



**Desarrollo del Modelo de Almacenamiento Geográfico (MAG) para el reporte
de Bromelias, Orquídeas, Briofitos (Musgos, hepáticas, anthocerotales) y
líquenes**

Daniel Felipe Ayala Plata

Mauricio Llirán Parrado Montes

Betty Rocío Rojas Jiménez

Gladys Marcela Zamora Morantes

Trabajo de grado presentado para optar al título de Especialista en Sistemas de Información
Geográfica

Asesor: Mario A. Giraldo, Doctor (PhD) en Geografía

Asesores de recursos académicos: Juan Pablo Charry Osorio (asesor bibliográfico), Claudia
Marcela Cerón Rubio (asesora Centro de Escritura) y Elvia Lucía Sánchez García (asesora de
integridad académica)

Universidad de Manizales

Facultad de Ciencias e Ingeniería

Especialización en Sistemas de Información Geográfica - Virtual

Manizales, Caldas, Colombia

2025

Cita	(Ayala-Plata et al., 2025)
Referencia	Ayala Plata, D. F., Parrado Montes, M. L., Rojas Jiménez, B. R., Zamora Morantes, G. M (2025). <i>Desarrollo del Modelo de Almacenamiento Geográfico (MAG) para el reporte de Bromelias, Orquídeas, Briofitos (Musgos, hepáticas, anthocerotales) y líquenes</i> [Trabajo de grado especialización]. Universidad de Manizales. RIDUM: Repositorio Institucional Universidad de Manizales.
Estilo APA 7 (2020)	



Especialización en Sistemas de Información Geográfica - Virtual, II

Declaración de inteligencia artificial: el o los autores de este trabajo de grado declaran que han utilizado herramientas de inteligencia artificial (IA), tales como, ChatGPT, Grammarly, Turnitin, Copilot, Gemini, entre otras, de manera ética y responsable, tal como se establece en el Acuerdo UManizales 002 (julio 26 de 2023) sobre propiedad intelectual e IA. Estas herramientas son empleadas como apoyo en la redacción, revisión gramatical y generación de ideas, pero en ningún caso sustituyen el análisis crítico, la argumentación académica ni la originalidad del trabajo. Asimismo, cualquier contenido generado con asistencia de IA está citado y referenciado adecuadamente, garantizando la integridad académica y el cumplimiento de los principios éticos de la investigación.

Biblioteca y Centro de Recursos: <https://biblioteca.umanizales.edu.co/>

Repositorio Institucional: <http://ridum.umanizales.edu.co/>

Universidad de Manizales: www.umanizales.edu.co

Revistas: <http://revistasum.umanizales.edu.co/>

Fondo Editorial: <https://editorialum.umanizales.edu.co/>

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Manizales ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Agradecimientos

En primer lugar, agradecemos a nuestras familias, quienes han sido nuestro mayor respaldo, brindándonos amor, paciencia, comprensión y apoyo incondicional. Gracias por alentarnos en los momentos de dificultad y por ser la motivación constante para alcanzar este logro.

A nuestros compañeros de trabajo de grado, con quienes compartimos esfuerzo, compromiso y dedicación. El aprendizaje mutuo, la colaboración y la amistad fortalecida en este camino constituyen un valor incalculable que enriquece no solo lo académico, sino también lo personal.

Finalmente, expresamos nuestro agradecimiento a todas las personas e instituciones que, de una u otra forma, contribuyeron a la realización de este proyecto y al cumplimiento de esta meta tan significativa en nuestras vidas.

Tabla de contenido

Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
1. Planteamiento del problema.....	13
1.1. Descripción del área problemática	13
1.2. Formulación del Problema	15
2. Antecedentes	16
2.1. Indagaciones.....	16
2.2. Caracterizaciones	20
2.3. Guías, modelos y estudios SIG	22
3. Justificación	27
4. Objetivos	29
4.1. Objetivo general	29
4.2. Objetivos específicos.....	29
5. Marco teórico.....	30
6. Metodología.....	48
6.1. Enfoque Metodológico	48
6.2. Tipo de Estudio	48
6.3. Procedimiento.....	49
6.3.1. Etapa 1- Contextualización	49
6.3.2. Etapa 2- Levantamiento de información primaria.....	49
6.3.3. Etapa 3- Conceptualización y diseño	50
6.3.4. Etapa 4- Desarrollo del MAG en el componente de epífitas.....	50
7. Resultados	52
8. Discusión.....	73
9. Conclusiones	77
10. Recomendaciones.....	78
Referencias	78
Anexos.....	84

Lista de tablas

Tabla 1 Componente “Mapas”	46
Tabla 2 Características generales del modelo físico actualizado	60
Tabla 3. Características generales del diccionario de datos actualizado	62
Tabla 4 Especies de líquenes, plantas no vasculares y vasculares del área de Estudio.....	64
Tabla 5 Algunas especies registradas en el Área de Producción Gangotri	66
Tabla 6 Información taxonómica y poblacional de las especies de líquenes, plantas no vasculares y vasculares del área de Estudio.....	69
Tabla 7. Listado de Anexos	84

Lista de figuras

Figura 1 Estructura de Almacenamiento Geográfico MADS	40
Figura 2 Estructura de información temática	41
Figura 3 Diccionario de datos ANLA	44
Figura 4 Variables de interés identificadas mediante entrevista semiestructurada.....	52
Figura 5 Vista general del cuestionario.....	53
Figura 6 Estrategia de divulgación.....	54
Figura 7 Resultados pregunta 1: Seleccione aquellas variables del hospedero que deben ser capturadas durante la reubicación y caracterización de flora epífita (puede seleccionar más de una opción).....	55
Figura 8 Resultados pregunta 2: Seleccione los estados fenológicos que deben ser incluidos en el MAG (puede seleccionar más de una opción)	55
Figura 9 Resultados pregunta 3: Seleccione los estratos en la evaluación de forófitos que den ser incluidos en el MAG (puede seleccionar más de una opción)	56
Figura 10 Resultados pregunta 4: ¿La información del hospedero debe ser incorporada en Tablas asociadas a flora terrestre o en Tablas asociadas a epífitas?	57
Figura 11 Resultados pregunta 5: ¿Con qué propósito cree que deberían reportarse registros multimedia en el MAG? (Seleccione todas las opciones que apliquen)	58
Figura 12 Resultados pregunta 6: ¿Considera que las áreas de reubicación de epifitas deberían estar siempre asociadas a las áreas de compensación forestal?	58
Figura 13 Resultados pregunta 7: En cuanto al desarrollo radicular de las especies vasculares, ¿cuáles variables son de indispensable registro? (Seleccione todas las opciones que apliquen) ...	59
Figura 14 Modelo conceptual del MAG para el reporte de Bromelias, Orquídeas, Briofitos y Líquenes	60
Figura 15 Estructura actualizada del MAG para el reporte de Bromelias, Orquídeas, Briofitos y Líquenes	61
Figura 16 Estructura actualizada del diccionario de datos para el reporte de Bromelias, Orquídeas, Briofitos y Líquenes.....	62

Figura 17 Riqueza específica de líquenes, plantas no vasculares y vasculares en el área de estudio	65
Figura 18 Abundancia relativa de líquenes, plantas no vasculares y vasculares en el área de estudio	65

Siglas, acrónimos y abreviaturas

DAA	Diagnóstico Ambiental de Alternativas
EEA	Evaluación Económica Ambiental
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
GDB	Geographical Database (Base de Datos Geográfica)
ICA	Informe de Cumplimiento Ambiental
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
INVEMAR	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés
MAG	Modelo de Almacenamiento Geográfico
MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
PMA	Plan de Manejo Ambiental
SGC	Servicio Geológico Colombiano
SIAC	Sistema de Información Ambiental de Colombia
SIG	Sistema de Información Geográfica
SINA	Sistema Nacional Ambiental

Resumen

El Decreto 2106 de 2019 integró las medidas para la conservación de flora silvestre en veda en los trámites ambientales. Si bien, los titulares de trámites ambientales han actualizado sus metodologías de reporte de información siguiendo los lineamientos de la autoridad ambiental, la Estructura de Almacenamiento Geográfico MADS¹ no ha sufrido modificaciones recientes que permitan registrar de forma eficaz información de Bromelias, Orquídeas, Briofitos y líquenes².

Este estudio propone el desarrollo del Modelo de Almacenamiento Geográfico (MAG) que supla dicha necesidad, así como, documentar su eficacia mediante la implementación en el estudio de caso “*Estudio de Impacto Ambiental del Área de Producción Gangotri*”.

Los resultados indican que el MAG tiene trascendencia más allá del ámbito académico, pues no solo enriqueció la base de datos biológica del proyecto, sino que facilitó el cumplimiento de los requisitos normativos y potenció la articulación con bases de datos biológicas nacionales. Esta herramienta es crucial en la toma de decisiones en conservación, permitiendo el diseño de estrategias eficientes. Finalmente, aunque el modelo propuesto cumple con los objetivos trazados, se reconoce su potencial de optimización a futuro.

Palabras clave: Modelo de almacenamiento de datos ANLA, Flora vascular no arbórea, Flora no vascular.

¹ Modelo de Almacenamiento Geográfico – MAG adoptado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible mediante la Resolución 2182 del 23 de diciembre de 2016. En adelante, será denominado Estructura de Almacenamiento Geográfico MADS, con el fin de diferenciarlo del modelo desarrollado en esta investigación.

² A lo largo del documento, el grupo de Bromelias, Orquídeas, Briofitos (Musgos, hepáticas, anthocerotales) y líquenes será nombrado de forma general como flora epífita.

Abstract

The Decree 2106 of 2019 incorporated measures for the conservation of restricted wild flora into environmental procedures. Although environmental permit holders have updated their information reporting methodologies in line with the environmental authority's guidelines, the MADS Geographic Storage Structure³ has not undergone recent modifications that would allow for effective reporting of data on Bromeliads, Orchids, Bryophytes, and lichens⁴.

This study proposes the development of a Geographic Storage Model (GSM) to address this need, and documents its effectiveness through its implementation in the case study, "*Environmental Impact Study of the Gangotri Production Area*".

The results indicate that the GSM's relevance extends beyond academia. It not only enriched the project's biological database but also facilitated compliance with regulatory requirements and enhances the potential for integration with national biological databases. This tool is crucial for decision-making in conservation, enabling the design of efficient strategies. Finally, while the proposed model meets the outlined objectives, its potential for future optimization is recognized.

Keywords: ANLA Data Storage Model, Non-woody Vascular Flora, Non-vascular Flora.

³ Geographic Storage Model – MAG adopted by the Ministry of Environment and Sustainable Development through Resolution 2182 of December 23, 2016. Hereafter, it will be referred to as the MADS Geographic Storage Structure, in order to differentiate it from the model developed in this research

⁴ Throughout the document, the group of Bromeliads, Orchids, Bryophytes (mosses, liverworts, hornworts), and lichens will be collectively referred to as epiphytic flora.

Introducción

La conservación de la biodiversidad en Colombia enfrenta una amplia variedad de retos, uno de ellos es contar con sistemas de información robustos que permitan registrar, analizar y gestionar de manera eficiente los datos asociados a especies de flora en condición de veda, en particular aquellas pertenecientes a Bromelias, Orquídeas, Briofitos (Musgos, hepáticas, anthocerotales) y líquenes (Betancur & Garcia, 2006). En este contexto, el Modelo de Almacenamiento Geográfico (MAG) se constituye como una herramienta clave en la organización, sistematización y análisis de datos geospaciales, permitiendo una mejor comprensión de la distribución y estado de conservación de diversos grupos biológicos.

Estos organismos epífitos, presentan una amplia distribución en los ecosistemas de Colombia, cumplen funciones ecológicas determinantes, tales como: regular el ciclo hídrico, facilitar la retención de nutrientes, generar microhábitats y actuar como bioindicadores de calidad ambiental. Su relevancia ha sido reconocida normativamente desde la Resolución 213 de 1977 y reafirmada en el Decreto 2106 de 2019, que exige la integración de medidas de conservación de flora silvestre en veda en los procesos de licenciamiento ambiental. De igual manera, la Circular 8201-2-808 de 2019 definió la metodología para la caracterización de especies de flora en veda, fortaleciendo así los lineamientos técnicos aplicables. No obstante, la ausencia de una estructura estandarizada en el reporte de información espacial de estas especies ha provocado que los inventarios resulten incompletos, dificulta la integración entre diferentes bases de datos para el reporte de biodiversidad y ralentiza el seguimiento para la gestión ambiental.

Considerando lo anterior, el propósito de este trabajo de investigación es desarrollar un Modelo de Almacenamiento Geográfico (MAG) que, a través del uso de herramientas SIG, permita fortalecer la gestión de información sobre bromelias, orquídeas, briófitos y líquenes.

Para alcanzar este objetivo, el trabajo de investigación se desarrolló en cuatro fases. En la fase 1, se diagnosticó la situación actual de la Estructura de Almacenamiento Geográfico MADS en relación con el reporte y gestión de epífitas. En la fase 2, se efectuó un registro sistemático de las variables clave para la caracterización y seguimiento de flora epífita, a partir de la perspectiva de expertos, tales como: biólogos, botánicos, ecólogos, profesionales en flora y especialistas en SIG. En la fase 3, se estructuró el MAG, basado en el procesamiento de la información obtenida en la etapa de levantamiento primario. Finalmente, en la fase 4, se integró el modelo desarrollado a la

estructura de almacenamiento geográfico establecido por el MADS y se elaboraron los documentos asociados, consolidando así una herramienta para la gestión de estos grupos biológicos.

De esta manera, el desarrollo del Modelo de datos Geográfico (MAG) no solo aporta a la estandarización y homogeneización de los reportes, sino que representa un aporte innovador y de gran valor para el fortalecimiento la normatividad ambiental vigente. Asimismo, impulsa la consolidación de base de datos confiables y respalda la toma de decisiones en conservación y gestión ambiental.

1. Planteamiento del problema

Colombia es un país megadiverso, se ubica en el segundo lugar en biodiversidad a nivel mundial (MADS, 2024), esta condición resulta de su posición privilegiada con respecto al istmo de Panamá, aunado a la variedad biofísica originada con la formación de la cordillera de los Andes (Medina, Diaz, & Montaña, 2021). Evidencia de ello es que existen más de 27.100 especies de plantas documentadas, no obstante, se estima que cerca del 40 % de las especies se encuentra en riesgo de extinción (Lopez-Gallego, 2024).

Una de las estrategias para prevenir el detrimento de la biodiversidad a nivel nacional consiste en el establecimiento de vedas, es decir, la restricción y regulación a nivel nacional o regional del uso o aprovechamiento de algunas especies, productos o grupos taxonómicos, por un tiempo parcial o indefinido (CAR, 2021).

Específicamente, la Resolución 213 de 1977 estableció la veda nacional de musgos, líquenes, lamas, parásitas, quiches y orquídeas, así como, capote, broza y otras especies y productos de plantas herbáceas o leñosas, como árboles, cortezas y ramajes que son parte de los hábitats de tales especies.

Si bien la normatividad es clara frente a la designación de los grupos taxonómicos restringidos, además de las orientaciones técnicas para la caracterización, solicitud de aprovechamiento y compensación de los mismos, a la fecha los instrumentos para la solicitud de permisos y licencias ambientales no señalan de forma clara el tipo de información que deben incluir previa intervención de especies de la flora silvestre en veda (ANLA, 2020).

1.1. Descripción del área problemática

En cumplimiento de las disposiciones constitucionales para el monitoreo, control y fomento de sistemas ecológicos que promuevan el desarrollo sostenible, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) como máxima autoridad en la gestión ambiental y de recursos naturales renovables emitió la Resolución 2182 de 2016. El objetivo de esta resolución es crear y mantener una base de datos geográfica que contenga la información necesaria para la evaluación

de estudios ambientales, incluyendo el DAA⁵, EIA⁶, PMAE⁷, ICA⁸, y otros documentos ambientales descritos en el capítulo 3.1 del decreto 1070 de 2015 (MADS, 2018; MADS, 2016).

Es decir, la estructura de almacenamiento geográfico MADS surgió de la necesidad de complementar espacialmente la información documental allegada con cada trámite ambiental, estandarizar la información mínima a reportar, además, alimentar el Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC) y otros sistemas de información geográfica de orden nacional.

Es importante considerar que, si bien la estructura de almacenamiento geográfico MADS se encuentra estandarizada y armonizada con los lineamientos temáticos, técnicos, geográficos y cartográficos del IGAC, SGC, IDEAM, INVEMAR, MADS y demás entidades del SINA (ANLA, 2017) dicho modelo es dinámico; está sujeto a actualizaciones en función de los avances normativos y técnicos que surjan en materia socioambiental.

Una de las recientes actualizaciones normativas se encuentra contenida en el Decreto 2106 de 2019, el artículo 125 simplificó los trámites ambientales al integrar las medidas de conservación de flora silvestre en veda directamente en procesos de licenciamiento, permiso, concesión, autorización o cualquier otra herramienta de manejo y control ambiental, eliminando la necesidad del levantamiento parcial de veda ante MADS (Presidencia de la república, 2019).

En este contexto, el MADS emitió la circular 8201-2-808 del 09 de diciembre 2019 mediante la cual estableció los lineamientos técnicos para evaluar y establecer las medidas de conservación a especies de flora en veda. Sin embargo, a la fecha los instrumentos para la solicitud de permisos y licencias ambientales no contemplan qué clase de información deben estar relacionada con la intervención de especies de la flora silvestre en veda (ANLA, 2020).

En lo particular la Estructura de Almacenamiento Geográfico MADS, la ANLA (2020) ha recomendado la presentación temática en dos capas y una tabla contenidas en el comunicado de vedas del año 2020 (ANLA, 2020), sin embargo, estos elementos no se encuentran incluidos oficialmente en la Estructura de Almacenamiento Geográfico ni contienen toda la información requerida para el reporte y seguimiento de las especies en veda, en particular para los grupos de Bromelias, Orquídeas, Briofitos (Musgos, hepáticas, anthocerotales) y líquenes.

⁵ Diagnóstico Ambiental de Alternativas

⁶ Estudio de Impacto Ambiental

⁷ Plan de Manejo Ambiental Específico

⁸ Informe de Cumplimiento Ambiental

Entonces, es evidente la necesidad de alimentar el modelo relacional existente, garantizando la integridad, eficiencia y pertinencia para el reporte y seguimiento de Bromelias, Orquídeas, Briofitos (Musgos, hepáticas, anthocerotales) y líquenes en el marco de cualquier proyecto, obra o actividad, asegurando así su aplicabilidad en diversos contextos.

1.2. Formulación del Problema

¿De qué manera se puede desarrollar un Modelo de Almacenamiento Geográfico para fortalecer la gestión sobre Bromelias, Orquídeas, Briofitos (musgos, hepáticas y anthocerotales) y líquenes; optimizar la toma de decisiones en proyectos, obras y actividades que puedan afectar estas poblaciones; y asegurar el cumplimiento de la normativa ambiental vigente?

2. Antecedentes

La diversidad de flora epífita en Colombia se encuentra representada por bromelias, orquídeas, briofitas y líquenes; estos grupos son de gran importancia en los ecosistemas debido a su papel en el ciclo de nutrientes, la captura de agua y su uso indicadores del ambiente. Varios estudios han destacado la susceptibilidad de la flora epífita a procesos de extinción local y demostrado su importancia ecológica, así como, su aporte a la conservación de la biodiversidad.

En este sentido, el avance de los marcos tecnológicos y regulatorios ha facilitado su gestión y monitoreo. Un ejemplo clave de este progreso es el Modelo de Almacenamiento Geográfico – MAG, adoptado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible mediante la Resolución 2182 del 23 de diciembre de 2016, en adelante, denominado Estructura de Almacenamiento Geográfico MADS, que se ha consolidado como una herramienta fundamental en la gestión de información biológica.

Estudios como los de Saldarriaga Isaza (2007) y Corzo Ramírez et al. (2012) han mostrado cómo los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han avanzado en el manejo de recursos naturales, restauración ecológica e investigación primaria. Estas iniciativas han fortalecido el uso de herramientas SIG dentro del marco de proyectos de conservación y manejo ambiental.

Estos antecedentes resaltan la necesidad de incorporar tecnologías avanzadas, conocimiento biológico y políticas efectivas para la preservación de bromelias, orquídeas, briofitas y líquenes. La modernización del MAG surge como un factor decisivo para cumplir con estos objetivos, convirtiéndose en el principal instrumento para la gestión sostenible de los recursos naturales de Colombia.

2.1. Indagaciones

Ramírez (2012) destaca que la ecología surgió a finales del siglo XIX como respuesta a la acelerada destrucción ambiental y daños en los ecosistemas naturales; a lo largo del tiempo se consolidó como una ciencia compuesta e interdisciplinaria. La propuesta de la ecología integral trata de solucionar los problemas ecológicos a partir de interacciones interdisciplinarias o transdisciplinarias, es decir, en este caso se estudia el fenómeno de la vida y el espacio donde habita

de manera global, permitiendo así un estudio detallado de la gestión de recursos, la ecología y el uso sostenible de los recursos naturales.

Parra (2013) se esforzó por aclarar la distinción entre plantas epifitas y parásitas, enfatizando los rasgos de adaptación de las primeras. Las plantas parásitas se definen como aquellas que dependen de un organismo huésped para obtener agua y nutrientes; se subdividen en: hemiparásitas, que poseen clorofila y extraen solo algunos recursos, y holoparásitas, que carecen de clorofila y absorben completamente los nutrientes del huésped utilizando haustorios. Por otro lado, tanto las orquídeas como las bromelias son clasificadas como epifitas ya que no extraen nutrientes de las plantas que las soportan; en cambio, obtienen los recursos necesarios del aire, la lluvia y la materia orgánica en descomposición. Además, se señalaron adaptaciones como el velamen radicular, así como las bromelias de tipo tanque que permiten a estas plantas prosperar en hábitats como los bosques tropicales húmedos. Este trabajo concluye argumentando que los epífitos son mal clasificados como plantas parásitas debido a las formas que adoptan mientras crecen en los árboles, no obstante, vale la pena aclarar que estas plantas pueden asentarse en superficies inertes como piedras y cables eléctricos. Esto proporciona una base conceptual relevante que apoya estudios sobre comunidades de plantas enfocadas en la caracterización y conservación de plantas epifitas en ecosistemas vulnerables en relación con su comportamiento ecológico, diferenciándolas de las plantas parásitas.

Toledo Aceves (2016) estudia el papel ecológico y las características de las plantas epifitas de la familia Bromeliaceae, que crecen sobre otras plantas como los árboles sin ser parasitarias. Su trabajo busca entender la distribución e importancia de estas plantas en los ecosistemas tropicales y su papel en los ciclos de nutrientes y agua, enfatizando que su desarrollo depende de la absorción aérea de agua y nutrientes junto con la materia orgánica que se acumula en sus hojas. La mayoría de estas bromelias, aunque algunas son terrestres, son epífitas; también juegan un papel crítico en la biodiversidad al proporcionar hogares para numerosos organismos. El estudio también presta atención a la situación de las bromelias epífitas en México, particularmente en los bosques montañosos de mesófilo, y su capacidad para soportar la sombra en agroecosistemas como las plantaciones de café. Además, discute prácticas de manejo sostenible para estas plantas, argumentando que la recolección de bromelias caídas es una forma segura de conservar y utilizar económicamente estos recursos vegetales sin poner en peligro sus poblaciones.

El trabajo concluye que, aunque la extracción de epífitas de los árboles puede ser insostenible, la cosecha de las bromelias caídas podría ser económicamente beneficiosa y ayudar en la conservación de los bosques. Esta investigación está asociada con el estudio que se está realizando, ya que contribuye con información sobre la gestión sostenible de los recursos naturales, lo cual es crucial para desarrollar estrategias de conservación para especies y ecosistemas en Colombia.

CORDIS (2023) realizó un análisis sobre líquenes tropicales con el objetivo de estudiar la diversidad genética de los líquenes en ecosistemas tropicales, descubriendo posteriormente nuevas especies de hongos. También se destacó el papel de los líquenes en el ciclo del nitrógeno y la captura de agua, así como el impacto del cambio climático. Relativamente, esto es importante para el estudio actual ya que ayuda a comprender estos organismos que son clave para la biodiversidad en el contexto del cambio ambiental y de ecosistemas. La investigación sobre líquenes tropicales es importante para el MAG, ya que añade información significativa de variables fundamentales para la gestión ambiental. Agregar esta información al modelo geográfico mejoraría la capacidad de monitorear y conservar especies endémicas y ecosistemas tropicales, que es clave en términos de conservar la biodiversidad de Colombia y permite tomar decisiones racionales sobre la gestión sostenible de los recursos naturales.

Este enfoque es crucial para el desarrollo del MAG, ya que destaca la necesidad de integrar múltiples disciplinas en el análisis ambiental; este marco no solo puede mejorar los esfuerzos de conservación de la biodiversidad y la gestión de ecosistemas, sino que también se alinea directamente con el objetivo del estudio.

Simijaca et al. (2023) tenían como objetivo describir nuevas especies de hongos liquenizados del estado de Aguascalientes en México y evaluar el estado de conservación de dos especies endémicas del país. Como resultado del estudio que incluyó el análisis de muestras recolectadas entre 2018 y 2021, informaron 162 nuevos registros para Aguascalientes, de los cuales tres también surgieron como nuevos registros para el país. Además, se realizaron evaluaciones del EOO⁹ y AOO¹⁰ para las especies endémicas *Parmotrema acutatum* y *Phaeophyscia sonorae*, proponiendo su inclusión en la Lista Roja de la UICN con un estado de menor preocupación y vulnerable, respectivamente. Esta investigación amplía el inventario liquenológico de un área poco

⁹ Extent of Occurrence

¹⁰ Area of Occupancy

estudiada y subraya la necesidad de conservación de especies endémicas. El estudio proporciona metodologías y resultados importantes que pueden utilizarse para planificar acciones de conservación en algunas regiones específicas, lo que se alinea con el enfoque del próximo estudio que tiene la intención de dar un análisis contextual en profundidad de especies de preocupación ambiental para desarrollar planes de gestión y conservación informados para la región estudiada.

Los autores, Burneo y Benitez (2020), tuvieron como objetivo determinar la distribución potencial y las áreas prioritarias para la conservación de seis especies de briofitas en Ecuador con la ayuda del modelo de distribución de especies MaxEnt. Las conclusiones del estudio sugieren que las especies están potencialmente distribuidas en menos del 2.7% del territorio ecuatoriano, donde factores como la elevación, la precipitación y la temperatura determinan la ubicación. Esta investigación es fundamental para fines de conservación porque determina áreas de preocupación para el futuro de especies vulnerables, lo que ayuda a refinar el modelo SIG para mejores aplicaciones en la conservación de la biodiversidad.

Benítez et al. (2021) del Parque Universitario Francisco Vivar Castro (Loja, Ecuador) estudiaron la diversidad de briofitas, líquenes y hongos en ecosistemas tropicales, con atención específica al Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” en Ecuador. Su objetivo principal fue realizar un muestreo de estos organismos a través de colecciones aleatorias, resultando en un total de 152 especies listadas, de las cuales 74 eran briofitas, 40 líquenes y 38 hongos no liquenizados. Las familias más representativas de briofitas incluyeron Lejeuneaceae, Plagiochilaceae y Frullaniaceae, mientras que para líquenes fueron Physciaceae, Parmeliaceae y Lobariaceae, y para hongos Polyporaceae, Physalacriaceae y Mycenaceae. Los autores concluyeron que el Parque Universitario tiene una alta diversidad de estos organismos; por lo tanto, es un hotspot funcional de biodiversidad en la cuenca de Loja. Este hecho enfatiza la necesidad de mapear y proteger relictos de bosques montanos en Ecuador, con el objetivo de conservar las briofitas y hongos altamente diversos de esa región. Esta conclusión es importante para el estudio actual porque ofrece datos que subrayan la riqueza biológica de las áreas naturales y la importancia de su preservación para sustentar la biodiversidad.

En el estudio realizado por Rodríguez, Djukanovich y Herrero (2021), se informa sobre un problema relacionado con la degradación de los suelos en las Sierras de Córdoba, donde las actividades ganaderas y los incendios han impactado fuertemente la región, dejando el suelo propenso a la erosión. Se registró una intensa colonización de costras biológicas compuestas

principalmente de briófitos y líquenes en las áreas en proceso de erosión, cubriendo entre el 10% y el 25% del área de suelo desnudo. Este estudio busca dar respuestas sobre la recuperación de estas comunidades criptogámicas a un disturbio como el fuego e investigar su relación con la estabilización del suelo y el surgimiento temprano de vegetación vascular.

Los resultados mostraron que la cobertura de musgo y líquenes es significativamente menor en sitios quemados, lo que deja el suelo expuesto a la erosión durante al menos dos años. Además, se encontró que la mayor riqueza y cobertura de briofitas y líquenes ocurrió en barrancos en un rango menor al 50% de cobertura vegetal. Lo anterior sugiere que estos organismos pueden jugar un papel importante en la estabilización del suelo y fomentar el desarrollo de plantas vasculares. Los experimentos realizados también sugieren que la germinación de semillas es menor en costras biológicas que en suelo desnudo, aunque depende del tipo de costra y de las especies de plantas. A partir de estos hallazgos, los autores proponen que, en áreas de alta degradación dominadas por costras criptogámicas, el agua podría ser un factor limitante para la sucesión de plantas.

Este estudio es importante para el presente estudio ya que ofrece información sobre los procesos de colonización de costras biológicas y su potencial en la restauración de suelos degradados, destacando cómo las comunidades vegetales pueden colonizar suelos erosionados, lo cual es particularmente relevante para la restauración de ecosistemas en Colombia.

2.2. Caracterizaciones

Sanchez (2021), realizó la caracterización de flora vascular y flora no vascular de hábito epífita y otros en el ecosistema, así como, la flora epífita asociada, en el marco del Proyecto Yulimar Fase 2A ubicado en Bello Antioquia. Durante el desarrollo de dicha investigación se realizó la recolección de excicados, que integran los grupos de las bromelias, orquídeas, musgos, hepáticas, antoceros y líquenes. Esta estrategia permitió el conocimiento de especies fundamentales por su valor ecológico y su impacto de protección, dentro de la normatividad legal como la Resolución 0213 de 1977 del INDERENA. La información obtenida permite comprender algunas variables usadas en la evaluación de diversidad y estado poblacional, así como, dimensionar las actividades frecuentes usadas planes de gestión ambiental y planes de conservación.

Cardozo (2023) caracterizó las bromelias, orquídeas, briofitas y líquenes en el Área de Expansión del Relleno Sanitario La Esmeralda; en esto, se llevó a cabo la caracterización de

bromelias, orquídeas, briofitas y líquenes en el área adyacente del vertedero sanitario que apuntó a identificar especies clave y sus formas de crecimiento (epífitas, rupícolas o terrestres). Dichos análisis ilustran la necesidad de conservar las especies mencionadas debido a los posibles impactos de las actividades antrópicas. Estos hallazgos proporcionan un análisis fundamental necesario para desarrollar nuevos conceptos como el Modelo de Almacenamiento Geográfico (MAG), que mejoraría los procesos de documentación, monitoreo e informe relacionados con la biodiversidad y la gestión ambiental.

Morales et al. (2016) llevaron a cabo un estudio para caracterizar las orquídeas epífitas y sus forofitos en el Parque Universitario Ecológico “José Mariano Mociño”, considerando la diversidad de especies y su relación con los árboles hospedadores. Este trabajo ha descrito algunos aspectos de la selección de forofitos y las condiciones ambientales que fomentan la ocurrencia de orquídeas epífitas. Esta evidencia demuestra la necesidad de incorporar información detallada sobre relaciones ecológicas a modelos de vegetación al MAG, lo que mejoraría su funcionalidad en el almacenamiento y gestión de datos asociados con la biodiversidad epífita.

Bernal et al. (2023) tuvo como objetivo catalogar la diversidad de plantas y líquenes de Colombia a través de un catálogo integral basado en datos de herbarios y literatura especializada. Este trabajo proporciona un registro detallado de especies incluyendo su distribución y estado de conservación, lo que enfatiza la rica biodiversidad del país y la urgente necesidad de protegerla. Esta información es esencial para mejorar el Modelo de Almacenamiento de Información Geográfica (GISM) para almacenar información precisa sobre la flora del país y tomar decisiones informadas respecto a la conservación y la gestión ambiental.

En el desarrollo del proyecto Autopista al Mar 2, la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) informó en 2021 el rescate y reubicación de 194 especies de orquídeas y bromelias (ANI, 2021). El trabajo buscó conservar la diversidad dentro del área de influencia del proyecto mediante la ejecución de medidas de gestión ambiental que incluían la identificación, remoción y monitoreo de estas especies hacia áreas que tienen condiciones ecológicas similares. El análisis enfatiza que estas acciones han hecho posible disminuir los impactos ambientales, integrar la conservación de la vegetación sensible y mejorar la conectividad ecológica. Este estudio está relacionado con la investigación en curso al proporcionar evidencia de la efectividad de algunas medidas de alivio de gestión para especies bajo prohibición de recolección, ayudando así al desarrollo de marcos de monitoreo y evaluación estandarizados para la gestión ambiental.

García y Mercado (2017), estudiaron la diversidad de briofitas en bosques secos montanos de María (Sucre, Colombia); como resultado reportaron de 63 especies, siendo las más importantes de la familia Neckeraceae y Pottiaceae, así como, los géneros *Fissidens* y *Neckeropsis*. San Onofre exhibió el nivel más bajo de diversidad debido a la fragmentación del bosque, mientras que Colosó y Morroa exhibieron el más alto. Este trabajo ofrece una importante visión sobre los ecosistemas secos tropicales de la región en términos de su estructura y conservación.

Zepeda et al. (2014) exploraron la diversidad de musgos epifíticos en el área metropolitana del Valle de Toluca (México), con la intención de determinar su utilidad como indicador ambiental. La investigación registró 41 especies de musgos en 16 parques, siendo la familia Pottiaceae la más numerosa. Se observó que la diversidad de las colonias es muy considerable, aunque los sitios mostraron un bajo índice de similitud, lo que podría relacionarse con las condiciones microclimáticas y la distancia a las áreas urbanas. Esta investigación es útil para el monitoreo ambiental en paisajes urbanos.

Carvente et al. (2017) llevaron a cabo un trabajo sobre la riqueza y distribución de las bromelias epifitas en las localidades de aprovechamiento del Ixtepeji, Oaxaca (México). En dicho estudio, el propósito era analizar la utilidad de estas especies como indicadoras ecológicas del impacto del manejo forestal. En la investigación, hallaron 11 especies del género *Tillandsia* en cuatro localidades, siendo las zonas con encino las que presentaron mayor diversidad. Los índices de diversidad mostraron variaciones, siendo más altos en zonas como La Curva de San Miguel, lo que a su vez evidencia la influencia de factores microclimáticos y de manejo del bosque. Este estudio ayuda a entender los patrones ecológicos de las bromelias en áreas de uso racional, lo cual tiene importancia para la investigación sobre la biodiversidad y conservación en este contexto de explotación.

2.3. Guías, modelos y estudios SIG

Burneo y Benítez (2020) aplicaron el modelo MaxEnt para estimar la distribución potencial de especies, así como, para establecer áreas de conservación prioritarias para seis especies de briofitas en Ecuador. Los resultados indicaron que las especies están potencialmente distribuidas en menos del 2.7% del territorio ecuatoriano, siendo la elevación, la precipitación y la temperatura los factores determinantes. Este estudio es esencial para la conservación porque ayuda a identificar

regiones críticas para especies amenazadas, lo cual es importante para el desarrollo del Modelo de Almacenamiento Geográfico (MAG) y su implementación para la conservación de la biodiversidad.

Isaza (2007) proporcionó un artículo reflexivo sobre el uso de SIG en el análisis económico de la gestión y conservación de recursos naturales y del medio ambiente. Tal como se menciona en la literatura internacional, los SIG son herramientas para el análisis de datos espaciales georreferenciados y relatan la información asociada a los problemas de conservación de la diversidad biológica o de cambio en el uso del suelo o de detección de cambios. El autor da una breve explicación de qué son los SIG y, con un ejemplo práctico, demuestra los beneficios de esta herramienta en el contexto de la gestión de recursos. Además, se proponen algunas direcciones regionales y nacionales para futuras investigaciones en esta área. Este contexto enfatiza la necesidad de investigación sobre la importancia de las tecnologías espaciales, específicamente los SIG, como componentes vitales para una gestión de recursos efectiva, lo que impacta directamente en el estudio que se está llevando a cabo que combina tanto las tecnologías espaciales como la gestión ambiental.

Este proyecto es particularmente importante para entender la restauración ecológica y el uso de SIG en la planificación espacial, que constituyen aspectos significativos en estudios que intentan medir el impacto ambiental en regiones urbanizadas o en la conservación de ecosistemas sensibles, como las especies de plantas bajo protección legal que se estudian en los proyectos de restauración o conservación de Colombia.

ANLA (2016) buscó optimizar el proceso de licenciamiento ambiental al calcular especies en una explotación de cosecha cerrada en Colombia. Este cálculo es importante para garantizar que las especies cosechadas muestren la biodiversidad dentro de las áreas definidas, de modo que las medidas de conservación propuestas sean confiables. Permite mejorar los métodos de evaluación en los estudios de evaluación de impacto, así como, en la toma de decisiones respecto a la protección de especies para explotación de cosecha cerrada, lo cual es importante para el desarrollo del Modelo de Almacenamiento de Información Geográfica.

Por otro lado, el objetivo de la guía para el desarrollo de Especificaciones Técnicas (ET) de productos de datos geográficos derivados de la norma ISO 19131 (2007, modifica 2011), es establecer orientaciones para productores y usuarios de información geográfica en la elaboración de ET, facilitando la normalización en la producción y tráfico de información espaciotemporal.

Esta guía también aplica los elementos destacados de la norma ISO 19131, la cual establece las condiciones para un producto de datos espaciales, tales como: título, objetivo, descripción geográfica, sistema de referencia, calidad del dato y medios de distribución. Cabe mencionar que una ET describe el diseño esperado de un producto; en cambio, los metadatos constituyen una descripción de un producto ya disponible, esto es, relato de los productos existentes. La implementación de esta norma garantiza la reutilización y homogeneización de los datos producidos, lo que simplifica la determinación de la calidad. La guía tiene un enfoque sobre la comprensión de los elementos de la norma; sin embargo, no anula el documento normativo que debe ser consultado para información completa. Esta orientación es pertinente a los que tienen participación en el desarrollo de productos de datos geográficos en el sector público o privado, facilitando la producción y utilización de información geoespacial. Esta documentación es crítica en la formulación de procesos que mejoran la interoperabilidad y la fiabilidad de los productos de datos geográficos.

La guía de validación y presentación del modelo de datos espaciales de la ANLA, compila los lineamientos para estructurar la información espaciotemporal que alimenta el sistema de información geográfica. Este sistema es alimentado por metodologías y términos de referencia emitidos para el desarrollo de estudios ambientales, tales como, estudios de impacto ambiental, proyectos de manejo de la cuenca, planes de manejo ambiental, diagnósticos ambientales de alternativas, entre otros. También enfatiza la sistematización de las bases de datos con la información geográfica, cartográfica, alfanumérica y su generación, ya que permite delimitaciones eficientes de sistemas de archivo y de consulta. Igualmente, dicha norma responde a la problemática de falta de un esquema sistemático en la elaboración de productos geográficos para su uso en la administración y evaluación por autoridades ambientales. Se considera que el proceso de la información centralizada y ordenada se torna necesaria, pero a la vez crítica en el seguimiento de evaluación de proyectos que son ambientales, mejorando la calidad de datos y su disponibilidad en procesos informativos.

Este modelo destaca la necesidad de implementar directrices efectivas para gestionar los conjuntos de datos espaciales producidos durante los estudios ambientales. La importancia para el presente estudio es comprensible, ya que el modelo mejora la incorporación de información geoespacial en los procesos de planificación y evaluación ambiental. Además, este tipo de estandarización facilitará la interpretación y gestión de la información geoespacial de manera más

eficiente en el proceso de investigación y toma de decisiones respecto a las estrategias de manejo y seguimiento de la flora epífita en Colombia.

ANLA ha tenido en cuenta la estandarización y la optimización de procesos en lo que respecta al seguimiento y monitoreo de los planes de gestión ambiental para los proyectos que requieren una licencia ambiental (ANLA, 2023). Así, la autoridad pudo establecer una colección de indicadores con los cuales resulta posible medir y evaluar la efectividad de acciones para mitigar, corregir y compensar los impactos en especies de flora y líquenes que se encuentran en veda nacional dentro de un país.

Este documento surgió como resultado del análisis de proyectos licenciados cuyos resultados evidencian la falta de consistencia en el cumplimiento de objetivos de meta tales como: el rescate, traslado, reubicación de especies vasculares y restauración de hábitats para especies de briofitas y líquenes. También, señala la falta unificación de normativas técnicas y metodológicas a las ordenadas por el Decreto-Ley 2106 de 2019 que, a su vez, permite que la ANLA desarrolle el seguimiento y control del cumplimiento de estas acciones de manejo ambiental.

Es importante destacar que el diseño de indicadores estandarizados contribuye significativamente a la planificación de monitoreo y gestión, así como, a la conservación de especies protegidas; lo cual está directamente relacionado con el estudio actual porque proporciona un marco metodológico para la integración de herramientas geoespaciales y modelos de seguimiento que mejoran la gobernanza ambiental dentro del sistema legal existente.

Mediante el artículo 125 del Decreto 2106 de 2019 el Departamento Administrativo de la Función Pública simplificó los trámites ambientales al integrar las medidas de conservación de flora silvestre en veda directamente en procesos de licenciamiento, permiso, concesión, autorización o cualquier otra herramienta de manejo y control ambiental, eliminando la necesidad del levantamiento parcial de veda ante MADS, es decir, las medidas de manejo, compensación y seguimiento destinadas a conservar la especie en veda se prescribirán en la evaluación ambiental del proyecto. Como respuesta, el MADS emitió la circular 8201-2-808 del 09 de diciembre 2019 mediante la cual estableció lineamientos técnicos para evaluar y establecer medidas de conservación a especies de flora en veda.

Este cambio supone una oportunidad para articular con otras herramientas de conservación la gestión de la flora silvestre vedada, así como, para actualizar de la base de datos geográficas ANLA, mejorando la efectividad en el control y monitoreo de los recursos de diversidad biológica.

Por último, la Estructura de Almacenamiento Geográfico MADS, establecido en la Resolución 2182 de 2016, pretende estandarizar la información geográfica obtenida como parte de los estudios ambientales en Colombia, asegurando que la información producida por los diversos actores sea consistente, homogénea y cumpla con las especificaciones establecidas en los requisitos técnicos definidos (MADS, 2016). Este modelo está destinado a ayudar en la fusión, consulta y análisis de información en el Sistema de Información de Licencias Ambientales (SILA), fomentando la integración de diferentes Sistemas de Información Geográfica y el aumento cualitativo de los estudios ambientales. Uno de los elementos más importantes de este modelo es su estructura, que de forma sistemática y dúctil permite el cargue de información de cada uno de los componentes vitales en la evaluación ambiental. Este enfoque técnico asegura que las evaluaciones sean fiables, consistentes y respaldadas por datos coherentes, promoviendo una toma de decisiones sólida dentro del ámbito de la gestión ambiental (MADS, 2016).

El desarrollo y estado de la Estructura de Almacenamiento Geográfico MADS se conecta de manera directa con el presente estudio, pues se busca desarrollar un modelo relacional atendiendo el marco normativo actual en lo referente a la flora epífita, optimizando la exactitud y funcionalidad para el reporte y seguimiento de Bromelias, Orquídeas, Briofitos (Musgos, hepáticas, anthocerotales) y líquenes en el marco de cualquier proyecto, obra o actividad.

En conclusión, las bromelias, orquídeas, briofitos y líquenes son un grupo biológico biodiverso que destaca por su importancia en la conservación de hábitats y estabilidad en los ecosistemas tropicales, no obstante, sus poblaciones son altamente susceptibles a los cambios de uso del suelo y extracción masiva (principalmente con fines económicos); por ello, se establecieron sobre la flora epífita medias regulatorias, como la veda, DAA, licenciamiento ambiental, PMAE, entre otras, para garantizar la protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de estas especies y sus hábitats.

Aunado a las medidas regulatorias, es importante estandarizar las metodologías de caracterización y seguimiento, de tal forma que se cuente con una base de datos útil para el desarrollo de estrategias efectivas de conservación. En este contexto, desarrollar un MAG es prioritario para lograr una mejor administración de la biodiversidad en Colombia, porque integra de forma clara, sistemática y eficaz datos relevantes en la caracterización, manejo, seguimiento y/o compensación de flora epífita nivel nacional.

3. Justificación

Esta investigación responde a la necesidad de unificar y consolidar la gestión de la información geográfica acerca de la flora epífita en Colombia, en particular, de bromelias, orquídeas, briofitos y líquenes.

Dicho grupo biológico desempeña un rol ecológico fundamental en ambientes tropicales. A través de la retención de hasta un 25 % del agua lluvia, la recirculación de nutrientes mediante procesos metabólicos y la provisión de microhábitats, estas plantas estructuran y nutren el ecosistema. Pese a su importancia han permanecido históricamente relegadas en inventarios y sistemas de información técnica (CORDIS, 2023).

Los procedimientos actuales de registro y monitoreo tienen brechas significativas que impiden la gestión efectiva de la información sobre la flora epífita (ANLA, 2016). Esta problemática se acentúa con cambios normativos recientes, particularmente el Decreto 2106 de 2019 simplificó los tramites ambientales y al mismo tiempo estableció la obligatoriedad de incorporar medidas de conservación para las especies de flora silvestre en veda en los procesos de licenciamiento (MADS, 2019). Así, se pone de manifiesto la necesidad de desarrollar un modelo espacial estandarizado, sistemático y eficaz.

En la actualidad, la carencia un MAG enfocado en plantas epífitas ha propiciado la generación de inventarios insuficientes, centrados en guías que varían en los criterios, el alcance y la jerarquía de los mismos, lo que a su vez obstaculiza la comparación de los datos, compromete la interoperabilidad de los sistemas de información y retrasa el establecimiento de una base nacional que, integrada y con robustez, aporte a los ejercicios de conservación de la biodiversidad (ANLA, 2023).

Desde una óptica ecológica, las bromelias, orquídeas, briofitos y líquenes deben considerarse como bioindicadores de alta sensibilidad frente a variaciones climáticas y disturbios de origen antrópico; por ello, contar con registros exactos de su distribución y situación de conservación es un recurso estratégico en la formulación de políticas ambientales (Benítez, y otros, 2021; Rodríguez, Djukanovich, & Herrero, 2021).

El MAG desarrollado a partir del presente trabajo investigativo permitirá articular datos vectoriales que muestren de manera precisa los puntos de muestreo y tablas normalizadas destinadas a capturar información taxonómica, poblacional y estado de conservación. La

incorporación simultánea de estas funcionalidades ampliará de forma significativa la base de datos biológica nacional y, a la vez, acortará los circuitos de retroalimentación requeridos para satisfacer las obligaciones regulatorias. Este mismo conjunto de mejoras, a modo de soporte, contribuirá a estructurar planes de manejo y de compensación que se diferencien por su rigurosidad y por su capacidad de ejecución remota. Los efectos se proyectarán, entre otros espacios, sobre la planificación territorial, sobre las evaluaciones de proyectos de infraestructura y sobre las estrategias de conservación de la biodiversidad que la legislación nacional y los acuerdos internacionales hacen operativos (Isaza, (Isaza, 2007) (ANLA, 2025).

Finalmente, es preciso considerar que la presente investigación aborda una brecha crítica en la gestión de la información ambiental al proponer una solución novedosa y de alto valor: el desarrollo de un nuevo Modelo de Almacenamiento Geográfico (MAG), fundamentado en la metodología para la caracterización de especies de flora en veda establecida en la Circular MADS 8201-2-808 del 09 12 2019, el registro sistemático de las necesidades expresadas por los actores consultados: biólogos, forestales, ecólogos y especialistas SIG, .y los lineamientos de modelos lógicos de datos, para estructurar un modelo claro, práctico y compatible con otras bases de datos especializadas para el reporte de biodiversidad.

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

Desarrollar el Modelo de Almacenamiento Geográfico (MAG) con el fin de mejorar el reporte y la gestión de las especies de Bromelias, Orquídeas, Briofitos (Musgos, Hepáticas, Anthocerotales) y Líquenes, asegurando su integración eficiente en la base de datos geoespacial y facilitando el acceso y análisis de la información para la toma de decisiones en conservación.

4.2. Objetivos específicos

1. Integrar un elemento vectorial y una tabla de datos al Modelo de Datos Geográfico (MAG) para el reporte de Bromelias, Orquídeas, Briofitos y Líquenes, con el fin de estandarizar los reportes y enriquecer la base de datos biológica nacional.
2. Actualizar el diccionario de datos con la estructura, descripción y detalles de los elementos vectoriales y tabulares del modelo de datos, incluyendo las capas geográficas, tablas asociadas y dominios relevantes, para facilitar el uso y comprensión del modelo en el reporte de Bromelias, Orquídeas, Briofitos y Líquenes.
3. Elaborar un *Storymaps* con el modelo de datos propuesto, destacando las principales mejoras y beneficios de la incorporación de nuevas metodologías y herramientas, con el propósito de difundir la información y promover la adopción de este modelo entre los usuarios y actores clave en el manejo de la biodiversidad.

5. Marco teórico

El manejo insostenible de la flora silvestre ha contribuido a la disminución o pérdida de numerosas especies en Colombia y el mundo. Para enfrentar esta problemática, se han establecido normativas que regulan su aprovechamiento y facultan a entidades para ejercer la autoridad ambiental en cada jurisdicción (INERCO, 2022).

La diversidad de flora es el atributo ambiental más notable de Colombia, Gracias a las abundantes selvas tropicales, hay una notable diversidad de vegetación, incluyendo 927 especies de musgos, 840 de hepáticas, 1,515 de líquenes y 1,400 de helechos. Además, contiene aproximadamente 26,500 especies de plantas con flores, que representa el 12% de la riqueza botánica total del mundo (Rangel, 2005). Esta gran diversidad de los Andes colombianos se debe principalmente a su gran complejo montañoso que convierte la cordillera en un lugar ideal para la conservación de especies. Además, las situaciones violentas históricas y actuales han restringido el acceso a muchas partes del país, lo que ha aumentado la diversidad y abundancia de especies (Quintero, 2022).

Sin embargo, el momento que se vive actualmente implica un impacto notable por la creciente degradación y agotamiento de los sistemas biológicos, por la disminución o la extinción de especies que se ha dado por la remoción de coberturas forestales en el marco de la ejecución de proyectos de infraestructura, por el incremento de la presión de poblaciones humanas en crecimiento, por la expansión de la ganadería, por la agricultura intensiva, por los cultivos de uso ilícito. Esto, en muchos casos, se da por el desconocimiento de la función ecológica de ciertas especies, como son las epífitas, que ha llevado al desaprovechamiento del potencial que ofrecen los recursos naturales no maderables que ofrecen los bosques. Estas especies han sido menospreciadas ya sea por conceptos erróneos que las asocian con plantas parásitas o con factores de improductividad ecológica y/o económica (Quintero, 2022).

Las especies que se han reportado anteriormente conocidas como epífitas, palabra que proviene etimológicamente del griego “epi” que significa “sobre”, y “phyte”, planta; se desarrollan en diferentes sustratos en la naturaleza, como: corteza de árboles, suelo, humus, roca, madera en descomposición, hojas. Algunas especies son relevantes en el mercado internacional hortícola, por lo llamativo de sus flores como las orquídeas o por sus hojas coloridas como las bromelias (Quintero, 2022).

INERCO Consultoría Colombia, en su “*guía de orquídeas, bromelias, briófitos y líquenes*”, hace el registro biológico de especies que proviene de diferentes partes del país, el que se dedicaría a cada uno de los grupos de plantas epifitas más conocidos y comunes con veda nacional: orquídeas (familia Orchidaceae), bromelias (familia Bromeliaceae), briófitos sensu lato: musgos (división Bryophyta), hepáticas (división Marchantiophyta) y antocerotes (división Anthocerotophyta) y, por último, hongos liquenizados o líquenes (Reino Fungi); de las cuales se hace la siguiente descripción.

“*ORQUIDEAS: son plantas que forman parte de la familia Orchidaceae, que conforma uno de los grupos de plantas más diverso; no sólo en el número y en la variabilidad de los tamaños de sus especies, sino también en el gran número de formas y colores de sus flores. Son plantas herbáceas, poseen raíces aéreas, muestran estructuralmente tres partes florales y sus hojas tienen venación paralela. Colombia representa el primer país del mundo en biodiversidad de orquídeas, con cerca 3.194 especies registradas. Se destacan por su belleza, pero algunas de las especies carecen de interés comercial y pueden pasar desapercibidas por su diminuto tamaño*”. (INERCO, 2022).

“*BROMELIAS: Es un grupo de plantas de la familia Bromeliaceae, que incluye las piñas, los cardos y los quiches. Esta familia se distribuye casi exclusivamente en el trópico americano, siendo particularmente diversa en Colombia, con cerca de 1.057 especies. Son plantas herbáceas, frecuentemente de hábitos xerofíticos, que ocupan gran parte de los ecosistemas de Colombia y que también pueden proporcionar albergue y alimento a muchas otras especies*” (INERCO, 2022).

“*BRIOFITOS: Comprenden especies de pequeña estatura, con colores tenues, de importancia ecológica menos evidente y con historias evolutivas aparentemente simples; No obstante, la importancia y evolución de estas especies se ha dado a conocer en trabajos recientes de investigación científica que se han realizado en los últimos años, realizando trabajos de investigación sobre esas plantas*” (INERCO, 2022).

Los tres grupos de briófitos más importantes son: los musgos (división Bryophyta), hepáticas (división Marchantiophyta) y antocerotes (división Anthocerotophyta). Estos comprenden los primeros linajes de plantas terrestres derivadas de antepasados de algas verdes. Estos grupos de organismos comparten un ciclo de vida fundamentalmente similar, con un gametofito (estructura que produce los gametos) fotosintético alternando con un esporofito (estructura que produce las esporas) de vida corta que completa todo su desarrollo unido al gametofito (INERCO, 2022).

“HONGOS LIQUENIZADOS (LÍQUENES): Un líquen podría considerarse como una asociación simbiótica hongo-alga estable, dando como resultado un talo que, generalmente, difiere de cualquiera de los simbioses en un estado de existencia libre (no liquenizados). La mayoría de las definiciones de simbiosis de líquenes enfatizan su naturaleza dual: el mutualismo de un solo hongo (micobionte) y un solo simbiote fotosintetizador (alga o cianobacteria, llamada fotobionte), ocasionalmente complementado por un segundo simbiote fotosintetizador. Juntos forman cuerpos (talos) estratificados, a menudo frondosos o planos que no se asemejan a ninguno de los simbioses cuando se encuentran en estado aislado. Se considera actualmente que los líquenes hacen parte del reino Fungi (Hongos). La diferencia primordial reside en su forma de alimentarse, debido a que obtienen nutrientes de las algas simbióticas” (INERCO, 2022).

Todas ellas desempeñan funciones importantes dentro de las redes tróficas que formarían parte de cada ecosistema.

En este contexto, muchas organizaciones, con normativas pertinentes o iniciativas diversas han aportado a la producción de información y conocimientos científicos relevantes sobre la diversidad biológica y de los servicios ecosistémicos indispensables para tomar decisiones y para la producción de normas y políticas (ONU, 2025). Estas son; entre otras:

- Orden Internacional:

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano en Estocolmo (Suecia) entre el 5 y el 16 de junio de 1972, cuyo resultado fue la creación del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), considerado como la principal autoridad ambiental a nivel mundial (ONU, 2025).

Convenio sobre la Diversidad Biológica de Naciones Unidas (CDB); tratado internacional que fue adoptado en 1992 en la Cumbre de la Tierra (ONU, 2025).

El Acuerdo de Escazú es conocido así debido a que fue adoptado en la ciudad de Escazú el 4 de marzo de 2018 (CEPAL, 2021).

Acciones tales como el diseño de la Plataforma Intergubernamental sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES), cuyo propósito es elaborar habilidades y aumentar la utilización de la ciencia en la política respecto a los servicios ecosistémicos y la biodiversidad. (IPBES, 2016) y la difusión de metodologías y modelos de distribución geográfica de especies/ecosistemas que utilizan técnicas estadísticas y cartográficas que, a partir de datos

actuales, permiten inferir áreas potencialmente adecuadas basándose en sus características ambientales.

- Del orden Nacional:

Ley 2a de 1959. La Ley de Economía Forestal Nacional y Conservación de RNR precisa que, para el desarrollo de la economía forestal, así como la protección de los suelos, aguas y vida silvestre, se crearán como Zonas Forestales Protectoras y Bosques de Interés General, varias zonas de reserva forestal dentro de los límites que para cada bosque nacional se fijan (MADS, 2025).

La Resolución No. 213 de 1977 del Instituto Nacional de Recursos Naturales (INDERENA), estableció vedas para ciertas especies y productos de flora silvestre, que definió como plantas protegidas. Según el artículo No. 1, se declararon en veda todas las especies conocidas como lamas, líquenes, musgos, parásitas quiches orquídeas, así como lama capote y broza y otras especies de plantas y productos herbáceos y leñosos como la corteza de árboles y ramas que constituyen el hábitat de esas especies que normalmente se utilizan como ornamentales o para fines generales, especies explotadas productos herbáceos y leñosos. Adicionalmente, INDERENA declaró vedas a otras especies de flora mediante resoluciones administrativas (MADS, 2019) (MADS, 2025).

Las vedas ambientales como se mencionó con los antecedentes imponen restricciones y reglas para la explotación y uso de ciertos organismos, especies, productos de la planta, o hasta grupos de taxonomía a nivel nacional o incluso regional. Esta regulación se dirige a organismos que cuenten con algún grado de fragilidad o amenaza para su preservación. Según el caso, puede haber vedas parciales o de un tiempo delimitado.

La Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE): aborda fundamentalmente las problemáticas y de la situación expuesta plantea líneas estratégicas de acción recomendadas. Sugiere que el manejo de la conservación se efectúe de forma integrativa, es decir, que se incluya la restauración, preservación, uso sostenible, y creación de información y conocimiento al respecto.

La Estrategia Nacional para la Conservación de las Plantas de 2010 y el Plan de Acción de 2017 fomentan el desarrollo de un plan nacional para la conservación, el conocimiento y el manejo sostenible de la flora de Colombia.

Para regulaciones específicas sobre epifitas, están disponibles los siguientes documentos:

Plan para el estudio y la conservación de las orquídeas en Colombia

Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente y la ley 2811 de 1974 y Decreto 1791 de 1996.

Ley 17 de 1981 que aprueba la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres

Decreto 1076 de 2015: por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible Colombia también tiene una lista roja de plantas a nivel país. En la década de 2000, aproximadamente 2000 especies habían sido evaluadas, de las cuales 869 estaban en peligro; y se espera que con los esfuerzos de la comunidad científica para 2030 haya el doble de especies registradas (SIB, 2022).

El propósito del Decreto Ley 2106 de 2019 es eliminar, simplificar y reformar los procedimientos en la administración pública. Como tal, cualquier trabajo que requiera una licencia ambiental, permiso, concesión o autorización que impacte un área donde ciertas especies de flora son silvestres o son plantas epifitas en vedación requiere el consentimiento de la autoridad ambiental correspondiente ANLA o de las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible (CARS). Estos organismos están encargados de conservar y restringir especies. Estas restricciones reflejan la creciente preocupación por la biodiversidad en Colombia, que ha sido englobada en políticas de conocimiento y protección de los ecosistemas (MADS, 2012) .

La Constitución Nacional de 1991 reconoció el medio ambiente a nivel constitucional, enfatizando su importancia, así como estableciendo las condiciones previas para un crecimiento económico sostenible. Además, proclamó la protección del patrimonio cultural y natural de la nación como principios fundamentales para un mayor compromiso ciudadano, fortaleciendo así el institucionalismo estatal autónomo y descentralizado. Este marco, que ha sido definido por las autoridades ambientales a nivel nacional, regional y local, tiene la tarea de asegurar la ejecución exitosa de las políticas públicas ambientales (MADS, 2025).

De acuerdo con los principios y respondiendo a los acuerdos realizados en la Cumbre de Río de Janeiro de 1992, la ley 99 de 1993. Esta legislación llevó a la creación del Ministerio del Medio Ambiente, actualmente conocido como el MADS. También proclamó que proteger y recuperar el medio ambiente del país es una tarea compartida y coordinada por el Estado, la Comunidad, las Organizaciones No Gubernamentales y el Sector Privado. Además, se encomendó

al Ministerio la tarea de establecer los requisitos no políticos de planificación sectorial e interministerial para la integración de la política ambiental (MADS, 2025)

Con el objetivo de mejorar la gestión ambiental, la Ley 99 de 1993 instituyó el Sistema Nacional Ambiental (SINA) como un marco que integra a varios actores, dividiéndolos en dos líneas de acción: una para la creación de políticas públicas y otra para la implementación, ejecución, supervisión y control. La última, encargada del cumplimiento normativo, se conoce como el ejercicio de la autoridad ambiental (Molina, 2014).

Además, la ley otorgó a las corporaciones regionales autónomas funciones ambientales que también le confirieron poderes jurisdiccionales a nivel regional, así como, un elemento central de la estructura institucional ambiental nacional. También creó los institutos de investigación (Sinchi, Alexander Von Humboldt, IDEAM, John von Neumann e Invemar). Asimismo, por primera vez se establecieron la regulación y la naturaleza de las licencias ambientales, en general (Macías, 2023).

Ante la creciente necesidad de licencias ambientales para grandes desarrollos, junto con la complejidad inherente en la gestión de estas licencias, el Gobierno Nacional decidió disociar este componente de la estructura del MADS, estableciendo mediante el Decreto 3573 del 27 de septiembre de 2011, El ANLA como una Unidad Administrativa Especializada con independencia administrativa y financiera, aunque sin personalidad jurídica.

Su propósito es mejorar los sistemas de control y supervisión relacionados con los proyectos, obras o actividades que requieren una Licencia Ambiental, Permiso o cualquier Procedimiento Ambiental, con el fin de contribuir con el desarrollo sostenible del país. (MADS, 2012).

Sobre este particular, el Art. 3 del Decreto 2820 del 5 de agosto de 2010, en relación con el Título VIII de la Ley 99 de 1993, considera “Licencia Ambiental” como el permiso que la autoridad ambiental correspondiente a su jurisdicción otorga para la ejecución de un proyecto, actividad u obra en la etapa de vida útil. Esta licencia se expide para aquellas iniciativas que en virtud de la ley y reglamentos de orden legal podrían causar un menoscabo de gran importancia a los RNR o al medio ambiente y que además implican cambios paisajísticos. Quien posea una licencia ambiental está obligado al cumplimiento de los requisitos, plazos, condiciones y responsabilidades establecidos en relación con la prevención, mitigación, corrección, compensación y gestión de las

consecuencias sobre el medio ambiente que, en términos de impactos, resultarían del proyecto, obra o actividad que se ha autorizado (MADS, 2024).

Asimismo, el uso, la explotación y el impacto sobre los RNR, deben estar claramente identificados en el Estudio Ambiental correspondiente para obtención de la Licencia Ambiental. Estos estudios son instrumentos fundamentales para las decisiones que se deben tomar sobre proyectos que pueden generar impactos ambientales significativos y alterar de manera considerable al paisaje. Para garantizar su efectividad, deben cumplir con estándares de calidad respecto a la información, utilizar un lenguaje claro, preciso y homogéneo, y describir en detalle las condiciones ambientales particulares y las situaciones únicas de cada proyecto. Además, deben atender los lineamientos establecidos en la “Metodología General para la elaboración y presentación de estudios ambientales” y en base a los términos de referencia expedidos por el MADS, bajo un enfoque integral del ambiente (MADS M. d., 2018).

Los estudios ambientales que se deben presentar ante la autoridad ambiental competente son: el Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA), el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y el Plan de Manejo Ambiental (PMA). Aunque cada uno tiene un propósito y alcance específico diferente, todos se centran en la intersección del conocimiento científico relacionado con el medio ambiente donde se llevará a cabo el proyecto y los aspectos técnicos del trabajo o actividad con el fin de anticipar la consideración de los impactos ambientales sustanciales que se causarán o crearán (MADS, 2018).

El DAA es un documento de estudio que tiene como objetivo proporcionar información para evaluar, comparar y determinar la alternativa más apropiada para la implementación de proyectos, obras o actividades. Su propósito específico es hacer posible el uso eficiente de los recursos mientras se minimizan los efectos negativos importantes. El EIA y el PMA son los principales estudios ambientales que determinan la viabilidad ambiental de un proyecto particular que debe ser autorizado, porque a través de ellos se determina la identificación y valoración de los impactos ambientales, y se definen medidas de gestión que incluyen estrategias para la prevención, mitigación, corrección y compensación de dichos impactos (MADS, 2018).

Como parte de los procesos evaluativos atendiendo al estudio de la documentación ambiental, su seguimiento y toma de decisiones, la ANLA está llevando a cabo actualmente el proyecto de regionalización de la información ambiental, que tiene como objetivo suministrar información a tal nivel que pueda ser integrada o superpuesta con las condiciones ambientales de

una región particular y con respecto a los proyectos de desarrollo que se planifican dentro de ella (MADS, 2012).

La Metodología General Para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales considera un conjunto de instrucciones bajo un sistema ordenado y jerárquico que permite a los proponentes de proyectos, obras o actividades que necesiten licencia ambiental, cumplir con las ordenanzas vigentes DDA, EIA, PMA y para la presentación de obras de infraestructura ambiental. MGEPEA fue adoptada mediante la Resolución 1503 de agosto 4 de 2010 y actualizada mediante la Resolución 1402 en el 25 de julio de 2018. Las revisiones metodológicas junto con los requisitos establecidos en los términos de referencia garantizan que los estudios ambientales contengan la información vital que las autoridades ambientales necesitan para que la lógica que fundamenta sus decisiones sea racional, rápida e inequívoca (MADS, 2018).

La aplicación de la metodología mencionada cubre todos los proyectos, obras o actividades sujetos al proceso del licenciamiento ambiental; no obstante, cada proyecto tiene particularidades propias y debe ajustarse a los requerimientos que le correspondan en función del tipo, extensión y localización, y los componentes que pueda llegar a afectar, descartando aquellos requisitos que no le correspondan. En este sentido, los términos de referencia genéricos no determinan solamente la información que ha de presentarse para cada tipo de proyecto, también determinan el nivel el detalle para cumplir con la metodología (MADS, 2018).

Si bien la metodología no determina las escalas geográficas para la información presentada, la escala utilizada debe permitir realizar los análisis adecuados que conlleven a conclusiones ambientales pertinentes sobre la viabilidad de un proyecto o una de sus alternativas. Esta escala viene dada dependiendo del fenómeno o característica evaluada y del tipo de proyecto, sin embargo, cumpliendo con los pasos establecidos en los términos de referencia y mejorar el nivel de detalle cuando la información disponible o la evaluación de alternativas o el proyecto lo justifiquen (MADS, 2018).

El Decreto 3573 de 27 de septiembre de 2011, Documento, que dio lugar al ANLA, Colombia, quien describe la necesidad de formular un Sistema de Información Geográfica en el numeral 8 del Art 14 como una herramienta de planificación y gestión para tratar y utilizar información sobre proyectos, obras y actividades, de modo que pueda instrumentar efectivamente la gestión. Esta herramienta mejorará el acceso a la información tanto interna como externamente

a las instituciones nacionales que forman parte del SINA a través de requisitos establecidos de la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE) (ANLA, 2025).

El SIG-ANLA proporciona información geográfica para todos los proyectos bajo la jurisdicción de la entidad. Estos archivos se mantienen en una base de datos institucional de acuerdo con los procedimientos de almacenamiento de datos de ANLA.

Los SIG recolectan y gestionan datos provenientes de estudios de impacto, diagnósticos de alternas, planes de manejo de cuenca y hasta informes de cumplimiento ambiental. Esta información también se conecta con las aplicaciones Alzul LOA, SILA, VITAL y RUA, las cuales mejoran la sistematización y la administración de los datos asociados a las licencias de ambiente (ANLA, 2025).

El Gobierno colombiano a través de la Resolución No. 899 de 2023, creó la ICDE como un sistema que ordena distintas tecnologías, normas, políticas y planes que permiten la generación, disponibilidad y gestión de los datos espaciales. ICDE ha establecido un ecosistema de recursos tecnológicos y geoespaciales en relación con el Sistema Estadístico Nacional (SEN) y sus organismos coordinadores. Su ejecución busca lograr interoperabilidad entre los sistemas de información, colaboración interinstitucional y control racional sobre los recursos geográficos del país.

Esta estructura facilita el aprovechamiento de la información geográfica nacional mediante herramientas, servicios y datos generados en el país. Su fortalecimiento se apoya en la transferencia de conocimiento, la interoperabilidad y la cooperación, lo que permitirá asignar recursos para que entidades productoras y gestoras de información geográfica puedan aplicar su conocimiento dentro del Marco de Referencia Geoespacial (ICDE, 2022).

La ICDE, se organiza en dos instancias: la Decisoria: conformada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el Departamento Nacional de Planeación (DNP), La comisión Intersectorial de Información Geográfica (CIIG) y la Operativa: coordinada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (ICDE, 2023).

A partir del 31 de octubre de 2013, según la Resolución 1484 de MADS, la ANLA es parte del Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC), que ha mejorado la colaboración interdisciplinaria en el sector ambiental, lo que mejora las relaciones interinstitucionales, así como la gestión de procesos, la coordinación, la promoción y el desarrollo de los instrumentos de garantía

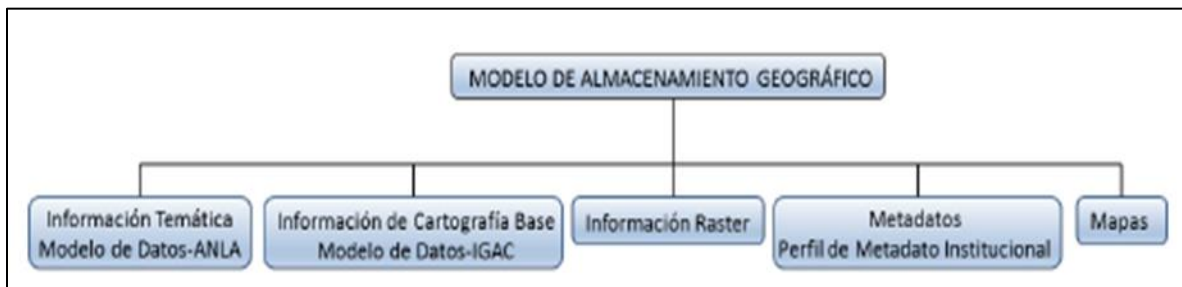
que aseguran que la información geográfica se produzca de manera clara y simplificada (ANLA, 2025).

Es una recopilación de sus actores que forma un sistema integrado que es capaz de integrar las políticas, procesos y tecnologías para gestionar la información relacionada con el medio ambiente dentro del país, incluyendo la generación de datos, el conocimiento, la toma de decisiones informadas, la educación y la responsabilidad social, así como todas las actividades relacionadas con el desarrollo y mantenimiento posteriores. En este contexto, la ANLA ha desarrollado e implementado estrategias para: aumentar la producción de información geográfica del medio ambiente; promover la adopción de información geográfica y estándares; fomentar el uso institucional de tecnologías geoespaciales (ANLA, 2025).

Dados las resoluciones 1415-2012, 188-2013 y 2182-2016, con el fin de que se garantice la recolección y reporte de información confiable en los estudios de licenciamiento, se ha avanzado en las actualizaciones y consolidación del Modelo de Almacenamiento de Información Geográfica (MAG). Este modelo permite el almacenamiento de los datos geográficos, alfanuméricos y cartográficos necesarios para la exposición y categorización de los elementos del mundo real que han sido determinados y organizados de manera que faciliten y optimicen las diversas funciones y procesos involucrados en los datos geoespaciales, como la gestión, recuperación y análisis utilizando software GIS y aplicaciones web (ANLA, 2025).

El MAG permite la estandarización del reporte de productos geográficos y cartográficos de diversos proyectos que requieren licencias ambientales y permisos, y también ayuda a la interoperabilidad entre otras entidades. Esta entrada alimenta el SIG-ANLA, que representa y describe una herramienta fundamental para fines administrativos y de gestión de datos espacialmente referenciados, que permite a las Autoridades Nacionales de Licencias Ambientales tomar decisiones informadas de manera oportuna (ANLA, 2025).

El MAG es un conjunto de datos que contiene datos espaciales y no espaciales, incluyendo datos vectoriales y raster, metadatos y mapas que pueden ser proporcionados por los usuarios de acuerdo con la estructura presentada en la **Figura 1**.

Figura 1*Estructura de Almacenamiento Geográfico MADS*

Nota. Fuente: Guía para el diligenciamiento y presentación del Modelo de Datos Geográficos. ANLA

Estructura de Almacenamiento Geográfico MADS, en su componente de datos temáticos, describe la promoción de datos geográficos de acuerdo con las directrices proporcionadas en la Metodología General para la Preparación y Presentación de Estudios Ambientales y el Manual de Seguimiento, junto con otros lineamientos. Este modelo permite la estructuración de la clasificación de diferentes componentes de los proyectos, tales como: Ambiente Abiótico, Ambiente Biótico, Marítimo-Costero, Ambiente Socioeconómico, Gestión de Riesgos, Zonificación, elementos del proyecto, pérdida de biodiversidad y otras compensaciones, inversión del 1% y Contingencias. Su uso ayuda en la determinación del entorno ambiental de un área, así como facilita el análisis espacial, lo que a su vez apoya en la evaluación del impacto ambiental y en la planificación e implementación de las medidas requeridas (ANLA, 2016).

El modelo de datos temático incluye definiciones, clasificaciones o categorías, normas y políticas institucionales en los ámbitos temático, técnico, geoespacial y cartográfico. Estas directrices tienen como base el IGAC, Servicio Geológico Colombiano- SGC, IDEAM, INVEMAR, y MADS, entre otros. Buscan integrar y normalizar todos los conceptos y los factores que permiten espacializar y caracterizar la información geográfica (ANLA, 2016).

A partir de la redacción anterior, se elabora un cuadro a partir de la obra con un esquema organizativo que contenga la información temática; en este caso, la disposición volumétrica es por medios o temáticas generales y sus componentes que a cierto tamaño o escala son estructurados y caracterizados en las capas y tablas del modelo de datos (**Figura 2**).

Figura 2
Estructura de información temática

MEDIO O TEMA GENERAL	COMPONENTE	TEMÁTICAS (CAPAS GEOGRÁFICAS Y TABLAS)
<u>MEDIO ABIÓTICO</u>	GEOLOGIA	<ul style="list-style-type: none"> • Unidades Geológicas, límites de las unidades geológicas-Contacto Geológico, Fallas y Lineamientos Geológicos, Pliegues Geológicos, Datos Estructurales, discontinuidades superficiales-Discontinuidad Geológica. • Sitios para la extracción de Materiales de Construcción, pueden ser representados en los tipos de geometría punto y polígono.
	GEOMORFOLOGIA	<ul style="list-style-type: none"> • Unidades Geomorfológicas. • Procesos Morfodinámicos, pueden ser representados en los tres tipos de geometría. • Pendientes.
	PAISAJE	<ul style="list-style-type: none"> • Unidades de Paisaje (Condición Escénica-Calidad Paisajística). • Sitios de interés paisajístico-atractivo escénico, pueden ser representados en los tres tipos de geometría.
	SUELOS	<ul style="list-style-type: none"> • Unidades Cartográficas de Suelo y Puntos de Muestreo de Suelo. • Capacidad de Uso de las Tierras, Uso Actual del Suelo y Conflicto de Uso del Suelo.
	HIDROLOGIA	<ul style="list-style-type: none"> • Cuencas Hidrográficas. • Ocupaciones de Cauce, Captaciones y Vertimientos. • Puntos de Muestreo de Agua Superficial (calidad del agua). • Usos y Usuarios del Recurso Hídrico.
	HIDROGEOLOGIA	<ul style="list-style-type: none"> • Unidades Hidrogeológicas, Zonas de recarga, tránsito y descarga de acuíferos, y Vulnerabilidad de Acuíferos. • Puntos Hidrogeológicos y Sondeos Eléctricos Verticales. • Captación y Vertimiento (Inyección) subterráneo. • Puntos de Muestreo de Agua Subterránea (calidad del agua).
	GEOTECNIA	<ul style="list-style-type: none"> • Muestreo de Parámetros en suelo y rocas. • Zonificación Geotécnica.
	ATMOSFERA	<ul style="list-style-type: none"> • Fuentes de Emisiones Atmosféricas y Calidad del Aire. • Fuentes generadoras de Olores Ofensivos. • Fuentes de Emisión de Ruido, Monitoreo de Ruido Ambiental e Isófonas. • Monitoreo de Vibraciones y Sobrepresión Atmosférica (o sobrepresión de aire) e Isolíneas.
CLIMA	<ul style="list-style-type: none"> • Estaciones Meteorológicas, Isoyetas e Isotermas. • Zonificación Climática. 	

MEDIO O TEMA GENERAL	COMPONENTE	TEMÁTICAS (CAPAS GEOGRÁFICAS Y TABLAS)
<u>MEDIO BIÓTICO</u>	BIOTICO_CONTI_COSTE	<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura de la Tierra y Ecosistemas. • Muestreo de Flora y Muestreo o avistamiento de Fauna. • Aprovechamiento Forestal, puede ser representado en los tipos de geometría punto y polígono. • Sitios de Importancia del recurso Continental y Costero.
<u>MARINO - OFFSHORE</u>	MARINO	<ul style="list-style-type: none"> • Unidad Geomorfológica Marina, Clasificación de Costa, Reporte de Sismos y Batimetría. • Punto de Muestreo Oceanográfico y Punto de Muestreo de Agua Marino. • Ecosistemas Marinos. • Muestreo de Flora Marina, Muestreo de Fauna Marina y Puntos de Observación de Fauna Marina-OFM. • Sitios de Importancia del recurso Marino, puede ser representado en los tipos de geometría punto y polígono. • Caladeros de Pesca y Sitios de Desembarco.
<u>MEDIO SOCIOECONÓMICO</u>	POLITICO_ADMINISTRATIVO	<ul style="list-style-type: none"> • Caracterización Socioeconómica a nivel de Asentamiento, Unidad Territorial, Municipio o Departamento.
	ECONOMICO	<ul style="list-style-type: none"> • Rutas de Movilización. • Predios. • Estructura de la Propiedad. • Población a Reasentar y Receptora.
	SOCIOCULTURAL	<ul style="list-style-type: none"> • Proyección de Desarrollo. • Sitio de Interés Cultural. • Equipamiento.
	ARQUEOLOGIA	<ul style="list-style-type: none"> • Zonas Arqueológicas declaradas por el ICANH a nivel nacional, regional y local. • Zonas con Potencial Arqueológico. • Sitios relacionados con hallazgos Arqueológicos.
<u>GESTIÓN DEL RIESGO</u>	GESTION_RIESGO	<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones de Amenaza asociada a fenómenos o eventos de Desertización, Erosión Costera, Eventos Sísmicos, Tsunamis, Erupciones Volcánicas. • Identificación de Elementos Expuestos que por su localización pueden ser afectados por la manifestación de una amenaza, pueden ser representados en los tres tipos de geometría. • Escenarios de Amenaza, Escenarios de Riesgo y Susceptibilidad asociados a eventos físicos peligrosos del tipo de Avenidas Torrenciales, Incendio, Inundación, Movimientos en Masa. • Inventarios de Eventos o fenómenos presentados, pueden ser representados en los tipos de geometría punto y polígono. • Vulnerabilidad referida a la susceptibilidad de la población y ambiente constructivo o tecnológico a la exposición ante los peligros determinados para sitios específicos, puede ser representada en los tres tipos de geometría.
	ANALISIS_RIESGO	<ul style="list-style-type: none"> • Escenarios de Riesgo para áreas directas e indirectas, definidas a nivel Individual Social, Socioeconómico y Ambiental.

MEDIO O TEMA GENERAL	COMPONENTE	TEMÁTICAS (CAPAS GEOGRÁFICAS Y TABLAS)
<u>ZONIFICACIÓN</u>	ZONIFICACION	<ul style="list-style-type: none"> • Zonificación Física, Zonificación Biótica, Zonificación Socioeconómica y Zonificación Ambiental para las respectivas áreas de influencia del proyecto. • Zonificación de Manejo para el proyecto.
<u>ÁREAS DE CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN AMBIENTAL</u>	AREAS_CONSER_PROTEC_AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas para la Conservación y Protección Ambiental a nivel local, regional, nacional e internacional.
<u>ÁREAS DE REGLAMENTACIÓN ESPECIAL</u>	AREAS_REGLAMENTACION_ESPECIAL	<ul style="list-style-type: none"> • Resguardos Indígenas • Territorios Colectivos Comunidades Negras • Sabanas Comunes • Reservas Campesinas
<u>PROYECTO</u>	PROYECTO	<ul style="list-style-type: none"> • Área o Línea que representa el proyecto en general (para el caso de presentar alternativas, están también las capas geográficas específicas en los tipos de geometría línea y polígono). • Infraestructura asociada al proyecto en sus diferentes fases, ya sea existente, existente para adecuación o proyectada, puede ser representada en los tres tipos de geometría. • Abscisas • Áreas específicas asociadas con obras, permisos o actividades.
<u>COMPENSACIÓN</u>	COMPENSACION	<ul style="list-style-type: none"> • Compensaciones por Pérdida de Biodiversidad. • Otras Compensaciones. • Compensación de otras autoridades, pueden ser representados en los tipos de geometría punto y polígono.
<u>INVERSIÓN 1%</u>	INVERSION_1_POR_CIENTO	<ul style="list-style-type: none"> • Inversión del 1%, puede ser representada en los tres tipos de geometría.
<u>CONTINGENCIAS</u>	CONTINGENCIAS	<ul style="list-style-type: none"> • Puntos donde ocurren Derrames y/o Escapes de Gas • Rutas de derrame. • Áreas afectadas por los derrames o la dispersión de nube de gas

Nota. Fuente: Guía para el diligenciamiento y presentación del Modelo de Datos Geográficos. ANLA

El modelo se completa con un archivo en Excel llamado “*DICCIONARIO_DATOS_GEOGRAFICOS_ANLA*”, el cual brinda a los usuarios instrucciones precisas sobre la organización y definición de las capas geográficas, las tablas que se les relacionan y los dominios que integran el modelo de datos temático. Este archivo está compuesto por las siguientes hojas: ESTRUCTURA, CAPAS GEOGRAFICAS, TABLAS, DOMINIOS y RASTER, como lo indica la **Figura 3**.

Figura 3*Diccionario de datos ANLA*

MADS - ANLA							
MODELO DE DATOS PARA LA PRESENTACIÓN DE: DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE ALTERNATIVAS -DAA-, ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL -EIA-, PLAN DE MANEJO AMBIENTAL ESPECÍFICO -PMAE-, INFORME DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL -ICA-, COMPENSACIONES E INVERSIÓN DEL 1%							
CÓDIGO (Tipo Dato)	TEMA GENERAL O MEDIO	COMPONENTE/TABLAS Y RASTER	CÓDIGO (Comp./Raster)	CAPA GEOGRÁFICA/TABLA/RASTER	CÓDIGO (CG/T/R)	GEOMETRÍA/ TIPO DATO	ID ENTIDAD
V	MEDIO ABIÓTICO	<<GEOLOGIA>>	11	UnidadGeologica	01	Poligono	V1101
V			11	ContactoGeologico	02	Línea	V1102
V			11	EstructuraFallaLineam	03	Línea	V1103
V			11	EstructuraPliegueLN	04	Línea	V1104
V			11	EstructuraPlieguePT	05	Punto	V1105
V			11	DatoEstructuralGeol	06	Punto	V1106
V			11	MaterialesConstruccionPT	07	Punto	V1107
V			11	MaterialesConstruccionPG	08	Poligono	V1108
V			11	DiscontinuidadGeologica	09	Línea	V1109
V			11	UnidadGeologicaSuperficial	10	Poligono	V1110
V		<<GEOMORFOLOGIA>>	12	UnidadGeomorfologicaIGAC	01	Poligono	V1201
V			12	UnidadGeomorfologicaSGC	02	Poligono	V1202
V			12	ProcesoMorfofodinamicoPG	03	Poligono	V1203
V			12	ProcesoMorfofodinamicoLN	04	Línea	V1204
V			12	ProcesoMorfofodinamicoPT	05	Punto	V1205
V			12	Pendiente	06	Poligono	V1206
V		<<PAISAJE>>	13	SitioPaisajePT	01	Punto	V1301
V			13	SitioPaisajeLN	02	Línea	V1302
V			13	SitioPaisajePG	03	Poligono	V1303
V			13	UnidadPaisaje	04	Poligono	V1304
V		<<SUELOS>>	14	Suelo	01	Poligono	V1401
V			14	PuntoMuestreoSuelo	02	Punto	V1402
V			14	UsoActualSuelo	03	Poligono	V1403
V			14	CapacidadUsoTierra	04	Poligono	V1404
V			14	ConflictoUsoSuelo	05	Poligono	V1405

Nota. Fuente: Guía para el diligenciamiento y presentación del Modelo de Datos Geográficos. ANLA

En la hoja ESTRUCTURA, se muestra el contenido o estructura de la información temática que puede emplear. En el diccionario las CAPAS GEOGRÁFICAS, TABLAS y RASTER, cada entidad temática se describe en detalle, incluyendo sus campos específicos y además se definen las relaciones entre capas.

En la hoja DOMINIOS se recopilan los dominios especificados y referenciados que se utilizan para algunos campos o atributos de capas geográficas y tablas.

La información vectorial debe proporcionarse geoméricamente junto con atributos relevantes para el almacenamiento en el MAG. Esos elementos pueden estar en formato shapefile, que es accesible a través de software libre, o en formato de geodatabase (.gdb) que se utiliza en software comercial. Es necesario e importante tener un vínculo coherente entre la información

geoespacial y la cartografía temática y la base de información del marco cartográfico_raster; esta última debe estar en el sistema de coordenadas SIRGAS en el marco del origen local del proyecto.

En el componente de “Información de cartografía Base”, MAG incorpora datos vectoriales que describen y representan los elementos geográficos más importantes como drenajes, curvas de nivel, vías, edificios, entre otros. Esta cartografía base es insustituible en los estudios ambientales, ya que sirve como referencia durante la generación de información temática. La cartografía debe ajustarse a la estructura y al Modelo de Datos determinado por el IGAC, que se encuentra disponible en la ANLA. Los usuarios deben tener en cuenta el resto de las publicaciones de cartografía base del IGAC (ANLA, 2016).

En la situación de que la información no se encuentre actualizada o no represente con precisión la realidad del territorio, será necesario realizar actualizaciones conforme a los lineamientos de calidad establecidos por el IGAC, la autoridad nacional de cartografía. Esto ayudará a garantizar que los estudios ambientales se apliquen a los límites y escalas establecidos, lo que permite una salida de información confiable (ANLA, 2016).

El componente de Información Ráster abarca todos los materiales capturados en formato de imagen y almacenados en celdas o píxeles, utilizados en la producción y refinamiento de información vectorial y cartográfica para mapas temáticos y de referencia. Incluye imágenes satelitales ortorrectificadas, fotografías aéreas (ortofotos) así como derivados de estudios ambientales como el Modelo Digital del Terreno (MDT), modelos de superficie, pendientes, precipitación, temperatura, dispersión y otros insumos vitales para el análisis espacial (ANLA, 2016).

Como componente “Metadatos y perfil de metadato institucional”, integra toda la información cruzada relacionada con la geografía como índices que deben ser proporcionados en formato Excel o XML de acuerdo con el perfil de la plantilla de Metadatos Institucionales publicada en el sitio. Todas las capas y los ráster deben tener un conjunto completo de metadatos respectivos.

Para la Base de Datos de Cartografía Base, se debe agregar un metadato con información general al que se denominará “CartoBase” (ANLA, 2016).

El Diccionario de Datos proporciona la identificación de conjuntos de metadatos. Para cada entidad u objeto hay un código alfanumérico que define el tipo de dato, componente y entidad u

objeto que representa (capa geográfica, raster: código de identificación que consta de seis (6) caracteres. (ANLA, 2016).

El Componente “Mapas”, se debe entregar como parte integral del documento, junto con la información geográfica y cartográfica del proyecto como se muestra en la **Tabla 1**.

Tabla 1

Componente “Mapas”

Componente	Descripción
Archivos geográficos	Carpeta que almacena archivos en formato Shapefile o GDB , agregando cartografía base de acuerdo al modelo de datos IGAC y cartografía temática establecido al modelo de datos ANLA .
Insumos cartográficos	Carpeta que contienen información utilizada en la elaboración de la cartografía, como imágenes de sensores remotos, planchas IGAC, planos EOT , entre otros.
Metadatos	Carpeta que contiene información de los metadatos de la cartografía.
Mapas en PDF	Carpeta que almacena los mapas finales en formato PDF .
Plantillas digitales	Carpeta con archivos utilizados en la estructuración de los mapas, información base en formatos .mxd, .qgs, .gvsproj .
Elementos mínimos en los mapas	<ul style="list-style-type: none"> - Localización político-administrativa hasta nivel municipal. - Fuente de cartografía básica (ej. número de planchas IGAC). - Fuente de cartografía temática (ej. número de fotografía aérea, escala y fecha de interpretación). - Escala de trabajo y de salida. - Fecha elaboración del proyecto.

Componente	Descripción
	- Indicación del Norte.
	- Grilla con coordenadas.
	- Sistema de referencia.
	- Título y número del mapa.
	- Nombre de la empresa solicitante y consultora.

El número de mapas que se representan deben ser con respecto a la caracterización realizada por el usuario y cumplir con lo requerido en la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales, asimismo con las respectivas condiciones de referencia. (ANLA, 2016).

6. Metodología

6.1. Enfoque Metodológico

Siguiendo los preceptos de Quecedo Lecanda & Castaño Garrido (2022), la investigación cualitativa se llevó a cabo en el entorno natural de los participantes, permitiendo que las variables de estudio surgieran y evolucionaran en medida que avanzó la investigación. Esta flexibilidad facilitó la comprensión profunda de los fenómenos en su contexto real.

En este sentido, a través del enfoque metodológico cualitativo, se co-construyó un modelo relacional que integró las perspectivas de los profesionales biólogos, forestales, ecólogos y SIG, articulando, además, los lineamientos institucionales y la normatividad vigente. Esta estrategia aseguró que el modelo fuera práctico y eficiente para el reporte y seguimiento de la información.

Entonces, el levantamiento de información se realizó siguiendo el planteamiento de Cely et al. (2023), donde, a partir de los referentes evaluados en los acápite previos se llevó a cabo un muestreo discriminativo, tomando como participantes biólogos especializados en epífitas, profesionales forestales, ecólogos y especialistas SIG, con experiencia en consultoría ambiental en Colombia, garantizando relevancia y profundidad de los datos recopilados.

Los instrumentos que se usaron en la recolección de datos correspondieron a la entrevista grupal estructurada, los resultados globales de esta fueron decantadas a través de un cuestionario que permitieron identificar los elementos fundamentales para el desarrollo del MAG.

6.2. Tipo de Estudio

Según Salgado Lévano (2007), en la investigación cualitativa el tipo de estudio se refiere a la manera en que se construye el conocimiento de forma colaborativa con los participantes. Este enfoque es dinámico y flexible, permitiendo que el diseño de la investigación se ajuste a medida que se indaga en la comprensión del fenómeno.

En este sentido, la presente investigación se fundamentó en el diseño “Investigación-Acción”. El diseño Investigación-acción contiene tres etapas fundamentales: observar (construir un bosquejo del problema y recolectar datos), pensar (analizar e interpretar) y actuar (resolver

problemas e implementar mejoras), que ocurren de forma cíclica hasta solucionar la situación problema (Cely, Palacios, & Caicedo, 2023) e introducir el cambio o mejora de satisfactoriamente, esta particularidad hace que usualmente los diseños Investigación- Acción tengan un componente práctico y otro participativo (Salgado, 2007).

6.3.Procedimiento

El desarrollo del MAG para el reporte de Bromelias, Orquídeas, Briofitos y Líquenes, se llevó a cabo en cuatro etapas, descritas a continuación.

6.3.1. Etapa 1- Contextualización

Se obtuvo una visión clara y detallada de la situación actual frente al reporte y gestión de información de epífitas en el MAG (Muñoz, 2009). Para ello se realizaron las siguientes actividades:

- Consulta bibliográfica de políticas, normas y planes institucionales, así como, otras investigaciones sobre la temática.
- Identificación de actores en el proceso, incluyendo la parte técnica y operativa del registro y gestión de la información de epífitas.
- Definición del flujo de procesos en el levantamiento y registro de información de epífitas, así como, identificación de los formatos y variables levantadas en la fase de campo y reportadas a nivel documental.

6.3.2. Etapa 2- Levantamiento de información primaria

Durante esta etapa se llevó a cabo un registro sistemático de las diferentes variables importantes en la caracterización y seguimiento de flora epífita, de acuerdo con la perspectiva de expertos (ICDE, 2020). Las actividades que se desarrollaron en esta etapa se relacionan a continuación.

- Conformación de los grupos de trabajo, compuestos por un comité técnico (biólogos epifitólogos, forestales, ecólogos) y moderador (investigadores).
- Desarrollo de una entrevista grupal estructurada
- Realización de un cuestionario individual

6.3.3. Etapa 3- Conceptualización y diseño

En esta etapa se estructuró el MAG actualizado, a partir del procesamiento de la información obtenida en la fase previa (ICDE, 2020), a continuación, se listan las actividades desarrolladas:

- Elaboración del modelo conceptual con las principales clases del modelo, incluyendo su nombre, atributos principales y las relaciones entre las clases y relaciones con las clases del modelo núcleo.
- Validación del modelo y análisis de conformidad (normativo y técnico) por parte de la mesa técnica.
- Elaboración del modelo lógico incluyendo todas las clases con su nombre, todos sus atributos con sus tipos de datos y valores de dominios, así como las relaciones entre las clases y las relaciones con las clases del modelo núcleo.

6.3.4. Etapa 4- Desarrollo del MAG en el componente de epífitas

Corresponde a la etapa final del proyecto, en la que se materializó el complemento al MAG y documentos asociados (ICDE, 2020). Se desarrollaron las siguientes actividades.

- Elaboración del modelo físico usando el software ArcGis Pro
- Diseño del diccionario de datos en el que se incluya la descripción de las tablas, columnas, tipos de datos, número de caracteres y dominios.
- Documentación del modelo, que corresponde al documento resultado de esta investigación, este incluirá información que se considere necesaria para enseñar el funcionamiento del modelo, aclaraciones o bases legales con las que el modelo ha sido diseñado.
- Implementación del MAG generado en el estudio de caso real “*Complemento al Estudio de Impacto Ambiental del Área de Producción Gangotri*” disponible en los repositorios de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), bajo el expediente: LAV0065-00-2018 Resolución No. 1304 del 10 de julio de 2025. Dicha implementación consistirá en migrar la información reportada en el marco del EIA al nuevo MAG, evaluar los resultados obtenidos y registrarlos de forma detallada mediante ArcGIS StoryMaps.

Vale la pena aclarar que, en la construcción del documento resultado y sus anexos, se utilizaron herramientas de inteligencia artificial (IA), como: ChatGPT, Turnitin, Copilot y Gemini,

de manera ética y responsable, en cumplimiento del Acuerdo UManizales 002 (julio 26 de 2023) sobre propiedad intelectual e IA.

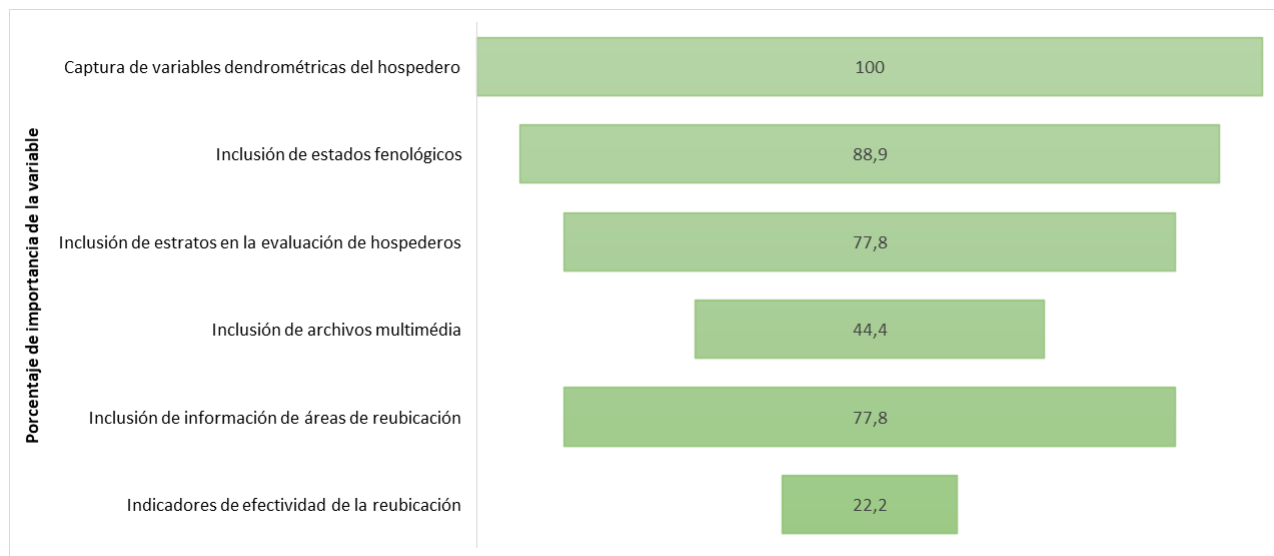
Estas herramientas fueron usadas como apoyo en la redacción, revisión gramatical y generación de ideas; asimismo, cualquier contenido generado con asistencia de IA fue referenciado adecuadamente.

7. Resultados

Para el desarrollo de la entrevista grupal estructurada se contó con comité técnico conformado por nueve (9) biólogos epifitólogos, con experiencia superior a un año en la caracterización, recolección y manejo de plantas epífitas¹¹. En el desarrollo de esta, se identificaron como puntos clave en el desarrollo del MAG el reporte de la información dendrométrica de los hospederos, descripción de la fenología de los individuos a rescatar, reporte de los estratos en que se evaluaron los hospederos e inclusión de la información de las áreas de reubicación; en menor medida los participantes expresaron la necesidad de ampliar las definiciones del diccionario de datos, en particular, detallar el alcance de cada uno de los dominios incluidos, así como, unificar la terminología y variables que se solicitan en el diligenciamiento de la circular 8201-2-808 del 09 de diciembre de 2019; adicionalmente, como parte de la entrevista grupal estructurada se descartó la inclusión de archivos multimedia e indicadores de efectividad en la reubicación de epífitas como parte del MAG, tal como se evidencia en la **Figura 4** (ver **Anexo 1**).

Figura 4

Variables de interés identificadas mediante entrevista semiestructurada



¹¹ Tiempo de experiencia mínimo requerido para la recolección de especímenes en el marco del permiso de estudio para la recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de elaboración de estudios ambientales.

Con base en los resultados previos se elaboró un cuestionario corto de 10 preguntas en Microsoft Forms, con siete (7) preguntas específicas y tres (3) preguntas de identificación, a fin de decantar establecer con claridad aquellas variables que requieren ser incorporadas como elementos nuevos en el Modelo de Almacenamiento Geográfico (MAG), así como, aquellas que pueden enriquecer los campos, tablas y capas ya existentes dentro de dicho modelo, en la **Figura 5** se presenta la vista preliminar del cuestionario, adicionalmente, en el **Anexo 2** se relaciona el listado de preguntas y sus resultados.

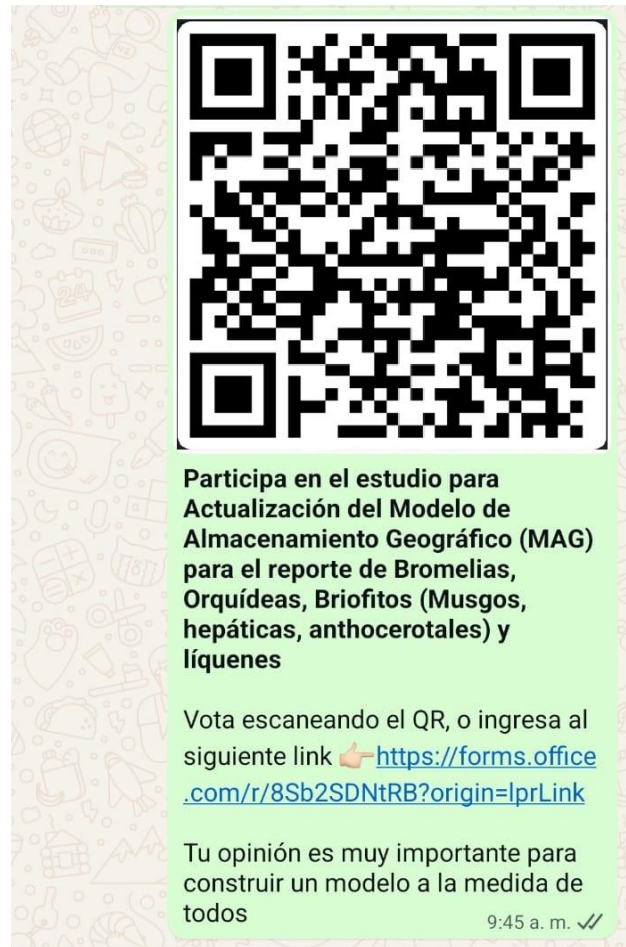
Dicha encuesta fue divulgada a profesionales bióticos mediante WhatsApp y atendida por 25 biólogos, la estrategia de divulgación se presenta en la **Figura 6**, mientras que los resultados obtenidos en cada pregunta se relacionan en los siguientes apartados (ver **Anexo 2**).

Figura 5

Vista general del cuestionario



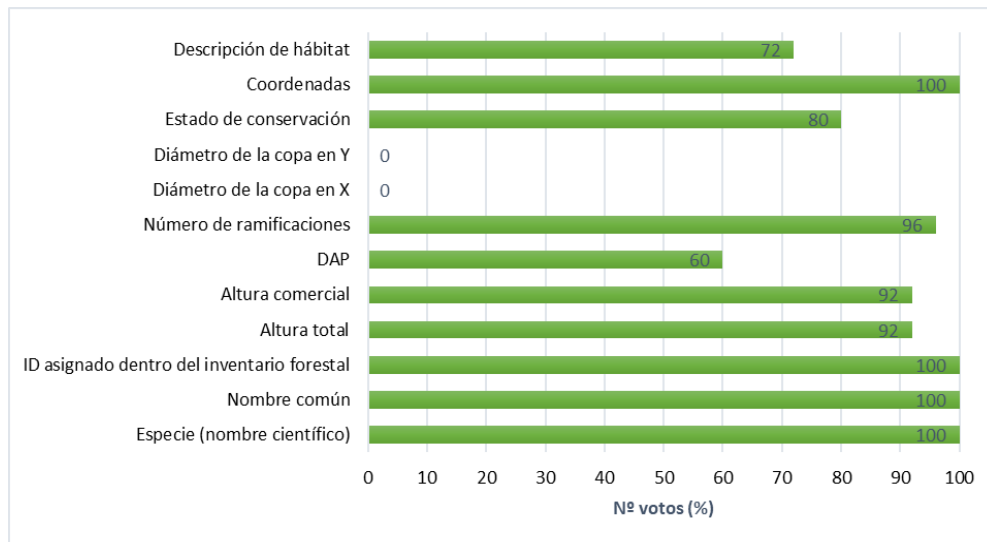
The image shows a screenshot of a Microsoft Forms questionnaire. The title is "Actualización del MAG para el reporte de Bromelias, Orquídeas, Briófitos y Líquenes". Below the title, there is a note: "Cuando este formulario, no recopilará automáticamente sus detalles, como el nombre y la dirección de correo electrónico, a menos que lo proporcione usted mismo." and a legend for an asterisk: "* Obligatorio". The main content area features the same title and a small image of moss with a 2mm scale bar. Below this, there is a paragraph: "Esta encuesta es realizada en el marco del proyecto de grado denominado 'Actualización del MAG para el reporte de Bromelias, Orquídeas, Briófitos y Líquenes'. El objetivo es definir de forma clara aquellas variables indispensables en el reporte de epifitas durante la realización de estudios ambientales." The form includes two numbered questions: Question 1 is "Nombre *" with a text input field labeled "Escriba su respuesta". Question 2 is "Correo electrónico *" with a text input field.

Figura 6*Estrategia de divulgación*

La primera pregunta, tenía por objetivo establecer aquellas variables del hospedero indispensables a coleccionar durante la reubicación y caracterización de flora epífita, los resultados plasmados en la Figura 7 evidencia que el 100% de los encuestados consideran indispensable la captura del ID forestal, la taxonomía del individuo y las coordenadas de este, más del 50% consideran relevante el registro de datos dasométricos, estado de conservación y descripción del hábitat, por otro lado, ninguno de los encuestados considera importante el registro de información de la copa del hospedero.

Figura 7

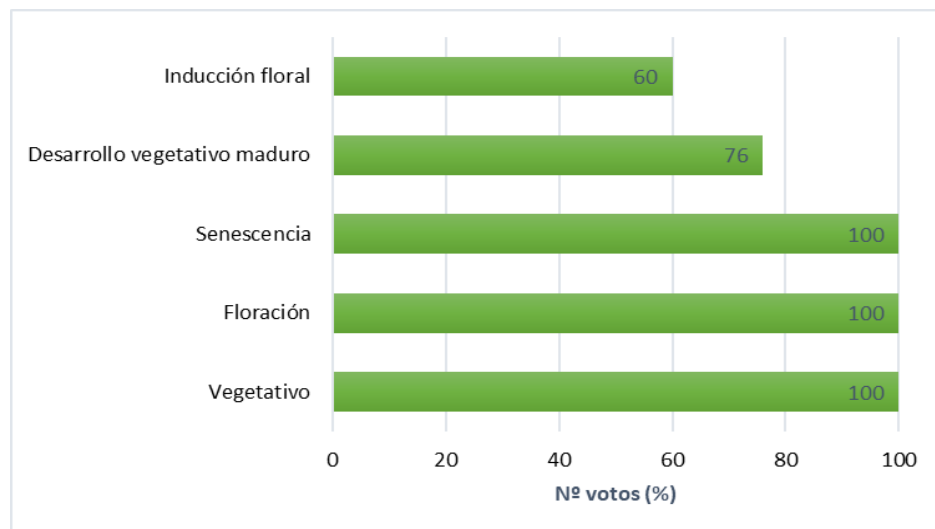
Resultados pregunta 1: Seleccione aquellas variables del hospedero que deben ser capturadas durante la reubicación y caracterización de flora epífita (puede seleccionar más de una opción)



La segunda pregunta, estaba orientada a unificar los estados fenológicos que deberían ser incluidos en el MAG. Tal como se evidencia en la **Figura 8**, el 100% de los encuestados consideran que los estados fenológicos deben ser expresados de forma general: vegetativo, floración y senescencia; mientras que menos del 80% consideran relevante precisar algunos estados como el desarrollo vegetativo maduro y la inducción floral.

Figura 8

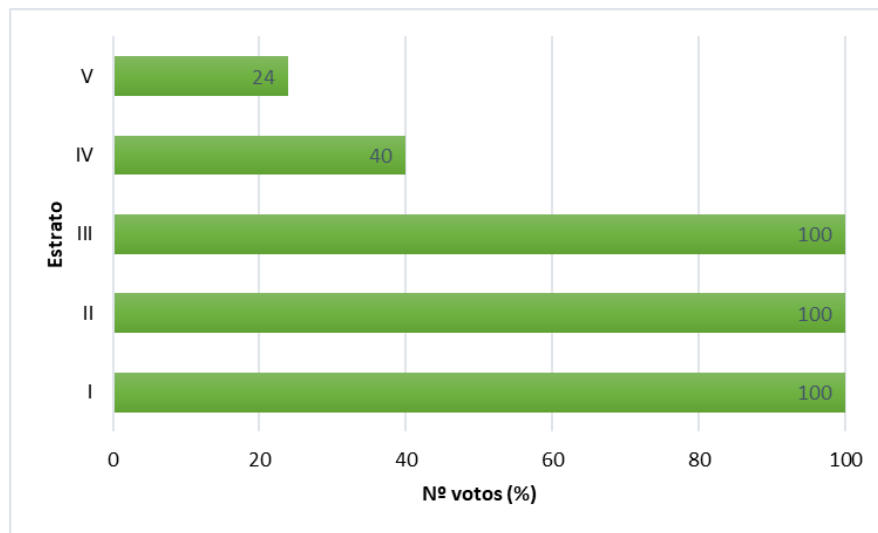
Resultados pregunta 2: Seleccione los estados fenológicos que deben ser incluidos en el MAG (puede seleccionar más de una opción)



La tercera pregunta del cuestionario fue incluida con el propósito de unificar los estratos de evaluación de los forófitos que deberían ser incluidos en el MAG. Tal como se evidencia en la **Figura 9**, el 100% los participantes coinciden en la inclusión de tres estratos (I, II, II), menos de 40% consideran relevante la inclusión de estratos adicionales.

Figura 9

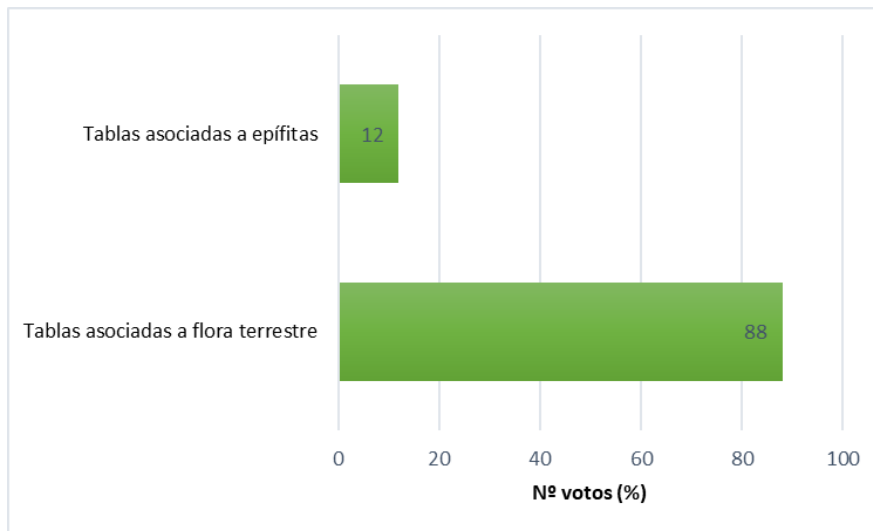
Resultados pregunta 3: Seleccione los estratos en la evaluación de forófitos que den ser incluidos en el MAG (puede seleccionar más de una opción)



La cuarta pregunta estaba orientada a conocer la percepción de los encuestados respecto a cómo se debería estructurar el modelo de datos para el registro de la información asociada al hospedero, el resultado plasmado en la **Figura 10**, muestra que el 88% de los encuestados prefiere el uso de las tablas asociadas a la flora terrestre para el desarrollo de dicho reporte.

Figura 10

Resultados pregunta 4: ¿La información del hospedero debe ser incorporada en Tablas asociadas a flora terrestre o en Tablas asociadas a epífitas?

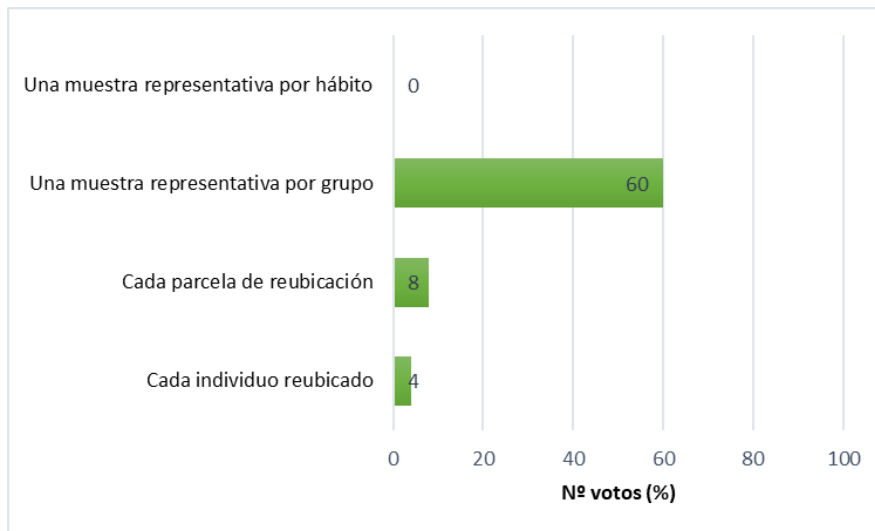


Si bien durante la entrevista semiestructurada el panel de expertos considero innecesario el registro de archivos multimedia en el MAG, la quinta pregunta buscó identificar la forma en que dicha información debería ser incluida en caso de que sea requerida como parte de estudios puntuales o actividades que lo ameriten. Tal como se muestra en la **Figura 11**, el 60% de los encuestados considera suficiente el reporte de archivos multimedia para una muestra representativa por grupo, el 8% consideran que el reporte debe hacerse por cada parcela de reubicación, el 4% considera pertinente el reporte por cada individuo.

Vale la pena aclarar que solo 18 personas contestaron la pregunta, reiterando que el cargue de información multimedia no es un ajuste relevante para considerar en el desarrollo del MAG, toda vez que se cuentan con otras herramientas a nivel documental para mostrar de forma amplia dicha información.

Figura 11

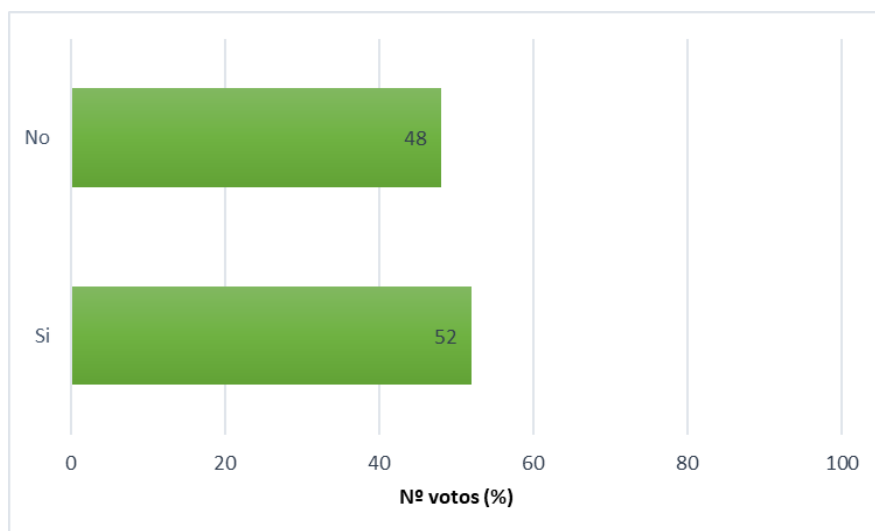
Resultados pregunta 5: ¿Con qué propósito cree que deberían reportarse registros multimedia en el MAG? (Seleccione todas las opciones que apliquen)



La pregunta seis, fue incluida con el propósito de establecer posibles relaciones emergentes con elementos tabulares ya existentes en el modelo de datos, por ello se consultó a los encuestados acerca de las áreas de reubicación de epifitas y su asociación con las áreas de compensación forestal. En esto, el 52% de los encuestados consideraron que sí, mientras el restante 48% consideran que dicha relación no siempre es necesaria, tal como se evidencia en la **Figura 12**.

Figura 12

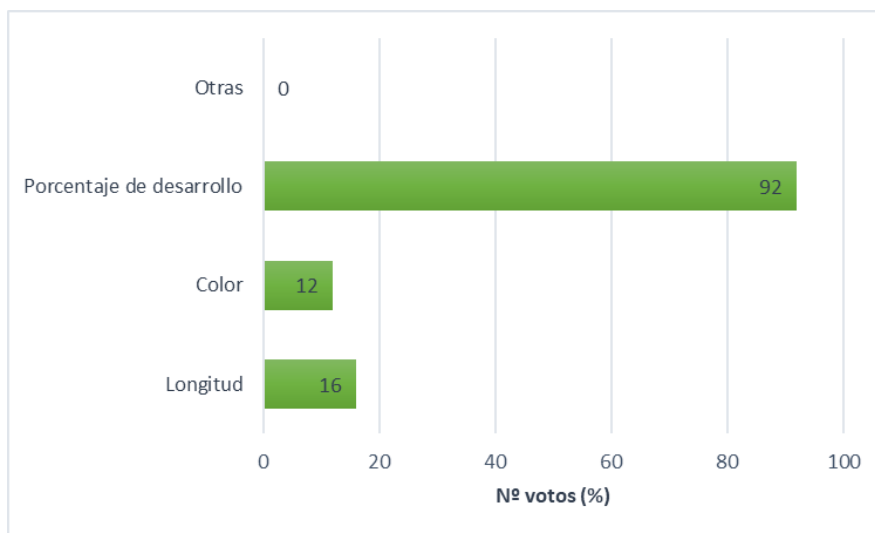
Resultados pregunta 6: ¿Considera que las áreas de reubicación de epifitas deberían estar siempre asociadas a las áreas de compensación forestal?



La séptima y última pregunta buscaba dilucidar aquellas variables indispensables a evaluar como parte de los indicadores de efectividad del desarrollo radicular en flora epífita reubicada, esto debido a la frecuencia de dicho indicador en el seguimiento de individuos reubicados; tal como se evidencia en la **Figura 13**, el 92% consideraron importante el porcentaje de desarrollo, mientras que variables como la longitud y color presentaron una representatividad menor al 20%.

Figura 13

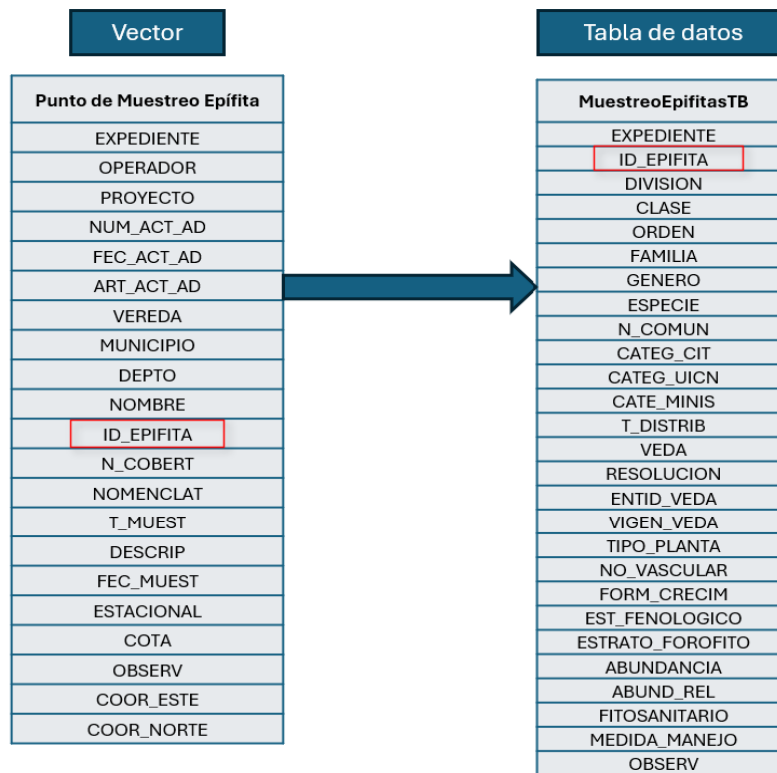
Resultados pregunta 7: En cuanto al desarrollo radicular de las especies vasculares, ¿cuáles variables son de indispensable registro? (Seleccione todas las opciones que apliquen)



Con base en los resultados descritos y el marco normativo actual, se dio paso a la conceptualización del MAG actualizado; tal como se evidencia en la **Figura 14**, se diseñó un nuevo elemento vectorial denominado “PuntoMuestreoEpífita”, además, un nuevo elemento tabular denominado “MuestreoEpifitasTB” los cuales permiten el reporte diferenciado de información asociada a la caracterización.

Figura 14

Modelo conceptual del MAG para el reporte de Bromelias, Orquídeas, Briofitos y Líquenes



Tal como se indicó en la metodología, el modelo fue socializado y aprobado por la mesa técnica; así, se dio paso a la elaboración del modelo físico (**Anexo 3**) y el diccionario de datos (**Anexo 4**). El modelo físico fue desarrollado en ArcGIS PRO 3.4.0, y de conformidad al modelo lógico, cuenta con un elemento vectorial y un elemento tabular, cuyas características se relacionan en la **Tabla 2**.

Tabla 2

Características generales del modelo físico actualizado

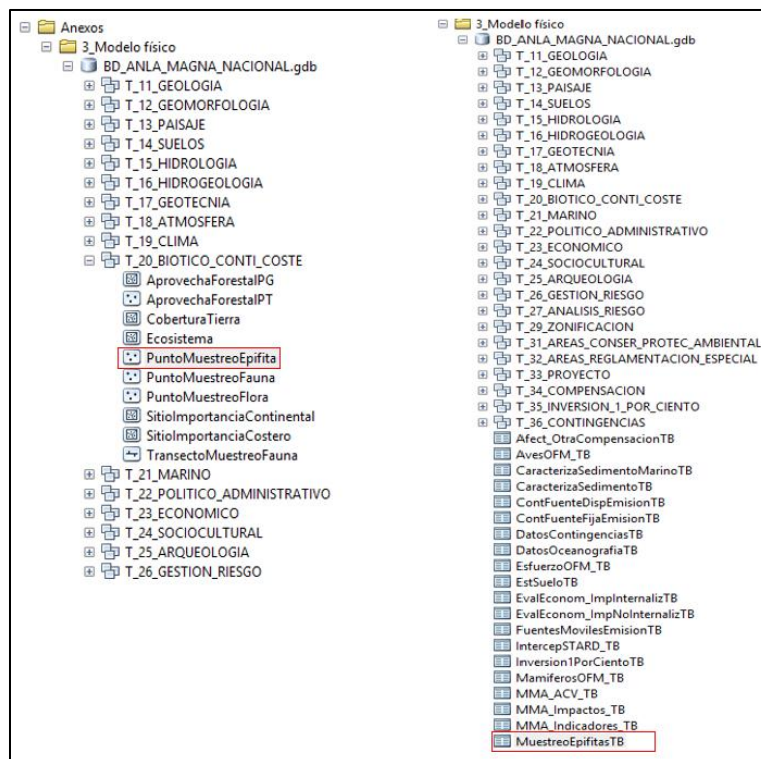
Tipo de dato	Capa geográfica/tabla	Descripción
Elementos vectoriales	PuntoMuestreoEpifita	Elemento vectorial de tipo puntual; corresponde a sitio de realización de muestreos o censos destinados a la identificación y caracterización de especies epífitas, incluyendo bromelias, orquídeas, briófitos (Musgos, hepáticas, anthocerotales) y líquenes. Esta información debe registrarse en conjunto con la tabla MuestreoEpifitaTB.

Tipo de dato	Capa geográfica/tabla	Descripción
Elementos tabulares	MuestreoEpifitasTB	Tabla de datos, cuyo objetivo es detallar la información obtenida en el muestreo o censo de especies epífitas, incluyendo bromelias, orquídeas, briófitos y líquenes. Los datos recopilados incluyen aspectos taxonómicos y otros atributos asociados a las especies vegetales epífitas. Esta información se encuentra relacionada con la capa PuntoMuestreoEpifita, a través del campo identificador <<ID_EPIFITA>>

Posteriormente, para el desarrollo del MAG, el elemento vectorial *PuntoMuestreoEpifita* se incorporó en el medio biótico, en el componente biótico, continental, costero (BIOTICO_CONTI_COSTE), a su vez, el elemento tabular *MuestreoEpifitasTB* fue adicionado al tema general biótico, continental, costero (BIOTICO_CONTI_COSTE), dicha estructura, se presenta en la **Figura 15 (Anexo 3)**.

Figura 15

Estructura actualizada del MAG para el reporte de Bromelias, Orquídeas, Briofitos y Líquenes



En lo referente al diccionario de datos, la actualización se realizó sobre los mismos medios y componentes referidos para el MAG (ver **Figura 16**), agregando cada uno de los atributos, descripciones y dominios. Los principales ajustes se relacionan a continuación en la **Tabla 3**.

Figura 16

Estructura actualizada del diccionario de datos para el reporte de Bromelias, Orquídeas, Briofitos y Líquenes

MADS - ANLA MODELO DE DATOS PARA LA PRESENTACIÓN DE: DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE ALTERNATIVAS -DAA-, ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL -EIA-, PLAN DE MANEJO AMBIENTAL ESPECÍFICO -PMAE-, INFORME DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL -ICA-, COMPENSACIONES E INVERSIÓN DEL 1%							
CÓDIGO (Tipo Dato)	TEMA GENERAL O MEDIO	COMPONENTE/TABLAS Y RASTER	CÓDIGO (Comp./Raster)	CAPA GEOGRÁFICA/TABLA/RASTER	CÓDIGO (CGI/TRI)	GEOMETRÍA/ TIPO DATO	ID ENTIDAD
V	MEDIO BIÓTICO	<<BIOTICO_CONTI_COSTE>>	20	Ecosistema	01	Polígono	V2001
V			20	CoberturaTierra	02	Polígono	V2002
V			20	PuntoMuestreoFlora	03	Punto	V2003
V			20	PuntoMuestreoFauna	04	Punto	V2004
V			20	TransectoMuestreoFauna	05	Línea	V2005
V			20	AprovechaForestaIPG	06	Polígono	V2006
V			20	AprovechaForestaIPT	07	Punto	V2007
V			20	SitioImportanciaCostero	08	Polígono	V2008
V			20	SitioImportanciaContinental	09	Polígono	V2009
V			20	PuntoMuestreoEpifita	10	Punto	V2010

MADS - ANLA MODELO DE DATOS PARA LA PRESENTACIÓN DE: DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE ALTERNATIVAS -DAA-, ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL -EIA-, PLAN DE MANEJO AMBIENTAL ESPECÍFICO -PMAE-, INFORME DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL -ICA-, COMPENSACIONES E INVERSIÓN DEL 1%							
CÓDIGO (Tipo Dato)	TEMA GENERAL O MEDIO	COMPONENTE/TABLAS Y RASTER	CÓDIGO (Comp./Raster)	CAPA GEOGRÁFICA/TABLA/RASTER	CÓDIGO (CGI/TRI)	GEOMETRÍA/ TIPO DATO	ID ENTIDAD
T	BIOTICO_CONTI_COSTE	Registro de individuos fustales del muestreo de flora	20	MuestreoFloraFustalTB	01	Tabla	T2001
T		Registro de especies de regeneración natural y otro tipo de vegetación del muestreo de flora	20	MuestreoFloraRegeneracionTB	02	Tabla	T2002
T		Resultados de la información estimada para cada especie en categoría de fustal por cobertura o ecosistema	20	MuestreoFloraResultadosTB	03	Tabla	T2003
T		Registro de especies del muestreo de fauna	20	MuestreoFaunaTB	04	Tabla	T2004
T		Resultados de la información para cada especie de fauna por cobertura	20	MuestreoFaunaResultadosTB	05	Tabla	T2005
T		Registro de especies Bromelias, Orquídeas, Briofitos y líquenes del muestreo de Epifitas	20	MuestreoEpifitaTB	06	Tabla	T2006

Tabla 3.

Características generales del diccionario de datos actualizado

Tipo de dato	Capa geográfica/tabla	Descripción
Elementos vectoriales	PuntoMuestreoEpifita	Campos: 21
		Tipo de dato: texto, numérico y fecha
		Tamaño: Entre 2 y 255 caracteres
		Descripción: contiene las características de la información requerida para cada campo
		Dominios: 4
Elementos tabulares	MuestreoEpifitasTB	Campos: 27
		Tipo de dato: texto y numérico
		Tamaño: Entre 8 y 255 caracteres
		Descripción: contiene las características de la información requerida para cada campo

Dominios: 7

Finalmente, la propuesta fue implementada en un caso de estudio real con el objetivo de documentar su eficacia en el cumplimiento de los lineamientos técnicos y normativos vigentes, así como, en la relación de los hallazgos y actividades realizadas en el marco de estudios ambientales. El caso de estudio se obtuvo del *Complemento al Estudio de Impacto Ambiental del Área de Producción Gangotri*, capítulo 3: *Caracterización del área de influencia del proyecto*, disponible en los repositorios de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), bajo el expediente: LAV0065-00-2018 Resolución No. 1304 del 10 de julio de 2025.

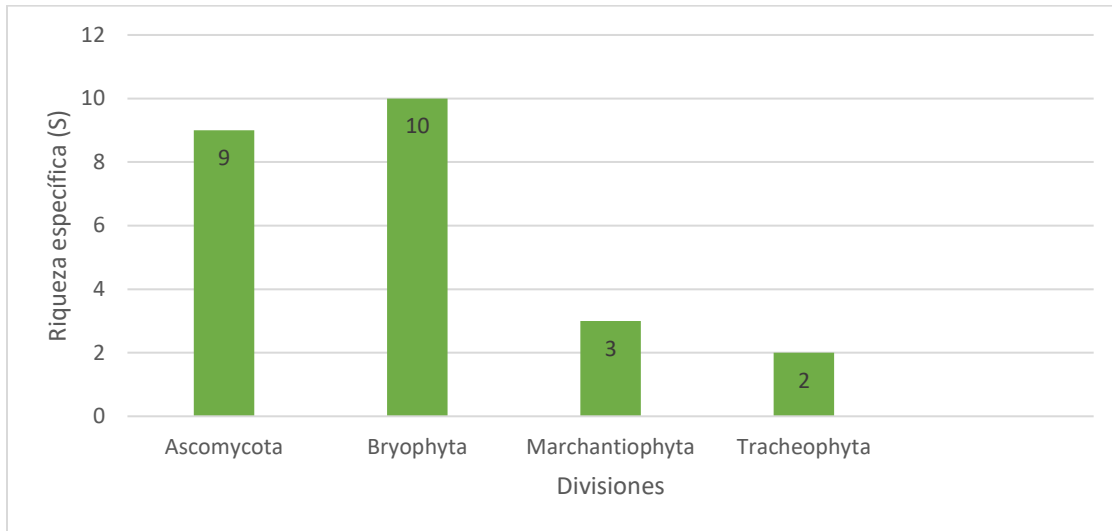
En el área de influencia fisicobiótica establecida en el “*Estudio de Impacto Ambiental del Área de Producción Gangotri*” se seleccionaron unidades muestrales (forófitos) y transectos siguiendo la metodología propuesta por Gradstein et al. (2003). Durante la caracterización de epífitas y especies terrestres de interés en el área de producción Gangotri, ubicada en el municipio de Cabuyaro, departamento del Meta, se identificaron 24 especies. De ellas, 9 correspondieron a líquenes de la división Ascomycota, distribuidos en 4 familias, siendo la más representativa Arthoniaceae, con 4 especies registradas. Asimismo, se registraron 13 especies de plantas no vasculares: 3 hepáticas y 10 musgos, distribuidos en 5 familias, con predominio de Lejeuneaceae entre las hepáticas y de Hypnaceae entre los musgos. Finalmente, se reportaron 2 especies de plantas vasculares de la familia Bromeliaceae (ver **Tabla 4**).

Adicionalmente, se determinó la riqueza específica (ver **Figura 17**) y la abundancia relativa (ver **Figura 18**) de las especies analizadas, finalmente, en la **Tabla 5** se relacionan algunas de las especies reportadas en el marco del “*Complemento al Estudio de Impacto Ambiental del Área de Producción Gangotri*”.

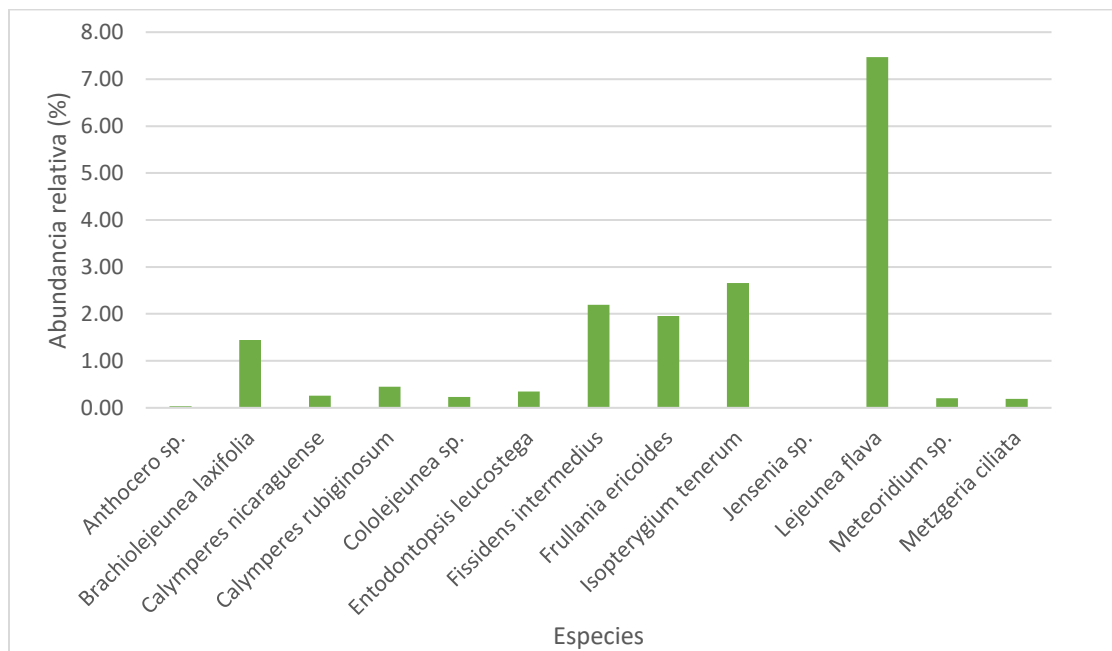
Tabla 4*Especies de líquenes, plantas no vasculares y vasculares del área de Estudio*

No.	División	Clase	Orden	Familia	Género	Especies	Nombre Común		
1	Ascomycota	Arthoniomycetes	Arthoniales	Arthoniaceae	<i>Cryptothecia</i>	<i>Cryptothecia striata</i>	Liquen		
2					<i>Herpothallon</i>	<i>Herpothallon globosum</i>	Liquen		
3		Lecanoromycetes	Lecanorales	Graphidales	Graphidaceae	<i>Dyplolabia</i>	<i>Dyplolabia afzelii</i>	Liquen	
4						Parmeliaceae	<i>Parmotrema</i>	<i>Parmotrema gardneri</i>	Liquen
5							Ramalinaceae	<i>Bacidia</i>	<i>Bacidia sp.</i>
5	Bryophyta	Bryopsida	Dicranales	Leucobryaceae	<i>Octoblepharum</i>	<i>Octoblepharum albidum</i>	Musgo		
7					Fissidentales	Fissidentaceae	<i>Fissidens</i>	<i>Fissidens intermedius</i>	Musgo
8					Hypnales	Hypnaceae	<i>Isopterygium</i>	<i>Isopterygium tenerum</i>	Musgo
9					Leucodontales	Neckeraceae	<i>Neckeropsis</i>	<i>Neckeropsis undulata</i>	Musgo
10					Pottiales	Calymperaceae	<i>Calymperes</i>	<i>Calymperes nicaraguense</i>	Musgo
11	Marchantiophyta	Jungermanniopsida	Porellales	Lejeuneaceae	<i>Brachiolejeunea</i>	<i>Brachiolejeunea laxifolia</i>	Hepática		
12					<i>Lejeunea</i>	<i>Lejeunea flava</i>	Hepática		
13	Tracheophyta	Liliopsida	Poales	Bromeliaceae	<i>Bromelia</i>	<i>Bromelia karatas</i>	Bromelia		

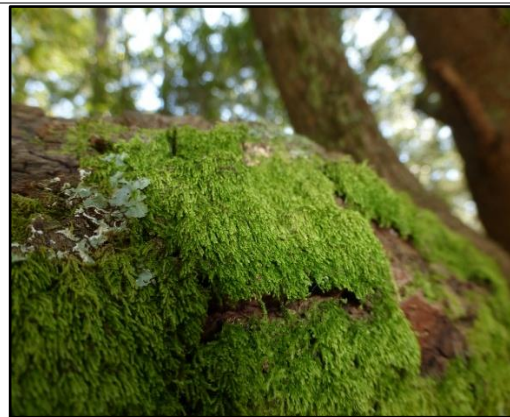
Nota. Fuente: capítulo 3: Caracterización del área de influencia del proyecto, LAV0065-00-2018 Resolución No. 1304 del 10 de julio de 2025

Figura 17*Riqueza específica de líquenes, plantas no vasculares y vasculares en el área de estudio*

Nota. Fuente: capítulo 3: Caracterización del área de influencia del proyecto, LAV0065-00-2018 Resolución No. 1304 del 10 de julio de 2025

Figura 18*Abundancia relativa de líquenes, plantas no vasculares y vasculares en el área de estudio*

Nota. Fuente: capítulo 3: Caracterización del área de influencia del proyecto, LAV0065-00-2018 Resolución No. 1304 del 10 de julio de 2025

Tabla 5*Algunas especies registradas en el Área de Producción Gangotri***Bromelias***Bromelia cf. karatas**Bromelia cf. karatas***Hepáticas***Brachiolejeunea laxifolia**Lejeunea flava***Liquen***Dyplolabia afzelii**Herpothallon globosum*

Liquen



Cryptothecia striata



Bacidia sp.



Parmotrema gardneri

Musgos



Calymperes nicaraguense



Fissidens intermedius

Musgos

*Isopterygium tenerum**Neckeropsis undulata**Isopterygium tenerum*

Nota. Fuente: capítulo 3: Caracterización del área de influencia del proyecto, LAV0065-00-2018 Resolución No. 1304 del 10 de julio de 2025

La información reportada en el “*Estudio de Impacto Ambiental del Área de Producción Gangotri*”, fue seleccionada por su pertinencia para validar el Modelo de Almacenamiento Geográfico (MAG). En este contexto, se aplicó el modelo con el propósito de registrar y organizar la información asociada a especies de bromelias, orquídeas, briófitos y líquenes, grupos biológicos de especial interés debido a su condición de flora en veda (ver **Tabla 6**).

El desarrollo del MAG permitió:

- Georreferenciar los puntos de muestreo mediante un elemento vectorial.
- Depurar atributos duplicados durante el proceso de migración.
- Registrar en tablas estructuradas información taxonómica, abundancia y estado de conservación.
- Integrar variables claves definidas a partir de entrevistas con expertos en flora epífita y SIG.

Este ejercicio práctico evidenció que el modelo fortalece la capacidad del proyecto para cumplir con los lineamientos normativos (Decreto 2106 de 2019 y Resolución 2182 de 2016), al tiempo que facilita la interoperabilidad con sistemas nacionales como el SIAC y el SIB Colombia.

En el caso específico del Área de Producción Gangotri, el uso del MAG mejoró la consistencia y trazabilidad de los datos ambientales, lo cual redujo tiempos en el procesamiento de la información y permitió una mayor claridad en la toma de decisiones sobre medidas de manejo y compensación. Asimismo, se confirmó que el modelo es aplicable en estudios reales, con impacto positivo en la planificación ambiental y la gestión de la biodiversidad.

Finalmente, con el propósito de socializar los resultados de la migración descrita, se creó un ArcGIS StoryMaps disponible en el link: <https://storymaps.arcgis.com/stories/069e62f1a2364da68645ac76a102a396>

Tabla 6

Información taxonómica y poblacional de las especies de líquenes, plantas no vasculares y vasculares del área de Estudio

ID Veda	División	Clase	Orden	Familia
OHJ-6	Tracheophyta	Liliopsida	Poales	Bromeliaceae
OHS-38	Tracheophyta	Liliopsida	Poales	Bromeliaceae
64W-1	Marchantiophyta	Jungermanniopsida	Porellales	Lejeuneaceae
OHRZ-8	Marchantiophyta	Jungermanniopsida	Porellales	Lejeuneaceae
22T-2	Marchantiophyta	Jungermanniopsida	Porellales	Lejeuneaceae
OHRC-10	Ascomycota	Lecanoromycetes	Graphidales	Graphidaceae
11G1-1	Ascomycota	Arthoniomycetes	Arthoniales	Arthoniaceae
13P-1	Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Ramalinaceae
OC14-10	Ascomycota	Arthoniomycetes	Arthoniales	Arthoniaceae
OHRC-35	Ascomycota	Arthoniomycetes	Arthoniales	Arthoniaceae
OC13-9	Ascomycota	Arthoniomycetes	Arthoniales	Arthoniaceae
OHMO-7	Ascomycota	Arthoniomycetes	Arthoniales	Arthoniaceae
OHRC-20	Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Parmeliaceae
OHTC-15	Ascomycota	Lecanoromycetes	Lecanorales	Parmeliaceae
61T-2	Bryophyta	Bryopsida	Dicranales	Leucobryaceae
OHR-34	Bryophyta	Bryopsida	Hypnales	Hypnaceae
OHPA1	Bryophyta	Bryopsida	Fissidentales	Fissidentaceae

ID Veda	División	Clase	Orden	Familia
VB1	Bryophyta	Bryopsida	Hypnales	Hypnaceae
8L1-7	Bryophyta	Bryopsida	Leucodontales	Neckeraceae
3D3-5	Bryophyta	Bryopsida	Pottiales	Calymperaceae
9D5-22	Bryophyta	Bryopsida	Leucodontales	Neckeraceae
OC11-10	Bryophyta	Bryopsida	Hypnales	Hypnaceae
OHMO-1	Bryophyta	Bryopsida	Fissidentales	Fissidentaceae
OHS-21	Bryophyta	Bryopsida	Hypnales	Hypnaceae

ID Veda	Genero	Especie	Nombre común	Número de Individuos
OHJ-6	Bromelia	<i>Bromelia karatas</i>	Bromelia	15
OHS-38	Bromelia	<i>Bromelia karatas</i>	Bromelia	3
64W-1	Brachiolejeunea	<i>Brachiolejeunea laxifolia</i>	Hepática	0
OHRZ-8	Lejeunea	<i>Lejeunea flava</i>	Hepática	80
22T-2	Lejeunea	<i>Lejeunea flava</i>	Hepática	0
OHRC-10	Dyplolabia	<i>Dyplolabia afzelii</i>	Liquen	40
11G1-1	Herpothallon	<i>Herpothallon globosum</i>	Liquen	0
13P-1	Bacidia	<i>Bacidia sp.</i>	Liquen	25
OC14-10	Cryptothecia	<i>Cryptothecia striata</i>	Liquen	0
OHRC-35	Cryptothecia	<i>Cryptothecia striata</i>	Liquen	15
OC13-9	Cryptothecia	<i>Cryptothecia striata</i>	Liquen	0
OHMO-7	Cryptothecia	<i>Cryptothecia striata</i>	Liquen	10
OHRC-20	Parmotrema	<i>Parmotrema gardneri</i>	Liquen	0
OHTC-15	Parmotrema	<i>Parmotrema gardneri</i>	Liquen	42
61T-2	Octoblepharum	<i>Octoblepharum albidum</i>	Musgo	0
OHR-34	Isopterygium	<i>Isopterygium tenerum</i>	Musgo	40
OHPA1	Fissidens	<i>Fissidens intermedius</i>	Musgo	55
VB1	Isopterygium	<i>Isopterygium tenerum</i>	Musgo	0
8L1-7	Neckeropsis	<i>Neckeropsis undulata</i>	Musgo	0
3D3-5	Calymperes	<i>Calymperes nicaraguense</i>	Musgo	0
9D5-22	Neckeropsis	<i>Neckeropsis undulata</i>	Musgo	0
OC11-10	Isopterygium	<i>Isopterygium tenerum</i>	Musgo	0
OHMO-1	Fissidens	<i>Fissidens intermedius</i>	Musgo	20
OHS-21	Isopterygium	<i>Isopterygium tenerum</i>	Musgo	42

ID Veda	Abundancia relativa	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Estado fitosanitario
OHJ-6	0,0171	7	1,4	Bueno
OHS-38	0,0086	7	1,4	Bueno
64W-1	0,0257	137	26,8	Bueno
OHRZ-8	0,0257	105	20,5	Bueno
22T-2	0,0171	105	20,5	Bueno
OHRC-10	0,0086	58	11,3	Bueno
11G1-1	0,06	136	26,6	Bueno
13P-1	0,0086	15	2,9	Bueno
OC14-10	0,0086	267	52,1	Bueno
OHRC-35	0,0086	267	52,1	Bueno
OC13-9	0,0171	267	52,1	Bueno
OHMO-7	0,0086	267	52,1	Bueno
OHRC-20	0,0171	16	3,1	Bueno
OHTC-15	0,0171	16	3,1	Bueno
61T-2	0,0086	71	13,9	Bueno
OHR-34	0,0086	46	9	Bueno
OHPA1	0,0086	22	4,3	Bueno
VB1	0,0086	46	9	Bueno
8L1-7	0,0086	96	18,8	Bueno
3D3-5	0,0086	22	4,3	Bueno
9D5-22	0,0685	96	18,8	Bueno
OC11-10	0,0086	46	9	Bueno
OHMO-1	0,0086	22	4,3	Bueno
OHS-21	0,0086	46	9	Bueno
ID Veda	Forma de crecimiento	Porte	Tipo de planta	Grupo
OHJ-6	Suelo	Otro	Vascular	Bromelia
OHS-38	Suelo	Otro	Vascular	Bromelia
64W-1	Epífita	Epífita	No vascular	Hepática
OHRZ-8	Raíz	Otro	No vascular	Hepática
22T-2	Epífita	Epífita	No vascular	Hepática
OHRC-10	Rama caída	Otro	No aplica	Liquen
11G1-1	Epífita	Epífita	No aplica	Liquen
13P-1	Epífita	Epífita	No aplica	Liquen
OC14-10	Epífita	Epífita	No aplica	Liquen

ID Veda	Forma de crecimiento	Porte	Tipo de planta	Grupo
OHRC-35	Rama caída	Otro	No aplica	Liquen
OC13-9	Epífita	Epífita	No aplica	Liquen
OHMO-7	Materia orgánica	Otro	No aplica	Liquen
OHRC-20	Epífita	Epífita	No aplica	Liquen
OHTC-15	Tronco caído	Otro	No aplica	Liquen
61T-2	Epífita	Epífita	No vascular	Musgo
OHR-34	Roca	Otro	No vascular	Musgo
OHPA1	Suelo	Otro	No vascular	Musgo
VB1	Epífita	Epífita	No vascular	Musgo
8L1-7	Epífita	Epífita	No vascular	Musgo
3D3-5	Epífita	Epífita	No vascular	Musgo
9D5-22	Epífita	Epífita	No vascular	Musgo
OC11-10	Epífita	Epífita	No vascular	Musgo
OHMO-1	Materia orgánica	Otro	No vascular	Musgo
OHS-21	Suelo	Otro	No vascular	Musgo

Nota. Fuente: capítulo 3: Caracterización del área de influencia del proyecto, LAV0065-00-2018 Resolución No. 1304 del 10 de julio de 2025

8. Discusión

La revisión y ampliación del Modelo de Almacenamiento Geográfico (MAG) mediante la adición de información geográfica de bromelias, orquídeas, briofitos y líquenes se presenta como una mejora en la estructuración de la base de datos ambientales en Colombia, debido a que se direcciona a responder una necesidad enfocada en la consulta y el análisis de información sobre estos grupos vegetales, como aquellos que suelen ser omitidos en su análisis espacial. Los resultados evidencian la necesidad de agregar información vectorial y tabular normalizada, que contenga información taxonómica, de abundancia y de su conservación, por lo cual aumenta considerablemente la significancia en su precisión y utilidad del MAG como un insumo de soporte en la toma de decisiones.

Con respecto a lo señalado por la ANLA (2023), los problemas más relevantes que se identifica en los sistemas de información geográfica relacionado con el licenciamiento ambiental, ha sido lograr estandarizar los reportes, lo cual ha sido una limitante en los procesos interinstitucionales, realizando la comparación de la información en tiempos limitados. Lo propuesto en el presente trabajo busca mejorar en su comprensión y eficiencia estableciendo una estructura homogénea, facilitando la administración, análisis y verificación de los datos, fomentando directamente al fortalecimiento del Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC).

Desde el ámbito normativo, los resultados indican la importancia de las especies en veda, específicamente musgos, líquenes y orquídeas, en procesos de conservación, en concordancia con en el Decreto 2106 de 2019 y la Resolución 213 de 1977. No obstante, el MADS (2019) se evidencian los vacíos metodológicos y técnicos en las que se pretende tener una garantía de que la información recopilada a través de los tramites ambientales tengan una representación realista de estos grupos. En este sentido, el desarrollo del MAG es fundamental para cumplir con estos lineamientos normativos, generando una contribución estructurada para la planificación, seguimiento y control ambiental.

Referente a la relevancia ecológica, los resultados obtenidos destacan el papel que ejerce las especies epifitas como bioindicadores de calidad ambiental, siendo esenciales en la conservación, mantenimiento de la biodiversidad y en la influencia dentro del ciclo de nutrientes (Toledo, 2016). Estudios propuestos como las de Rodríguez, Djukanovich y Herrero (2021) han

permitido evidenciar que los briofitos y líquenes tienen un rol muy importante en la estabilización de suelos degradados y en fases iniciales de sucesión ecológica. Por otra parte, Burneo y Benítez (2020) destaca la necesidad de trabajar en modelos de distribución espacial para la identificación y priorización de áreas para conservación. Estas perspectivas académicas complementan los resultados del presente trabajo, la cual se propone un registro geográfico y taxonómico que permite un monitoreo ecológico más práctico, así como en la evaluación de los impactos ambientales.

Asimismo, el estudio reitera que la conservación de la biodiversidad exige la inserción de perspectivas interdisciplinarias dentro de la gestión. Ramírez (2012) sostiene que la ecología actual se basa en la síntesis de saberes biológicos, tecnológicos y sociales. El desarrollo del MAG no se limita a responder a imperativos técnicos; a la vez, se nutre de una mirada sistemática que alinea normatividad, biología, tecnología geoespacial y diseño de políticas públicas. De este modo, la gestión avanza hacia un esquema que se articula con los principios de la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), la cual exige integrar el conocimiento científico de modo que este influya en las decisiones estratégicas (MADS, 2012).

Lo anterior se demuestra con el estudio de caso "*Complemento al Estudio de Impacto Ambiental del Área de Producción Gangotri*", el cual evoluciona de un prototipo de investigación a un recurso estratégico de alto valor. Al estandarizar la recolección y el almacenamiento de datos de especies como bromelias, orquídeas, briófitos y líquenes el modelo edifica una base estructurada cuya utilidad se extiende más allá de la academia, fortaleciendo el monitoreo ambiental. Esto permite que la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) incorporen, con prontitud y precisión, la información técnica exigida por la legislación, lo que a su vez agiliza el monitoreo y la calibración basada en evidencias en favor de la conservación de la biodiversidad. El MAG, por lo tanto, materializa la intersección entre el saber científico y la administración del territorio, canalizando de manera expedita el conocimiento producido al diseño, ejecución y verificación de las políticas, tal como enfatiza la ANLA (2020).

Por otra parte, la presente genera un valor muy importante superando la visión dividida de los estudios ambientales, donde la flora epífita suele tener una perspectiva desde lo marginal o secundario. Al proponer una estructura detallada de los datos, agregado campos taxonómicos y ecológicos concretos, se mejora hacia una caracterización más consolidada que aporta hacia un

mejoramiento en la calidad de los diagnósticos ambientales. Esto coincide con lo propuesto por Isaza (2007), el cual destacó que el uso de herramientas SIG no solo se debe guiar hacia un análisis espacial, sino también a la optimización de recursos naturales y al diseño de estrategias más precisas de conservación.

Por lo tanto, los hallazgos presentados aportan un valor añadido a las iniciativas en restauración y compensación ambiental. La unificación de las bases de datos relativas a bromelias, orquídeas, briofitos y líquenes ofrecerá un soporte sólido para el seguimiento de las estrategias de manejo en curso. Al contar con series de datos comparables, también se podrán construir indicadores sólidos que evalúen de forma precisa la eficacia de las acciones ejecutadas, alineándose de este modo con la orientación que la ANLA (2023) formula respecto de la necesidad de elaborar métricas estandarizadas para los programas de rescate, traslado y reubicación de especies.

No obstante, cabe resaltar que, a pesar de que el modelo propuesto es funcional, puede optimizarse considerablemente a través de la implementación de herramientas SIG que permitan que el proceso de carga de datos y análisis de información puedan ser automatizados. Un ejemplo sería la aplicación de herramientas como *ModelBuilder* de la plataforma ArcGIS de la empresa ESRI, el cual permite crear flujos de trabajo que aumentan la eficiencia en la validación y organización de la información de forma automática. Adicionalmente se puede complementar con la herramienta *ArcPy*, la cual a través del lenguaje de programación *Python*, puede configurarse a tareas repetitivas personalizadas, con el fin de minimizar los tiempos de procesamiento sin perder la coherencia o uniformidad de los datos. La implementación de estas herramientas no solo mejoraría el modelo propuesto desde la eficiencia operativa, sino que además mantendrían la calidad de los datos, por lo cual es fundamental para que la estructura del modelo se mantenga a largo plazo (ESRI, 2017).

Así mismo, es de gran importancia destacar que el MAG más allá de ser un repositorio de información, es una herramienta flexible y adaptable, capaz de estar en constante cambio y evolución mediante la incorporación de nuevos elementos y metodologías de análisis. Lo que implica que se fortalezca su utilidad estratégica, generando vínculos entre la ciencia, el medio ambiente y la gobernanza, ampliando su alcance y consolidando su papel en la toma de decisiones.

Finalmente, esta discusión permite conocer que el desarrollo del MAG mediante la inclusión de datos de bromelias, orquídeas, briofitos y líquenes, consolida una mejora sustantiva en la generación y administración de bases de datos ambientales en Colombia. Los resultados corroboran

que la propuesta atiende, de manera simultánea, demandas académicas e institucionales, al incorporar una estructura estandarizada de la información. El modelo, al adoptar formatos homogéneos de carga, responde a los lineamientos de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), potenciando la interoperabilidad del Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC) y simplifica el aseguramiento del cumplimiento normativo. La validación llevada a cabo a partir del estudio de caso real manifiesta que el modelo sirve de forma estratégica, integrando el saber experto, normatividad y dinámica territorial. Adicionalmente, el desarrollo del MAG propuesto puede presentar características de escalabilidad y programabilidad, lo que permite su optimización futura mediante procesos de automatización, asegurando la preservación de su calidad y su pertinencia en a largo plazo, mediante la implementación de tecnología SIG

9. Conclusiones

El desarrollo del Modelo de Almacenamiento Geográfico (MAG) constituye un avance importante en la estandarización de la información geoespacial asociada al reporte de bromelias, orquídeas, briófitos y líquenes. Su diseño responde a los lineamientos de la Estructura de Almacenamiento Geográfico del MADS, garantizando la compatibilidad con los requerimientos técnicos de la ANLA. Este aporte contribuye a mejorar la eficiencia institucional en la gestión y seguimiento de la flora en condición de veda.

El Modelo de Almacenamiento Geográfico (MAG) integra nuevos componentes vectoriales y tabulares que permiten capturar, almacenar y analizar información taxonómica, poblacional y ecológica con un mayor nivel de detalle y precisión. Su desarrollo mediante herramientas SIG favorece la automatización de procesos, optimiza la gestión de datos ambientales y facilita la implementación de medidas de conservación basadas en evidencia geoespacial verificable.

La aplicación del modelo en el Estudio de Impacto Ambiental del Área de Producción Gangotri demostró su efectividad como herramienta de apoyo técnico. El MAG permitió integrar los registros biológicos, garantizar la trazabilidad de la información y mejorar el cumplimiento de los requerimientos normativos en los procesos de licenciamiento ambiental. De esta manera, se convierte en un instrumento clave para la planeación territorial y la toma de decisiones orientadas a la conservación de la biodiversidad.

Este trabajo aporta una propuesta metodológica rigurosa y replicable que articula el conocimiento biológico con las tecnologías de información geográfica. Además de su relevancia técnica, el modelo fomenta la cooperación interinstitucional y el fortalecimiento de capacidades en el ámbito académico, institucional y profesional, favoreciendo la consolidación de bases de datos geoespaciales confiables y actualizadas.

Aunque el Modelo de Almacenamiento Geográfico (MAG) cumple satisfactoriamente con los objetivos propuestos, se reconoce la posibilidad de incorporar procesos de automatización, interoperabilidad avanzada y actualización de datos en tiempo real mediante plataformas tecnológicas, que permitirán su ampliación a otros grupos biológicos. Estas mejoras garantizarán la sostenibilidad del modelo y su vigencia frente a los retos contemporáneos de la gestión ambiental en Colombia.

10. Recomendaciones

Implementar la versión actualizada del modelo lógico para toda consultoría ambiental o actor interesado que involucre el levantamiento de información sobre epífitas, garantizando la trazabilidad, consistencia y calidad de los datos obtenidos, de tal manera que se fortalezca la gestión técnica y ambiental.

Asimismo, es de gran importancia capacitar a los equipos técnicos, consultoras, entidades y demás actores interesados en el uso del nuevo modelo, haciendo énfasis en la correcta diferenciación entre las actividades de caracterización y la reubicación de individuos, con el propósito de estandarizar los procedimientos.

De igual manera, se sugiere promover la adopción del modelo desarrollado para facilitar y fortalecer la comparación y el análisis de datos entre distintos proyectos. Asimismo, se recomienda fomentar el uso de herramientas tecnológicas, como los Sistemas de Información Geográfica y las bases de datos estandarizadas, que permitan integrar la información recolectada en campo con el modelo lógico actualizado. Esto contribuirá a la consolidación de una base de información sólida, coherente y armonizada.

Implementar medidas de control y verificación que aseguren la calidad del diligenciamiento de las tablas del MAG, con énfasis en los indicadores destinados al seguimiento de la reubicación de especies.

De manera complementaria, se recomienda establecer mecanismos de articulación con las autoridades ambientales, las cuales podrán realizar la validación técnica del modelo lógico y ajustarlo a las necesidades técnicas, normativas y ecológicas que se identifiquen en el marco de la gestión de la biodiversidad

Finalmente, se recomienda continuar con la automatización de procesos de carga y análisis de datos mediante herramientas de modelación, automatización y análisis integradas en plataformas avanzadas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), permitiendo eficiencia operativa, reducción de tiempos de procesamiento para mantener la calidad y consistencia de los datos.

Referencias

- ANI. (2021). *Preservación de la biodiversidad en la Autopista al Mar 2 mediante reubicación de especies de orquídeas y bromelias*. Agencia Nacional de Infraestructura. <https://n9.cl/nut3cs>.
- ANLA. (2016). *Guía para el diligenciamiento y presentación del Modelo de Datos Geográficos*. Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. <https://n9.cl/gdmza>.
- ANLA. (2016). *Resolución 2182 de 2016, por la cual se adopta el modelo de datos geográficos de la ANLA*. Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. <https://n9.cl/304bv>.
- ANLA. (2017). *Modelo de Datos Geográficos ANLA Resolución 2182 de 2016*. Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. <https://n9.cl/vbm6h>.
- ANLA. (2020). *Cálculo de representatividad del muestreo de especies en veda nacional*. Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. <https://n9.cl/pwqb3n>.
- ANLA. (2020). *Comunicado vedas*. Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. <https://n9.cl/32jhdq>.
- ANLA. (2023). *Indicadores de seguimiento a la efectividad de las medidas de manejo para las especies de flora y líquenes en veda*. Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. <https://n9.cl/hqg9h>.
- ANLA. (2025). *Sistema de Información Geográfica*. Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. <https://n9.cl/qfqnlw>.
- Benítez, Á., Cruz, D., Vega, M., González, L., Jaramillo, N., López, F., & Aguirre, Z. (2021). Briófitos y hongos (liquenizados y no liquenizados) del Parque Universitario Francisco Vivar Castro, Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 11(2), 1-18. <https://n9.cl/b2s1p>.
- Bernal, R., Gradstein, R., & Celis, M. (2023). *Catálogo de Plantas y Líquenes de Colombia*. Version 1.3. Universidad Nacional de Colombia. <https://n9.cl/vl2aq>.
- Betancur, J., & Garcia, N. (2006). Las Bromelias. En *Libro Rojo de Plantas de Colombia* (Vol. 3, pp. 51-384).
- Burneo, M., & Benítez, Á. (2020). Distribución potencial y áreas prioritarias para la conservación de briófitos en Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 10(1), 1-13. <https://n9.cl/8murq>.
- Bustamante, E. N., Lutz, J. M.-N., & González, M. I. (2011). Air pollution in a tropical city: the relationship between wind direction and lichen bio-indicators in San José, Costa Rica. *Biol. Trop*, 59(2), 899-905. <https://n9.cl/ah4vp>.

- CAR. (2021). *Guía técnica para tramites que impliquen intervención de especies de la flora silvestre con veda nacional y/o regional (Versión 1)*. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR.
- Cardozo, L. A. (2023). *Caracterización de las especies de bromelias, orquídeas, briófitos y líquenes en sus diversos hábitos de crecimiento (epífita, rupícola y terrestre) presentes en el área de ampliación del Relleno Sanitario La Esmeralda*. <https://n9.cl/y12cru>.
- Carvente, S., Pérez, M. A., Flores, M., Navarro, H., & Flores, N. (2017). Diversidad y abundancia de bromelias epifitas en “El Punto” Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3661-3671. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i18.211>.
- Cely, N., Palacios, W., & Caicedo, A. (2023). *Conceptos y enfoques de metodología de la investigación*. Universidad Francisco de Paula Santander. <https://n9.cl/8yq1t>.
- CEPAL. (2021). *Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://n9.cl/uiux1>.
- CORDIS. (2023). *Los líquenes tropicales revelan la importancia de la biodiversidad*. Comisión Europea. <https://n9.cl/ueacsp>.
- ESRI. (2017). ArcGIS Pro: The Professional GIS. ESRI. <https://n9.cl/6lpj7>.
- Estopinan, J., Servajean, M., & Otros. (2024). *AI-based mapping of the conservation status of orchid*. ResearchGate. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.04691>.
- García, S., & Mercado, J. D. (2017). Diversidad de musgos epífitos de la zona metropolitana del Valle de Toluca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(4), 824-831. <https://n9.cl/5iuup>.
- ICDE. (2020). *Metodología para la gestión del modelo núcleo y modelos extendidos*. Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales. <https://n9.cl/ps6l4>.
- ICDE. (2022). *Guía para la implementación de especificaciones técnicas de productos de datos geográficos*. Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales. <https://n9.cl/oeh7b>.
- ICDE. (2023). *Se define la conformación y funcionamiento de la ICDE: Resolución 899 de 2023*. Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales. <https://n9.cl/kaj9t7>.
- INDERENA. (1977). *Resolución 213: Por la cual se establece veda para algunas especies y productos de la flora silvestre*. Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables. <https://n9.cl/jlxzs>.

- INERCO. (2022). *Guía de orquídeas, bromelias, briófitos y líquenes*. INERCO. https://www.inerco.com/wp-content/uploads/Guia-de-orquideas-bromelias-briofitos-y-liquenes_INERCO.pdf.
- Isaza, S. (2007). *Sig en el análisis económico de manejo y conservación del medio ambiente y los recursos naturales* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín]. Repositorio de la Universidad Nacional de Colombia. <https://n9.cl/om8ga>.
- López-Gallego, C., Morales-Morales, P. A., Castellanos-Castro, C., Salinas, N., Aguirre-Santoro, J., Aponte, A., Vallejo-Mayo, L. (2024). *Avances en la lista roja de las plantas de Colombia*. *Biota Colombiana*, 25, e1175, <https://doi.org/10.21068/2539200X.1175>.
- Macías, L. (2023). A 30 años de la Ley 99 de 1993: reflexiones de primera mano (I). *Legis Ámbito Jurídico*. <https://n9.cl/3u9hy>.
- MADS. (2012). *Informe de Gestión al Congreso*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Informe_Congreso_MINAMBIENTE_2012.pdf.
- MADS. (2012). *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos* (PNGIBSE). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://n9.cl/hh2uj>.
- MADS. (2014). *Resolución 192 de 2014: Lista de especies vedadas de flora silvestre*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://n9.cl/p9cb7>.
- MADS. (2016). *Resolución 2182 del 23 de diciembre de 2016*. Agencia Nacional de Licencias Ambientales. <https://www.anla.gov.co>.
- MADS. (2018). *Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://n9.cl/yacfju>.
- MADS. (2019). *Decreto 2106 de 2019: Modificaciones y procedimientos relacionados con la flora silvestre con veda nacional o regional*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://n9.cl/wm5k0>.
- MADS. (2024). *Decreto 2820 de 5 de agosto de 2010*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://n9.cl/k8d8sg>.
- MADS. (2024). *Resolución 126 de 2024: Actualización de especies en veda*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://n9.cl/lkofe>.






- MADS. (2024). Noticias: *Colombia, el segundo país más biodiverso del mundo, celebra el Día Mundial de la Biodiversidad*. <https://goo.su/mfwhb>.
- MADS. (2025). *Levantamiento de Veda de Flora Silvestre*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://n9.cl/f5zb6>.
- MADS. (2025). *Ley 2 de 1959*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/ley-2-1959.pdf.
- Medina, E. Diaz, D. & Montaña, J. (2021). *Biogeografía y riqueza de los líquenes de Colombia*. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 45(174), 122-135. Epub September 18, 2021. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1224>.
- Molina, A. (2014). *Las autoridades ambientales del Sistema Nacional Ambiental* [Tesis de pregrado, Universidad Sergio Arboleda]. Instituto de Estudios y Servicios Ambientales - IDEASA. <https://n9.cl/7t8i3>.
- Morales, J. L., González, F. d., & Pérez, M. A. (2016). Caracterización de las orquídeas epífitas y sus forofitos en el parque ecológico universitario “José Mariano Mociño” de la Universidad Autónoma del Estado de México. *Polibotánica*, (42), 103-119. <https://n9.cl/emf40>.
- Muñoz, V. (2009). *Propuesta de estándares para nombres geográficos en la producción de* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio de la Universidad Nacional de Colombia. <https://n9.cl/tl9xi>.
- ONU. (2025). *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)*. Organización de las Naciones Unidas. <https://n9.cl/d2aqm>.
- Parra, J. (2013). *Diferenciación entre plantas epífitas y parásitas en contextos ecológicos y adaptativos*. https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2013/2013-03-07-Parra-Epifitas-vs-parasita-20-21.pdf.
- Presidencia de la república. (2019). *Decreto 2106 de 2019 - Gestor Normativo*. Función Pública. <https://n9.cl/lzaef>.
- Quecedo, R., & Castaño, C. (2022). Introducción a la metodología de investigación cualitativa. *Revista de Psicodidáctica*, 14, 5-39. <https://n9.cl/x4d8i>.
- Quintero, L. A. (2022). *Biodiversidad epífita vascular subandina como estrategia de educación ambiental* [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de Pereira]. Repositorio de la Universidad Tecnológica de Pereira. <https://n9.cl/q5kkg>.

- Ramírez, L. C., Jerena, E., & Mendoza, R. R. (2012). La potencialidad del territorio en la restauración ecológica el uso de herramientas sig para establecer prioridades de restauración ecológica. *Revista Gestión y Ambiente*, 15(3), 39-50. <https://n9.cl/tqf9p>.
- Rangel, J. O. (2005). La biodiversidad de Colombia. Palimpsestvs. Universidad Nacional de Colombia, 292-304.
- Rodriguez, J. M., Djukanovich, M., & Herrero, M. L. (2021). El rol de líquenes y briófitos del suelo en la restauración de bosques y pastizales. En *II Encuentro de la Red de Restauración Ecológica Argentina* (pp. 147-148). <https://n9.cl/7x3ddk>.
- Salgado, A. (2007). Investigación cualitativa: Diseños, evaluación del rigor metodológico y retos. *Liberabit*, 13, 71-78. <https://n9.cl/r2wxg>.
- Sánchez, M. C. (2021). *Caracterización de flora vascular y noascular de hábito epífita y otros hábitos en veda*. [Informe técnico del Proyecto Yulimar Fase 2A, municipio de Bello, Antioquia]. SiB Colombia. <https://n9.cl/w86y0>.
- SIB. (2022). *Datos sobre epífitas: claves en la conservación de la biodiversidad*. Sistema de información sobre biodiversidad de Colombia. <https://n9.cl/zi4o03>.
- Simijaca, D., Pérez-Pérez, R. E., Escoto-Moreno, J., & Ocampo, G. (2023). Múltiples registros nuevos de hongos liquenizados para Aguascalientes, con la evaluación del estado de conservación de dos especies endémicas de México. *Botanical Sciences*, 101(2), 544-559. <https://doi.org/10.17129/botsci.3179>.
- Toledo, T. (2016). Las bromelias epífitas. *Ciencias*, 120-121. <https://new.revistacienciasunam.com/images/stories/Articles/121/pdf/120B06.pdf>.
- Zepeda, C., Ávila, P., Díaz, U. S., Alanís, Y., Zarazúa, G., & Amaya, A. (2014). Diversidad de musgos epífitos de la zona metropolitana del Valle de Toluca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 108-124. <https://n9.cl/cajate>.

Anexos

A continuación, en la **Tabla 7** se listan los anexos del estudio.

Tabla 7. Listado de Anexos

Nº	Nombre		Descripción
Anexo 1	Entrevista semiestructurada		Archivo Excel que relaciona los resultados tabulados de la entrevista semiestructurada
Anexo 2	Cuestionario		Archivo Excel que contiene los datos tabulados y gráficas resumen, obtenidas a partir del cuestionario individual
Anexo 3	Modelo físico		Geodatabase que contiene los elementos vectoriales y tabulares actualizados como resultado del estudio
Anexo 4	Diccionario de datos		Archivo Excel que contiene los elementos incorporados al modelo de datos, así como la descripción detallada de sus campos, tipo de datos, tamaño, entre otras.
Anexo 5	StoryMap		Archivo PDF que contiene el URL y QR de acceso al ArcGIS StoryMaps https://storymaps.arcgis.com/stories/069e62f1a2364da68645ac76a102a396