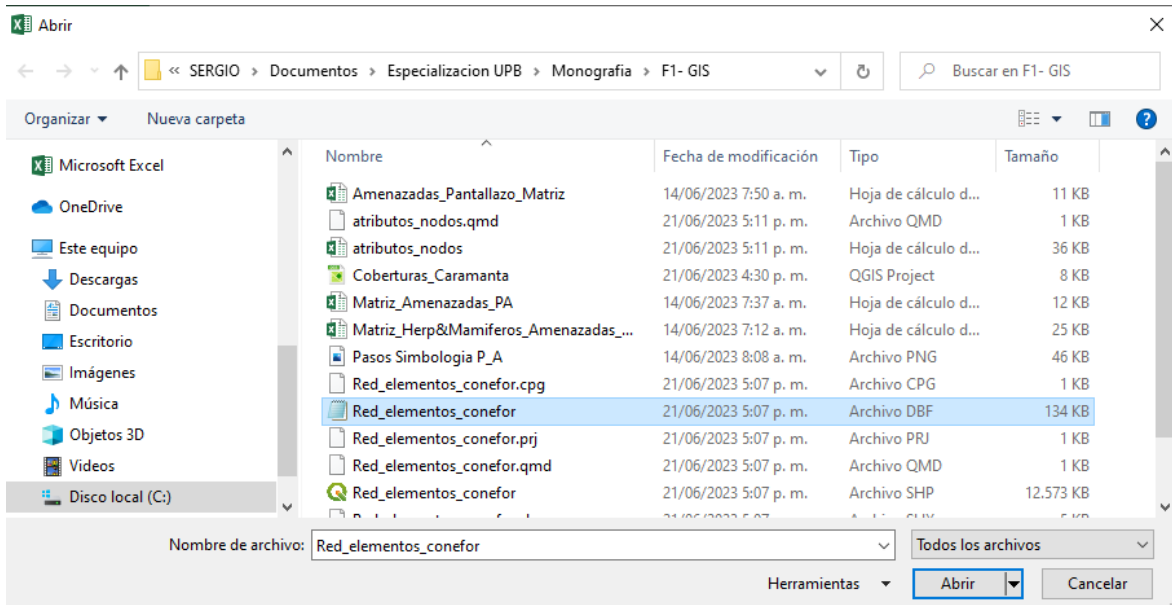


Figura 24. Procedimiento para abrir desde excel la tabla de atributos de la capa

“Red_elementos_conefor”.

Desde este archivo copiar las columnas que incluyen el identificador del nodo y su área (sin incluir el título de la columna) (Figura 25). Estos valores se deben pegar en otro libro de Excel nuevo que se debe guardar como un archivo .TXT nombrado “Nodos_Areas”. En este paso es importante que los separadores decimales sean con punto, pues podrían presentarse errores al correr los análisis posteriores.

id_conn	area_m
1	24696.203
2	10372.326
3	14088.226
4	27566.205
5	46149.382
6	50988.591
7	61660.711
8	2276.681
9	2972.089
10	37637.929
11	237981.005
12	26866.459
13	5206.449
14	18676.479
15	5098.347
16	3883.036

Figura 25. Selección de columnas de interés para crear el archivo de notas con la información de las áreas de cada nodo.

Distancia entre pares de nodos:

Para el atributo de la distancia, se debe crear un archivo que en las dos primeras columnas contiene el identificador de un par de nodos (diferentes) y en la tercera columna la distancia entre estos. Para esto, se puede usar el programa R (para personas no familiarizadas con su interfaz se recomienda usar Rstudio), utilizando el siguiente Script:

```
# instalar paquetes necesarios#
install.packages("remotes")
install.packages("devtools")
install.packages("sf")
install.packages("rgdal")
#Cargar los paquetes#
library(devtools)
library(remotes)
library(sf)
library(sp)
library(rgdal)
#Instalar y cargar paquete Makurhini#
```

```
remotes::install_github("OscarGOGO/Makurhini")
library(Makurhini)
#Definir carpeta de ubicación de archivos#
setwd("C:/Users/xxxxxx")
#Cargar capa de red de elementos#
elementos<-st_read("Red_elementos_conefor.shp")
#Calcular y crear matriz de distancias con makurhini#
distancias<-distancefile(elementos,id="id_conn",type="edge", distance_unit = "m")
#Verificar#
View(distancias)
#Exportar como archivo .txt#
write.table(distancias,file="distancias.txt", sep="\t", row.names = FALSE,
col.names=FALSE)
```

Otra alternativa para calcular distancias entre pares de nodos es por medio de QGIS, para lo cual se pueden seguir estos pasos:

- 1- **Cargar tus datos:** Abre QGIS y carga la capa o capas que contienen los nodos entre los cuales deseas calcular las distancias.
- 2- **Crear una matriz de distancias:** Ve al menú "Procesos" (Processing) y selecciona "Herramientas de análisis vectorial". Luego, elige "Matriz de distancias" (Distance Matrix).
- 3- **Configurar la matriz de distancias:**

En la capa de origen (Source layer), selecciona la capa que contiene tus nodos.

En la capa de destino (Target layer), selecciona la misma capa o una diferente según tus necesidades.

Puedes especificar el campo de ID si tus nodos tienen un atributo que los identifica. Elige la unidad de medida que deseas para las distancias (por ejemplo, metros o kilómetros).

Especifica una ubicación de archivo de salida para guardar los resultados.

- 4- **Ejecutar el proceso:** Haz clic en "Ejecutar" o "Aceptar" para calcular las distancias entre los pares de nodos. Dependiendo de la cantidad de datos, esto puede llevar algo de tiempo.
- 5- **Revisar los resultados:** Una vez que se complete el proceso, podrás abrir la tabla de resultados para ver las distancias entre los pares de nodos.

Estos pasos te permitirán calcular las distancias entre los nodos de tu capa en QGIS.

Recuerda que la disponibilidad de algunas funciones y la interfaz pueden variar según la versión de

3- Correr análisis de conectividad estructural

Partiendo la interfaz del Software Conefor, seleccionar el archivo de los nodos “**Nodos_Areas**” en el campo nombrado “Node File”, el archivo de distancias entre los nodos “**distancias**” en el campo nombrado “Connection file” y posteriormente activar todos los índices de conectividad y de probabilidad que consideremos (Figura 26).

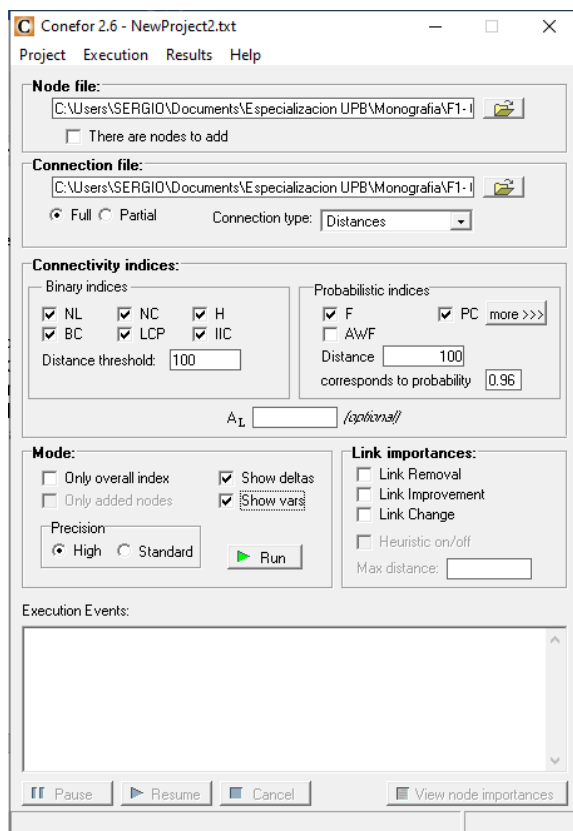


Figura 26. Especificaciones para correr el análisis de conectividad estructural por medio del software Conefor 2.6

En Distancia se debe usar el valor (en metros) del rango de hogar de la especie o especies de interés en cada caso. Para el caso de este ejemplo se usarán 100m, como ya se explicó anteriormente siguiendo recomendaciones de un criterio experto, considerando que este puede ser el rango de hogar de muchas de las especies de anfibios amenazados considerados en las especies potenciales, siendo estas las de menor capacidad de movilidad en el paisaje. Luego, dar click en Run (Figura 26).

Exportar resultados de análisis de conectividad

Una vez finalizado el análisis, se puede proceder a guardar los resultados de este. Para esto, simplemente entrar en el menú Results, en la opción node importances y allí seleccionar Save as txt file (Figura 27), lo que permitirá crear un archivo de notas con los datos de la importancia de cada nodo en la conectividad estructural (nombrado genéricamente node_importances). Este archivo contiene varias columnas, entre las cuales nos va a interesar el valor de dPC.

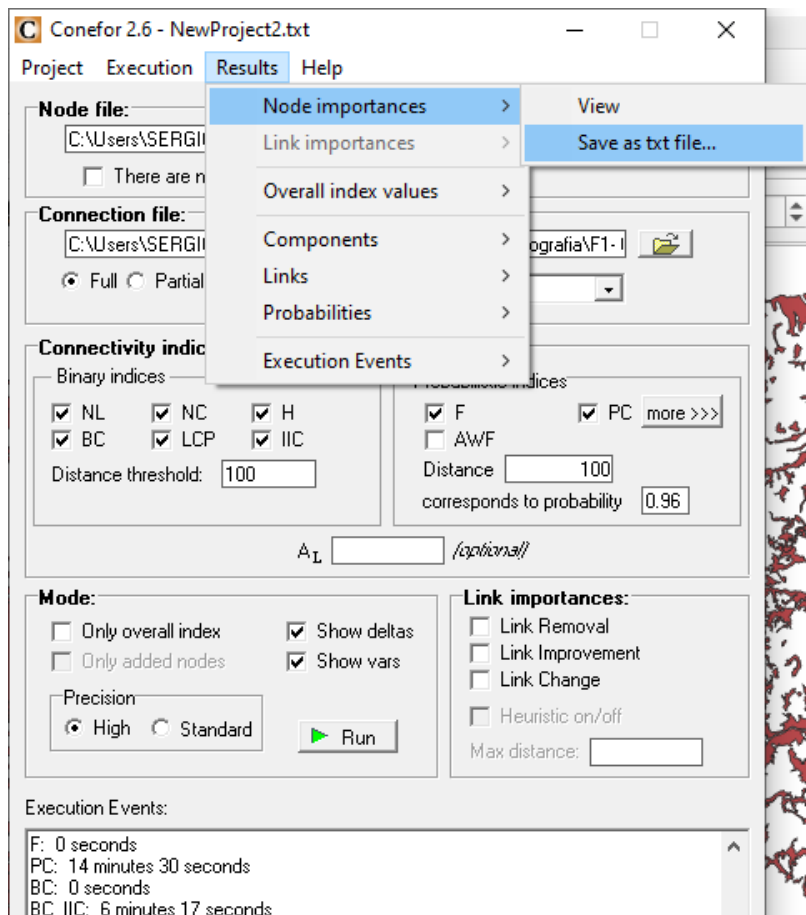
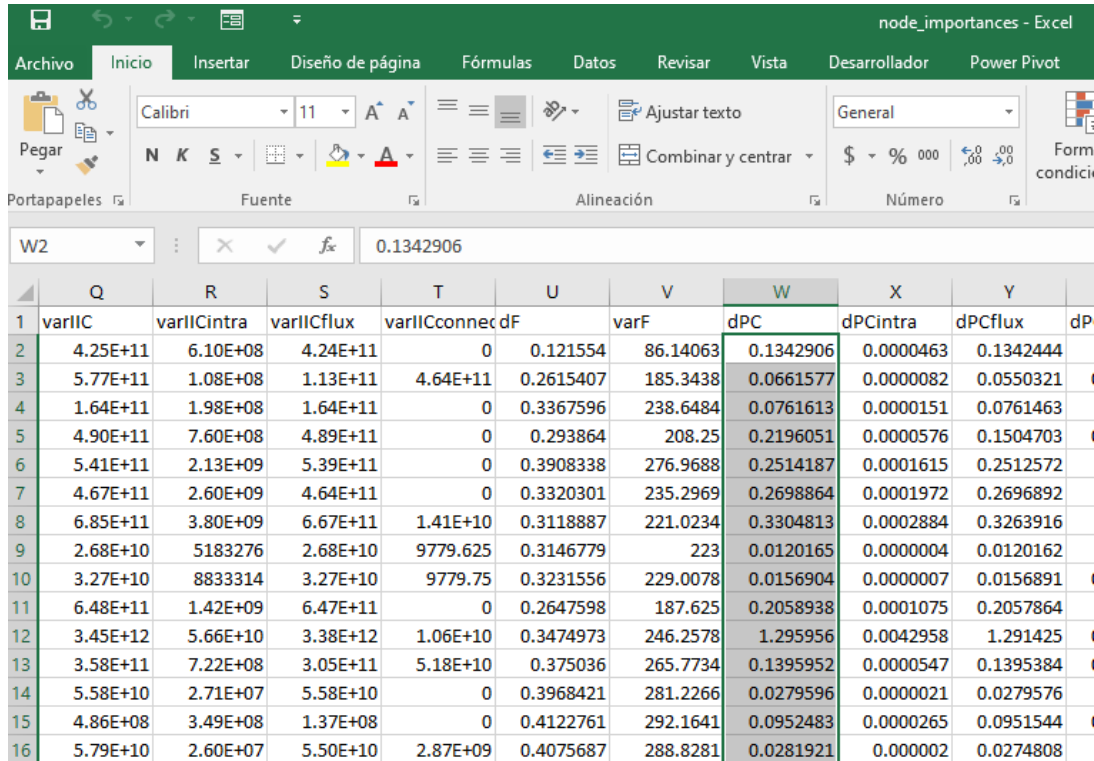


Figura 27. Procedimiento para guardar los resultados del análisis de conectividad con CONEFOR.

Visualizar los resultados de análisis de conectividad

Para este procedimiento es necesario que el valor del índice de importancia relativa de cada nodo (dPC), guardado anteriormente en un archivo de notas "node_importances", se añada en la tabla de atributos de la capa. Para esto, es necesario abrir el archivo

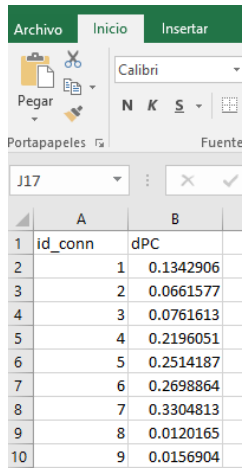
“node_importances” en un libro de excel, desde el cual se tomarán los valores de la columna dPC (Figura 28).



	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
1	varIIC	varIICintra	varIICflux	varIICconne	dF	varF	dPC	dPCintra	dPCflux	dPC
2	4.25E+11	6.10E+08	4.24E+11	0	0.121554	86.14063	0.1342906	0.0000463	0.1342444	
3	5.77E+11	1.08E+08	1.13E+11	4.64E+11	0.2615407	185.3438	0.0661577	0.0000082	0.0550321	
4	1.64E+11	1.98E+08	1.64E+11	0	0.3367596	238.6484	0.0761613	0.0000151	0.0761463	
5	4.90E+11	7.60E+08	4.89E+11	0	0.293864	208.25	0.2196051	0.0000576	0.1504703	
6	5.41E+11	2.13E+09	5.39E+11	0	0.3908338	276.9688	0.2514187	0.0001615	0.2512572	
7	4.67E+11	2.60E+09	4.64E+11	0	0.3320301	235.2969	0.2698864	0.0001972	0.2696892	
8	6.85E+11	3.80E+09	6.67E+11	1.41E+10	0.3118887	221.0234	0.3304813	0.0002884	0.3263916	
9	2.68E+10	5183276	2.68E+10	9779.625	0.3146779	223	0.0120165	0.0000004	0.0120162	
10	3.27E+10	8833314	3.27E+10	9779.75	0.3231556	229.0078	0.0156904	0.0000007	0.0156891	
11	6.48E+11	1.42E+09	6.47E+11	0	0.2647598	187.625	0.2058938	0.0001075	0.2057864	
12	3.45E+12	5.66E+10	3.38E+12	1.06E+10	0.3474973	246.2578	1.295956	0.0042958	1.291425	
13	3.58E+11	7.22E+08	3.05E+11	5.18E+10	0.375036	265.7734	0.1395952	0.0000547	0.1395384	
14	5.58E+10	2.71E+07	5.58E+10	0	0.3968421	281.2266	0.0279596	0.0000021	0.0279576	
15	4.86E+08	3.49E+08	1.37E+08	0	0.4122761	292.1641	0.0952483	0.0000265	0.0951544	
16	5.79E+10	2.60E+07	5.50E+10	2.87E+09	0.4075687	288.8281	0.0281921	0.0000002	0.0274808	

Figura 28. Valores de importancia relativa de cada nodo en la conectividad estructural.

Con estos valores, crear un nuevo libro de excel en el que la primera columna se nombre “id_conn” (mismo nombre de campo para el identificador de nodo en la tabla de atributos de la capa “Red_elementos_conefor”) y la segunda columna se nombre “dPC” y contenga los valores del índice calculado (Figura 29). Finalmente, guardamos el archivo como un CSV delimitados con comas (nombrado dPC).



	A	B
1	id_conn	dPC
2		1 0.1342906
3		2 0.0661577
4		3 0.0761613
5		4 0.2196051
6		5 0.2514187
7		6 0.2698864
8		7 0.3304813
9		8 0.0120165
10		9 0.0156904

Figura 29. Estructura de libro de Excel que debe crearse para importar datos de la importancia relativa de cada nodo a la capa de la red de elementos en Qgis.

El archivo dPC.CSV se arrastra a la interfaz de Qgis donde se tiene cargada la capa “Red_elementos_conefor”. Seguidamente, abrir las propiedades de la capa “Red_elementos_conefor”, abrir el menú Uniones y realizar los siguientes pasos (Figura 30):

- 1- Dar click en añadir unión nueva (+).
- 2- En unir capa seleccionar la tabla que contiene los valores de importancia relativa de cada nodo. Es este caso es “**dPC.CSV**”.
- 3- En unir campo seleccionar el título que tiene el campo que se quiere emparejar (número de nodo) en la tabla dPC. En este caso sería “**id_conn**”.
- 4- En Campo objetivo se selecciona el título que tiene el campo que se quiere emparejar (número de nodo) en la capa “Red_elementos_conefor”. Igualmente sería “**id_conn**”.
- 5- Se activa la casilla de Joined fields.
- 6- Se escoge el campo del que se extrae el valor de la **dPC.CSV** para la tabla de atributos de la capa **Red_elementos_conefor**. Para este ejemplo se escoge la “dPC”.
- 7- Dar click en aceptar y cerrar las propiedades de la capa.

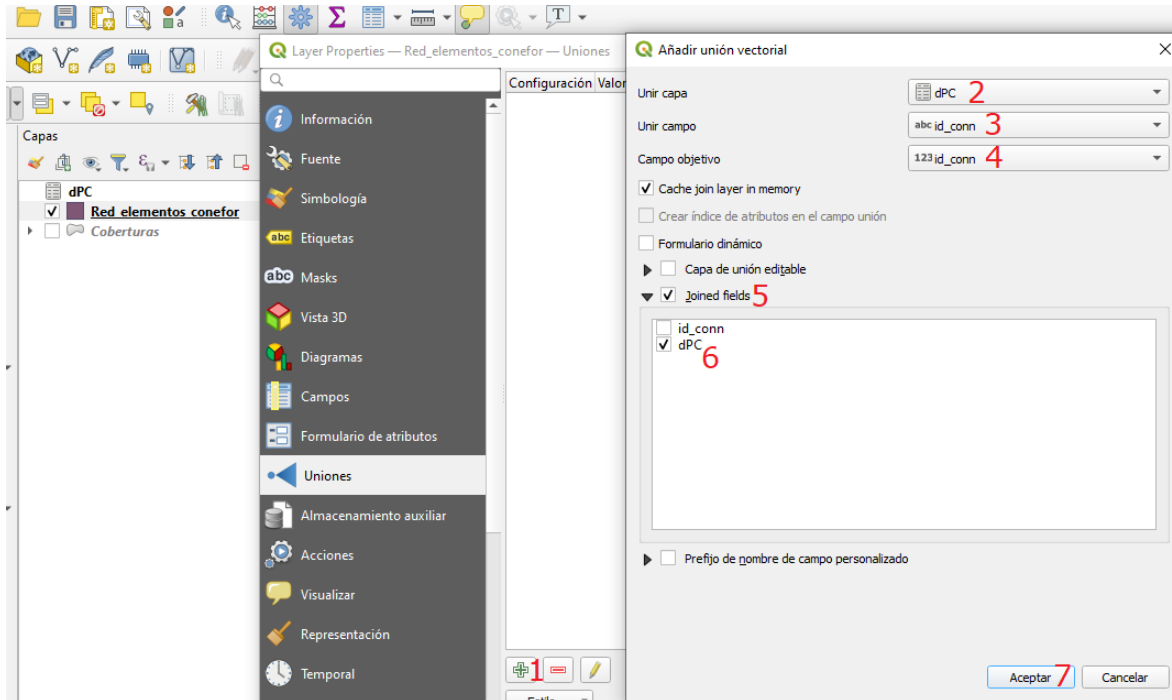


Figura 30. Pasos para unir la información de importancia relativa de cada nodo a la capa de Red de Elementos.

El procedimiento anterior genera un nuevo campo con la información del dPC, sin embargo, esta variable no suele resultar ser considerada como numérica. Para solucionar esto, es necesario acceder a la tabla de atributos de la capa “Red_elementos_conefor”, abrir la calculadora de campos y crear un nuevo campo (esta vez numérico), el cual determinamos su nombre como “dPC”, tipo de campo se define como “Número decimal (real)”, la precisión representa la cantidad de decimales deseados (7), y en la expresión especificar el título del campo que tiene el valor del dPC posterior a la unión (paso anterior), que en este caso es dPC_dPC (Figura 31). Por último, dar click en aceptar y salir del modo edición con el fin de guardar los cambios generados.

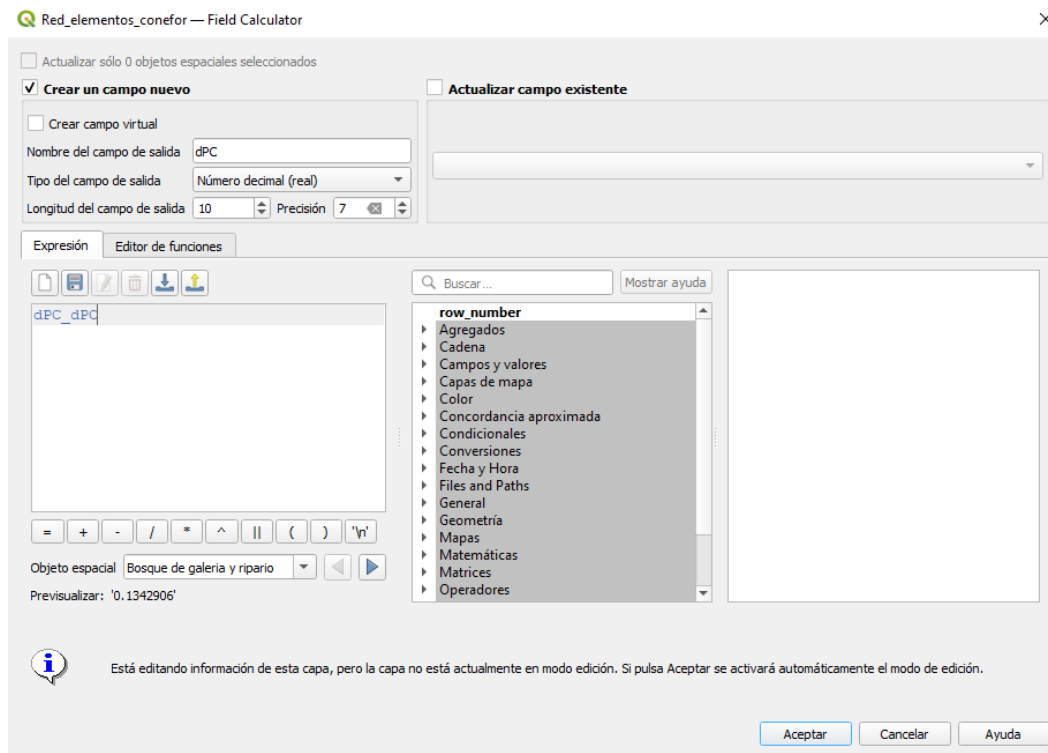


Figura 31. Procedimiento para crear un nuevo campo con el valor de dPC considerado como numérico a partir de la calculadora de campos.

Ahora, es necesario abrir las propiedades de la capa “Red_elementos_conefor” y realizar los siguientes pasos (Figura 32).

- 1- Escoger que va a ser una simbología graduada.
- 2- Determinar que el valor que se va a considerar para visualizar es el dPC.
- 3- Dar click en clasificar, con el fin que aparezcan los distintos valores en los intervalos que toma la variable.
- 4- Determinar que el modo de clasificar los valores sea con intervalos que tengan igual diferencia en la variable.
- 5- Seleccionar una rampa de valores.
- 6- Dar click en aceptar.

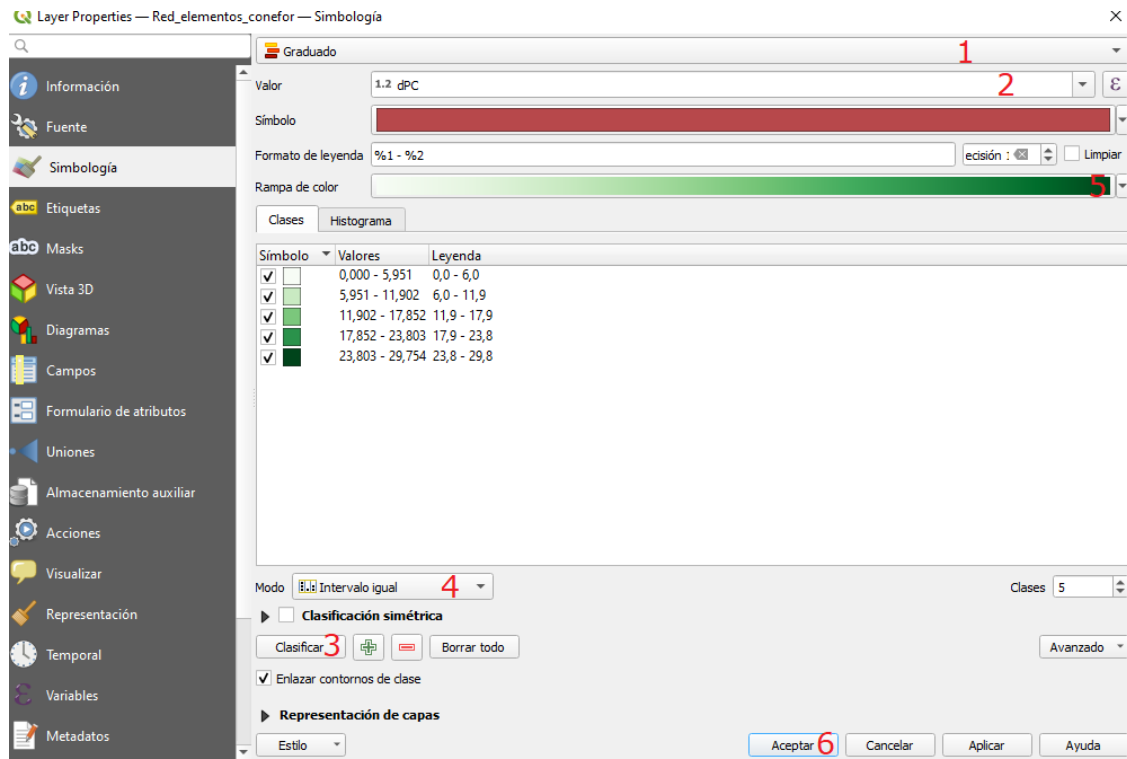


Figura 32. Procedimiento para establecer la simbología que permite visibilizar diferencias en la importancia de los nodos en la conectividad estructural.

Este procedimiento permite obtener un mapa que representa la importancia relativa de los distintos fragmentos de bosque y vegetación secundaria del municipio de Caramanta en la conectividad estructural para las especies amenazadas potencialmente presentes en el municipio (Figura 33). Allí, los fragmentos con verde más oscuro representan las zonas con mayor importancia en este aspecto y los de verde más claro los de menor importancia.

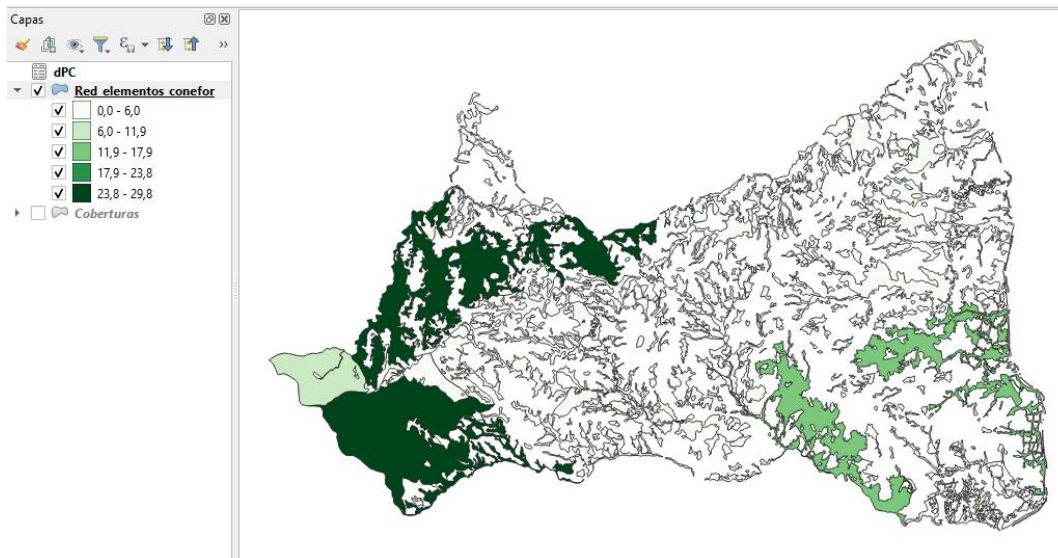


Figura 33. Mapa del municipio de Caramanta con la importancia relativa de los fragmentos de bosque y vegetación secundaria en materia de conectividad estructural para las especies amenazadas potencialmente presentes en el municipio.

Capítulo 6

Conclusiones

El desarrollo metodológico de esta monografía permite obtener dos resultados principales. Por una parte, un mapa que representa la riqueza potencial de las especies amenazadas que podrían encontrarse en cualquier municipio, de acuerdo a las coberturas del suelo y uso de la tierra que se tienen, considerando los hábitats en los que suelen encontrarse estas especies amenazadas (Figura 34 izquierda). Por otra parte, un mapa que representa cuales son las zonas que tienen una mayor importancia en la conectividad estructural para las especies amenazadas potencialmente presentes en el municipio (Figura 34 derecha).

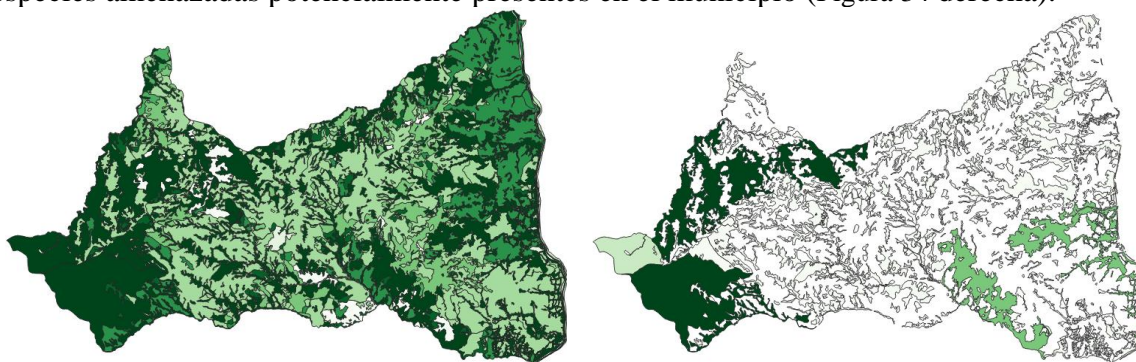


Figura 34. Resultados del procedimiento detallado en el desarrollo metodológico.

Izquierda: Mapa de la riqueza potencial de las especies amenazadas en el municipio de Caramanta (verde más oscuro para áreas con mayor riqueza potencial); Derecha: Mapa que representa las áreas con mayor importancia para la conectividad estructural de las especies amenazadas potencialmente presentes en el municipio de Caramanta (verde más oscuro para zonas con mayor importancia).

Esta monografía presenta un marco metodológico que permite usar información secundaria con miras a identificar las zonas más importantes para las especies amenazadas potencialmente presentes en un municipio, aportando un protocolo sencillo que es fácil de replicar, en el que se usan los sistemas de información geográfica y otros programas de uso libre y gratuito. Además, presenta el estado del arte sobre las consideraciones y metodologías que se usan a una escala internacional y nacional para la determinación de áreas prioritarias para la conservación.

Capítulo 7

Recomendaciones, limitaciones y trabajos futuros

Este trabajo requiere el uso de programas como R, CONEFOR y de herramientas SIG (en este caso QGIS), que en ocasiones podría limitar su aplicación dada la poca familiarización que se puede tener por alguno o varios de estos. Sin embargo, el desarrollo metodológico se plantea de una manera sencilla y detallada, con herramientas al alcance de cualquier profesional, esperando que esto pueda facilitar su replicación en los ejercicios de ordenamiento territorial municipal, proceso para el cual muchos municipios cuentan con recursos económicos y técnicos algo limitados.

Es importante considerar que la biodiversidad no se limita únicamente a riqueza de especies presente en un área en particular, sino que esta también puede incluir genotipos, grupos funcionales, comunidades, hábitats y ecosistemas. En consecuencia, la relación entre biodiversidad y uso de la tierra puede tener un sentido muy amplio, complejo y altamente dependiente del contexto (Haines-Young, 2009).

Este ejercicio se realiza con especies potencialmente presentes, siendo común que muchos municipios dentro de su jurisdicción pueden tener pocos registros biológicos, una curaduría de estos, o inventarios actualizados o relativamente completos de las especies con que cuentan. Por ende, puede ser bastante útil que durante la fase de diagnóstico del ejercicio de ordenamiento territorial se procure confirmar la presencia de las especies amenazadas, o incluso se puede considerar en la fase de formulación, programas o proyectos que lleven a cabo la validación de la presencia de las especies amenazadas, con miras a generar planes y programas más acordes a la realidad de cada municipio y sus especies amenazadas.

El ejercicio que se plantea acá se limita a una conservación de la biodiversidad en materia de riqueza de especies (en este caso amenazadas), siendo algo incipiente que espera ayudar a avanzar unos pasos, pero es necesario proponer procedimientos que permitan incluir las otras dimensiones de la biodiversidad en el ordenamiento territorial, con todas las complejidades que ello implica. Por ejemplo: la diversidad genética, relaciones de interdependencia entre las especies o grupos de especies (mutualismos, antagonismos, etc), e incluso se puede plantear trabajar con especies que brinden servicios ecosistémicos que se consideren importantes, escalando incluso a un modelamiento de nicho que considere no solo los lugares donde potencialmente podría estar estas especies, sino que evalúen su resiliencia y respuesta al cambio climático.

Los colegios e instituciones de educación superior ubicadas en los municipios pueden tomar esta metodología y realizar en el marco de sus PRAE (Proyectos Ambientales Escolares) o PRAU (Proyectos Ambientales Universitarios) contemplados en la Ley 1549 de 2012, el levantamiento de información necesario para construir los mapas acá expuestos y disponerlos como información de base para la generación de los planes de ordenamiento territorial, aportando a la construcción de datos e información sobre la biodiversidad presente en sus territorios y el establecimiento de áreas para su conservación.

Aclaración final:

El documento que se presenta en este trabajo corresponde únicamente a un paso a paso que se propone como una metodología que se considera válida para definir zonas prioritarias de conservación para las especies amenazadas en los ejercicios de ordenamiento territorial municipales. Por ende, no se aportan las bases de datos usadas para su aplicación, las capas geográficas (SHP) del mapa de coberturas o demás insumos usados para llevar a cabo los distintos pasos, debido a que estos corresponden a propiedad intelectual del municipio que se consideró en esta aplicación, o de la empresa consultora que ejecutó el contrato. Cualquier duda, comentario, sugerencia o demás discusión al respecto de la aplicación de esta propuesta metodológica puede comunicarla al correo sergioama123@gmail.com.

Capítulo 8

Lista de Referencias

- Acosta-Galvis, A. R. (2023). Lista de los Anfibios de Colombia. Lista de los Anfibios de Colombia: Referencia en línea V13.2023. <https://www.batrachia.com>
- Arrivillaga, A. & Windevoxhel, N. (2008). Evaluación ecorregional del arrecife mesoamericano: Plan de conservación marina. The Nature Conservancy. Guatemala, Guatemala. 30 p.
- Audubon, & Cornell Lab of Ornithology. (2023). eBird. eBird. <https://ebird.org/explore>
- Baptiste-Ballera, L. G., & Rincón, S. A. (2006). Elementos para la incorporación de la Biodiversidad en los Planes y Esquemas de Ordenamiento Territorial. En *instname:Universidad de los Andes*. Imprenta Nacional de Colombia.
- Benegas, L. & León, J. (2009). Criterios para priorizar áreas de intervención en cuencas hidrográficas: La experiencia del programa Focucenas II. Serie Técnica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. Informe Técnico No. 378. 52 p.
- Bertzky, M., C. Ravilious, A. L. Araujo N., V. Kapos, D. Carrión, M. Chú & Dickson, B. (2011). Carbono, biodiversidad y servicios ecosistémicos: Explorando los beneficios múltiples. Ecuador. United Nations Environment Programme-World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC). Cambridge, UK. 24 p.
- Brugiere, D., & Kormos, R. (2009). Review of the protected area network in Guinea, West Africa, and recommendations for new sites for biodiversity conservation. *Biodiversity and Conservation*, 18, 847—68.
- Bruggeman, D., Meyfroidt, P., & Lambin, E. F. (2018). Impact of land-use zoning for forest protection and production on forest cover changes in Bhutan. *Applied Geography*, 96, 153-165.
- Carranza, T., Balmford, A., Kapos, V., & Manica, A. (2014). Protected area effectiveness in reducing conversion in a rapidly vanishing ecosystem: The Brazilian Cerrado. *Conservation Letters*, 7(3), 216-223.
- Centro Latinoamericano Para el Desarrollo Rural- RIMISP. (2017). Manual Plan de Ordenamiento Departamental- POD Moderno (p. 223). www.rimisp.org
- Chávez-González, H., González-Guillén, M. J., & Hernández-de la Rosa, P. (2014). Metodologías para identificar áreas prioritarias para conservación de ecosistemas naturales. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6 (27), 8–23.

- Chávez, C. & Ceballos, G. (2006). *Memorias del Primer Simposio. El Jaguar Mexicano en el Siglo XXI: Situación Actual y Manejo*. CONABIO-Alianza WWF Telcel-Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp)-The Nature Conservancy (TNC)- Pronatura-Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León (FCFUANL). (2007). *Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad terrestre de México: Espacios y especies*. Talleres Gráficos de México, México, D.F., México. 128 p.
- Comité de Estándares y Apelaciones de KBA de IUCN CSE/CMAP. (2023). *Directrices para el uso de un Estándar global para la identificación de Áreas Clave para la Biodiversidad: Versión 1.2 (1.2)*. UICN, Gland, Suiza. <https://portals.iucn.org/library/node/50686>
- Congreso de Colombia. (1978). *Ley 61 de 1978- Ley Orgánica del Desarrollo Urbano*.
- Congreso de Colombia. (1997). *Ley 388 de 1997 (p. 49)*.
- Congreso de Colombia. (2011). *Ley 1454 de 2011*.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social -CONPES. (2016). *Programa Nacional para la Formulación y Actualización de Planes de Ordenamiento Territorial: POT Modernos*. En Consejo Nacional de Política Económica y Social República De Colombia. Departamento Nacional De Planeación (DNP). Consejo Nacional de Política Económica y Social República De Colombia. Departamento Nacional De Planeación (DNP).
- Costedoat, S., Corbera, E., Ezzine-de-Blas, D., Honey-Rosés, J., Baylis, K., & Castillo-Santiago, M. A. (2015). *How effective are biodiversity conservation payments in Mexico?* PloS one, 10(3), e0119881.
- Departamento Administrativo de la Gestión Pública. (2015). *Decreto 1076 de 2015 Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. (2015). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>
- Departamento Nacional de Planeación-DNP. (2020). *Política general de ordenamiento territorial - PGOT- documento marco*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Territorial/ANEXO%201%20-%20DOCUMENTO%20MARCO%20-%20PGOT.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación- DNP. (2021). *Informe del estado de avance del ordenamiento territorial en Colombia 2018-2021*.
- Dirección de Desarrollo Territorial, & Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2005). *Guía Metodológica para Incorporar de la Prevención y la Reducción de Riesgos en*

los Procesos de Ordenamiento Territorial. En Panamericana Formas e Impresos S.A.

- Dudley, N., Jonas, H., Nelson, F., Parrish, J., Pyhälä, A., Stolton, S., & Watson, J. E. (2018). The essential role of other effective area-based conservation measures in achieving big bold conservation targets. *Global ecology and conservation*, 15, e00424.
- Eastman, J. R. (2006). *IDRISI Andes. Guide to GIS and image processing*. Clark University Worcester. Main St. Worcester, MA, USA. 328 p.
- Escalante E., T. (2003). Determinación de prioridades en las áreas de conservación para los mamíferos terrestres de México, empleando criterios biogeográficos. *Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología*, 74 (2), 211-237.
- Fals Borda, O. (1999). Guía práctica del ordenamiento territorial en Colombia: Contribución para la solución de conflictos. *Análisis Político*, 0(36), 82–102.
- Firehock, K. (2013). *Evaluating and conserving green infrastructure across the landscape: A Practitioner’s Guide*. The Green Infrastructure Center Inc.
- Fletcher, R., & Fortin, M. J. (2018). *Spatial Ecology and Conservation Modeling: Applications with R*. Springer.
- Flores-Martínez, A., Rodríguez-Ortega, C. E., Solares-Rojas, V. E., González-Ruíz, T., & García-Cerecedo, M. A. (2011). Biodiversidad, Conocer para Conservar. En *Biodiversidad, Conocer para Conservar* (1a ed.). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Fonseca G., W., H. Chaves K., F. Alice G., & Rey B, J. M.. (2011). Cambios en la cobertura del suelo y áreas prioritarias para la restauración forestal en el Caribe de Costa Rica. *Comunicación Técnica Recursos Naturales y Ambiente*, 59-60, 99-107.
- Galindo, G., D. Marcelo, N. R. Bernal, L. K. Vergara & Betancourt, J. C. (2009). *Planificación ecorregional para la conservación de la biodiversidad en el Caribe Continental Colombiano. Serie Planificación Ecorregional para la Conservación de la Biodiversidad No. 1*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Agencia Nacional de Hidrocarburos, The Nature Conservancy e Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, Colombia. 24 p.
- Galvis-Hernández, M. & Ungar, P. M. (Eds.). (2021). *Páramos Colombia: biodiversidad y gestión*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.
- GBIF.org. (2023). *GBIF: The Global Biodiversity Information Facility. GBIF Occurrence Download*.
- Geldmann, J., Barnes, M., Coad, L., Craigie, I. D., Hockings, M., & Burgess, N. D. (2013).

Effectiveness of terrestrial protected areas in reducing habitat loss and population declines. *Biological Conservation*, 161, 230-238.

- Gergel, S. E., & Turner, M. G. (2017). *Learning Landscape Ecology: A Practical Guide to Concepts and Techniques (Second Edi)*. Springer.
- Gómez, D. M., & Barredo C, J. I. (2006). *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. 2ª edición*. Alfaomega, México, D.F., México. 279 p.
- Gooden, J., & 't Sas-Rolfes, M. (2020). A review of critical perspectives on private land conservation in academic literature. *Ambio*, 49(5), 1019-1034.
- Grant, P. R., & Grant, B. R. (2014). *40 Years of Evolution: Darwin's Finches on Daphne Major Island*. Princeton University Press.
- Gray, C.L., Hill, S. L. Newbold, T., Hudson, L.N., Börger, L., Contu, S., Hoskins, A.J., Ferrier, S., Purvis, A., & Scharlemann, J. (2016). Local biodiversity is higher inside than outside terrestrial protected areas worldwide. *Nature communications*, 7, 12306.
- Greenaway, G. (2016). *Connecting the dots: A guide to using ecological connectivity modeling in municipal planning*. Miistakis Institute.
- Groves, C., L. Valutis, D. Vosick, B. Neely, K. Wheaton, J. Touval & Runnels, B. (2000). *Diseño de una geografía de la Esperanza: Manual para la planificación de la conservación ecorregional*. [http:// www. conservationgateway.org/ConservationPlanning/](http://www.conservationgateway.org/ConservationPlanning/)
- Haines-young, R. (2009). Land use and biodiversity relationships. *Land Use Policy*, 26S, 178–186.
- Harris, N. L., S. Petrova, F. Stolle & Brown, S. (2008). Identifying optimal areas for REDD intervention: East Kalimantan, Indonesia as a case study. *Environmental Research Letters*, 3 (3), 035006
- Hernández-Camacho, I., Hurtado-Guerra, A., Ortiz-Quijano, R. & Walschburger, T. (1992). Unidades biogeográficas de Colombia. En: Halffter G. (ed.) *Acta zoológica Mexicana La diversidad biológica de Iberoamérica*, 105–152.
- Hilty, J., Worboys, G.L., Keeley, A., Woodley, S., Lausche, B., Locke, H., Carr, M., Pulsford I., Pittock, J., White, J.W., Theobald, D.M., Levine, J., Reuling, M., Watson, J.E.M., Ament, R., & Tabor, G.M. (2020). *Guidelines for conserving connectivity through ecological networks and corridors. Best Practice Protected Area Guidelines Series No. 30*. Gland, Switzerland: IUCN.
- Hoekstra, J. M., Boucher, T. M., Ricketts, T. H., & Roberts, C. (2005). *Confronting a biome*

- crisis: Global disparities of habitat loss and protection. *Ecology letters*, 8(1), 23-29.
- Huggett, A. J. (2005). The concept and utility of 'ecological thresholds' in biodiversity conservation. *Biological conservation*, 124(3), 301-310.
- Kappelle, M. (coord.). (2007). Estándares para la planificación ecorregional: Lecciones aprendidas del Programa Parques en Peligro en América Latina y el Caribe. The Nature Conservancy. San José, Costa Rica. 20 p.
- Keeley, A. T. H., Beier, P., & Jenness, J. S. (2021). Connectivity metrics for conservation planning and monitoring. *Biological Conservation*, 255, 109008.
- Loos, S. (2011). Marxan analyses and prioritization of conservation areas for the Central Interior Ecoregional Assessment. *BC Journal of Ecosystems and Management*, 12 (1), 88–97.
- IDEAM, IGAC, & CORMAGDALENA. (2008). Mapa de Coberturas de la Tierra, cuenca Magdalena - Cauca, metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi y Corporación Autónoma Regional del río Grande de La Magdalena.
- INRENA – GTZ/PDRS. (2008). Caja de Herramientas para la gestión de áreas de conservación, fascículo 2: ¿Cómo seleccionar áreas para conservación? Lima. 101 pp.
- Instituto Alexander von Humboldt. (2023). Portal de datos SIB Colombia. Catálogo de la biodiversidad de Colombia. <http://datos.biodiversidad.co/>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, KFW, & GTZ. (1998). Guía simplificada para la elaboración del Plan De Ordenamiento Territorial Municipal (p. 76).
- IUCN (2016). A Global Standard for the Identification of Key Biodiversity Areas, Version 1.0. First edition. Gland, Switzerland: IUCN.
- IUCN. (2022). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-1. IUCN Global Species Programme Red List Unit. <http://www.iucnredlist.org/>
- Jennings, M. D. (2000). Gap analysis: Concepts, methods, and recent results. *Landscape Ecology*, 15, 5-20.
- Jones, K. R., Venter, O., Fuller, R. A., Allan, J. R., Maxwell, S. L., Negret, P. J., & Watson, J. E. (2018). One-third of global protected land is under intense human pressure. *Science*, 360(6390), 788-791.
- Joppa, L. N., & Pfaff, A. (2009). High and far: Biases in the location of protected areas. *PloS one*,

4(12), e8273.

- Kamal, S., Grodzińska-Jurczak, M., & Brown, G. (2015). Conservation on private land: A review of global strategies with a proposed classification system. *Journal of Environmental Planning and Management*, 58(4), 576-597.
- Keeley, A. T. H., Beier, P., & Jenness, J. S. (2021). Connectivity metrics for conservation planning and monitoring. *Biological Conservation*, 255, 109008.
- Kimberley, A., Hooftman, D., Bullock, J. M., Honnay, O., Krickl, P., Lindgren, J., Plue, J., Poschlod, P., Traveset, A., & Cousins, S. A. O. (2021). Functional rather than structural connectivity explains grassland plant diversity patterns following landscape scale habitat loss. *Landscape Ecology*, 36(1), 265–280.
- Koleff, P., M. Tambutti, I. J. March, R. Esquivel, C. Cantú & Lira N, A. (2009). Identificación de prioridades y análisis de vacíos y omisiones en la conservación de la biodiversidad de México. In: Sarukhán, J. (coord.). *Capital natural de México vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. Conabio. México, D.F., México. pp. 651-718.
- Koleff, P. y T. Urquiza H. (coords.). (2011). *Planeación para la conservación de la biodiversidad terrestre en México: Retos en un país megadiverso*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México, D.F., México. 250 p.
- Machado, C. C., Goncalves, C. U., Albuquerque, M. B. D., & Pereira, E. C. (2017). Protected areas and their multiple territorialities-a social and environmental reflection on catimbau national park-brazil. *Ambiente & Sociedade*, 20, 239-260.
- MADS. (2017). Resolución No. 1912 de 2017 (pp. 19–20).
- Margules, C. R., & Pressey, R. L. (2000). Systematic conservation planning. *Nature*, 405(May), 243–253.
- Marques, A., Martins, I. S., Kastner, T., Plutzer, C., Theurl, M. C., Eisenmenger, N., Huijbregts, M. A. J., Wood, R., Stadler, K., Bruckner, M., Canelas, J., Hilbers, J. P., Tukker, A., Erb, K., & Pereira, H. M. (2019). Increasing impacts of land use on biodiversity and carbon sequestration driven by population and economic growth. *Nature Ecology and Evolution*, 3(4), 628–637.
- Mazor, T., Doropoulos, C., Schwarzmuller, F., Gladish, D. W., Kumaran, N., Merkel, K., Di Marco, M., & Gagic, V. (2018). Global mismatch of policy and research on drivers of biodiversity loss. *Nature ecology & evolution*, 2(7), 1071-1074.
- Mimet, A., Houet, T., Julliard, R., & Simon, L. (2013). Assessing functional connectivity: a landscape approach for handling multiple ecological requirements. *Methods in Ecology and Evolution*, 4(12), e8273.

Evolution, 4, 453–463.

- Mitchell, B. A., Stolton, S., Bezaury-Creel, J., Bingham, H. C., Cumming, T. L., Dudley, N., Fitzsimons, J. A., Malleret-King, D., Redford, K. H., & Solano, P. (2018). Guidelines for privately protected areas. Best practice protected area guidelines series, 29, 1-100.
- Morales-Betancur, M. A., Lasso, C. A., Páez, V. P., & Bock, B. (2015). Libro Rojo de Reptiles de Colombia.
- Naciones Unidas. (1992). Convenio sobre la diversidad biológica naciones unidas 1992.
- Naciones Unidas. (2010). Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 y 20 Metas de AICHI.
- Newbold, T., Hudson, L. N., Arnell, A. P., Contu, S., De Palma, A., Ferrier, S., Hill, S. L., Hoskins, A. J., Lysenko, I., & Phillips, H. R. (2016). Has land use pushed terrestrial biodiversity beyond the planetary boundary? A global assessment. *Science*, 353(6296), 288-291.
- Ospina Moreno, M. Á., Chamorro Ruiz, S. M., Anaya García, C., Echeverri Ramirez, P. A., Atuesta, C., Zambrano, H., Abud, M., Herrera, C. M., Ciontescu, N., Guevara, O., Zárrate, D., & Barrero, A. (2020). Guía para la Planificación del Manejo en las áreas protegidas del Sinap Colombia. <https://www.wwf.org.co/?364940/Publicacion-GEF--Sinap>
- Paredes-Leguizamón, G. (2018). Integrando las áreas protegidas al ordenamiento territorial. IUCN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2018.24.es>
- Parker, C., A. Mitchell, M. Trivedi, & Mardas, N. (2009). *The Little REDD+ Book*. (2a ed.). Global Canopy Foundation. Oxford, United Kingdom. 136 p.
- Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2021). Categorías de áreas protegidas. Parques Nacionales Naturales de Colombia. <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/es/sistema-de-parques-nacionales-naturales/categorias-de-areas-protegidas/>
- Parra-Herrera, J. P., Estrada, G. E., Cedeño, J. A., Castillo, J., & Escudero, A. (2016). Conocer para conservar, aporte al estudio de la fauna de Playa Rica, Caquetá, zona de transición entre el Piedemonte y la Llanura Amazónica. *Sur Amazonía*, 2(2), 22–36.
- Pasquini, L., Fitzsimons, J. A., Cowell, S., Brandon, K., & Wescott, G. (2011). The establishment of large private nature reserves by conservation NGOs: Key factors for successful implementation. *Oryx*, 45(3), 373-380.
- Pizano, C., & García, H. (2014). *El Bosque Seco Tropical En Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos “Alexander von Humboldt”.
- Presidente de la República de Colombia. (2010). Decreto 2372 de 2010.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=39961>

- Pronatura y The Nature Conservancy (TNC). (2007). Biodiversidad del centro y occidente de México. Planeación Ecorregional: Avances y Próximos Pasos. Parques en Peligro / USAID. México, D.F., México. 80 p.
- Quantum-GIS-Development-Team. (2021). Quantum GIS Geographic Information System (Odense). Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>
- Rainforest Cruises. (2023). Galapagos Endemic Species List.
<https://www.rainforestcruises.com/guides/galapagos-endemic-species-list>
- Remsen, J. V. J., Cadena, C. D., Claramunt, S., Jaramillo, A., Pacheco, J. F., Pérez-Emán, J., Robbins, M. B., Stiles, F. G., Stotz, D. F., & Zimmer, K. J. (2022). South American Classification Committee. A classification of the bird species of South America. <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.htm>
- Renjifo, L. M., Amaya-Villareal, Á. M., Burbano-Girón, J., & Velásquez-Tibatá, J. (2016). Libro rojo de las aves de Colombia Vol 2. Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- Renjifo, L. M., Gómez, M. F., Velásquez-Tibatá, J., Amaya-Villarreal, Á. M., Kattan, G. H., Amaya-Espinel, J. D., & Burbano-Girón, J. (2014). Libro rojo de aves de Colombia, Vol I: Bosques húmedos de los Andes y la costa pacífica (Red list of Colombian birds: humid forest and pacific coast) (Primera ed). Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- Rentería, A., L., C. Cantú A., E. Estrada C., J. Marmolejo M. y F. González S. (2011). Representatividad de los tipos de vegetación en las áreas naturales protegidas de Durango.
- Retief, F., Bond, A., Pope, J., Morrison-Saunders, A., & King, N. (2016). Global megatrends and their implications for environmental assessment practice. *Environmental Impact Assessment Review*, 61, 52-60.
- Rodríguez-Mahecha, J. V., Landazábal Mendoza, C., Nash, S. D., Conservación Internacional Colombia., & Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Colombia. (2006). Libro rojo de los mamíferos de Colombia. Conservación Internacional Colombia.
- Rueda-Almonacid, J. V., Lynch, J. D., & Amézquita, A. (2004). Libro Rojo de los Anfibios de Colombia. Conservación Internacional Colombia, Instituto de Ciencias Naturales.
- R Development Core Team. (2021). R: The R Project for Statistical Computing (4.1.1). <https://www.r-project.org/>
- Sánchez K., F. Jiménez, S. Velásquez, M. Piedra & Romero, E. (2004). Metodología de análisis multicriterio para la identificación de áreas prioritarias de manejo del recurso hídrico en la cuenca del río Sarapiquí, Costa Rica. *Comunicación Técnica de Recursos Naturales y*

Ambiente, 41, 88-95.

- Schulze, K., Knights, K., Coad, L., Geldmann, J., Leverington, F., Eassom, A., Marr, M., Butchart, S. H., Hockings, M., & Burgess, N. D. (2018). An assessment of threats to terrestrial protected areas. *Conservation Letters*, 11(3), e12435.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). (2006). Métodos para identificar áreas prioritarias de conservación de la biodiversidad para el ordenamiento ecológico. In: SEMARNAT. Manual del proceso de ordenamiento ecológico. México, D. F., México. pp. 223-254.
- Shumba, T., De Vos, A., Biggs, R., Esler, K. J., Ament, J. M., & Clements, H. S. (2020). Effectiveness of private land conservation areas in maintaining natural land cover and biodiversity intactness. *Global Ecology and Conservation*, 22, e00935.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., De Vries, W., & De Wit, C. A. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 1259855.
- Stolton, S., Redford, K. H., Dudley, N., & Bill, W. (2014). The futures of privately protected areas. IUCN, Gland, Switzerland.
- Thomas, A. S. (1960). The Serengeti National Park. *Nature*, 186(4725), 605–606.
- Uetz, P., Hallermann, J., Zoological Museum Hamburg, & Hosek, J. (2022). The Reptile Database. The Reptile Database. <https://reptile-database.reptarium.cz/>
- Unesco. (2020a). Serengeti National Park. <https://whc.unesco.org/en/list/156/>
- Unesco. (2020b). Komodo National Park. <https://whc.unesco.org/en/list/609/>
- Unesco. (2020c). Bosque de Bialowieża. <https://whc.unesco.org/es/list/33>
- Universidad de New York. (2017). Manual técnico del programa POT-modernos. Componente general del POT moderno (pp. 1–78).
- Vargas G., A., S. Aguilar M., M. A. Castillo S., E. Esquivel B., M. A. Hernández V., A. M. López G. & Quechulpa M, S. (2009). Programa estatal para la compensación por servicios ecosistémicos: Una propuesta para Chiapas. Conabio. Corredor Biológico Mesoamericano México. México, D. F., México. Serie Acciones. Núm 5, 54 p.
- Venter, O., Sanderson, E. W., Magrath, A., Allan, J. R., Beher, J., Jones, K. R., Possingham, H. P., Laurance, W. F., Wood, P., & Fekete, B. M. (2016). Sixteen years of change in the global terrestrial human footprint and implications for biodiversity conservation. *Nature communications*, 7(1), 12558.

Vita

Sergio Montoya Arango nació en Medellín el 21 de agosto de 1990. De sus padres, únicamente mantuvo relación con su madre, Marta Cecilia Arango, una trabajadora del sector textil que, a pesar de no haber contado con una gran formación académica, se aseguró de brindarle el suficiente apoyo para que este pudiese adelantar su formación profesional. Durante su infancia y primeros años de adolescencia creció en un ambiente rural, en la finca de sus abuelos en Sabaneta en la vereda María Auxiliadora, donde se enamoró y acercó a sus raíces campesinas. En esa misma vereda realizó sus estudios de primaria y secundaria en un colegio público, la Institución Educativa María Auxiliadora, siendo condecorado como el mejor bachiller académico del año 2007. Debido a influencias familiares inició sus estudios universitarios en ingeniería eléctrica en la Universidad de Antioquia, carrera que suspendió luego de cursar cuatro semestres para estudiar algo que realmente le apasionara. Realizó sus estudios de biología en la Universidad de Antioquia, manteniendo un especial interés en el estudio de la diversidad, ecología y conservación de las aves.