



PROYECTO MANEJO SOSTENIBLE Y CONSERVACION DE LA BIODIVERSIDAD EN LA CUENCA DEL RIO MAGDALENA

CONVENIO DE COOPERACIÓN TÉCNICA NO REEMBOLSABLE (FMAM) No. ATN/FM-15981-CO

DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO DE ECOSISTEMAS DE AGUA DULCE Y SU BIODIVERSIDAD ASOCIADA

PRODUCTO 4. INFORME FINAL

(CONTRATO NO. FN-030-18)

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Mayo 28 de 2019



Equipo Técnico Instituto Humboldt

Supervisión

Jose Manuel Ochoa Quintero – Coordinador Programa de Evaluación y Monitoreo de la Biodiversidad

Lina María Sánchez Clavijo – Programa de Evaluación y Monitoreo de la Biodiversidad

Gerente

Carolina Martínez Sánchez – Subdirección de Proyectos Especiales y Servicios Científicos

Coordinación de proyecto

Angélica María Batista Morales – Programa de Evaluación y Monitoreo de la Biodiversidad

Margarita María Roa Cubillos – Programa de Evaluación y Monitoreo de la Biodiversidad

Otros participantes en la Subdirección de Investigación

Programa de Evaluación y Monitoreo de la Biodiversidad

María Cecilia Londoño Murcia

Carolina Soto Vargas

Danny Vélez Velandia

Daniel López

María Isabel Arce Plata

Luis Fernando Urbina

Carolina Castro Moreno

Edwin Tamayo Peña

Juan Carlos Rey Velasco

César Gutiérrez

Programa de Gestión Territorial de la Biodiversidad

Ana Carolina Santos Rocha

Programa de Ciencias Básicas de la Biodiversidad

Carlos A. Lasso

Maribel Arias

Programa de Ciencias Sociales y Saberes de la Biodiversidad

Alejandra Osejo

Diana Lara

Colaboradores externos

- Fabio de Oliveira Roque – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

- The Nature Conservancy (TNC) Grupo Nasca: Northern Tropical Andes and Southern Central America Conservation Program

- Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB Colombia)

- Laboratorio de Servicios de Información (LabSiS), Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras INVEMAR

- Equipo del convenio para “Definir lineamientos técnico-científicos sobre la condición del estado actual de la biodiversidad y el recurso pesquero en el río Magdalena” firmado entre el Instituto Humboldt y la Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena - CORMAGDALENA

- Fundación ALMA

Tabla de contenido

Resumen Ejecutivo.....	7
1. Introducción	11
2. Área y paisajes de estudio.....	15
3. Direccionamiento del sistema	20
3.1. Marco conceptual	20
3.2. Problemática central	23
3.3. Preguntas orientadoras.....	27
3.4. Objetivos	29
3.5. Visión y alcance.....	30
3.6. Principios y características.....	30
4. Línea base de biodiversidad.....	38
4.1. Metodología.....	39
4.2. Registros de presencia de especies.....	42
4.3. Especies encontradas por grupo biológico.....	44
4.4. Especies según su vocación de conservación y uso sostenible.....	45
4.5. Conclusiones	46
5. Diagnóstico del monitoreo de ecosistemas acuáticos	48
5.1. Metodología.....	48
5.2. Iniciativas de monitoreo.....	50
5.3. Análisis DOFA	56
5.4. Actores del monitoreo.....	61
5.5. Conclusiones	67
6. Modelos conceptuales socioecológicos.....	69
6.1. Introducción	69
6.2. Metodología.....	70
6.3. Resultados.....	72
7. Indicadores, variables y objetos de monitoreo	84
8. Política de datos	90
8.1. ¿Qué es una política de datos?	90
8.2. Definiciones generales.....	91
8.3. Disposición de los datos.....	92
8.4. Acceso a los productos generados en el marco del proyecto.....	92
8.5. Términos y condiciones de uso de los datos.....	93
8.6. Disposiciones finales	94
8.7. Propuesta de guía para la incorporación de datos.....	94
9. Gestión de información.....	116
9.1. Herramientas informáticas disponibles para la articulación del sistema	116
9.2. Retos y oportunidades para el fortalecimiento del monitoreo en la Macrocuenca Magdalena-Cauca.	133
9.3. Alternativas para la arquitectura interinstitucional	137
9.4. Propuesta de desarrollo, alojamiento y administración del sistema.....	145
9.5. Hoja de ruta para la incorporación de indicadores al SIAC	146
10. Propuesta de implementación del sistema de monitoreo	147
10.1. Requerimientos de usuarios: síntesis de talleres y entrevistas.....	147
10.2. Líneas estratégicas para la implementación del sistema	156
10.3. Propuesta para la implementación por módulos	158
10.4. Interacción con otros proyectos y coyunturas del país	164
11. Descripción de los anexos	165
12. Bibliografía	166

Índice de Tablas

Tabla 1. Relación de temas entre el contrato y el presente documento.....	13
Tabla 2. Proporción de la Macrocuenca con respecto a los Departamentos.....	16
Tabla 3. Número de registros por grupo biológico para la Macrocuenca Magdalena-Cauca. .	43
Tabla 4. Número de especies por grupo biológico por zona hidrográfica para la Macrocuenca Magdalena-Cauca.	43
Tabla 5. Número de registros de presencia de especies por grupo biológico por zona de interés para el proyecto GEF Magdalena-Cauca.....	44
Tabla 6. Número de especies por grupo biológico para la Macrocuenca Magdalena-Cauca.	45
Tabla 7. Número de especies clasificadas bajo alguna categoría de amenaza. En peligro crítico de extinción (CR), En peligro de extinción (EN), Vulnerable (VU)	45
Tabla 8. Especies clasificadas bajo algún apéndice CITES. Comercio permitido sólo en circunstancias excepcionales (I), Comercio estrictamente controlado (II), Solicitud de asistencia para controlar el comercio de especies protegidas en un país específico (III).	45
Tabla 9. Especies endémicas para Colombia con presencia en la Macrocuenca Magdalena-Cauca por grupo biológico.....	46
Tabla 10. Especies clasificadas como invasoras por grupo biológico.....	46
Tabla 11. Fuentes de información de las iniciativas identificadas.....	51
Tabla 12. Análisis DOFA del Servicio Estadístico Pesquero Colombiano (SEPEC)	57
Tabla 13. Análisis DOFA del Censo Neotropical de Aves Acuáticas	59
Tabla 14. Análisis DOFA del Manos al Agua	61
Tabla 15. Indicadores y variables priorizados para la implementación en el modulo I en cada uno de los Paisajes de la Macrocuenca Magdalena-Cauca.....	85
Tabla 16. Objetos de monitoreo y las variables e indicadores propuestos para su medición.	88
Tabla 17. Elementos recomendados para la estructuración de datos de monitoreo.	99
Tabla 18. Elementos de la extensión medidas y hechos.....	100
Tabla 19. Ejemplo de estructuración de datos utilizando la extensión de medidas.....	100
Tabla 20. Elementos de la extensión multimedia simple. En naranja los elementos obligatorios y en negro los opcionales.	101
Tabla 21. Ejemplo de estructuración de datos utilizando la extensión multimedia simple.....	101
Tabla 22. Elementos de la extensión GBIF Relevé.	102
Tabla 23. Elementos de la extensión Relación entre recursos.	102
Tabla 24. Ejemplo de estructuración de datos utilizando la extensión Relación entre recursos.	103
Tabla 25. Ejemplos de ID utilizados durante la estructuración de datos de parcelas permanentes de monitoreo.	105
Tabla 26. Ejemplos de ID utilizado durante la estructuración de datos de monitoreo acústico pasivo.	105
Tabla 27. Oportunidades de articulación con sistemas públicos y privados	116
Tabla 28. Costos aproximados para el desarrollo y funcionamiento del subsistema de información teniendo en cuenta una año para el desarrollo y un funcionamiento sostenido en el tiempo.	144



Índice de Figuras

Figura 1. Macrocuena Magdalena-Cauca y sus planicies inundables. Fuente: TNC, 2016.....	15
Figura 2. Perfil longitudinal del río Magdalena (Cormagdalena 2007).....	17
Figura 3. Perfil longitudinal del río Cauca (Cormagdalena 2007).....	18
Figura 4. Modelo Respuesta-Presión-Estado-Beneficio para el entendimiento de los socio-ecosistemas y el diseño de una batería de indicadores integral y multiescalar (Sparks <i>et al.</i> 2011).	21
Figura 5. Ciclo de monitoreo científico propuesto para la elaboración, implementación y evaluación de proyectos de monitoreo de biodiversidad. La presenta propuesta hace énfasis en los pasos 1-3 del ciclo., de los cuáles depende el éxito de los pasos siguientes.....	22
Figura 6. Representación gráfica de la multiescalaridad del sistema*.....	31
Figura 7. Dominio espacial para la selección de registros de biodiversidad durante la construcción de la línea base.....	40
Figura 8. Duración de las iniciativas de monitoreo identificadas	52
Figura 9. Distribución del estado de las iniciativas identificadas	53
Figura 10. Año de inicio y finalización de las iniciativas identificadas	54
Figura 11. Escala de trabajo de las iniciativas de monitoreo.	55
Figura 12. Densidad de las iniciativas de monitoreo identificadas.....	56
Figura 13. Distribución de las categorías de actores de acuerdo a las iniciativas de monitoreo	62
Figura 14. Los actores dentro del ciclo del monitoreo científico.	64
Figura 15. Distribución del liderazgo de las iniciativas por categoría de actor	65
Figura 16. Distribución de la participación en las iniciativas por categoría de actor	66
Figura 17. Pasos para la implementación de las Evaluaciones Regionales de Biodiversidad.....	70
Figura 18. Modelo Presión-Estado-Respuestas-Beneficios (Sparks <i>et al.</i> 2011).	71
Figura 19. Diagrama conceptual de la relación entre los indicadores de presión, estado, respuesta y beneficios para las relaciones asociadas con el uso del agua para actividades agropecuarias. Entre paréntesis para cada indicador se indica el módulo al cual se asocia para su implementación.	73
Figura 20. Diagrama conceptual de la relación entre los indicadores de presión, estado, respuesta y beneficios para las relaciones asociadas con la contaminación del agua para actividades agropecuarias y mineras. Entre paréntesis para cada indicador se indica el módulo al cual se asocia para su implementación.	74
Figura 21. Diagrama conceptual de la relación entre los indicadores de presión, estado, respuesta y beneficios para las relaciones asociadas al cambio de cobertura vegetal por actividades productivas. Entre paréntesis para cada indicador se indica el módulo al cual se asocia para su implementación.	76
Figura 22. Diagrama conceptual de la relación entre los indicadores de presión, estado, respuesta y beneficios para las relaciones asociadas a las obras de infraestructura del sector energético, transporte y urbano. Entre paréntesis para cada indicador se indica el módulo al cual se asocia para su implementación.	77
Figura 23. Diagrama conceptual de la relación entre los indicadores de presión, estado, respuesta y beneficios para las relaciones asociadas a la pesca. Entre paréntesis para cada indicador se indica el módulo al cual se asocia para su implementación.	78
Figura 24. Diagrama conceptual de la relación entre los indicadores de presión, estado, respuesta y beneficios para las relaciones asociadas a la introducción de especies exóticas y trasvasadas a ecosistemas naturales. Entre paréntesis para cada indicador se indica el módulo al cual se asocia para su implementación.	79
Figura 25. Diagrama conceptual de la relación entre los indicadores de presión, estado, respuesta y beneficios para las relaciones asociadas a demanda y uso del agua en ciudades. Entre paréntesis para cada indicador se indica el módulo al cual se asocia para su implementación.	



..... 81

Figura 26. Esquema en estrella y composición del archivo DwC (EUBON 2015). Adicionalmente al núcleo del evento y a sus extensiones, el archivo Darwin Core incluye dos archivos .xml (meta.xml y EML.xml)..... 95

Figura 27. Estructura en estrella del estándar Darwin Core (EUBON 2015)..... 97

Figura 28. Esquema que muestra las posibles relaciones entre el núcleo del evento y las extensiones del DwC, con algunos ejemplos ilustrativos. 104

Figura 29. Estructura en la publicación de datos a través de GBIF 106

Figura 30. Descripción del proceso para la documentación de metadatos. 107

Figura 31. Descripción de los pasos para cargar datos en el IPT..... 108

Figura 32. Descripción de los pasos para mapear los datos del núcleo del evento. 109

Figura 33. Descripción de los pasos para mapear los datos de las extensiones que se encuentran en el mismo archivo del núcleo del evento. 110

Figura 34. Descripción de los pasos para mapear los datos de las extensiones que se encuentran en archivos independientes al del núcleo del evento. 111

Figura 35. Pasos a seguir para traducir los términos de la base del registro (basisOfRecord) – 1) Oprima recargar para asegurarse que la herramienta está identificando todos los términos documentados en su conjunto de datos; 2) Escoja la traducción que corresponde a cada uno de sus términos..... 111

Figura 36. Pasos a seguir para realizar la solicitud de DOI y la publicación del recurso. 112

Figura 37. Relación entre el núcleo del evento y las extensiones por medio del eventID. 113

Figura 38. Esquema para la estructuración de datos de monitoreo acústico pasivo según el núcleo y las extensiones correspondientes..... 114

Figura 39. Esquema para la estructuración de datos de puntos de conteo según el núcleo y las extensiones correspondientes 115

Figura 40. Visualización portal ICDE..... 118

Figura 41. Estructura de incorporación y gestión de datos de la ICDE. 118

Figura 42. Visualización interfaz gráfica SIG-OT 2018 (<https://sigot.igac.gov.co/>) 119

Figura 43. Estructura del SIAC, sus subsistemas y sus administradores 120

Figura 44. Estructura general de la GDB diseñada por la ANLA..... 122

Figura 45. Estructura general del flujo de información en el SIRH 123

Figura 46. Visualización de interfaz gráfica del SMBYC 125

Figura 47. Visualización de página web programa Piragua - Corantioquia 126

Figura 48. Estructura de flujo de información entre SiB y GBIF 127

Figura 49. Interfaz de inicio de I2D y sus herramientas 129

Figura 50. Página de inicio del BioTablero y sus herramientas..... 130

Figura 51. Página de inicio de SIMA, flujograma para la generación de escenarios en la toma de decisiones y visualización del funcionamiento de la herramienta. 132

Figura 52. Ejemplo reporte portal TREMARCTOS (<http://www.tremarctoscolombia.org>)..... 133

Figura 53. Esquema de articulación 1 entre actores y sistemas en torno al sistema de monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad asociada en la cuenca Magdalena-Cauca. 138

Figura 54. Esquema de articulación 2 entre actores y sistemas en torno al sistema de monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad asociada en la cuenca Magdalena-Cauca. 140

Figura 55. Esquema de articulación 3 entre actores y sistemas en torno al sistema de monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad asociada en la cuenca Magdalena-Cauca. 141

Figura 56. Esquema de articulación 4 entre actores y sistemas en torno al sistema de monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad asociada en la cuenca Magdalena-Cauca. 143



RESUMEN EJECUTIVO

La **macrocuena Magdalena-Cauca** cubre 24% de la superficie del país, y en sus 27.111.809 hectáreas se encuentran aproximadamente 5.701.101 hectáreas de humedales que se destacan no sólo por su amplia cobertura, sino también por su gran diversidad biológica y cultural. La macrocuena también es una de las áreas más transformadas del país, a raíz de albergar el 77% de su población y soportar la generación del 80% de su producto interno bruto. Esta confluencia de heterogeneidad espacial y temporal natural, con centenares de formas de usar los recursos asociados a los ecosistemas acuáticos, generan una gran variedad de conflictos socioecológicos, y por lo tanto la necesidad de poder evaluar y monitorear la salud de los ecosistemas acuáticos de la macrocuena para mejorar su gestión.

Durante los diez (10) meses de ejecución de la “**Consultoría para el diseño de un Sistema de Monitoreo de la Salud de los Ecosistemas Acuáticos y su Biodiversidad Asociada**” entre Fundación Natura y el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, a través de la combinación de métodos de recolección primaria y secundaria de información, trabajamos con una gran diversidad de actores de la macrocuena para construir la propuesta que se presenta en este documento. El sistema de monitoreo es un proyecto en construcción, en cuya fase de implementación deberán participar de forma conjunta instituciones del SINA y otros entes gubernamentales, gremios productivos y empresas privadas, academia y las comunidades a lo largo de la macrocuena. Este documento pretende convertirse en la base para dicha construcción colectiva.

Definimos el siguiente **objetivo** para el sistema de monitoreo: “*Evaluar la salud de los ecosistemas acuáticos en la macrocuena, para orientar la toma de decisiones hacia la protección de ecosistemas estratégicos y la implementación de modelos de desarrollo territorial sostenibles*”. Para lograr este objetivo, el sistema debe seguir unos **principios** transversales, como los son ser multiescalar, multidisciplinario, incluyente, adaptativo y contar con un soporte científico sólido.

Los productos de esta etapa del proyecto pueden dividirse en las siguientes cuatro (4) fases:

Fase 1. Línea base

Se realizó una búsqueda de registros de **presencia de especies** en la macrocuena a partir de la información en GBIF (Global Biodiversity Information Facility), encontrándose después del proceso de control de calidad 486.795 registros de 10.785 especies en los humedales y sus áreas de amortiguación. Esta lista de especies fue complementada



con otras 11.571 reportadas en la literatura, para un total de 22.356 en la macrocuenca. A pesar de ser la región más estudiada del país, todavía se sigue el patrón general nacional de tener mucha información que aún no está soportado por registros en el Sistema de Información de Biodiversidad (SiB), y una gran heterogeneidad de la información según región y grupo biológico. En cuanto a especies prioritarias para investigación y conservación, se encontraron 4.703 endémicas, 229 invasoras, 671 amenazadas y 560 en los apéndices de CITES.

En cuanto al diagnóstico de los esquemas de **monitoreo de ecosistemas acuáticos**, se encontraron 58 iniciativas en la macrocuenca, principalmente enfocadas en calidad de agua, y mucho menos en biodiversidad. Aproximadamente 53% de estas están activas, 93% se realizan a nivel local o departamental y aunque su longevidad promedio es de 8.5 años, están dispersas entre duraciones menores de 1 año hasta mayores a 37 años. Los actores detrás de estos programas son entidades del gobierno 33%, empresas y gremios 19%, ONG 14%, academia 14%, institutos de investigación 8%, comunidades 6%, y cooperación internacional 6%. Es claro que falta articulación entre actores y mecanismos para publicar e integrar la información que generan.

Fase 2. Formulación participativa

Se generaron insumos a partir de cuatro (4) talleres realizados en Bogotá, Pereira, Santa Marta y Medellín, en los que participaron 127 personas pertenecientes a 52 instituciones. La información recolectada en los talleres fue complementada con entrevistas a 27 personas clave de 12 instituciones. Entre los resultados destacados se encuentran **modelos conceptuales** construidos bajo el marco de Presión-Estado-Respuesta-Beneficio para describir las principales dinámicas socioecosistémicas de la macrocuenca. Estos modelos permitieron priorizar siete (7) narrativas socioecológicas como **objetos de monitoreo**: uso del agua, calidad del agua, cambio de cobertura, infraestructura y conectividad, pesca, especies exóticas, y ciudades. También se recolectaron los **requerimientos que los usuarios** potenciales del sistema tendrían en cuanto a recolección de datos; análisis, interpretación y divulgación, informática, y articulación institucional.

Juntando la información de los talleres con búsquedas de literatura científica, instrumentos de planificación, normativas y otros documentos se identificaron 175 **indicadores** de estado y tendencia que podrían usarse en el sistema. Estos indicadores se priorizaron según: 1) sus características en cuanto a ser específicos, medibles, logrables, relevantes y oportunos; 2) intentar equilibrar la cantidad de indicadores según las categorías de biodiversidad, calidad de agua, bienestar y servicios ecosistémicos; y 3) buscar que fueran aplicables a cuatro paisaje principales definidos como humedales alto-andinos, cauce principal y afluentes, complejos de ciénagas y el complejo lagunar-estuarino. Esta priorización resultó en 34 indicadores o variables priorizadas para una



batería mínima de monitoreo, y 40 para una batería complementaria.

Fase 3. Propuestas para la gestión de la información

Se propone que el sistema de monitoreo se implemente como un **subsistema** para la evaluación y monitoreo de humedales dentro del **Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC)**. Para ayudar con este proceso se proponen una guía para la incorporación de datos, un documento de política de datos, doce (12) herramientas informáticas cuya articulación permitiría comenzar el proceso teniendo en cuenta los avances con los que cuenta el país hasta el momento y cuatro (4) alternativas de arquitectura para la articulación interinstitucional necesaria para lograr el funcionamiento del sistema.

Fase 4. Propuestas de implementación

Se propone una implementación modular en la más que corresponder a etapas continuas y lineales, los **módulos** representan fases que los distintos actores involucrados en el sistema pueden ir implementando según su punto de partida. El primer módulo tendría el objetivo de integrar la información existente para generar indicadores mínimos. El segundo buscaría la regionalización e incorporación de indicadores complementarios. El tercero iría tras la expansión y optimización del diseño de muestreo del sistema. Finalmente el cuarto módulo llevaría a la innovación en recolección y automatización de rutinas de limpieza, análisis y divulgación de la información.

Para que esta implementación sea una realidad se proponen siete (7) **líneas de acción** que deberán avanzar de forma paralela: 1) realizar pilotos de colecta de datos que recorran toda la cadena de gestión de información propuesta, 2) trabajar en los procesos para el mejoramiento en la calidad de datos, 3) continuar con los procesos de articulación interinstitucional, 4) construir procesos de transferencia de conocimiento entre los actores del sistema, 5) generar una estrategia de comunicación que acompañe el desarrollo y operación del sistema, 6) generar los desarrollos informáticos necesarios para asegurar la operación y optimización del sistema, y 7) generar una estrategia de sostenibilidad financiera.

Estos resultados se resumen en la siguiente **infografía** realizada para los talleres de socialización llevados a cabo en Santa Marta el 24 de mayo y en Bogotá el 28 de mayo de 2019:



SISTEMA DE MONITOREO DE ECOSISTEMAS DE AGUA DULCE

Macrocuena Magdalena-Cauca

AGOSTO 2018 · MAYO 2019



Área Hidrográfica
27.111.809 Hectáreas

humedales
5.701.101 Hectáreas

24% SUPERFICIE

77% POBLACIÓN

80% PIB



OBJETIVO

Evaluar la salud de los ecosistemas acuáticos en la macrocuena, para orientar la toma de decisiones hacia la protección de ecosistemas estratégicos y la implementación de modelos de desarrollo territorial sostenibles

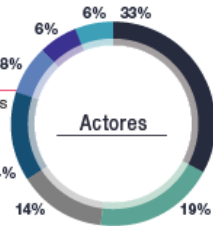
PRINCIPIOS

- Multiescalar
- Multidisciplinario
- Incluyente
- Adaptativo
- Soporte científico sólido

Iniciativas
58

53% activas
93% departamentales o locales

AÑOS
<1 8.5 promedio **>37**



Monitoreo

- Gobierno
- Empresas y gremios
- ONGs
- Academia
- Institutos de investigación
- Comunidades
- Cooperación internacional

FASE 1 LÍNEA BASE

Biodiversidad

Número especies **22.356**
11.571 GBIF
10.785 GBIF
486.795 registros

4.703 Endémicas
229 Invasoras
671 Amenazadas
560 CITES



Insumos

4 TALLERES

127 Personas

52 Instituciones

ENTREVISTAS

27

12

Datos
Análisis
Informática
Articulación

CASOS DE USO

RESULTADOS

Modelo Presión-Estado-Respuesta-Beneficio
Narrativas socioecológicas priorizadas
Uso del agua, calidad del agua, cambio de cobertura, infraestructura y conectividad, pesca, especies exóticas y ciudades

FASE 2 FORMULACIÓN PARTICIPATIVA

Indicadores

batería mínima **34**
batería complementaria **40**

205

PRIORIZACIÓN

- CARACTERÍSTICA
- Específicos
 - Medibles
 - Logrables
 - Relevantes
 - Oportunos

- CATEGORÍA
- Biodiversidad
 - Calidad agua
 - Bienestar y servicios ecosistémicos

- PAISAJE
- Humedales altoandinos
 - Cauce principal y afluentes
 - Complejos de ciénagas
 - Complejo lagunar-estuarino

FASE 3 PROPUESTAS GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN

siac
Subsistema para evaluación y monitoreo de humedales

Guía para la incorporación de datos

Herramientas informáticas para articulación

Política de datos

alternativas de articulación interinstitucional

FASE 4 PROPUESTAS DE IMPLEMENTACIÓN

Líneas de acción

- Módulos
- 01 Integrar la información existente para generar indicadores mínimos
 - 02 Regionalizar e incorporar indicadores complementarios
 - 03 Expandir y optimizar el diseño
 - 04 Innovar la recolección y automatizar las rutinas

Muestras piloto

Calidad de datos

Articulación interinstitucional

Transferencia de conocimiento

Estrategias de comunicación

Desarrollos informáticos

Sostenibilidad financiera





1. INTRODUCCIÓN

El Proyecto “**Manejo Sostenible y Conservación de la Biodiversidad Acuática en la cuenca Magdalena-Cauca**” tiene como objetivo general “Contribuir a la conservación y uso sostenible de ecosistemas dulceacuícolas y su biodiversidad en la cuenca Magdalena – Cauca, mediante la protección de hábitats prioritarios, la mejora de la salud de los ecosistemas y el fortalecimiento de la gobernanza y las capacidades locales” (Fundación Natura 2019). Estará en ejecución desde 2017 hasta 2021, es financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) o Global Environment Facility (GEF), implementado a través del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y ejecutado por Fundación Natura en asocio con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, el Fondo Adaptación y la Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena – CORMAGDALENA.

La ejecución de este proyecto se está llevando a cabo a través de tres componentes: 1) Conservación de Áreas Prioritarias, 2) Gestión de la Salud de los Ecosistemas, y 3) Monitoreo y Evaluación. Este último busca fortalecer el Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC) para el monitoreo de los ecosistemas de agua dulce del país. En una primera fase llevada a cabo entre agosto de 2018 y mayo de 2019 se llevó a cabo la “**Consultoría para el diseño de un Sistema de Monitoreo de la Salud de los Ecosistemas Acuáticos y su Biodiversidad Asociada**” con el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, cuyos resultados se presentan en este documento y sus archivos anexos.

Estos resultados fueron conseguidos a través de una etapa de formulación participativa que contó con la participación de una gran cantidad de actores interesados en el monitoreo de los ecosistemas acuáticos en la macrocuenca. A esta lista creciente de personas e instituciones les agradecemos mucho sus aportes y esperamos que sigan vinculados al proceso de forma cada vez más activa:

Instituciones oficiales: INVEMAR, IDEAM, ANLA, MADS, SINCHI, UPRA, PNN, SEPEC, AUNAP.

Instituciones educativas: Universidad Javeriana, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Universidad de Caldas, Universidad Surcolombiana, Universidad del Tolima, Universidad del Magdalena, Universidad de Antioquia, Universidad Católica, Universidad Nacional, Universidad Tecnológica de Pereira, Jardín Botánico de Cartagena, Jardín Botánico de Medellín, Laboratorio de hidrobiología UdeA, RED-RIO.

Corporaciones autónomas regionales: Cormagdalena, Carder, Corpocaldas, CRQ, Cortolima, Corpamag, Corantioquia, Corpocesár, CRA-Atlántico, Cornare.



Empresas privadas: EPSA, Prodeco, ISAGEN, ASBAMA, Prosierra, EPM, Fundación Grupo ARGOS, Aguas y Aguas de Pereira, Parque Explora.

Fundaciones: TNC, Fundación Natura, Fundación Humedales, WCS, WWF, Fundación Alma, Fundación Las Mellizas, Fundación Bosques y Humedales, Red de Fauna, FAO.

El presente documento está estructurado de la siguiente forma:

Este **capítulo 1** hace una introducción al proceso que llevó a la formulación de este proyecto y describe sus apartes, y el **capítulo 2** especifica tanto el área de estudio como los cuatro paisajes principales desde los cuáles se abordó la macrocuenca.

En el **capítulo 3** muestra el direccionamiento y conceptualización del sistema construidos a través de un proceso de formulación participativa con actores claves a lo largo de la macrocuenca.

El **capítulo 4** presenta la línea base de información secundaria sobre biodiversidad generada como insumo para el diagnóstico del estado del conocimiento del área de estudio.

El **capítulo 5** presenta el diagnóstico del estado del arte del monitoreo de ecosistemas dulceacuícolas en la cuenca Magdalena-Cauca que permitió identificar el punto de partida para el diseño del sistema.

El **capítulo 6** presenta los modelos conceptuales construidos para representar los procesos socioecológicos de la macrocuenca que deben direccionar el diseño del sistema de monitoreo.

El **capítulo 7** se resumen los objetos, variables e indicadores seleccionados para el monitoreo por ser aquellos que mejor permiten responder a las necesidades de información identificadas.

El **capítulo 8** presenta la propuesta de política de datos para el sistema, plantea los mecanismos para su seguimiento y mejoramiento, 7 una guía para la incorporación de datos al mismo.

El **capítulo 9** presenta en detalle las estrategias propuestas para la gestión de la información en el sistema y las alternativas para la articulación con sistemas de información existentes.

El **capítulo 10** presenta la propuesta de diseño para la implementación del sistema de monitoreo estructurado en módulos. En esta propuesta se recogen todas las lecciones

aprendidas en el proceso y se proponen en base a estas las líneas de implementación en las que el proyecto debe continuar para conseguir sus objetivos.

El **capítulo 11** describe los anexos que se adjuntan a este documento y el **capítulo 12** la bibliografía citada.

En la tabla 1 se muestra la relación entre la descripción del producto 4 como se encuentra redactada en el contrato, y la sección de este documento donde se puede encontrar el contenido referenciado en el mismo. La organización del documento obedece al orden lógico y cronológico con que se trabajó el proyecto.

Tabla 1. Relación de temas entre el contrato y el presente documento.

Numeral 1	Capítulos*
Diseño de estrategia y protocolos para la organización, custodia, consulta, divulgación de datos y sus correspondientes análisis	8 y 9
El diseño debe contener la propuesta de hoja de ruta para la incorporación de indicadores de estado y tendencia al SIAC	9.5
En el diseño se debe incluir las posibles necesidades de software, hardware y demás requerimientos logísticos y operativos que a futuro permitan viabilizar el adecuado funcionamiento, mantenimiento y operatividad del sistema a largo plazo	9.3 y 9.4

Numeral 2	Capítulos*
Propuesta de diseño para el sistema de monitoreo estructurado en módulos diferenciados que especifiquen distintos niveles de alcance en su futura implementación, de acuerdo a características técnicas y presupuestales	10

Numeral 3	Capítulos*
Estado del arte del monitoreo de ecosistemas dulceacuícolas en la cuenca Magdalena-Cauca	5
Conceptualización y direccionamiento (preguntas, visión, objetivos)	3
Modelo(s) conceptuales de procesos socioecológicos	6
Objetos de monitoreo, batería de indicadores de estado y tendencia	7
Metodología y protocolos para los trabajos de campo, laboratorio y análisis de información	7
Estructurado en módulos diferenciados que especifiquen distintos niveles de alcance en su futura implementación, de acuerdo a características técnicas y presupuestales	10
Rutas de articulación con otros sistemas, programas, proyectos e iniciativas de información y monitoreo	9.1
Política de datos	8

Diseño de estrategia para la organización, custodia, consulta, divulgación de datos y sus correspondientes análisis	8 y 9
Incluir la propuesta de hoja de ruta para la incorporación al SIAC de indicadores de estado y tendencia propuestos en el diseño	9.5
La propuesta de manejo de datos e información, además de la estrategia de incorporación de indicadores al SIAC debe incluir las posibles necesidades de software, hardware y demás requerimientos logísticos y operativos que a futuro permitan viabilizar el adecuado funcionamiento, mantenimiento y operatividad del sistema a largo plazo	9.3 y 9.4

*Incluyendo los anexos asociados a cada sección

2. ÁREA Y PAISAJES DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra delimitada por el área hidrográfica del Magdalena-Cauca, la cual comprende un área de 271,094 Km² que corresponde al 23% del territorio nacional.

El río Magdalena y el río Cauca constituyen el sistema fluvial de mayor extensión y caudal en la vertiente Caribe. El Magdalena, río interandino de mayor longitud, nace a los 3600 msnm, se extiende por 1550 km entre las cordilleras Oriental y Central, y desemboca a nivel del mar en Bocas de Ceniza. Por su parte el Cauca, principal afluente del Magdalena, tiene una extensión de 1015 km cuyo recorrido abarca desde el macizo colombiano entre las cordilleras Occidental y Central hasta las llanuras caribeñas donde finalmente desemboca en el Magdalena. La mayor parte de la cuenca comprende la zona interandina del país, mientras que una pequeña parte se encuentra en la zona del Caribe (IDEAM-Cormagdalena 2001, Cormagdalena 2007).

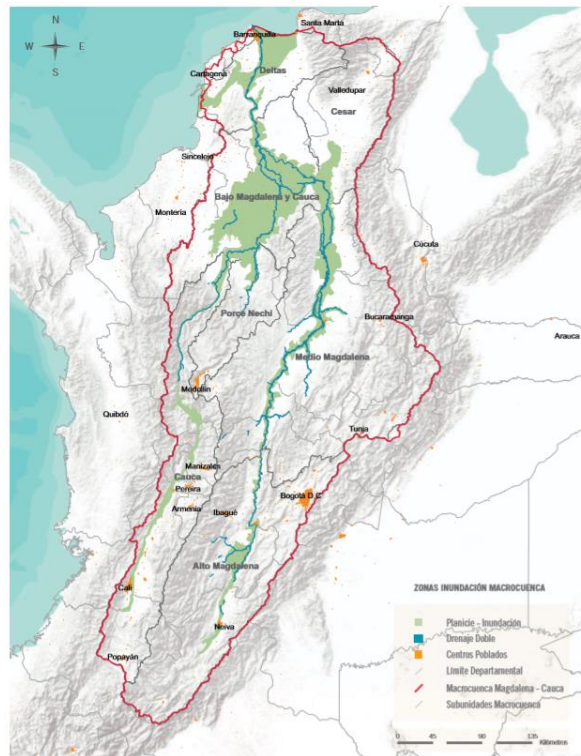


Figura 1. Macrocuenca Magdalena-Cauca y sus planicies inundables. Fuente: TNC, 2016

A nivel altitudinal la cuenca abarca todos los pisos térmicos, donde se encuentran los picos más altos del país, complejos de ciénagas y planicies inundables en la parte media, hasta su desembocadura a nivel del mar en la parte baja. Ocupa territorios de 19 departamentos y abarca 724 municipios (IDEAM-Cormagdalena 2001).

Tabla 2. Proporción de la Macrocuenca con respecto a los Departamentos

Departamento	Área en la Macrocuenca (Km ²)	% de la Macrocuenca
Antioquia	43692,03	16,12
Atlántico	2535,33	0,94
Bolívar	25452,26	9,39
Boyacá	12229,19	4,51
Córdoba	9847,03	3,63
Caldas	7438,34	2,74
Cauca	10545,61	3,89
Cesar	22408,27	8,27
Cundinamarca	16864,74	6,22
Huila	18113,36	6,68
La Guajira	1746,29	0,64
Magdalena	20592,98	7,60
Norte de Santander	2074,77	0,77
Quindío	1932,17	0,71
Risaralda	2461,68	0,91
Santander	29888,88	11,03
Sucre	8388,58	3,09
Tolima	24148,73	8,91
Valle del Cauca	10712,56	3,95
Total general	271093,95	100

En esta Macrocuenca se encuentran algunos de los ecosistemas más amenazados del mundo, como es el bosque seco. Sus características ecológicas proporcionan servicios ambientales a todo el país, en términos de agua abastece aproximadamente a 30 millones de colombianos, soporta el 70% de la producción agrícola del país, y genera el 75% de la energía hidroeléctrica del país. En la Macrocuenca se genera el 80% del producto interno bruto de Colombia (PIB).

De acuerdo al perfil altitudinal y estratigrafía, el curso del río Magdalena y del Cauca se ha dividido en tres partes muy bien diferenciadas que hallan expresión en una sectorización total de la cuenca.

- **Río Magdalena**

Alto Magdalena. Inicia en la laguna de la Magdalena, ubicada en el páramo de las Papas en el macizo colombiano a 3.685 msnm, y se extiende hasta los 229 msnm en Honda-Tolima. Ésta es la parte más seca de la cuenca, y enmarca un amplio rango de ecosistemas, desde el páramo húmedo, en donde nace el río, hasta el bosque seco

tropical en el fondo del valle. Este último ecosistema ha sido reducido por las actividades agropecuarias y la demanda de leña. En este trayecto el Magdalena recibe las aguas de los ríos provenientes de la cordillera Central y originarios de la cordillera Oriental. Las condiciones naturales del drenaje del río se ven alteradas por la regulación que ejerce el embalse de Betania, único construido sobre su cauce (Cormagdalena 2007).

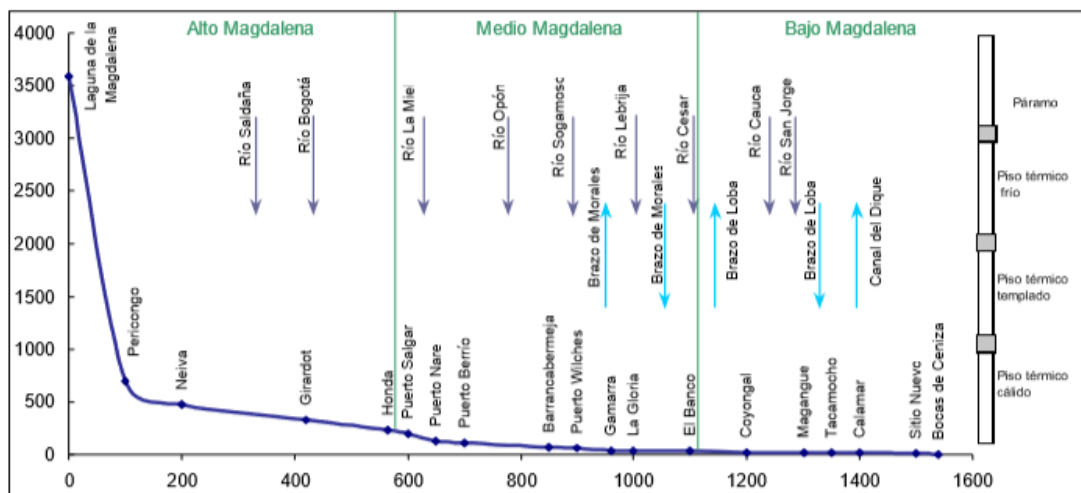


Figura 2. Perfil longitudinal del río Magdalena (Cormagdalena 2007).

Medio Magdalena. Empieza en Honda, y se extiende hasta El Banco, en la desembocadura del río Cesar, situado a una altura de 33 msnm. En términos generales, este sector de la cuenca es el más húmedo, y dominaba en él la selva húmeda tropical con su característica vegetación de grandes árboles, la cual fue intervenida por la expansión de la frontera agrícola y ganadera. En esta zona comienza a formarse un gran número de ciénagas y caños que tienen su origen en la dinámica fluvial y en las geformas de la zona plana. Estas ciénagas ejercen un efecto regulador y se comportan como afluentes o efluentes, dependiendo del nivel del agua del río (Cormagdalena 2007).

Bajo Magdalena. Se extiende desde El Banco hasta la desembocadura del río Magdalena en Bocas de Ceniza y en la bahía de Cartagena a través del canal del Dique. Este tramo de la cuenca presenta una pendiente suave a través de la llanura del Caribe y forma complejos de ciénagas que funcionan como ecosistemas reguladores de las crecientes al almacenar agua en los períodos lluviosos para tenerla disponible en época seca. Los regímenes de precipitación y humedad vuelven a disminuir en esta parte de la cuenca; aquí predominan las condiciones del bosque seco tropical, del cual solo quedan pequeñas áreas diezmadas por la intervención antrópica, además de llanuras herbáceas y la vegetación acuática (Cormagdalena 2007).

- **Río Cauca**

Alto Cauca. Se extiende desde su nacimiento, en el páramo de Sotarará, a 3.900 msnm, hasta La Virginia (900 msnm), con un recorrido de 531 km y un caudal medio de 532 m³/s en la estación de La Virginia. Hasta Popayán el río desciende a 1.626 msnm y a una altura aproximada de 1.000 msnm cruza el valle de Santander de Quilichao. La regulación del caudal en este sector está dada por el embalse de Salvajina y recibe los aportes de la cordillera Occidental a través del río Sucio, y de la cordillera Central mediante los ríos Palacé, Piendamó, Palo, Tuluá, Guadalajara, La Vieja y Risaralda (Cormagdalena 2007).

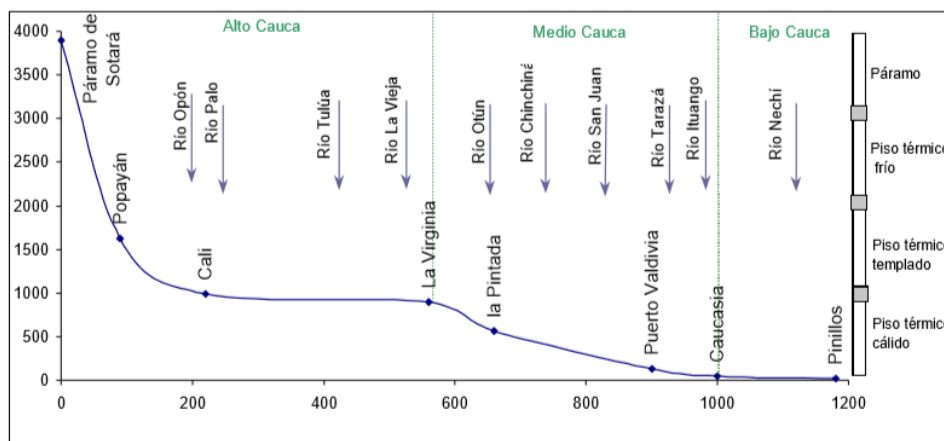


Figura 3. Perfil longitudinal del río Cauca (Cormagdalena 2007).

Medio Cauca. Se extiende desde La Virginia (Risaralda) hasta la población de Caucasia (Antioquia), con un recorrido de 470 km y un caudal medio de 1.320 m³/s a la altura de Caucasia, que se encuentra a una altura de 50 msnm. Este trayecto del río transcurre encañonado entre las cordilleras y recibe los aportes de los tributarios San Juan, Ituango, Tarazá y Man por el margen occidental, y Otún, Chinchiná, Arma, Pácora y San Andrés por la oriental (Cormagdalena 2007).

Bajo Cauca. Abarca la región que va desde Puerto Valdivia hasta su desembocadura en el brazo de Loba del río Magdalena, a 15 msnm. Este sector tiene una longitud de 183 km y una pendiente de 0,28 m/km. Es una zona anegadiza con numerosas ciénagas, caños y arroyos que además se alimentan con las aguas del río Nechí, que desciende de la cordillera Central. Este sector es navegable por embarcaciones de medio calado, y en él que se localizan las poblaciones de Nechí, Guaranda y Achí (Cormagdalena 2007).

Teniendo en cuenta los puntos anteriores, para este proyecto se establecieron cuatro categorías principales de ecosistemas acuáticos basados en la propuesta de Rodríguez y Armenteras (2005) donde se están caracterizando los socio-ecosistemas que allí se



desarrollan:

Complejo Lagunar-Estuarino. Es un sistema altamente dinámico, con influencia de aguas salobres, y cuya variación está determinada por el régimen hidrológico del río Magdalena. Presenta una alta productividad y se encuentra asociado a bosques ribereños, bosques xerofíticos, manglares y vegetación acuática; alberga una gran cantidad de comunidades de agua dulce provenientes de caños y ciénagas adyacentes (Rodríguez y Armenteras 2005).

Complejos de Ciénagas. Estos ecosistemas enmarcados dentro del medio y bajo Magdalena cuentan con una extensión aproximada de 12,144 km², e incluyen planicies inundables estacionales y grandes humedales permanentes resultantes de la confluencia de los ríos San Jorge, Cauca y Magdalena. Estos cuerpos de agua, de poca profundidad y alta productividad, dependen directamente de la distribución de agua a nivel espacial y temporal para la regulación de sus procesos ecológicos. Presentan riquezas y abundancias elevadas de especies dulceacuícolas de importancia comercial, siendo hábitats claves en el desarrollo del ciclo de vida de los mismos (Rodríguez y Armenteras 2005, TNC 2016).

Lagos y Humedales Altoandinos. Estos cuerpos de agua son proveedores primarios del recurso hídrico para cuencas de gran importancia en el país, que junto a los ecosistemas altoandinos regulan procesos ecológicos y dinámicas del río. Se extienden a lo largo de la franja altitudinal entre los 1000 y 4600 msnm, los que se encuentran a menor altitud (embalses y lagunas) son los que presentan mayor productividad, mientras que por encima de los 3000 msnm tanto la productividad como la diversidad biológica disminuyen (pantanos de turbera, lagunas y fuentes termales) (Naranjo 1998, Navarrete y Andrade 1998, Garzón y Gutiérrez 2013).

Canal principal y sus afluentes. El sistema lótico de la cuenca conecta los ecosistemas lénticos anteriormente descritos, y enmarca canales agua de diferentes características físicas, químicas e hidromorfológicas que van desde las zonas altoandinas hasta la desembocadura del río Magdalena en el mar Caribe, siendo uno de los sistemas de conectividad fluvial de mayor relevancia en el país. El río Magdalena nace a 3,600 msnm, y su cauce principal se desplaza por el valle interandino entre las cordilleras Oriental y Central, con una extensión de 1,550 Km. Por su parte el río Cauca, principal afluente del Magdalena, se desplaza entre las cordilleras Occidental y Oriental, con una extensión de 1,015 km hasta el Departamento de Bolívar, donde se une al primero (IDEAM-Cormagdalena 2001).

3. DIRECCIONAMIENTO DEL SISTEMA

3.1. Marco conceptual

En Colombia existen al menos 89 tipos de humedales, clasificados según condiciones climáticas, geomorfológicas, hidrológicas, fisicoquímicas, biológicas y de origen; en la macrocuenca Magdalena-Cauca se incluyen humedales de los sistemas continentales, antropogénicos y marino-costeros localizados en las macro-regiones de los andes, interandinas y del Atlántico-Pacífico (Ricaurte *et al.* 2019). La cantidad (5.701.101 hectáreas que representan 21% del área de la cuenca y 18% del área de humedales continentales en Colombia) y diversidad natural de los ecosistemas acuáticos en esta cuenca resultan tanto de la heterogeneidad espacial generada por gradientes altitudinales, dendríticos y de conectividad entre sistemas acuáticos y terrestres; como de las dinámicas temporales creadas por los pulsos de inundación asociados al régimen hídrico de la región (Jaramillo *et al.* 2015). Sobre esta complejidad ecológica se sobrepone una larga historia de ocupación humana que la ha convertido en el eje de desarrollo de Colombia y en la región más transformada del país (Jaramillo *et al.* 2016, TNC 2015). Por lo tanto, para evaluar y monitorear la salud de los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad asociada en esta región no se pueden separar ni los procesos ecológicos de los sociales, ni los procesos acuáticos de los terrestres; motivo por el cual **se deben entender los humedales de la macrocuenca Magdalena-Cauca como sistemas socioecológicos anfibios** (Díaz *et al.* 2001, Londoño y Vallejo, Andrade *et al.* 2018).

El grave deterioro ambiental de la macrocuenca se puede evidenciar en el aumento de la contaminación procedente de asentamientos urbanos, ganadería, agricultura, minería e industria; de los conflictos socio-ambientales por apropiación de servicios ecosistémicos, de la pérdida y fragmentación de ecosistemas terrestres y acuáticos, deterioro del recurso pesquero, deforestación, sedimentación, eutrofización, desecación, sobreexplotación de poblaciones silvestres, abundancia de especies invasoras y domésticas, y la alteración de los pulsos de inundación que llevan a la pérdida de la capacidad de amortiguamiento hídrico de eventos climáticos extremos, de adaptación al cambio climático y por lo tanto al aumento de la vulnerabilidad de las poblaciones humanas a los desastres naturales, entre otros (Ricaurte *et al.* 2019, Jaramillo *et al.* 2016, TNC 2015, Andrade *et al.* 2018). A pesar de la grave amenaza que estas problemáticas representan para el país, **Colombia no cuenta con un sistema integrado para el monitoreo de los ecosistemas acuáticos** que permita el manejo sostenible y conservación de la biodiversidad en la macrocuenca Magdalena-Cauca.

Este sistema de monitoreo debe generar información relevante y oportuna para la toma de decisiones a lo largo de la cuenca, orientadas tanto a la protección de ecosistemas

estratégicos para el país, como a la implementación de modelos de desarrollo territorial sostenibles y compatibles con la diversidad de modos de vida en la región. Para lograr este objetivo en el diseño, **formulamos esta propuesta bajo el marco conceptual de Respuesta-Presión-Estado-Beneficio (RPEB)**, el cual nos permitió estructurar y unir indicadores a través de relaciones causales, a múltiples escalas (Sparks *et al.* 2011 - Figura 4). Este enfoque reconoce que una de las principales funciones del monitoreo es permitir evaluar si las respuestas en cuanto a gestión del territorio tienen los impactos deseados en la reducción de presiones sobre los ecosistemas, mejoramiento de su estado y/o mantenimiento o aumento en la provisión de beneficios derivados de los mismos.

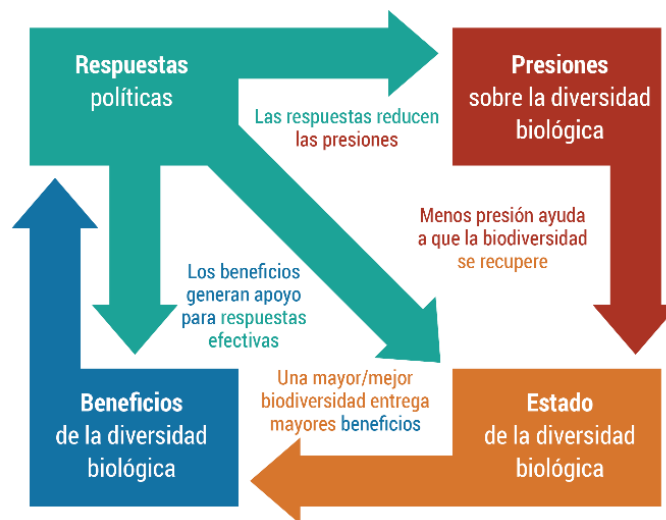


Figura 4. Modelo Respuesta-Presión-Estado-Beneficio para el entendimiento de los socio-ecosistemas y el diseño de una batería de indicadores integral y multiescalar (Sparks *et al.* 2011).

El monitoreo de biodiversidad se considera efectivo cuando cuenta con un alto poder diagnóstico, fundamenta el manejo en conocimiento científico, permite construir una historia coherente del cambio en la biodiversidad y las intervenciones, y genera información confiable y oportuna para la toma de decisiones (Noss 1990, Vos *et al.* 2011, Yoccoz *et al.* 2001). Debido a que el monitoreo es una herramienta más que un fin en sí mismo, **los programas de monitoreo deben plantearse como procesos científico y direccionados** que parten de necesidades de información concretas, que incluyen la formulación de preguntas de investigación y objetivos claros, que siguen etapas análogas al método científico y que se enmarcan en ciclos de evaluación y mejoramiento continuo (Vallejo y Gómez 2017, Lindenmayer y Likens 2018 - Figura 5).

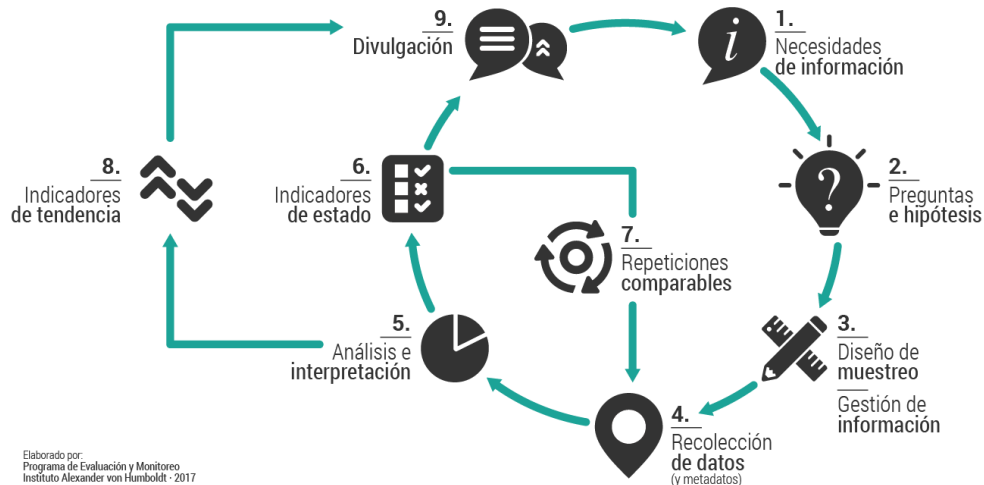


Figura 5. Ciclo de monitoreo científico propuesto para la elaboración, implementación y evaluación de proyectos de monitoreo de biodiversidad. La presente propuesta hace énfasis en los pasos 1-3 del ciclo., de los cuáles depende el éxito de los pasos siguientes.

Según la literatura especializada (Noss 1990, Vos *et al.* 2011, Yoccoz *et al.* 2001, Vallejo y Gómez 2017, Lindenmayer y Likens 2018) las fortalezas y oportunidades que contribuyen a que un **programa de monitoreo de biodiversidad sea exitoso** son (entre corchetes se muestra en qué paso(s) del ciclo propuesto son más críticas estas características):

1. Justificación clara del programa, objetivos precisos, definición de usuarios objetivo, y de metas a corto, mediano y largo plazo [1]
2. Buenas preguntas en constante evolución [2]
3. Compromiso de probar hipótesis relevantes a la conservación de la biodiversidad [2]
4. Buen diseño de muestreo que tenga en cuenta la relación costo: beneficio de estrategias alternativas, restricciones externas, expectativas del programa, y escalas apropiadas de muestreo [3]
5. Uso de modelos conceptuales para el diseño de las estrategias [1-3]
6. Selección de objetos de monitoreo apropiados según las preguntas [2-5]
7. Políticas e infraestructura de datos que permitan la integración de bases de datos, plataformas de manejo y procesos de análisis de información [3-8]
8. Buen mantenimiento de la integridad de los datos [3-9]
9. Compartir los datos de forma abierta y divulgar el conocimiento generado de forma oportuna [3-9]
10. Calibración constante de las técnicas de campo y potencial para identificar cuestiones emergentes [4-7]
11. Uso frecuente de los datos y alta productividad científica [5-9]
12. Alianzas entre actores claves bien desarrolladas [1-9]
13. Reconocer la importancia que puede tener la ciencia ciudadana en el monitoreo de biodiversidad [1-9]

14. Continuidad generada por liderazgo fuerte y dedicado, y la elaboración de una estrategia de sostenibilidad financiera [1-9]
15. Relación cercana entre monitoreo e investigación ecológica de largo plazo: programas basados en conocimiento científico del sistema, principios y teorías ecológicas, y en el marco de manejo adaptativo [1-9]

En contraste, las debilidades y amenazas que contribuyen a que un programa de monitoreo **NO** sea exitoso son (Yoccoz *et al.* 2001, Lindenmayer y Likens 2018):

1. Hacer monitoreo cuando no es necesario [1]
2. Falta de objetivos bien articulados [1]
3. Asumir que todos los procesos de monitoreo son iguales [1]
4. Falta de preguntas orientadoras [2]
5. Diseño experimental pobre [3]
6. Desacuerdo en selección de objetos de monitoreo ("muchas cosas mal monitoreadas en vez de pocas cosas bien monitoreadas") [3]
7. Falta de relación entre las variables monitoreadas y las acciones de manejo posibles por parte de los usuarios de la información [1-3]
8. Mal manejo de datos y pérdida en su integridad a largo plazo por falta de evaluaciones de calidad y problemas de propiedad intelectual para compartirlos [3-9]
9. Omitir fuentes de error (detección imperfecta, variabilidad espacio-temporal natural y errores de muestreo) en la estimación de variables [5]
10. Falta de divulgación apropiada del conocimiento generado a los actores pertinentes [6-9]
11. Falta de articulación entre actores clave (investigadores, encargados de gestión, políticos, pobladores locales) [1-9]
12. Falta de continuidad por financiación, pérdida de personal clave, eventos inesperados, dependencia en tecnologías complejas, y exceso de burocracia [1-9]
13. Falta de seguimiento a los procesos para ver si se están cumpliendo los objetivos [9-1]

3.2. Problemática central

El agua dulce representa sólo el 0.01% del agua del mundo y aproximadamente el 0.8% de la superficie de la Tierra, sin embargo, en esta área relativamente pequeña se encuentran casi el 50% de las especies de peces descritas (Lévêque *et al.* 2008), así como numerosas especies de plantas, reptiles, anfibios, mamíferos y aves. Adicionalmente, el agua constituye un recurso natural valioso en términos económicos, culturales, estéticos, científicos y educativos.

No obstante, como consecuencia de la sobreexplotación de recursos, la



contaminación, la modificación de flujos, la destrucción y degradación de hábitats, y la invasión de especies exóticas, entre otras presiones, la cantidad y calidad de agua, al igual que las especies que sustenta están disminuyendo en el mundo (Dudgeon *et al.* 2006). Por lo anterior, la toma de decisiones informadas para la gestión de los ecosistemas de agua dulce, requiere de una estrategia de monitoreo que permita detectar y comprender las causas de cambios en la composición, estructura, función y salud de estos ecosistemas, así como sus impactos en el bienestar y modos de vida de las poblaciones que dependen de los mismos (Culp *et al.* 2012).

Colombia no escapa a esta realidad, particularmente en referencia a la cuenca del río Magdalena-Cauca que constituye el eje de desarrollo del país. Representa el 24% de la superficie del territorio emergido y alberga el 77% de su población. En su territorio y sus aguas se produce el 80% del PIB, el 70% de la energía hidráulica, el 95% de la termoelectricidad, el 70% de las cosechas agrícolas, el 90% del café y el 50% de la pesca de agua dulce (TNC 2016). Esta confluencia de acciones antrópicas y complejidad ecológica ha llevado a una gran preocupación por problemas de contaminación y demanda hídrica, transformación y pérdida de ecosistemas y hábitats, deterioro del recurso pesquero, alteraciones relacionadas a la producción de energía y la minería, y en general trayectorias de degradación de la salud de los ecosistemas. Por lo cual existe una necesidad urgente de monitorear la extensión y condición de los hábitats de agua dulce, el estado y tendencias de las especies que dependen de los mismos, y los motores de cambio que los afectan a escala global; destacándose que es a nivel de Macrocuenca donde se hace más relevante el monitoreo. Para responder a esta necesidad, se requiere la implementación de un sistema de monitoreo de ecosistemas de agua dulce y su biodiversidad asociada. Llevar a cabo esta tarea requiere considerar importantes retos, entre otros se encuentran:

- Los paisajes, ecosistemas, comunidades bióticas, pobladores, actividades económicas y presiones responden y se distribuyen a la naturaleza fisiográfica de la cuenca Magdalena-Cauca: estructura dendrítica, gradiente altitudinal, variación hidrológica estacional y conectividad.
- Los impactos sobre los ecosistemas acuáticos tienden a tener efectos acumulados a lo largo del drenaje.
- Numerosos actores usan simultáneamente el recurso en un mismo territorio.
- El deterioro de ecosistemas terrestres aledaños tiene un impacto directo sobre ecosistemas acuáticos y sus servicios ecosistémicos.

Considerando lo anterior, se evaluó el monitoreo de ecosistemas dulceacuícolas en el país. Encontramos que, si bien hay numerosos esfuerzos, se han identificado sólo 42 iniciativas plenamente constituidas como programas de monitoreo, bajo el concepto de “la recolección de información específica para propósitos de manejo, en respuesta a hipótesis derivadas de las actividades de evaluación, y orientada al uso de resultados



para la implementación". En el análisis hemos identificado que están concentrados en temas de calidad y cantidad de agua o recurso pesquero. Estos monitoreos son llevados a cabo principalmente por empresas acorde a sus obligaciones contractuales asociadas a licenciamiento ambiental y por autoridades ambientales en el cumplimiento de sus objetivos misionales. Los datos se obtienen siguiendo protocolos diferentes y reportan diferentes indicadores.

Adicionalmente, los datos obtenidos de los monitoreos son entregados como parte de informes de cumplimiento ambiental en el caso de empresas con licenciamiento ambiental, informes de gestión en el caso de autoridades ambientales locales, y en pocos casos se cuenta con un sistema de información que permita tener otros mecanismos de divulgación. Finalmente, los monitoreos dan respuesta a preguntas de escala local y de manera aislada. Este escenario nos muestra que el monitoreo de ecosistemas acuáticos en el país requiere acciones de mejora en la recolección de datos, su análisis, los mecanismos para custodia y gestión de datos, y en la gestión y articulación institucional. Diferentes aspectos fueron discutidos e identificados en actividades participativas con miembros del sector público, privado, academia y ONGs.

Por un lado, se tiene que el abordaje del monitoreo de ecosistemas acuáticos no involucra métricas sobre la afectación en impactos en la biodiversidad acuática, no contemplan los impactos de la interface tierra-agua y no integran los sistemas social y ecológico. Por otra parte, las diferencias en protocolos y estándares en colecta de datos, análisis, reporte y gestión de la información, limita su comparación espacio-temporal más allá de los límites de dominio geográfico de cada iniciativa de monitoreo. Y en general, la aproximación a problemáticas de manera no articulada entre entidades y al restringirse a una evaluación segmentada por jurisdicción o proyecto, limita la comprensión y manejo de impactos acumulados en el territorio.

Comparativamente, el monitoreo de ecosistemas dulceacuícolas presenta un rezago frente a otros ecosistemas. Como ejemplo se encuentra el caso del monitoreo de bosques, este cuenta con diferentes indicadores de cambios de cobertura y un sistema de alertas tempranas de deforestación. Este monitoreo es liderado desde el IDEAM y se encuentra articulado con las autoridades ambientales regionales, y los datos se tienen en el Sistema de Información de Bosques y Carbono. Otro ejemplo corresponde al monitoreo de ecosistemas estratégicos marino-costeros, estos incluyen indicadores complejos que integran variables bióticas y abióticas, es liderado por el INVEMAR y se encuentra articulado con autoridades ambientales regionales y con el Parques Nacionales Naturales, su sistema de información hace parte de la plataforma del SIBM. El mismo INVEMAR lidera el monitoreo de calidad de aguas marinas y costeras mediante la REDCAM de la que hacen parte autoridades ambientales de ambas costas. En todos estos ejemplos, se resalta el liderazgo del SINA en la articulación institucional, lo que permite aunar esfuerzos y garantizar la permanencia en el tiempo de estas iniciativas.



Por otra parte, encontramos que sistemas de monitoreo de ecosistemas dulceacuícolas en países vecinos tienen procesos más avanzados en infraestructura, articulación y en el reporte de indicadores. Un primer ejemplo es la Red de monitoreo ambiental de ecosistemas acuáticos de Chile, la cual es liderada directamente por el Ministerio de Medio Ambiente, a través del Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas. La red de monitoreo incluye ecosistemas continentales y estuarinos, dentro y fuera de áreas protegidas. La red reporta desde el 2011 las mediciones puntuales de nutrientes como nitrógeno y fósforo y estimaciones de fitoplancton a través de clorofila a y zooplancton, que muestran tendencias de condición trófica, así mismo ver impactos trasladados de un cuerpo de agua a otro por contar con análisis en red.

Otro ejemplo corresponde a Brasil, este país cuenta con la Red nacional de monitoreo de aguas en Brasil, este es liderado por la entidad gubernamental llamada Agência Nacional de Águas – ANA, y una red complementaria llamada SIMA (Sistema Integrado de Monitoramento Ambiental) de carácter privado. Entre ambas redes se con estaciones automáticas que dan cuenta de métricas hidrológicas, climáticas, fisicoquímicas en tiempo real. Estas estaciones son apoyadas con campañas de campo de biodiversidad orientada principalmente a peces. Los usuarios van desde las hidroeléctricas hasta empresas prestadoras de servicios turísticos quienes pueden con dicha información calcular la presión de turismo sobre la biota. Al considerar los ejemplos de países cercanos encontramos que aún se requiere dar muchos pasos y cerrar brechas para alcanzar una integración y armonización de estos esfuerzos con los sistemas de información centrales del país. Para ello se debe trabajar en subsanar algunas problemáticas importantes como:

- Aunar esfuerzos utilizando el respaldo del Programa Nacional de Monitoreo para dar los pasos interinstitucionales que permitan la canalización de recursos que le den el impulso al sistema de monitoreo de ecosistemas acuáticos.
- Contar con una articulación institucional que permita la puesta en funcionamiento de una plataforma de monitoreo de la salud de los ecosistemas dulceacuícolas anclada al SIAC y donde los usuarios puedan acceder simultánea y libremente a la información que hoy día vienen tomando las entidades públicas y privadas.
- Gestionar la interoperabilidad de sistemas que actualmente se encuentran reportando indicadores de la salud de los ecosistemas acuáticos.
- Contar con espacios de nivel experto donde se evalúen protocolos, valores de referencia, estándares e indicadores que deban ser incorporados al sistema de monitoreo, tal que se dé una optimización en el análisis de la salud de los ecosistemas acuáticos y se direcciona la toma de decisiones de manejo.
- Con un sistema en funcionamiento se deberá procurar ampliar el levantamiento de información primaria cuerpos de agua no evaluados en las respectivas

- jurisdicciones de las autoridades ambientales y áreas protegidas.
- A mediano plazo dar pasos a procesos automatizados de cálculo de indicadores, mejorar con tecnología los mecanismos de captura de información.
 - Paralelamente, fortalecer capacidades en entidades que coleccionan datos de salud de ecosistemas acuáticos y biodiversidad acuática, en cuanto a la colecta, entrega a colecciones, estándares, protocolos y reporte de datos, a fin de propender por una mejora en la calidad de los datos.

3.3. Preguntas orientadoras

La evaluación de la salud de los ecosistemas de agua dulce presenta dos importantes desafíos. El primero se encuentra relacionado con la naturaleza misma de los ecosistemas acuáticos y su interconectividad, por esta característica los impactos se propagan en red, en tal caso se pueden tener efectos acumulados desde aguas arriba, las tierras circundantes, la zona ribereña y, en el caso de la migración de la fauna acuática, los efectos pueden venir aguas abajo (Dudgeon *et al.* 2006).

El segundo desafío tiene que ver con los motores de cambio de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, los cuales operan de manera diferente con la variación en las escalas espaciales y temporales. Las aproximaciones de monitoreo basado en ecosistemas que proveen datos desde la escala nacional o de "arriba-abajo" se centran en los tomadores de decisiones, donde se vincula la mitigación de la vulnerabilidad de las acciones de desarrollo en la soberanía alimentaria, eficiencia de políticas educación y salud, infraestructura y metas de biodiversidad. Así mismo, observan los efectos de gran escala como cambio climático, motores de deforestación o conectividad hidrológica. Estos tienen en cuenta la proyección de escenarios futuros para la identificación de opciones adaptativas. Las decisiones se toman para generar impactos en el mediano y largo plazo (Roux *et al.* 2016).

Mientras que la aproximación desde lo local o de "abajo-arriba" contempla la participación de tomadores de decisiones locales y la comunidad, los cuales orientan el monitoreo a medidas de salud pública, restauración y evaluación de servicios ecosistémicos, objetos de conservación, seguridad alimentaria, gestión del riesgo, modos de vida, entre otros. Los programas de monitoreo con esta escala buscan observar, por ejemplo, el efecto de cambios de regulación hídrica, stocks pesqueros, acceso a cantidad y calidad de agua, erosión, entre otros. La información por parte de un monitoreo es requerida para la toma de decisiones que generen impactos al corto y mediano plazo (Roux *et al.* 2016).

La retroalimentación entre ambas escalas de análisis es intrincada; sin embargo, se encuentran puntos que las vinculan. Es que caso de los procesos y toma de decisiones que operan a escala nacional, los cuales constituyen *condiciones de contexto* que

modifican las respuestas de los procesos que ocurren a escala local, a escalas más locales, por ejemplo, el cambio climático o la normativa de rondas hídricas). Mientras que a escala local se pueden generar procesos que inciden a escala mayor como es la sobrepesca o la regulación hídrica (Roux *et al.* 2016). Uno de los principales desafíos para el diseño de sistemas efectivos de monitoreo es poder integrar ambos tipos de estrategias (Sierra *et al.* 2017).

A continuación, se presentan las preguntas y temas orientadores identificados y priorizados por actores clave en la macrocuenca durante los talleres de consulta realizados entre octubre de 2018 y febrero de 2019.

3.3.1. Escala nacional y macrocuenca

A escala nacional o de macrocuenca, se plantearon los valores ambientales relacionados con caudales ambientales, calidad del agua, conectividad hidrológica y servicios ecosistémicos, y presiones asociadas a cambio climático y grandes obras de infraestructura. Así mismo, se planteó la integración de redes existentes y fortalecerlas con el monitoreo de variables bióticas.

- Las transformaciones en el régimen hidrológico y su efecto en los patrones de migraciones e interconectividad ecológica/genética de la biodiversidad acuática. Especialmente en peces de interés pesquero.
- Evaluar la variación en la interconectividad horizontal y la regulación hídrica sobre el recurso pesquero y los modos de vida de las comunidades aledañas a la Macrocuenca.
- ¿Qué efectos tienen los cambios en la fragmentación, conectividad y diversidad de los bosques riparios sobre la integridad de la Macrocuenca?
- Evaluar cambios de extensión, pérdida de espejos de agua y calidad de la misma, y su relación con cambios de uso de tierra y procesos de ocupación.

3.3.2. Escala regional y local

A escala regional y local, cobraron importancia los procesos de cambio en el paisaje, la biodiversidad y calidad ambiental como resultado de las dinámicas de los sistemas productivos y modos de vida. Así mismo, se planteó la necesidad de generar protocolos y estándares que incluyan variables bióticas.

- El cambio de coberturas y uso de la tierra de los ecosistemas terrestres y sus aportes

en la sedimentación, agroquímicos y pesticidas en los ecosistemas acuáticos. ¿Cómo la biota y calidad de agua se ven influenciada por estos aportes?

- Evaluar el estado de las especies amenazadas de los ecosistemas acuáticos.
- Evaluar impacto en la biodiversidad por desvío de cauces.
- ¿En qué medida afectan las especies exóticas a la biodiversidad en su estructura, riqueza, composición trófica y abundancia?
- Cambios en la conectividad hídrica y ecológica para especies migratorias.
- Cómo varían los caudales ambientales con las captaciones y obras energéticas?

3.4. Objetivos

Según las Naciones Unidas, un **ecosistema saludable** es aquel que sostiene su estructura ecológica, procesos, funciones y resiliencia dentro de su rango de variabilidad natural, tal que puede proveer bienes y servicios ecosistémicos. En el caso de ecosistemas acuáticos este concepto aplica no sólo para las formas de vida estrictamente acuáticas, también para organismos semi-acuáticos cuyos ciclos de vida ocurren entre el agua y la tierra, especies migratorias dentro de los sistemas de humedales, y entre estos y el resto del mundo, y además a la relación de estos ecosistemas con las culturas anfibias con que conviven (Jaramillo *et al.* 2015).

El objetivo principal de este sistema será: “*evaluar la salud de los ecosistemas acuáticos en la macrocuenca, para orientar la toma de decisiones hacia la protección de ecosistemas estratégicos y la implementación de modelos de desarrollo territorial sostenibles*”.

Según las Naciones Unidas, un ecosistema saludable es aquel que sostiene su estructura ecológica, procesos, funciones y resiliencia dentro de su rango de variabilidad natural, tal que puede proveer bienes y servicios ecosistémicos. La biodiversidad y los ecosistemas acuáticos ocupan un lugar destacado en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) señalados en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible acordada por los 193 Estados Miembros de las Naciones Unidas (Secretariat of CBD 2016). En estos se establece que bajo condiciones saludables los ecosistemas acuáticos proveen recursos esenciales, y que al ser el centro de muchas actividades económicas proveen además servicios ecosistémicos que contribuyen directamente al bienestar humano y a las prioridades de desarrollo (Secretariat of CBD 2016).



3.5. Visión y alcance

El sistema de monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos en la cuenca Magdalena-Cauca debe:

A corto plazo (2021): estar constituido, articulado y en operación como subsistema del SIAC, permitir el reporte de un mínimo de cinco (5) indicadores de la batería priorizada, y contar con una estrategia de sostenibilidad.

A mediano plazo (2025): ampliar su cobertura geográfica e institucional para permitir el reporte de una batería de indicadores más completa, y optimizar el diseño para mejorar la calidad de la información a múltiples escalas.

Largo plazo (2030): adoptar innovaciones en la recolección, procesamiento y divulgación de datos para conseguir procesos costo-efectivos, incorporar otras cuencas al sistema, y generar mecanismos para evaluar la incidencia de la información generada en la toma de decisiones.

El sistema de monitoreo para la cuenca Magdalena-Cauca evaluará la salud de los ecosistemas de agua dulce y su biodiversidad asociada con base en información proveniente de redes de monitoreo públicas y privadas, mediante un conjunto de indicadores generales, los cuales se alimentan de la información suministrada por autoridades ambientales, sector privado y monitoreo comunitario, como también de la información abierta disponible en el SIAC. Es responsabilidad de los autores de la información proveer los datos y la información adecuada para el uso del Sistema y es responsabilidad de las Autoridades Ambientales la validación de los mismos y la posterior interpretación de la información arrojada por los indicadores.

3.6. Principios y características

Los **cinco principios** más importantes que deberá seguir el sistema de monitoreo son:

Principio 1: *El sistema de monitoreo debe ser multiescalar*

Tanto los sistemas ecológicos como los sistemas sociales funcionan a través de componentes y procesos locales y temporales anidados de forma jerárquica en niveles con mayor escala espacial y temporal. Por lo tanto para entender los patrones que se observan en un nivel determinado, es necesario entender cómo estos emergen de la acumulación de respuestas en los niveles inferiores, mediadas por las restricciones impuestas por los niveles superiores. Por ejemplo los patrones de distribución de especies emergen de la acumulación de respuestas específicas al hábitat por parte de los individuos, mediadas por las restricciones que imponen la estructura y dinámicas del

paisaje (Wiens 1976, Levin 1992). Adicionalmente debe tenerse en cuenta que la escala a la que se toman los datos sobre biodiversidad no siempre coincide con la escala a la cual se toman decisiones respecto a la misma.

Teniendo en cuenta el carácter dendrítico de las cuencas hidrográficas, en el cual los drenajes de orden menor se van juntando en drenajes de orden mayor, y siguiendo la zonificación y codificación oficial de las cuencas hidrográficas de Colombia (IDEAM 2013), recomendamos que las unidades principales de análisis para el monitoreo sean el área hidrográfica Magdalena-Cauca en su totalidad, las nueve zonas hidrográficas en que se divide, y las 103 subzonas hidrográficas en que se dividen estas últimas, toda vez que este ordenamiento obedece a criterios funcionales y no político-administrativos.

A medida que se vaya implementando el sistema de monitoreo debe buscar entonces dos objetivos para lograr que sea un sistema escalable: 1) lograr la suficiente representatividad espacio-temporal de muestreos al interior de cada subzona hidrográfica seleccionada para garantizar la evaluación adecuada de la salud de sus ecosistemas acuáticos, y 2) lograr la suficiente representatividad espacio-temporal de subzonas hidrográficas seleccionadas para garantizar la evaluación adecuada de la salud de los ecosistemas acuáticos de la macrocuenca. Según la subzona seleccionada, habrá más o menos importancia de los gradientes altitudinales (cuenca alta), longitudinales (cuenca media) y laterales (cuenca baja). También cabe destacar que estas unidades tienen una gran variación en cuanto a su extensión local, dinámicas de transformación, patrones de asentamiento, y ecosistemas asociados.

El programa de monitoreo debe funcionar tanto de abajo hacia arriba, permitiendo la estimación de indicadores de estado y tendencia a nivel de la macrocuenca a partir de la medición de variables esenciales en estaciones puntuales; como de arriba hacia abajo, permitiendo la interpolación de variables medidas a nivel de la macrocuenca a aquellas escalas en las que se gestiona la biodiversidad (Llambi *et al.* 2019).

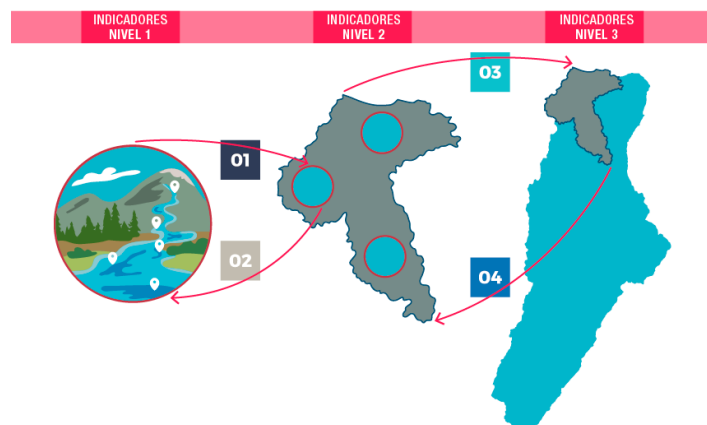


Figura 6. Representación gráfica de la multiscalaridad del sistema*.

*De abajo hacia arriba: en el primer nivel (por ejemplo subzonas hidrográficas) se calculan indicadores en base a los datos recolectados in situ a lo largo de sus gradientes ambientales. En el paso 1, a través de procesos de extrapolación, la información de estos puntos de muestreo se agrega para representar toda la subzona. En el segundo nivel (por ejemplo zonas hidrográficas) se calculan indicadores en base a los datos recolectados en el primer nivel y desde que se cuente con una muestra representativa, en el paso 3 estas variables se pueden extrapolar al nivel superior. En el tercer nivel (por ejemplo áreas hidrográficas) se calculan indicadores a nivel de la macrocuenca basados en la extrapolación de la información recolectada en los niveles menores. De arriba hacia abajo: en el tercer nivel se calculan indicadores a partir de variables recolectadas a nivel de la macrocuenca, en el paso 4 estas se interpolan para conocer su variabilidad en el segundo nivel, y en el paso 2 para conocer su variabilidad en el primer nivel.

Principio 2: *El sistema de monitoreo debe ser multidisciplinario*

El concepto de salud ecosistémica incluye variables abióticas, bióticas y antropogénicas (O'Brien *et al.* 2016) y por lo tanto implica que el sistema de monitoreo debe surgir del mejor conocimiento disponible en una amplia cantidad de disciplinas y ser administrado bajo una visión holística e integral. Esto conlleva a que necesariamente sea un esfuerzo inter-institucional que involucra a una gran cantidad y diversidad de actores.

Principio 3: *El sistema de monitoreo debe ser incluyente*

La diversidad de actores que participen en el sistema de monitoreo, ya sea como generadores, sintetizadores, divulgadores o usuarios de la información, no se refiere únicamente a que vengan de múltiples disciplinas, sino también a que aporten diferentes perspectivas culturales, tipos de conocimientos y formas de interrelacionarse con los ecosistemas acuáticos de la macrocuenca. La ciencia participativa puede jugar un papel muy importante en todas las etapas del monitoreo de biodiversidad, pero para maximizar sus aportes es clave encontrar un balance entre proporcionarle a los actores involucrados niveles de participación adecuados (no sólo en la recolección de datos), y tener el rigor científico necesario para diseñar estrategias efectivas que respondan a las necesidades de información (especialmente en cuanto a metodologías y análisis).

Principio 4: *El sistema de monitoreo debe ser adaptativo*

Para que el monitoreo se convierta en una herramienta estratégica para evaluar los impactos de los procesos de toma de decisiones sobre la biodiversidad debe enmarcarse en un ciclo de manejo adaptativo, y de mejoramiento continuo (Lindenmayer y Likens 2018). Este concepto tiene dos implicaciones importantes. A nivel metodológico implica que los resultados arrojados por el sistema deben contrastarse de forma periódica con las necesidades de información, objetivos y preguntas con que se diseñó el sistema para cerciorarse que está siendo efectivo y hacer los ajustes necesarios

para corregirlo en caso que no lo sea. A nivel funcional implica que cuando el monitoreo genera una alerta acerca de estados o tendencias no deseadas en los socioecosistemas, y se generen respuestas para corregir estas trayectorias de cambio, el sistema de monitoreo debe adaptarse para ser capaz de medir la efectividad de dichas estrategias. Ambos procesos deben llevarse a cabo de forma sistemática y asegurando la continuidad de las series de datos.

Principio 5: *El sistema de monitoreo debe tener un soporte científico sólido*

El diseño, implementación y evaluación del sistema de monitoreo debe basarse en la investigación y mejor conocimiento disponible de todas las disciplinas y actores relevantes. El conocimiento generado en investigaciones muy locales y de corto plazo puede servir como insumo para apoyar y justificar diseños de muestreo y protocolos a gran escala y a largo plazo. Por lo tanto es importante promover la implementación de estudios piloto en campos, la conformación de observatorios regionales de investigación, y la realización de ejercicios de síntesis y análisis de la información disponible por parte de la academia y los institutos de investigación (Llambi *et al.* 2019, O'Brien *et al.* 2016).

Las **diez características** más importantes del sistema de monitoreo son:

Característica 1: *El sistema de monitoreo debe permitir la generación de indicadores compuestos de salud ecosistémica que se relacionen con las necesidades de información identificadas por sus usuarios.*

Para que los indicadores sean informativos deben tener una relación conocida e inequívoca con las variables de interés, pero su medición debe ser más eficiente. Una batería de indicadores complementarios que se elijan a partir de preguntas específicas es más fácil de entender, comunicar e interpretar para guiar políticas que un conjunto desagregado de indicadores independientes (Noss 1990, Vos *et al.* 2011).

Aunque el país ha avanzado mucho en la generación de indicadores, en su mayoría siguen siendo variables que hacen referencia a componentes aislados de los ecosistemas. Para medir la salud de los ecosistema acuáticos es necesario tener una definición operativa y niveles de referencia para cada tipo de ecosistema acerca de qué se considera un ecosistema sano, así como predicciones específicas sobre como las variables medidas se relacionan con la salud ecosistémica (O'Brien *et al.* 2016). Esto implica que a medida que la batería de indicadores avance de los que se están calculando en la actualidad, a incluir aquellos que se consideren más útiles para la gestión de los ecosistemas acuáticos de la cuenca, deberá existir un balance entre indicadores sencillos y aquellos que se derivan de los cruces de estos, llamados compuestos o de segundo y tercer nivel. Un único índice de salud ecosistémica tendría

la ventaja de permitir una fácil interpretación y comunicación por parte de una gran diversidad de usuarios, pero en un área tan compleja como la cuenca Magdalena-Cauca se corre el riesgo de perder la capacidad de saber por qué están ocurriendo los cambios, por ejemplo de separar la variación natural de los ecosistemas de los efectos de las presiones antrópicas, y por lo tanto de generar respuestas efectivas para contrarrestar trayectorias no deseadas o apoyar las deseadas dentro de un marco de manejo adaptativo.

Adicionalmente, el sistema deberá tener un balance entre variables que se midan directamente en campo (in situ) las cuáles necesariamente describen patrones y procesos locales, con variables de nivel regional que se puedan medir a través de sensores remotos (ex situ).

Característica 2: *El sistema de monitoreo debe funcionar de forma retrospectiva y prospectiva.*

Los programas de monitoreo pueden cumplir dos funciones principales: generar alertas tempranas y permitir el control temprano. La primera implica una visión retrospectiva de detectar cambios inesperados en las variables medidas y a través del análisis de la información recolectada determinar las posibles causas de estos cambios. En este caso, las respuestas de los diferentes actores serán más eficientes si con antelación se conocen los umbrales de cambio tras los cuáles el ecosistema no se puede recuperar naturalmente y que requerirán medidas de remediación y/o restauración. La segunda implica una visión prospectiva, en donde no sólo se evalúa el éxito de las acciones aplicadas, también se busca predecir las consecuencias de intervenciones futuras (Vos *et al.* 2011, Yoccoz *et al.* 2001).

Característica 3: *El sistema de monitoreo debe diseñarse e implementarse de forma modular.*

En un programa de monitoreo en donde participen múltiples actores con diferentes capacidades técnicas, intereses y esquemas de gobernabilidad de los datos no es viable proponer que todos tengan que medir todas las variables que se consideran de interés en el diseño. Por lo tanto se propone tener un grupo de variables mínimas que deben ser medidas de forma continua y sistemática a través de protocolos estandarizados en todas las localidades que se incorporen en el programa, que puede ser complementada con módulos complementarios más flexibles que responderán a las necesidades, intereses y capacidades de actores y contextos más específicos (Llambi *et al.* 2019).

Característica 4: *La selección de localidades para el sistema de monitoreo debe obedecer a las preguntas de investigación, a principios de representatividad,*

complementariedad y prioridad socioecológica.

Aunque se propone comenzar a integrar las diferentes fuentes de información que ya existen, debe hacerse un análisis sobre qué tan representativas son las localidades que ya se están estudiando de las presiones, estados, respuestas, beneficios y diversidad de macrohábitats seleccionados como prioritarios para seguimiento en la cuenca. A medida que se avance en las etapas de implementación se debe priorizar de forma sistemática, y siguiendo principios estadísticos, la incorporación de nuevas localidades que puedan llenar los vacíos identificados para contestar las preguntas seleccionadas, o que por sus características socioecosistémicas sean prioritarias para el país. Esto permitirá ir optimizando el sistema para tener un equilibrio entre réplicas espaciales y temporales de los muestreos, especialmente para la batería mínimas de indicadores.

Se propone utilizar el nuevo sistema de clasificación de humedales para Colombia como una herramienta funcional para la selección de localidades para el monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos, teniendo en cuenta que los procesos de transformación de la cuenca pueden llevar a cambiar la tipología y distribución los mismos (Ricaurte *et al.* 2019). Se debe usar el mismo esquema para la planeación, implementación y evaluación de las estrategias de monitoreo en cada tipo de macrohábitat, buscando representatividad de las áreas donde se generen los indicadores mínimos de estado y tendencias de la salud ecosistémica.

Característica 5: *La gestión de información en el sistema de monitoreo debe ser estandarizada, democrática, transparente y promover las buenas prácticas de comunicación.*

La base para que un sistema de monitoreo con participación de tantos actores funcione bien está en la gestión correcta de la información iniciando en la colecta adecuada de datos y metadatos en campo, a través de procesos de acopio, estandarización y control de calidad de la información, y terminando en el análisis e interpretación que permiten convertirla en conocimiento incidente para la gestión medioambiental (Andrade y Londoño 2016). Estos flujos deben ser claros tanto para los participantes, como para los usuarios del sistema de monitoreo y deben visibilizar de manera justa los aportes de todos los participantes. Para evitar problemas de interpretación, debe existir una estrategia de divulgación de resultados que los presente siempre de manera conjunta con sus metodologías, supuestos, limitaciones, niveles de incertidumbre y/o de variabilidad (Lindenmayer y Likens 2018).

Característica 6: *El sistema de monitoreo debe construirse de forma que promueva la transferencia de capacidades entre los actores involucrados en cada una de sus fases.*

Para que la mayoría de la operación del sistema de monitoreo no recaiga en las



instituciones que en la actualidad poseen ciertas fortalezas técnicas críticas para el funcionamiento del sistema, es necesario patrocinar procesos de transferencia de estas capacidades hacia los otros actores que tengan la responsabilidad y recursos para participar de cada etapa.

Característica 7: *La implementación del sistema de monitoreo se deberá hacer de manera progresiva y partiendo de las iniciativas existentes.*

Como se detalla en capítulos posteriores, la construcción del sistema no comienza de cero, y es importante plantear etapas o módulos progresivos de implementación que partan de los logros que el país ha acumulado hasta ahora en cuanto al monitoreo de ecosistemas acuáticos. El planteamiento de las etapas de consolidación del sistema debe tener en cuenta líneas de tiempo y presupuestos realistas desde los contextos sociopolíticos y financieros de las instituciones participantes.

Característica 8: *El sistema de monitoreo debe generarse de forma integrada con otras iniciativas de carácter nacional y regional.*

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) viene trabajando con las instituciones del Sistema Nacional Ambiental (SINA) en el Programa Nacional de Monitoreo de Ecosistemas de Colombia, el cual comenzará a implementarse en ecosistemas prioritarios como los humedales y páramos y bosques de alta montaña. El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) está comenzando el proceso para la formulación de protocolos para el monitoreo y seguimiento de los ecosistemas acuáticos, y en conjunto con el Instituto Humboldt en la formulación de la estrategia para el monitoreo integrado de los ecosistemas de alta montaña en Colombia (Llambi *et al.* 2019). El Sistema de Monitoreo de la Salud de los Ecosistemas Acuáticos y su Biodiversidad Asociada para la macrocuenca Magdalena-Cauca debe construirse de manera integrada con estas iniciativas.

Característica 9: *El sistema de monitoreo debe ser costo-efectivo.*

El sistema de monitoreo debe permitir la detección de cambios significativos en las variables de interés al menor costo posible, evitando la redundancia entre variables y localidades de muestreo, y aprovechando nuevos enfoques y tecnologías que permitan reducir costos sin afectar la calidad de la información. Esto implica que de manera constante se deben evaluar los costos y beneficios de estrategias y enfoques alternativos, y que a medida que se genere información, esta debe utilizarse para retroalimentar los diseños de muestreo y metodologías de análisis (Lindenmayer y Likens 2018).

Característica 10: *La implementación del sistema de monitoreo debe ir acompañada*



de una estrategia de sostenibilidad.

Las contingencias ambientales que han surgido en los últimos años en la macrocuenca han destacado la importancia que podrían tener los datos tomados a gran escala y largo plazo para la gestión integral tanto del recurso hídrico, como de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Sin embargo, el principal reto de los programas de monitoreo en Colombia y a nivel mundial es generar estrategias para asegurar su sostenibilidad en el tiempo. Estas estrategias deben construirse en paralelo con la implementación y de forma concertada con todos los actores que participarán del proceso (Vallejo y Gómez 2017).

4. LÍNEA BASE DE BIODIVERSIDAD

El levantamiento de una línea base de información biológica constituye una herramienta fundamental para evaluar y monitorear el estado actual de la biodiversidad en un área de interés (Gullison *et al.* 2015). Una línea base de escritorio permite la recopilación de toda la información disponible documentada en bases de datos y literatura científica sobre biodiversidad, lo que posibilita identificar necesidades y establecer planes de acción que serán útiles para complementar los datos obtenidos en la fase de campo. Con la formulación y el desarrollo del proyecto GEF Magdalena, se propició un espacio para la exploración y el reconocimiento de la biodiversidad presente en la Macrocuena Magdalena-Cauca. Este aparte se contempla la recopilación de información secundaria de biodiversidad del área hidrográfica Magdalena-Cauca, con énfasis en los núcleos de trabajo del proyecto, basado en la consulta de los repositorios del Instituto Humboldt y el Sistema de Información de Biodiversidad.

En resumen, se obtuvieron 486,795 registros de presencia de especies disponibles en bases de datos, los cuales posterior a un proceso de validación con literatura especializada permitió tener una lista depurada de 22,356 especies en el área de la Macrocuena Magdalena-Cauca. De las especies encontradas 4,703 son endémicas para Colombia, 229 son invasoras, 671 tienen algún grado de amenaza según resolución MADS No.1912 de 2017 y 560 especies entran en algún apéndice CITES. Adicionalmente, de las nueve zonas hidrográficas que componen la macrocuena, las que presentaron un mayor número de especies fueron: Cauca, Alto Magdalena y el Medio Magdalena.

Los análisis de registros para el área de influencia del proyecto permiten concluir que dentro la Macrocuena se encuentra representada el 36% de las especies del país. Para algunos grupos emblemáticos esta alta diversidad se representa en un 48% de las especies de aves reportadas para el país, un 66% de los mamíferos, un 15% de los peces y el 72% de las plantas conocidas para Colombia (68% de las especies endémicas de plantas para Colombia). Las cifras reportadas demuestran la alta diversidad biológica que sustenta la Macrocuena Magdalena-Cauca y refuerza la importancia para mantener y emprender programas de conservación y uso sostenible de la diversidad en dicho territorio.



4.1. Metodología

4.1.1. Delimitación de dominio espacial

Se tomó inicialmente como referencia la zona conformada por el Área Hidrográfica Magdalena Cauca, que fue seleccionada de la capa “Zonificación Hidrográfica del IDEAM 2013”, esta área comprende una extensión total de 27'111,809 Ha. Teniendo como referencia sus límites, se seleccionaron los drenajes dobles y sencillos de la capa del IGAC correspondiente al Río Magdalena y Río Cauca. Posteriormente, se cortaron todos los drenajes de la capa del IGAC presentes dentro del Área Hidrográfica. A los drenajes resultantes se les generó un buffer de 30 metros¹, lo anterior, dado que geográficamente los drenajes sencillos son representados como una línea y requerimos para los cruces posteriores contar con un área, es decir, una entidad tipo polígono.

Adicional a las capas mencionadas, se empleó como referencia el Mapa Nacional de Humedales de Colombia y las áreas de interés para los diferentes componentes del proyecto GEF. La capa de humedales se cortó con base en el Área Hidrográfica Magdalena y finalmente, todas las capas resultantes se unieron en una única capa geoespacial definida para el proyecto (Figura 6), como resultado un área de estudio de 8.485.744 Ha (Anexo 1).

¹ El buffer se hizo de 30 metros de acuerdo lo estipulado en el artículo 83 del Decreto Ley 2811 del año 1974.

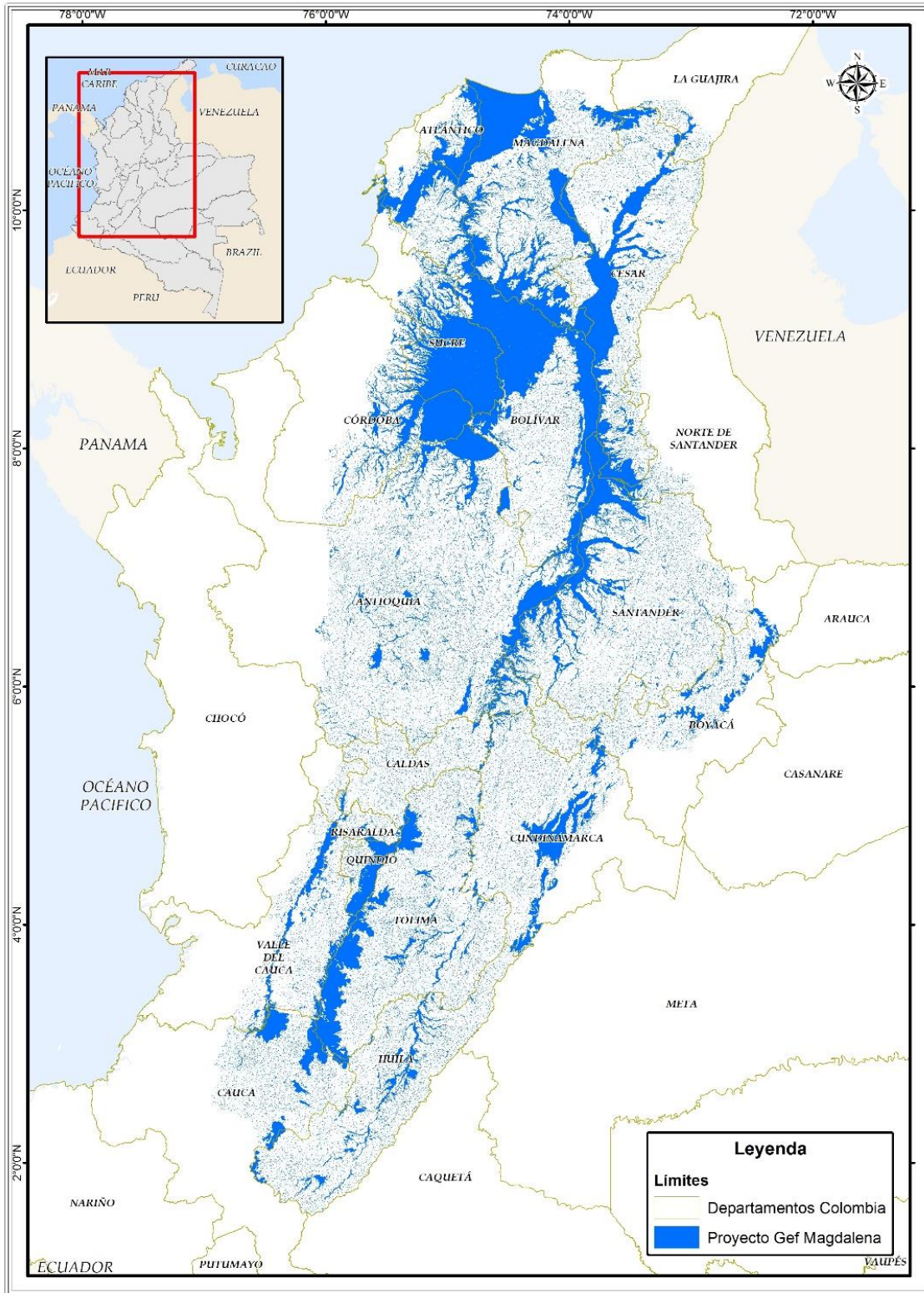


Figura 7. Dominio espacial para la selección de registros de biodiversidad durante la construcción de la línea base.



4.1.2. Incorporación de registros de recursos hidrobiológicos, selección y validación de especies

Con la elaboración de un recuento del estado de la biodiversidad, se pretendió establecer una línea base de la biodiversidad de la macrocuenca, tener un diagnóstico del estado de la misma y poder seleccionar unos objetos de monitoreo.

Partiendo del de la capa geoespacial definida para el proyecto, se realizó una selección geográfica de registros de especies publicados por el Servicio Global de Información sobre Biodiversidad (Global Biodiversity Information Facility - GBIF, <https://www.gbif.org/>, actualizada a enero de 2019). Dicha base de datos es la fuente disponible más completa en este momento y contiene todos los registros de presencia publicados por el Instituto Humboldt, los publicados por otras instituciones colombianas y todos aquellos registros de especies en el territorio colombiano publicados por instituciones y organizaciones desde el exterior.

Posteriormente, se realizó un análisis de calidad. Cada una de las especies presente en la lista fue validada al contrastarla con catálogos e inventarios regionales sobre biodiversidad para garantizar que los nombres científicos estuvieran correctamente escritos, evitar sinonimias. La taxonomía utilizada corresponde a los catálogos especializados o en su defecto a la información del Catálogo de la Vida (<http://www.catalogueoflife.org/>) que se encontraba disponible a marzo de 2019, cualquier actualización en la clasificación taxonómica posterior a esta fecha no se verá reflejada en la lista de especies consolidada.

Así mismo se verificó que cada especie se encontrara presente en el territorio de la Macrocuenca la localidad dónde fue reportado cada registro (Ej. Nombre de municipio, departamento). Los nombres de municipios y departamentos fueron revisados con los nombres de los municipios presentes en la División Político Administrativa de Colombia (DIVIPOLA, <https://geoportal.dane.gov.co/consultadivipola.html>) y las zonas hidrográficas por registro de presencia fueron obtenidas a partir de la capa de zonificación hidrográfica del IDEAM (IDEAM 2013) obteniendo zonas y sub-zonas.

Este proceso generó la exclusión de especies del conjunto de datos de los registros de presencia. Una vez validada y depurada la lista de especies, esta se complementó con especies provenientes de la misma literatura para producir una lista final. Para ello se contó con el apoyo desde la línea de recursos hidrobiológicos para adicionar listas de especies provenientes de publicaciones que no hayan sido reportadas al GBIF.

Los pasos de validación de la lista de especies fueron:

- Estructuración en estándar Darwin Core.
- Completitud en las columnas de taxonomía superior.
- Todas las especies debían tener una referencia de literatura asociada que soportara su presencia en la cuenca. Al hacer esta verificación, las especies reportadas para fuera de Colombia o del área de interés y presentes en el conjunto de datos de registros de presencia fueron excluidos de la lista.
- Revisión de los sinónimos teniendo en cuenta el Catálogo de la Vida (<http://www.catalogueoflife.org/>) y catálogos especializados según grupo biológico. Los nombres que no presentaron coincidencia con las fuentes taxonómicas consultadas, fueron revisados manualmente. Los nombres no encontrados en ningún catálogo o publicación fueron excluidos de la lista.
- El nombre científico documentado debía coincidir con las columnas género y epíteto específico.
- Revisión de los nombres científicos para evitar incluir nombres con errores ortográficos.
- Consistencia en la taxonomía superior.
- Estandarización de las referencias bibliográficas según las normas APA.

Por otro lado, se estimaron cifras asociadas a la vocación de conservación y uso sostenible incluyendo especies endémicas, invasoras y especies incluidas en algún apéndice del Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) o clasificadas bajo alguna categoría de amenaza según Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) o la resolución Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) No.1912 de 2017. Las cifras de endemismo e invasividad fueron obtenidas de varias fuentes recopiladas junto con la lista de especies final y su respectiva referencia.

4.2. Registros de presencia de especies

De la lista depurada, se encontraron un total de 486,795 registros que representan 10,785 especies. Se destaca el grupo de aves que presentó el 74% de los registros de presencia de especies encontrados (Tabla 3 y Anexo 2).

Es necesario aclarar que los registros de presencia de especies publicados en las fuentes seleccionadas son una aproximación a la riqueza y abundancia de especies que se presentan en la línea base y deben ser tomados como un punto de partida y no como conteo definitivo de todos los organismos que habitan el territorio de la cuenca.

Tabla 3. Número de registros por grupo biológico para la Macrocuena Magdalena-Cauca.

Grupo biológico	Registros de presencia de especies
Aves	361549
Plantas y líquenes	83129
Peces	16386
Invertebrados	10074
Mamíferos	7093
Reptiles	4128
Anfibios	2930
Otros	1466
Hongos	40
Total	486795

4.2.1. Zonas hidrográficas de la macrocuena Magdalena-Cauca

Al obtener las zonas hidrográficas para cada uno de los registros de presencia de especies por grupo biológico se destaca que las zonas con mayor cantidad de registros biológicos disponibles son en su orden Cauca, Alto Magdalena y el Medio Magdalena (Tabla 4; Anexo 2).

Tabla 4. Número de especies por grupo biológico por zona hidrográfica para la Macrocuena Magdalena-Cauca.

	Anfibios	Aves	Hongos	Invertebrados	Mamíferos	Otros	Peces	Plantas y líquenes	Reptiles	Total
Alto Magdalena	244	81056	9	2050	1652	776	5387	23193	265	114632
Bajo Magdalena	121	35049	21	2056	791	118	972	3089	1518	43735
Bajo Magdalena-Cauca -San Jorge	342	16248	0	68	309	90	1452	1994	389	20892
Cauca	674	119401	1	3952	1578	178	1611	21122	496	149013
Cesar	60	9901	0	276	217	53	740	1059	306	12612
Medio Magdalena	843	57691	0	631	1637	195	4888	15847	813	82545
Nechí	436	35033	9	835	420	10	524	6757	278	44302
Saldaña	27	2063	0	26	84	24	296	3025	17	5562
Sogamoso	183	5107	0	180	405	22	516	7043	46	13502
Total	2930	361549	40	10074	7093	1466	16386	83129	4128	486795

4.2.2. Áreas de interés del proyecto GEF Magdalena-Cauca VIVE

Se obtuvieron los registros de presencia de especies por cada una de las 15 áreas de conservación definidas en el proyecto (Anexo 3). El área de conservación con mayor

cantidad de registros de presencia de especies fue el Río la Vieja y no se encontró información para la Ciénagas Corrales y Ocho (Tabla 5, Anexo 4).

Tabla 5. Número de registros de presencia de especies por grupo biológico por zona de interés para el proyecto GEF Magdalena-Cauca.

Áreas de conservación	Anfibios	Aves	Invertebrados	Mamíferos	Peces	Plantas y líquenes	Reptiles	Otros	Total
Río La Vieja	429	24383	2565	459	119	6286	124	7	34372
Río Claro	58	23054	52	40	35	2350	26	0	25615
Cuenca Alta Río Quindío	102	13728	45	242	76	2342	21	1	16557
Salento Ayapel	92	11037	9	46	721	980	55	10	12950
Mosaico La Mojana	92	10744	4	38	60	536	48	0	11522
Humedales Ayapel	251	5340	2361	196	12	1145	79	6	9390
Barbas Bremen	28	1060	21	310	223	175	180	12	2009
Barbacoas Zapatosa Área	44	304	5	167	348	312	203	51	1434
Protegida Ayapel Área Efectiva	0	293	5	4	658	444	7	10	1421
Ciénaga Barbacoas	28	554	5	303	24	17	27	0	958
Páramo Bosque Alto Andino	1	403	2	0	0	503	5	0	914
Genova Guásimo	0	478	12	0	0	2	0	0	492
Zapatosa Mosaico	0	50	6	0	135	13	9	0	213
Ciénaga Chiqueros	0	58	0	0	6	30	0	0	94
Ciénagas Corrales y Ocho	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4.3. Especies encontradas por grupo biológico

En adición a las 10,785 especies reportadas gracias a los registros de presencia descritos en la sección anterior, se encontraron reportados en la literatura 11,571 especies para la Macrocuenca Magdalena-Cauca, para un total de 22,356 especies reportadas. Se destaca que el 87% son especies de plantas y líquenes, el 7,7% son especies de vertebrados, el 5% son invertebrados y el 0,5% son especies de hongos y otros grupos (Tabla 6, Anexo 5).

Tabla 6. Número de especies por grupo biológico para la Macrocuenca Magdalena-Cauca.

Grupo Biológico	Número de especies
Plantas y líquenes	19395
Invertebrados	1107
Aves	916
Mamíferos	351
Peces	220
Reptiles	131
Anfibios	109
Hongos	27
Otros	100
Total	22356

4.4. Especies según su vocación de conservación y uso sostenible

En términos de la vocación de conservación y uso sostenible de las especies listadas se encontró que bajo el marco de la UICN y la Resolución No. 1912 de 2017. La mayoría de especies fue clasificada en estado de amenaza vulnerable (Tabla 7, Anexo 5). Adicionalmente, se identificaron 560 especies bajo algún apéndice CITES, siendo que la mayoría se encuentran en apéndice II (Tabla 8, Anexo 5).

Tabla 7. Número de especies clasificadas bajo alguna categoría de amenaza. En peligro crítico de extinción (CR), En peligro de extinción (EN), Vulnerable (VU)

Categoría de amenaza	UICN	Resolución MADS No.1912 de 2017
CR	54	106
EN	112	212
VU	144	353
Total	310	671

Tabla 8. Especies clasificadas bajo algún apéndice CITES. Comercio permitido sólo en circunstancias excepcionales (I), Comercio estrictamente controlado (II), Solicitud de asistencia para controlar el comercio de especies protegidas en un país específico (III).

Categoría CITES	Número de especies
I	27
I/II	7
II	504
III	19
III/NC	2

NC	1
Total	560

De la misma manera, Se registraron 4,703 especies endémicas de las cuales el 94% resultaron ser plantas y 229 especies están clasificadas como invasoras, siendo que cerca del 87% de estas son plantas (Tablas 9 y 10, Anexo 5).

Tabla 9. Especies endémicas para Colombia con presencia en la Macrocuena Magdalena-Cauca por grupo biológico.

Grupo	Número de especies endémicas
Plantas y líquenes	4443
Peces	113
Anfibios	62
Aves	38
Reptiles	25
Mamíferos	22
Total	4703

Tabla 10. Especies clasificadas como invasoras por grupo biológico.

Grupo	Número de especies invasoras
Plantas y líquenes	200
Invertebrados	14
Aves	6
Peces	5
Anfibios	2
Reptiles	2
Total	229

4.5. Conclusiones

En síntesis, según el Sistema de información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB Colombia 2018), en el territorio nacional y a 2018 se registraron al menos 62829 especies, esto quiere decir que según los datos obtenidos en esta línea base, en el territorio de la Macrocuena Magdalena-Cauca se encuentran cerca del 36% de las especies reportadas en el país. La diversidad de dos de los grupos mejor representados en esta línea base, aves y plantas, alcanza valores importantes a nivel nacional puesto que de las 1909 especies de aves presentes en Colombia (SiB Colombia 2018), en esta línea base



se reporta el 48% de dichas especies y de las 26785 especies de plantas y líquenes reportadas para Colombia (Bernal *et al.* 2019), en la Macrocuena Magdalena-Cauca se encontraron el 72%. Para peces, de las 1494 especies presentes en Colombia (DoNascimento *et al.* 2017), en la Macrocuena se reporta el 15% y para mamíferos de las 528 especies reportadas para Colombia en la cuena se reporta el 66%. Estas cifras demuestran la alta diversidad biológica que sustenta la cuena.

En Colombia han sido categorizadas en alguna categoría de amenaza por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 1308 especies (MADS 2017), Según los datos registrados en esta línea base en la Macrocuena Magdalena-Cauca se puede encontrar cerca del 51% de dichas especies, esto sumado con las 560 especies biológicas que se encuentran en algún apéndice CITES en dicho territorio dan una alerta para incluir programas de conservación, manejo y control para la protección y conservación de dichas especies.

El número de especies de plantas endémicas para Colombia es de 6495 (Bernal *et al.* 2019). Con la consolidación de esta línea base se identificaron cerca del 68% de dichas especies endémicas para Macrocuena Magdalena-Cauca. Desafortunadamente, todavía no existen cifras consolidadas de endemismo para otros grupos biológicos, lo cual nos permitiría comparar los valores de endemismo de otros grupos a nivel nacional.

Se destaca que las zonas hidrógráficas con mayor cantidad de información disponible en forma de registro de presencia de especies dentro de la Macrocuena Magdalena-Cauca fueron Cauca, Alto Magdalena y el Medio Magdalena y El área de conservación con mayor información disponible fue el Río la Vieja.

Este esfuerzo de recopilación de información en términos de registros de especies y los análisis que se realizó por grupos y áreas de conservación constituye el insumo para poder realizar unos análisis más profundos. En primer lugar, dicha línea base ambiental podrá verse enriquecida por la puesta en marcha del sistema de monitoreo, por lo cual se podrá medir el impacto de su implementación en el conocimiento de la biodiversidad. En segundo lugar, teniendo el insumo de la línea base se podrá estimar los vacíos de representatividad de riqueza en el conocimiento de ciertos grupos biológicos y en tal sentido puede contribuir a la toma de decisiones relacionadas con la distribución de los recursos que se destinan para la investigación sobre biodiversidad de la macrocuena, así como para el Inventario nacional de la biodiversidad. Y en tercer lugar, el contar con una línea base permitirá orientar una priorización de especies para ser empleadas como objetos de monitoreo acorde a las particularidades de los diferentes paisajes de la cuena.

5. DIAGNÓSTICO DEL MONITOREO DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

En la primera parte de este capítulo se expone la metodología empleada y el área de estudio. Luego, se presentan los resultados que incluyen la identificación de las iniciativas analizando su estado, cronología, escala y ubicación y el análisis de los actores vinculados. Se presenta también el análisis de la continuidad y vigencia de las iniciativas. Finalmente, se concluye con una síntesis de los principales hallazgos y la identificación de retos y oportunidades para el fortalecimiento del monitoreo de los ecosistemas dulceacuícolas de la cuenca.

5.1. Metodología

La identificación de actores y proyectos de monitoreo de ecosistemas acuáticos en la cuenca Magdalena Cauca permite identificar los principales avances del país y los retos más importantes a los que se han debido afrontar las iniciativas identificadas. Esto permitirá reconocer el punto de partida desde el cual el proyecto aportará al fortalecimiento del monitoreo de los ecosistemas dulceacuícolas de la Macrocuenca.

Un actor social es entendido como una entidad social sean individuos o cualquier tipo de agregado, como una familia, una comunidad, empresa, entidad gubernamental entre otros. Estos actores sociales se distinguen entre sí por las relaciones diferenciales con el entorno que implican percepciones particulares y acciones específicas. Para el caso específico de este estudio, los actores sujetos del análisis incluyen a aquellas instituciones u organizaciones que tengan alguna relación concreta con iniciativas de monitoreo de la biodiversidad. Para describir los tipos de actores se emplea una adaptación de las definiciones de Lemos y Agrawal (2006), tal como se presenta a continuación.

- **Gobierno:** “Organizaciones e instituciones vinculadas a la administración pública. Ejemplos: Ministerio de Medio Ambiente, Corporaciones Autónomas Regionales, Alcaldías, Parques Nacionales Naturales.”
- **Comunidad:** “individuos o grupos de individuos que toman decisiones colectivas de acuerdo a un interés común que tienen sobre un territorio. Ejemplos: organizaciones de base, grupos étnicos, comunidades locales, organizaciones no gubernamentales”
- **Sector privado:** “individuos o grupos de individuos que toman decisiones orientadas a un interés particular en un territorio. Ejemplos: propietarios de predios, empresas”.
- **Academia y ONG:** “individuos o grupos de individuos voluntarios sin ánimo de lucro que surge en el ámbito local, nacional o internacional, de naturaleza altruista y dirigida por personas con un interés común.”



- **Cooperación internacional:** “organizaciones e instituciones que representa la ayuda voluntaria de una donante o de un país (estado, gobierno local, ONG) a una población (beneficiaria) de otro. Esta población puede recibir la colaboración directamente o bien a través de su estado, gobierno local o una ONG de la zona.”

El mapeo de iniciativas y actores del monitoreo contiene los siguientes análisis:

- **Número y cobertura de las iniciativas dentro de la cuenca Magdalena Cauca:** identificación de iniciativas de monitoreo indicando su cobertura geográfica. Análisis de las iniciativas de monitoreo según su escala de trabajo (local, regional, nacional) y su ubicación en la cuenca (alto Magdalena, alto Cauca, medio Magdalena, medio Cauca, bajo Magdalena).
- **Cronología de las iniciativas:** desarrollo de las iniciativas de monitoreo de manera cronológica.
- **Tipología de actores:** relación de las iniciativas identificadas según la categoría de las entidades que la desarrollan (Comunidad, Empresas privadas, gremios, Gobierno, Academia, ONGs, con especial énfasis en las empresas de generación de energía (hidroeléctricas)).
- **Categorización:** según su participación en la iniciativa de acuerdo a las fases del ciclo del monitoreo científico (Figura 5).
- **Continuidad y vigencia de las iniciativas:** identificación del estado de algunas iniciativas priorizadas, señalando cuales están vigentes y cuál ha sido la continuidad de las mismas. Identificación de determinantes de la continuidad de dichas iniciativas y las causas de la terminación del monitoreo.
- **Anexos:** Matriz que contiene la identificación de las iniciativas señalando: Fuente de información, Nombre, Estado, Año inicio, Año finalizado, Periodicidad, Escala, Región del país, Organización líder, Organizaciones participantes, Objetos de monitoreo, Objetivo de la iniciativa, Fuente de datos, Accesibilidad de los datos, Repositorio de datos, Sitio Web, Contacto, Email y teléfono.

Matriz que contiene Información relevante para la caracterización de los actores: Fuente de información, Entidad, Tipo, Ámbito, Áreas de operación, Cuenca de influencia, Contacto, Email y Teléfono.

La elaboración del mapa conceptual de actores y proyectos de monitoreo se realizó principalmente mediante la búsqueda, selección, sistematización y análisis de fuentes secundarias. Durante el proceso de recolección de información se realizaron solicitudes de información a distintas entidades de acuerdo a la identificación de actores preliminar. Estas solicitudes se realizaron por medio de la divulgación de una encuesta virtual y oficios, los cuales fueron enviados a los correos electrónicos.

Se utilizó también la información recopilada en los talleres y entrevistas realizadas por la coordinación del proyecto. La información se sistematizó en dos matrices, las cuales son el eje del análisis de las iniciativas y de los actores. Se llevó a cabo las siguientes actividades:

1. Definición de alcance y contenidos mínimos de la identificación de actores
2. Recolección de información secundaria
3. Diseño y/ ajuste de instrumentos de recolección en información secundaria (dos matrices)
4. Solicitud de información a actores relevantes (encuestas y oficios)
5. Sistematización de información secundaria
6. Revisión de relatorías de los talleres y sistematización de la información en las matrices
7. Análisis y generación de tablas y salidas graficas
8. Redacción del informe donde se desarrollan los aspectos anteriormente mencionados.

5.2. Iniciativas de monitoreo

Se identificaron un total de 58 iniciativas de monitoreo² relacionadas con ecosistemas dulceacuícolas. Estas iniciativas agrupan a una gran diversidad de actores públicos y privados categorizados en comunidad local, empresas, gremios, gobierno, academia y organizaciones no gubernamentales.

Durante el proceso de identificación de las iniciativas, se presentaron dificultades en la recolección de información, debido a que la información secundaria es bastante limitada³ y la obtención de información primaria por medio del envío de la encuesta virtual y oficios no fue la esperada. Como resultado del envío de la encuesta virtual a aproximadamente 60 actores, se recibieron las respuestas de apenas 6 iniciativas de monitoreo que agrupa a cinco actores y de los oficios enviados a aproximadamente 40 actores, se recibieron 8 respuestas provenientes de algunas corporaciones autónomas ambientales, quienes de manera general contestaron a las peticiones de información sin entrar en especificaciones sobre 10 iniciativas de monitoreo. La información proveniente de los talleres y entrevistas realizadas por la coordinación del proyecto permitió complementar el análisis.

² Se lograron identificar 58 iniciativas, sin embargo, se presume la existencia de más iniciativas por algunas referencias en artículos de periódicos locales encontrados en la web.

³ El análisis se vio limitado debido a que en la mayoría de los casos la información presente en las páginas web de las instituciones es muy general y la publicación de informes es escasa.

Tabla 11. Fuentes de información de las iniciativas identificadas

Fuente de información	No. de iniciativas	Actores
Primaria - oficio	7	CVS, ANLA, CAS, Corpocesar, Corpoguajira, CSB, CAR, CRQ.
Primaria - encuesta	10	Fundación humedales, Corantioquia, Asociación Calidris, Isagen, CAR
Secundaria - web	41	Academia, ONG, empresas, gobierno

Otra dificultad a la hora de llevar a cabo la recopilación de información fue la aplicación de los criterios conceptuales del monitoreo, ya que a pesar de que muchas iniciativas utilizaran la palabra monitoreo en el título o en el objetivo, en la práctica no era muy claro su aplicación como es el caso de la duración⁴.

Para el presente análisis una iniciativa de monitoreo debería cumplir con una continuidad mínima de 3 años de recolección de datos. Sin embargo, se encontraron 14 iniciativas que se estaban tituladas como monitoreo, pero funcionaron por menos de 3 años. Algunas de estas estrategias que, a pesar de autodenominarse como monitoreo, se caracterizan por realizar otro tipo de actividades como la realización de inventarios de biodiversidad los cuales no tienen la capacidad de medir los cambios biológicos y ecológicos en el tiempo y espacio, como las lideradas por la CAS por medio de convenios y contratos interinstitucionales (Anexo 6).

⁴ Varias iniciativas de monitoreo no son duraderas en el tiempo y se resumen en la aplicación de una o dos campañas, además no es claro la estrategia de periodicidad de la obtención de los datos ni el objetivo mismo del monitoreo.

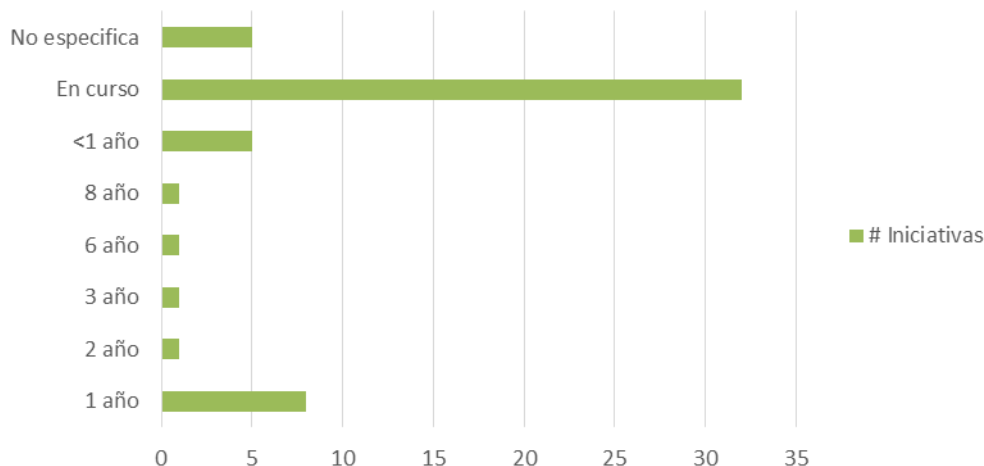


Figura 8. Duración de las iniciativas de monitoreo identificadas

En este grupo, también hay iniciativas que han sido pilotos para estrategias de mayor escala como las realizadas por el IDEAM durante el año 2005-2007, las cuales sirvieron para ajustes metodológicos sobre las mediciones de calidad y cantidad de agua. Cabe mencionar que el análisis realizado incluyó estas iniciativas como se puede apreciar en la Figura 8, porque a pesar de que no cumplen con el criterio mencionado, hacen parte de los resultados y pueden ser tenidas en cuenta como antecedentes que aporten a la formulación de procesos de largo plazo.

En relación con el objeto de monitoreo, las iniciativas aquí identificadas pertenecen a proyectos sobre cuerpos de agua intervenidos o especies consideradas objeto de conservación, cobijando diferentes escalas espaciales. Aunque algunas iniciativas no permitan la identificación del año de inicio y el año de finalización, lo cual genera incertidumbre en su duración y continuidad, se puede identificar que las iniciativas de monitoreo de calidad de agua son más duraderas en el tiempo que aquellas iniciativas que tiene otro objeto de monitoreo.

5.2.1 Estado

De las 58 iniciativas encontradas, el 53% están activas y el 33% ya finalizaron, el 3% no cuentan con información suficiente que indiquen su estado actual y el 11% restante se encuentran en evaluación, por iniciar o suspendidas.

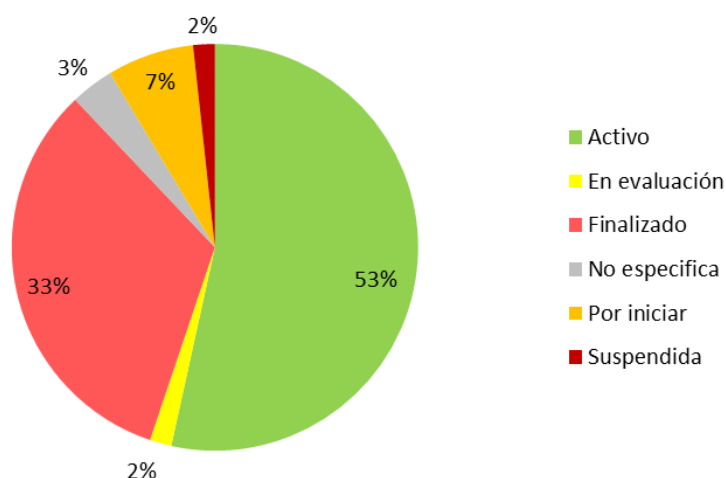


Figura 9. Distribución del estado de las iniciativas identificadas

La mayoría de iniciativas se encuentran activas, lo cual muestra el proceso continuo que debe existir en el monitoreo, sin embargo, como se mencionó anteriormente, la calidad de la información no es óptima para brindar mayores conclusiones sobre las causas de la vigencia de las iniciativas como se mostrara más adelante.

- **Iniciativas vigentes**

De las iniciativas de monitoreo vigentes al 2019, hay 6 iniciativas en las cuales no se logró identificar la fecha de inicio debido a la falta de información. La iniciativa identificada con mayor número de años de duración es de 37 años la cual corresponde a la red de monitoreo del agua de la jurisdicción de la CDMB, la cual inicio en al año 1982 y tiene como objetivo monitorear los parámetros físico-químicos y microbiológicos de los principales corrientes de agua superficial. El Servicio Estadístico Pesquero Colombiano es la siguiente iniciativa de monitoreo más antigua a nivel nacional con 28 años, siendo la herramienta principal de la AUNAP para generar la estadística pesquera nacional y el conjunto de indicadores pesqueros, biológicos y económicos para el manejo y ordenación de los recursos pesqueros aprovechados en las aguas marinas y continentales de Colombia.

Las siguientes iniciativas más antiguas iniciaron el año 2001 (año con mayor número de inicio de iniciativas de acuerdo a la figura 10). Cuatro de estas iniciativas son de la empresa ISAGEN S.A sobre los cuerpos de agua que ejerce intervención como el río la Miel y el embalse Amaní, la iniciativa de monitoreo de calidad de agua de Corpoguajira y el programa REDCAM del Invermar (Cuidado la calidad de las aguas marinas y costeras).

Se puede decir que las iniciativas más antiguas están relacionadas con el monitoreo de las propiedades físico-químicas del agua de los principales ríos, las cuales son llevadas a

cabo por las CARs junto al apoyo del IDEAM. En el año 2006 se encontró la “Primera campaña de monitoreo en la red nacional de calidad de agua de los ríos Magdalena y Cauca”, que consistió en establecer la línea base de la calidad del recurso hídrico para estimar el grado de afectación por vertimientos domésticos, industriales, actividad agrícola y minera, para establecer el grado de calidad de los cuerpos de agua a partir de información hidrológica que permitía estimar las cargas contaminantes, al correlacionar los caudales con las concentraciones de las variables físico-químicas y microbiológicas analizadas (IDEAM 2006). Este proyecto resume el enfoque de los monitoreos desarrollados sobre los principales ríos de la cuenca.

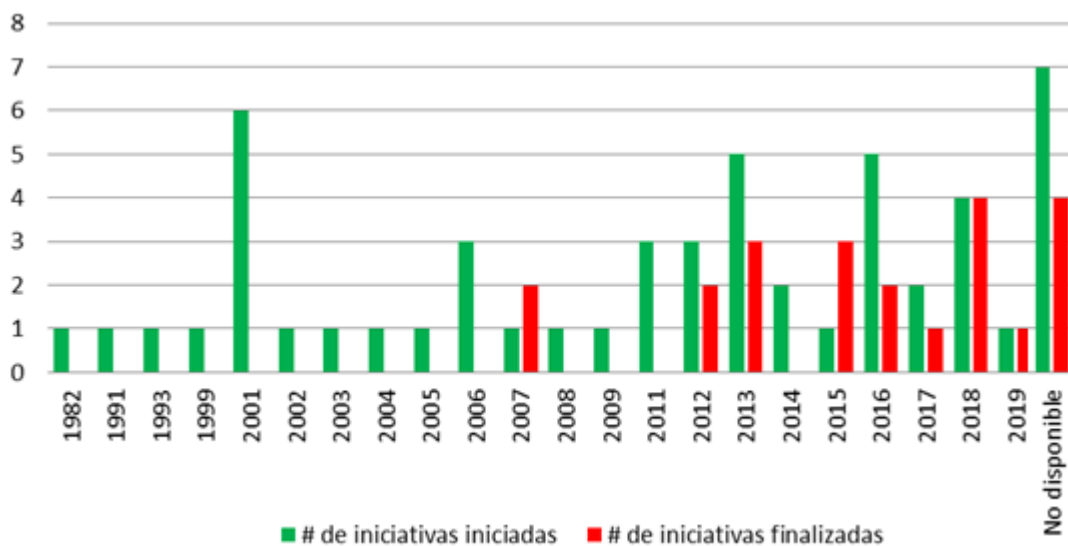


Figura 10. Año de inicio y finalización de las iniciativas identificadas

El 2013 y el 2016 son los años con mayor número de iniciativas iniciadas luego del año 2001, con 5 iniciativas en cada uno, las cuales tienen como objeto de monitoreo a especies como vulnerables la tortuga de río, el Manatí, la rana Arlequín, la nutria y macroinvertebrados acuáticos, estas llevadas a cabo por gran diversidad de actores. No se encuentra algún patrón temporal que permita explicar la temporalidad de las iniciativas iniciadas y finalizadas.

Las experiencias de monitoreo sobre cuerpos de agua se han desarrollado principalmente sobre el tema de la calidad de agua, con un enfoque particular de información sobre las características fisicoquímicas y bacteriológicas del recurso hídrico. En las últimas décadas el componente hidrobiológico se ha incorporado, a partir de los llamados “indicadores ecológicos”, aludidos en la comunidad de macroinvertebrados y mediante los cuales se puede evaluar la respuesta del ecosistema acuático a los impactos generados por acciones antrópicas (Rodríguez *et al.* 2016, Zúñiga y Cardona 2009).

En cuanto a acceso de los datos resultado de las iniciativas, la falta de información evidencia la falta de una estructura clara y transparente de propiedad y divulgación de los datos, perdiéndose la utilidad de la información producida, especialmente para los grupos de tomadores de decisiones a escala nacional, regional y local (Vallejo y Gómez 2017). Existen limitaciones para el acceso y uso de la información, ya que la mayoría de información se maneja de manera privada y restringida, por lo que son pocos los repositorios existentes, y la información no se divulga a través del SIAC. Las instituciones tienen la tendencia de no compartir e intercambian datos de manera abierta.

5.2.1. Extensión y ubicación

Sobre la escala de las iniciativas, de las 58 iniciativas se encontró que la mayoría se desarrollan en ámbitos locales (47%). El 7% se desarrolla en el ámbito nacional y el 46% en el ámbito regional. Las iniciativas de monitoreo hidrológicos están en su mayoría relacionadas con la escala regional y nacional, mientras que las de especies objeto de conservación responden a escalas locales y regionales.

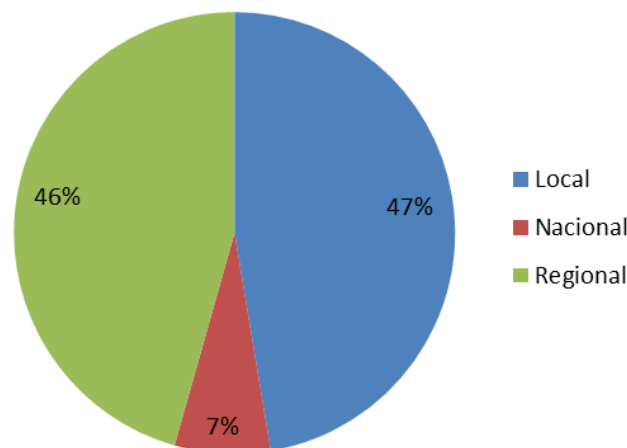


Figura 11. Escala de trabajo de las iniciativas de monitoreo.

Las estrategias identificadas se encuentran en su mayoría relacionadas con el Departamento de Antioquía y Magdalena, entorno a los distintos cuerpos hídricos y su biodiversidad asociada principalmente a ciénagas y ríos. Existe diversidad de unidades espaciales de análisis que enmarcan las estrategias de monitoreo, ya que no solo responden a una delimitación de cuencas hidrográficas si no que corresponde a cuerpos de agua con un alto interés local, regional o nacional priorizados por los tomadores de decisión basados en su uso ya sea por su incidencia en la provisión de agua para consumo humano en el caso de la mayoría de monitoreos hidrológicos, o por su importancia para el mantenimiento de la biodiversidad como se muestra en las iniciativas de monitoreo hidrobiológico. Esto también denota la diferenciación de objetivos de monitoreo existente que buscan cumplir distintas necesidades de información que enriquezcan los procesos de planeación y superar la ausencia de datos

e información, que impiden o restringen la sostenibilidad del modelo de ocupación del territorio.

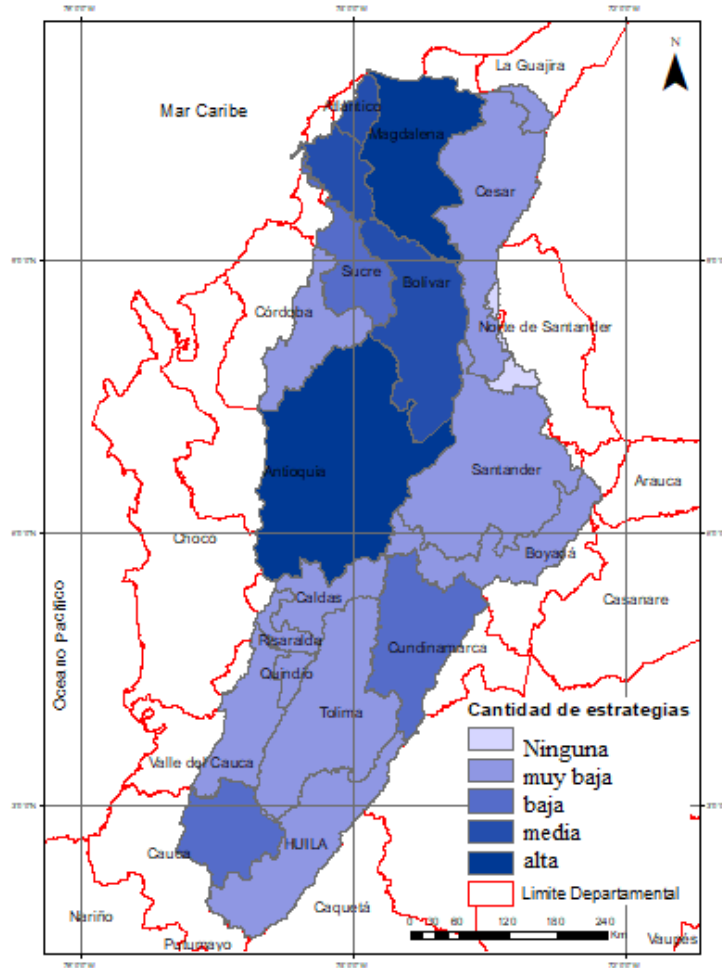


Figura 12. Densidad de las iniciativas de monitoreo identificadas

5.3. Análisis DOFA

Se escogieron 3 iniciativas de monitoreo que tienen una larga trayectoria de datos de biodiversidad acuática y con una amplia cobertura nacional, para ejemplificar y evaluar las principales fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas presentes en este tipo de iniciativas en el país.

5.3.1. Servicio Estadístico Pesquero Colombiano

El Servicio Estadístico Pesquero Colombiano (SEPEC), fue creado por la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP) para desarrollar la estadística pesquera nacional, a través de este sistema se evalúan características biológicas, pesqueras y

económicas del recurso. El objetivo del SEPEC es contribuir a la toma de medidas de manejo y ordenación de los recursos pesqueros en aguas marinas y continentales de Colombia.

A continuación, se presentan el análisis de las **Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas** del SEPEC, realizado a partir de revisión de información secundaria, exploración de la plataforma del Sistema y experiencia personal trabajando con el SEPEC.

Tabla 12. Análisis DOFA del Servicio Estadístico Pesquero Colombiano (SEPEC)

Debilidades	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> Falla en el sistema de contratación de funcionarios que impide la implantación de rutinas duraderas en el tiempo. Falta de capacidad para actualización de información en la plataforma. Vacios de información en los registros de desembarcos, precios, producción, volúmenes comercializados para diferentes regiones, épocas y especies. Dificultad en la cobertura un ciclo completo que permita tener información para realizar análisis pesquero robustos 	<ul style="list-style-type: none"> Vincularse con instituciones que potencialmente podrían compartir información dentro de la plataforma para generar bases de datos más robustas (Fundación Humedales, ECOSFERA, FUNDAPAIN, Conservación Internacional, FUNINDES, MarViva, Universidad de Antioquia, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Parques Nacionales Naturales, WWF, Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, entre otras) Generar estrategias para mantener una actualización constante de información en plataforma
Fortalezas	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> Sistema unificado y estandarizado de recolección, análisis de la información estadística pesquera del país. Sinergia interinstitucional con la Universidad del Magdalena y el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR). Se encuentra enmarcado dentro de la Ley 13 de 1990 Recoge información muestral y censal para la flota artesanal de bajura e información censal para la flota industrial y artesanal de altura Tienen accesibilidad para usuarios externos para consulta de información y usuarios internos para el ingreso de información (funcionarios AUNAP, Técnicos de campo, Servidores de campo, Analista de datos, jefe de análisis de datos, director técnico). La plataforma permite obtener informes gráficos y tabulados sobre pesca de consumo, pesca de ornamentales, biología pesquera, acuicultura, comercialización, donde a través de una serie de filtros se puede seleccionar información de diferentes regiones, épocas y especies. 	<ul style="list-style-type: none"> Conflicto armado que interfiera en los trabajos de campo de los investigadores. Resistencia de los pescadores y comunidades a apoyar este tipo de investigación. Corte de recursos económicos para el mantenimiento del sistema, debido a que los recursos económicos provienen únicamente del gobierno.

- Posee información histórica y boletines técnicos generados por el INPA (1993-2000), MinAgricultura CCI (2006-2009), y AUNAP-SEPEC (2012-2017) de libre acceso.
- Involucra la comunidad de pescadores en la colecta de datos (curso-taller de generación de competencias para la colecta de datos y sistematización de la información) generando alternativas económicas.
- Control de la calidad de la información (seguimiento técnico y profesional de la información colectada por pescadores).
- Amplia cobertura que se extiende a los dos litorales Caribe y Pacífico y a las cuencas continentales, específicamente en las cuencas del río Magdalena, del Sinú, de la Amazonía, de la Orinoquía.

5.3.2. Censo Neotropical de Aves Acuáticas

En Colombia, y en el mundo en general, los programas de monitoreo que generalmente logran tener mayor continuidad en el tiempo son aquellos que: 1) dependen de mandatos gubernamentales y tienen por lo tanto garantizado un presupuesto para funcionamiento, o 2) se ejecutan a través de ciencia participativa en esquemas en donde muchas personas colectan datos, pero detrás de los cuáles existe una estructura bien organizada para planeación, recopilación, sistematización y análisis de los resultados.

Una de las iniciativas de ciencia participativa que más tiempo lleva en el país es el **Censo Neotropical de Aves Acuáticas (CNAA)**, el cual es coordinado en Colombia por la Asociación Calidris y la Red Nacional de Observadores de Aves (RNOA), pero hace parte de una iniciativa regional liderada por Wetlands International en 9 países de Suramérica. Colombia inició su participación en 1992, pero sólo hasta 2002 comenzó a participar de forma organizada e ininterrumpida. Desde este año, se han censado las aves acuáticas de aproximadamente 258 humedales, con la participación de más de 300 aficionados y expertos, dos veces al año (febrero y julio). Las metas del CNAA a nivel nacional son: 1) Evaluar el estado actual de los humedales, 2) Identificar sitios importantes para las aves acuáticas, 3) Conocer tendencias poblacionales (Zamudio & Cifuentes-Sarmiento 2013).

A nivel nacional para 2011 se tenían 11,250 registros pertenecientes a 180 especies de 38 familias en 226 localidades de 23 departamentos (69% del territorio nacional) (RNOA 2013). Específicamente para humedales de la macrocuenca Magdalena-Cauca, a 2016 se tenían 13,312 registros de 145 especies pertenecientes a 34 familias registradas en 120 localidades, repartidos de forma heterogénea a través de la cuenca (5,535 registros en Valle vs. 24 en Huila) (Base de datos obtenida de Calidris, referenciada en

Cifuentes-Sarmiento & Castillo-Cortés 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017).

Tabla 13. Análisis DOFA del Censo Neotropical de Aves Acuáticas

<p>Fortalezas (+ interno)</p> <p>F1. Es una iniciativa donde los esfuerzos locales están apoyados por una red nacional, continental, e internacional.</p> <p>F2. Es un programa de monitoreo con objetivos claros a escala internacional (es parte del International Waterbird Census), continental (Censo Neotropical de Aves Acuáticas) y nacional (como iniciativa de la Red Nacional de Observadores de Aves).</p> <p>F3. Incluye una gran diversidad de ecosistemas acuáticos: humedales de interior, lagunas, madrevejas, represas, humedales costeros como planos lodosos, manglares, salinas, etc.</p> <p>F4. Hay estandarización y acuerdo en cuanto a los datos mínimos a registrar para cada especie.</p> <p>F5. La recolección de datos se basado en la participación de voluntarios por lo que requiere de una inversión baja de recursos para personal y equipos.</p> <p>F6. Los coordinadores por departamento agregan los registros de las aves acuáticas junto con los datos del ambiente y el humedal en formatos establecidos por Wetlands International.</p> <p>F7. Es un programa que se ha mantenido a largo plazo (2002-2019) y cuenta con amplia cobertura a nivel nacional.</p> <p>F8. Los datos recolectados están disponibles públicamente (estandarizados en el SiB hasta 2011, la base de datos de Calidris de ahí en adelante por solicitud).</p>	<p>Debilidades (- interno)</p> <p>D1. La cobertura por regiones es muy desigual, y la selección de sitios no obedece a criterios como representatividad o incluso prioridades de conservación.</p> <p>D2. Los censos se realizan únicamente en dos momentos del año, que no necesariamente se relacionan a la estacionalidad en cada localidad.</p> <p>D3. Hay mucha heterogeneidad en cuanto al método y esfuerzo de muestreo entre localidades y ocasiones (el método de censo difiere de acuerdo a la localidad y postulante pero se mantiene en todas las jornadas para una localidad).</p> <p>D4. Se requiere de un mejor entrenamiento y equipos para los voluntarios, con el fin de mejorar la calidad de los datos.</p> <p>D5. No hay continuidad de la información para algunas localidades, ya que esto depende enteramente de los voluntarios disponibles para organizar y llevar a cabo cada conteo.</p> <p>D6. No es claro cuáles son los procesos de control de calidad de los datos a lo largo de la cadena de gestión de la información (observador a coordinador de la jornada a coordinador regional a coordinador nacional a ONG internacional).</p> <p>D7. En la base de datos disponible públicamente no se incluyen las covariables del ambiente y el humedal.</p> <p>D8. En general ha sido un proceso poco visible fuera de audiencias especializadas porque la información generada se ha usado poco como insumo para la investigación y conservación de los humedales.</p>
<p>Oportunidades (+ externo)</p> <p>O1. Wetlands International se encarga de la coordinación y manejo de las bases de datos a nivel global con sus propios recursos, y adicionalmente otorga pequeñas becas de apoyo en países en vías de desarrollo para la construcción de capacidades.</p> <p>O2. El programa está vinculado a acciones de conservación locales a globales como: la convención Ramsar, las Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (AICAS), la convención sobre la conservación de las especies migratorias de animales silvestres (CMS), la Red Hemisférica de Reservas para Aves Playeras (RHRAP), y la elaboración de planes y estrategias de conservación, libros rojos, etc.</p> <p>O3. En la estrategia del IWC para 2015-2020 figuran estrategias para mejorar los CNAAs que incluyen expandir la cobertura, facilitar intercambios de datos, diseminar los resultados de forma más regular, incluir datos adicionales en los análisis poblacionales de aves acuáticas, aumentar la capacidad de entregar productos con más especies, más cooperación para</p>	<p>Amenazas (- externo)</p> <p>A1. Como la coordinación en cada país es ejercida de forma voluntaria por ONGs o individuos, los procesos suelen sufrir mucho con cambios de presupuesto, personal, prioridades institucionales etc.</p> <p>A2. La falta de fondos a largo plazo a nivel nacional y regional, que puede resultar en menor cobertura del programa.</p> <p>A3. Hay bajo impacto de los datos porque a pesar de estar disponibles públicamente, no parece haber muchos análisis complejos derivados de la información (o no se les hace seguimiento).</p> <p>A4. Es difícil hacer análisis integrados con datos de otros orígenes porque los formatos no tienen muchos metadatos asociados.</p> <p>A5. En la macrocuenca Magdalena-Cauca hace falta aumentar la red de actores involucrados para crear alianzas estratégicas entre organizaciones clave a nivel de macrocuenca (hasta ahora el énfasis ha sido departamental y por ende sujeto a la capacidad de las asociaciones de observadores de aves de cada departamento).</p>

conservación, estandarizar los datos geográficos, y aumentar los casos de aplicaciones de los datos.

O4. Dentro de los objetivos del IWC están las acciones sugeridas para: "apoyar mejoras en la toma de decisiones para la conservación de las aves acuáticas y los humedales a nivel nacional e internacional" y "construir la capacidad de las redes nacionales de monitorear sus aves acuáticas y humedales".

O5. Los CNAAs permiten priorizar el monitoreo en humedales importantes para las comunidades locales, independientemente de los criterios globales de conservación, y por lo tanto suelen incluir humedales bajo una gran diversidad de esquemas de gobernanza y grado de intervención.

5.3.3. Programa Manos al Agua-Gestión Inteligente del Agua

Los fenómenos climáticos extremos han tenido impactos considerables en la producción de diferentes actividades económicas, esto ha conducido a la creación de redes de monitoreo y manejo a nivel gremial que permiten aunar esfuerzos para enfrentar los crecientes desafíos de la variabilidad climática.

Una de estas iniciativas fue el Programa Manos al Agua-Gestión Inteligente del Agua, el cual se creó con el objetivo de impulsar un modelo de gestión inteligente del agua para el sector cafetero, al tiempo de aumentar su resiliencia y adaptabilidad frente a los fenómenos hídricos y climáticos. Este programa fue concebido dentro de una alianza público-privada en la que participó el Ministerio Holandés de Relaciones Exteriores, la Agencia Presidencial de Cooperación Internacional (APC Colombia), las compañías Nestlé y Nespresso, el centro de investigación y universidad holandesa Wageningen UR y el Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). Fue ejecutado por la Federación Nacional de Cafeteros (FNC).

El Programa trabajó a diferentes niveles:

- Nivel comunitario, más caficultores tendrán acceso a centrales de beneficio, que optimizan costos y mejoran el uso del agua.
- Nivel territorial, se mitigarán riesgos de erosión.
- Nivel de finca, más productores tratarán sus aguas residuales.

En sus 5 años de duración involucró a más de 11.000 familias cafeteras en 25 microcuencas de Antioquia, Caldas, Cauca, Nariño y Valle del Cauca, a las cuales se realizó transferencia de tecnologías para el buen uso del agua, el manejo de la contaminación en las fincas cafeteras, bioingeniería, restauración y monitoreo de los ecosistemas de las microcuencas.

En su página web reportan 4 campañas de muestreo para 25 microcuencas, con puntos en la parte alta y baja de la misma, para un monitoreo de 2 años sobre la calidad del agua. En ello incluyeron muestreos de perifiton y macroinvertebrados, además de las mediciones fisicoquímicas.

Tabla 14. Análisis DOFA del Manos al Agua

<p>Fortalezas (+ interno)</p> <p>F1. Es una iniciativa con un esquema multiescalar en sus niveles de gobernanza.</p> <p>F2. Sus objetivos son claros y tienen un impacto inmediato en las decisiones de manejo del gremio cafetero.</p> <p>F3. Cuentan con apoyo de profesionales especializados en CENICAFE para el monitoreo comunitario.</p> <p>F4. Hay estándares en métodos de campo y procesamiento de datos.</p> <p>F5. El diseño de estaciones de monitoreo estuvo concebido considerando las presiones y acciones de manejo de las mismas.</p>	<p>Debilidades (- interno)</p> <p>D1. La ausencia de participación de entes territoriales debilitó la continuidad de la estrategia.</p> <p>D2. La frecuencia de censos fue muy reducida, lo que puede generar manejos inadecuados.</p> <p>D3. La recolección de datos no se basa en voluntarios por lo cual su sostenibilidad financiera se vio comprometida.</p> <p>D4. Se requiere de un mejor entrenamiento y equipos para los voluntarios, con el fin de mejorar la calidad de los datos.</p> <p>D5. No hay acceso a los datos por lo cual no se puede integrar a otros análisis.</p> <p>D6. Los objetos de monitoreo de biodiversidad acuática están limitados a macroinvertebrados y algas.</p> <p>D7. No está en funcionamiento el programa.</p>
<p>Oportunidades (+ externo)</p> <p>O1. La institucionalidad colombiana se encuentra en proceso de ordenar el recurso hídrico por lo cual el programa podría reactivarse articulándose con las autoridades locales y regionales. Y apoyar en ese sentido el cumplimiento de POMCA y PORH.</p> <p>O2. El programa puede vincularse a iniciativas internacionales como Wetlands International, Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO, el apoyo al Centro de Desarrollo Sostenible para América Latina para apoyar la implementación del Objetivo 6 de la Agenda 2030.</p>	<p>Amenazas (- externo)</p> <p>A1. Es necesaria la integración de las redes de monitoreo a nivel local, regional y macrocuenca para amentar la capacidad de respuesta y manejo e entidades públicas y privadas.</p>

5.4. Actores del monitoreo

Con respecto a los actores participes en las iniciativas identificadas, el 36% corresponde a los actores vinculados a los institutos de investigación, la academia u ONG's. Se resalta la participación de las Universidades de Antioquia y la Universidad del Magdalena. Se identificaron iniciativas lideradas por fundaciones como la Fundación Humedales, Fundación Omacha, Pro-Cat, entre otras. Se resalta también la participación de empresas y gremios con el 19% de las iniciativas, siendo las empresas encargadas de la generación de energía quienes están a cargo de gran parte de estas. Los otros actores relacionados son el grupo Prodeco, Empresas Públicas de Medellín y la Empresa de Acueducto de Bogotá. Con respecto a las instituciones del estado, se encontró el liderazgo de distintas corporaciones regionales, institutos de investigación, Parques

Nacionales y la Autoridad Nacional de Pesca, haciendo parte del 33% de las iniciativas. La comunidad local representa el 6%, sin embargo, se podría pensar que este dato se encuentra subestimado debido a la creciente tendencia de implementación y participación en monitoreos comunitarios, que al ser locales se dificulta su identificación desde la metodología utilizada en el presente estudio.

La cooperación internacional representa una participación del 6%, lo cual también podría ser una aproximación subestimación de la participación de este actor dentro de las iniciativas, ya que es el principal musculo financiero y movilizador de estrategias de gestión de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos en Colombia (Peña *et al.* 2016), como es el caso de GIZ.

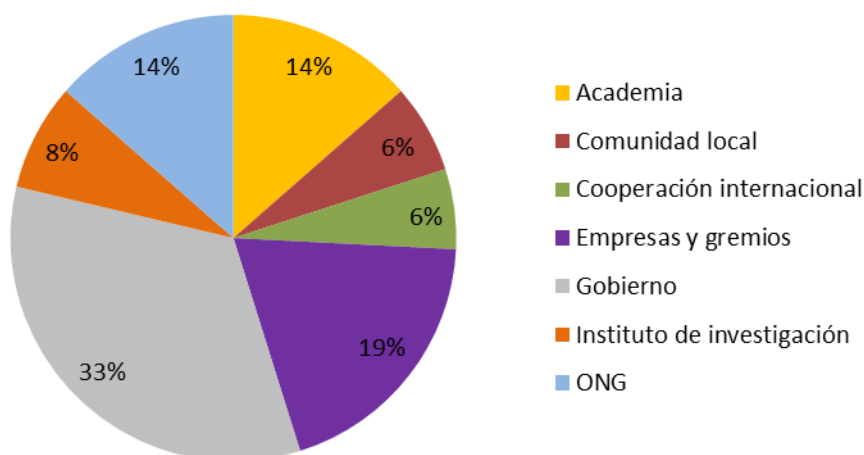


Figura 13. Distribución de las categorías de actores de acuerdo a las iniciativas de monitoreo

Las estrategias de monitoreo llevados a cabo por institutos de investigación y las CAR's integrantes del SINA responden a objetivos enmarcados en su naturaleza y quehacer misional, buscando así la generación de pautas para la implementación de diferentes estrategias de manejo y conservación de la biodiversidad, planes de acción y gestión ambiental (Vallejo y Gómez 2017). Este actor trabaja generalmente por medio de convenios con otros actores, especialmente con ONG's y universidades.

El trabajo de las ONG's es muy importante como apoyo al desarrollo de las iniciativas a nivel local y regional, interrelacionándose con actores gubernamentales como las CAR's, la academia y las empresas privadas. Hay tanto ONG internacionales como nacionales, con distintos niveles de incidencia, las que más sobresalen son labor de la Fundación Humedales con su incidencia sobre el monitoreo de cuerpos de agua, WCS con el programa de Monitoreo de la Pava Vallecaucana, la Fundación Calidris que desarrolla cinco programas de monitoreo, la Fundación Omacha con el programa de monitoreo de mamíferos acuáticos como el manatí y las nutrias. Este actor se caracteriza por la alta capacidad de movilización y operativización de iniciativas, además tiene



una alta capacidad de trabajo con comunidades locales, entre ellos pescadores, comunidades indígenas y afros.

La empresa privada, especialmente las generadoras de energía ISAGEN, EMGESA, CELSIA deben realizar monitoreos en sus sitios de operación, supervisados por la ANLA y las CAR's, en marco de procesos de licenciamiento y compensación ambiental. Prodeco es otro ejemplo de la realización de monitoreos de poblaciones de especies y de la recuperación de los ecosistemas degradados como consecuencia del aprovechamiento minero.

Vallejo y Gómez (2017) recomiendan incluir la participación de los siguientes actores clave de acuerdo a la clasificación definida en la PNGIBSE:

- Elaboradores y administradores de la política ambiental (MADS, CAR'S, autoridades ambientales urbanas y gobiernos departamentales y municipales, entre otros).
- Usuarios directos e indirectos de la biodiversidad y sus servicios como las ONG, los sectores económicos, comunidades locales, entre otros.
- Organismos reglamentarios como el DNP, DANE y Colciencias, además de entes de control.
- Generadores de conocimiento como los institutos de investigación nacionales, jardines botánicos, universidades y academia y otros centros de investigación.

Esta diversidad de actores, juegan distintos roles dentro del desarrollo de las iniciativas de monitoreo, para lo cual es fundamental que exista cooperación y colaboración mutua, para que los participantes puedan cumplir con sus distintas necesidades e intereses, llegando a un monitoreo asertivo que logre la gestión integral tanto de la biodiversidad como sus servicios ecosistémicos.

Dada la identificación y categorización de los actores se logra identificar su papel en el ciclo del monitoreo, a continuación, se muestra el ciclo de monitoreo y la identificación de los principales actores relevantes según fase del ciclo. Posteriormente se diferencian a los actores según el liderazgo y la participación en las estrategias de monitoreo.

- **Actores según su papel en el ciclo de monitoreo**

Considerando la categorización presentada por Vallejo y Gómez (2017) se analizó el rol de los actores en la iniciativa identificadas. Se encontró que la participación de los organismos reglamentarios y entes de control no es clara ya que no son mencionados explícitamente. De acuerdo a las misiones de estas entidades se puede concluir que el DNP tiene un papel relevante en la fase de necesidades de información necesaria para la formulación de políticas, mientras que el DANE es importante en la fase de análisis e

interpretación, indicadores de estado y tendencias, y divulgación. Colciencias por su parte está ligada a procesos de formulación de las iniciativas, como gestora del conocimiento y viabilizadora de recursos, además de incentivar mecanismos de divulgación que contribuyan a completar los vacíos de conocimiento existentes sobre el medio ambiente y la biodiversidad. Además, los entes de control como las Contralorías, dentro del ciclo de monitoreo contribuye a la fase de necesidades de información para evaluar los instrumentos de política pública ambiental y garantizar el deber constitucional del Estado de proteger la diversidad e integridad del Medio Ambiente. La contraloría también hace parte fundamental de la fase de análisis e interpretación y divulgación, teniendo como resultados el informe sobre el estado de los recursos naturales y el medio ambiente.



Figura 14. Los actores dentro del ciclo del monitoreo científico.

• **Actores líderes**

Los actores líderes tienen la capacidad de generar alianzas con otros actores para la implementación de la iniciativa. Son actores caracterizados por una alta gestión de recursos y son quienes deben implementar iniciativas de monitoreo debido a la intervención que realizan en el territorio (Sector hidroeléctrico, sector mineo, o son quienes dentro de su función misional tienen la labor de monitorear el estado de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos. De las iniciativas identificadas el 31% son lideradas por empresas y gremios como ISAGEN S.A, Ecopetrol, la federación Nacional

de Cafeteros, entre otros. “Manos al agua-Gestión inteligente del agua” es un claro ejemplo del liderazgo de las empresas en iniciativas de monitoreo, que tiene como propósito habilitar y mejorar los sistemas para la cooperación intersectorial, para enfrentar los desafíos del desbalance hídrico para el sector cafetero y su cadena de valor.

Apenas el 27% de las iniciativas son lideradas por las ONG’s, institutos de investigación y academia, donde se destaca iniciativas como la de “InvBasa Aplicación móvil para el monitoreo participativo de especies invasoras” desarrollada por la universidad nacional de Colombia, y el Censo Neotropical de Aves Acuáticas liderada por la Asociación Calidris.

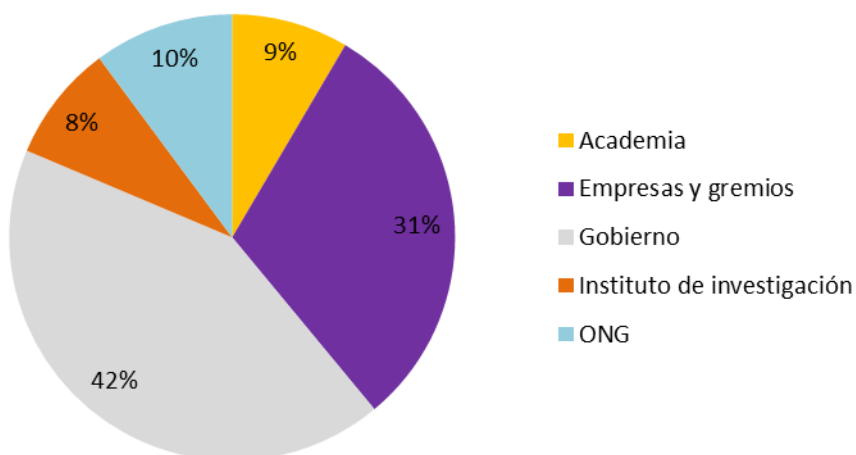


Figura 15. Distribución del liderazgo de las iniciativas por categoría de actor

El 42% son lideradas por gobierno, desde las directrices de las CAR's y las autoridades ambientales. Cabe resaltar el papel del IDEAM, el cual acorde al artículo 2.2.8.7.1.15, numeral 7 del Decreto 1076 del 26 de mayo del 2015, tiene como función prestar apoyo científico al SINA, así como “*planificar, diseñar, construir, operar y mantener las redes de estaciones o infraestructuras hidrológicas, meteorológicas, oceanográficas, mareográficas, de calidad de aire y agua o cualquier tipo, necesarias para el cumplimiento de sus objetivos*”. Por este motivo esta es una entidad rectora que brindaría directrices en actuales y futuras estrategias de monitoreo, especialmente sobre los recursos hídricos, ya que a su cargo se encuentra el Sistema de Información del Recursos Hídrico SIRH⁵, brindando así información a usuarios en el sector productivo nacional, autoridades ambientales regionales y locales, sector de prevención y atención de desastres y comunidad en general (MADS 2018).

⁵ El Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH): Es el conjunto de elementos que integra y estandariza el acopio, registro, manejo y consulta de datos, bases de datos, estadísticas, sistemas, modelos, información documental y bibliográfica, reglamentos y protocolos que facilitan la gestión integral del recurso hídrico (Artículo 2.2.3.5.1.2 del Decreto 1076 del 26 de mayo del 2015; Decreto 1323 de 2007, artículo 2o)

- **Actores clave en la participación**

Son actores caracterizados por la capacidad de operativizar las iniciativas en el territorio, ya que cuentan con la capacidad de trabajo en campo, apoyo conceptual y metodológico, además de participar en alguna fase del ciclo de monitoreo. De las iniciativas identificadas, la participación del gobierno representa el 29%, constituido en las alianzas que se construyen con otros actores como el productivo y la conformación de mesas interinstitucionales para la aplicación de iniciativas con replicabilidad a nivel local y nacional, garantizando la solidez institucional que requiere la iniciativa. La participación de la academia y las ONG's se representa en el 32% de las iniciativas, como aliados estratégicos bajo la modalidad de convenios y contratos.

La cooperación internacional representa el 9% de la participación, siendo clave en la financiación de las mismas, como en el caso de la iniciativa de Monitoreo de las condiciones ambientales durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta, activa desde el año 1993.

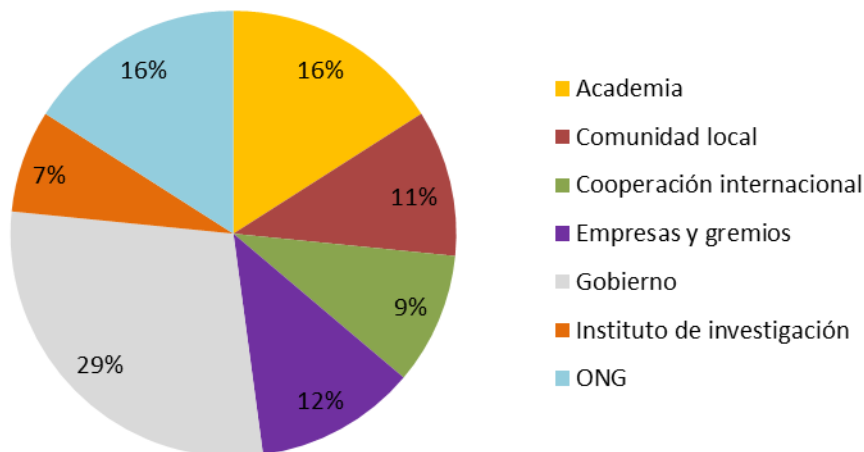


Figura 16. Distribución de la participación en las iniciativas por categoría de actor

Los pescadores, desde su papel comunitario y productivo, han participado de diferentes iniciativas de monitoreo del recurso pesquero, como la iniciativa que se encuentra activa en la zona media del Magdalena "Conservación y manejo del bagre rayado *Pseudoplatystoma magdaleniatum* a través de procesos comunitarios", donde participan pescadores de Bocas de Carare, San Rafael de Chucurí y Barrancabermeja. Debido a las limitaciones de este estudio no es posible analizar con detalle el papel de la comunidad local en estas estrategias. Sin embargo, se considera necesario lograr una mayor participación de las comunidades locales en el diseño y desarrollo de iniciativas de evaluación de la biodiversidad, ya que las experiencias de monitoreo participativo logran en la comunidad mayor apropiación frente a la iniciativa, llegando a una co-gestión de los recursos naturales a nivel local que beneficia a las comunidades y a los demás actores del territorio, superando así las limitaciones de presupuesto y continuidad en el tiempo, comunes en la mayoría de las iniciativas donde no existe apropiación.

5.5. Conclusiones

Dentro de la revisión de información realizada existe la dificultad de identificar la vigencia y resultados de los proyectos de monitoreo, ya que los documentos disponibles en su mayoría muestran las generalidades de las estrategias y su formulación mas no de su seguimiento. Las estrategias de monitoreo locales gestionadas por comunidades son escasas en la presente identificación, debido a las limitaciones de la metodología de recolección de información. Sin embargo, se encontraron algunas que denotan el papel fundamental de las comunidades y asociaciones locales ha sido determinante para la etapa de recolección de datos al estar permanentemente en el territorio, estando su trabajo direccionado por las organizaciones no gubernamentales y universidades, en especial los relacionados con el recurso pesquero.

Con respecto a la ubicación y escala, la mayoría de estrategias de monitoreo se localizan en la zona media y baja de la Macrocuena posiblemente por el alto grado de transformación y deterioro ambiental de los ecosistemas acuáticos, además de ser zonas de alto aprovechamiento económico. En cuanto a las características de las iniciativas, es escasa la información disponible sobre las preguntas, la frecuencia, la modalidad y el alcance de los objetivos de monitoreo que se persiguen, lo cual no permite concluir con mayor detalle sobre la incidencia de estos aspectos sobre el éxito o fracaso de la iniciativa.

En general, se podrían iniciar pilotos de articulación institucional para el sistema de monitoreo con una mayor probabilidad de éxito, en los departamentos con presencia de mayores estrategias de monitoreo: Antioquia y Magdalena. Esto es debido a que dichas iniciativas giran en torno a distintos cuerpos hídricos y su biodiversidad asociada principalmente a ciénagas y ríos, a que dichas áreas poseen una mayor cantidad de iniciativas de monitoreo vigentes, y que adicionalmente cuentan con actividades de cooperación y sinergias entre entidades públicas, privadas, academia y ONGs.

Particularmente, Antioquia podría ser el punto de partida. La autoridad ambiental Corantioquia cuenta con la red Piragua de monitoreo meteorológico, limnimétrico y de calidad de aguas plenamente conformado, con amplia cobertura geográfica, articulación con monitoreo comunitario, cuentan con mecanismos diversificados para la toma de datos, registro y disponen de un sistema de información donde depositan la información obtenida. Corantioquia constituye un actor líder, el cual está articulado con universidades locales para soporte técnico, identificación de fitoplancton, zooplancton y macroinvertebrados como son: Universidad de Antioquia, Universidad Nacional sede Medellín y Universidad Católica de Oriente. Se apoyan también con algunas ONGs para trabajo comunitario en complejos cenagosos. Ellos cierran el ciclo de monitoreo con evidencia del servicio de datos de Piragua en la toma de decisiones por parte de



actores locales como bomberos, alcaldías y comunidad en general, reflejados en su uso para gestión del riesgo a nivel predial y el desarrollo de proyectos comunitarios.

Por su parte, esas mismas universidades en Antioquia participan como actores clave al operativizar las iniciativas en el territorio y ser el punto de anclaje entre el sector público y privado. De manera que sostienen convenios con otras autoridades ambientales del departamento como son Área Metropolitana y Cornare. Adicionalmente, poseen sinergias con empresas privadas del área minero energética.

6. MODELOS CONCEPTUALES SOCIOECOLÓGICOS

6.1. Introducción

Un modelo es una abstracción de la realidad y se caracteriza por representar de la manera más sencilla esta realidad, según el objetivo de modelado (Wainwright y Mulligan, 2004). Por tanto, los modelos conceptuales son una herramienta muy utilizada para sintetizar y transmitir conocimiento sobre la dinámica de sistemas ambientales, sus componentes principales y las relaciones que existen entre estos (Gross, 2003). Dada la alta complejidad de los sistemas ambientales, estos modelos son de gran ayuda para comprender las dinámicas de sistemas al momento de proponer un plan de monitoreo. Estos modelos, son herramientas útiles para identificar indicadores y variables que deben ser incorporadas en los sistemas de monitoreo para planear acciones de manejo y evaluar su efectividad. La elaboración participativa de los modelos conceptuales, de los principales componentes y procesos socio-ecológicos permite hacer una mejor identificación y priorización de preguntas de investigación para direccionar el sistema de monitoreo de acuerdo a las necesidades de información en la región.

Según Gross (2003), un modelo conceptual permitirá:

1. Articular procesos y variables importantes.
2. Contribuir al entendimiento de interacciones entre procesos y dinámicas del sistema.
3. Identificar relaciones clave entre motores, estresores y respuestas del sistema.
4. Facilitar la selección y justificación de las variables del monitoreo.
5. Facilitar la evaluación de los datos del programa de monitoreo.
6. Comunicar claramente la dinámica de los procesos a audiencias técnicas y no técnicas.

Con el objetivo de analizar a una escala local los sistemas socio-ecológicos se han planteado las Evaluaciones Regionales de Biodiversidad (ERB), las cuales son una herramienta que permite poner en un contexto regional todos los elementos que caracterizan la biodiversidad como un sistema (composición, estructura y función) y sus niveles de organización (genes, poblaciones, comunidades y ecosistemas), con el fin de evaluar su condición en un momento dado y modelar las tendencias de su comportamiento mediante análisis espaciales y modelos estadísticos (Londoño y Vallejo 2017).

Para la implementación de las ERB se inicia con talleres regionales en donde se generan los insumos para la construcción de un modelo conceptual (Figura 16), luego se parte del modelo para identificar las variables e indicadores y posteriormente se diseña el programa de monitoreo como poder coleccionar de manera regular y sistemática las

variables e indicadores identificados. En esta sección del documento presentaremos los métodos y resultados de la generación del modelos y la selección de indicadores.

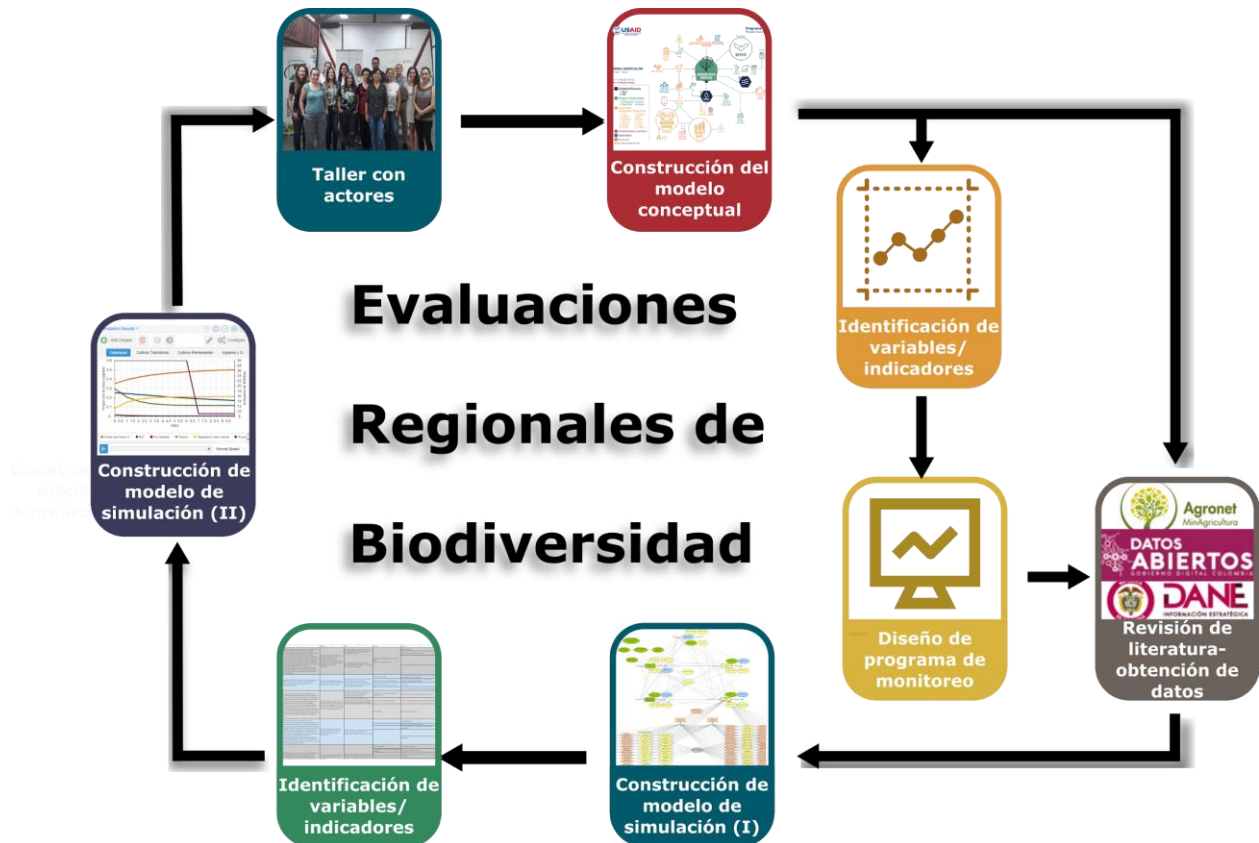


Figura 17. Pasos para la implementación de las Evaluaciones Regionales de Biodiversidad.

Las ERB también se han implementado en otros proyectos con el objetivo de comprender mejor las dinámicas de transformación del bosque y pérdida de la biodiversidad. Se han realizado talleres con la comunidad en cuatro localidades de Montes de María y tres municipios de Putumayo. Los primeros talleres fueron parte de un proyecto con el programa Riqueza Natural, financiado por USAID y los últimos hicieron parte de una consultoría para la empresa Gran Tierra Energy. Este ejercicio ha permitido plasmar de una forma gráfica y resumida las problemáticas que se presentan alrededor del bosque y cómo interactúan con otros factores del sistema.

6.2. Metodología

Siguiendo la hoja de ruta propuesta para realizar las Evaluaciones Regionales de Biodiversidad (Londoño y Vallejo 2017), la primera etapa consistió en construir un modelo donde se vean reflejadas todas las problemáticas regionales que afectan la biodiversidad y que posteriormente pueda ser sintetizado bajo el marco de referencia de Presión, Estado, Respuesta y Beneficio (PERB) (Sparks *et al.* 2011) (Figura 17). Este marco sirve como referencia para las discusiones sobre los elementos del sistema, su

estado y cómo están cambiando, los motivos por los que se están viendo afectados, qué beneficios brindan estos elementos y cuáles son las respuestas que se han generado frente a estas afectaciones. Este proceso se realizó mediante talleres con diversos actores y considerando cuatro paisajes: lagunas y humedales de alta montaña, canal principal y afluentes, complejo de ciénagas y estuarios, cuyas memorias se encuentran al final del documento (Anexo 9).



Figura 18. Modelo Presión-Estado-Respuestas-Beneficios (Sparks *et al.* 2011).

Una vez culminados los talleres, el equipo del proyecto y en consulta con el asesor internacional, construyó un modelo conceptual integrado de PERB que representa las distintos elementos identificados en los talleres y para los diferentes paisajes, generando una única representación gráfica de las situaciones que pueden ser objeto de monitoreo en la cuenca Magdalena-Cauca.

Con base en el modelo conceptual integrado se describieron trece narrativas que explican las relaciones entre los elementos del modelo y que se identifican en uno o varios paisajes.

Para cada narrativa el equipo del proyecto y en consulta con el asesor internacional realizó una primera selección de indicadores de Presión, Estado, Respuesta y Beneficio. Posteriormente se plantearon objetivos y metas para las diferentes narrativas y se revisó la correspondencia de los indicadores planteados, ajustando para cada narrativa una batería de indicadores priorizados para ser integrados en el sistema de monitoreo. Finalmente los indicadores priorizados se clasificaron por módulos de implementación del sistema, los cuales se describen en el capítulo 7.

6.3. Resultados

En el anexo 7 se presenta el modelo conceptual integrado de PERB para la cuenca Magdalena-Cauca. Cada número corresponde a una narrativa que describe las relaciones entre los elementos del modelo, cada letra relaciona los indicadores PERB seleccionados.

A continuación se describe cada narrativa, se proponen los paisajes en donde se presentan las relaciones descritas en ellas, unas metas y objetivos deseables para la conservación de la cuenca con base en las problemáticas identificadas en cada narrativa y una batería de indicadores necesarios para monitorear la evaluación de las problemáticas en el tiempo.

1. Uso del agua para actividades agropecuarias

Cauce principal y afluentes: Las actividades agrícolas realizan captación de agua, afectando el caudal ecológico necesario para el mantenimiento de procesos reproductivo y disponibilidad de hábitat que afecta la biodiversidad acuática y la disponibilidad del recurso para actividades económicas y domésticas a lo largo de la cuenca.

Estuarios: En particular, las lagunas estuarinas actúan como zonas de alevinaje y alimentación de diversas especies dulceacuícolas y estuarinas; albergan una gran parte de los bosques de manglar los cuales protegen las costas de la erosión y las marejadas causadas por los huracanes, además de retener sedimento entre sus raíces. El funcionamiento ecológico de este ecosistema depende del suministro de agua dulce de sus afluentes que a menudo son desviados para la captación de agua para cultivos de pastos, palma, arroz y banano.

Objetivo: Mantener el caudal ambiental permitiendo el mantenimiento de la biodiversidad acuática así como el desarrollo de actividades económicas y domésticas.

Metas:

- i) El caudal ambiental se mantendrá dentro de los niveles de referencia para los afluentes y drenaje principal de la cuenca.
- ii) La categoría de IUA para las diferentes unidades espaciales de análisis se mantienen entre “bajo” y “moderado”.

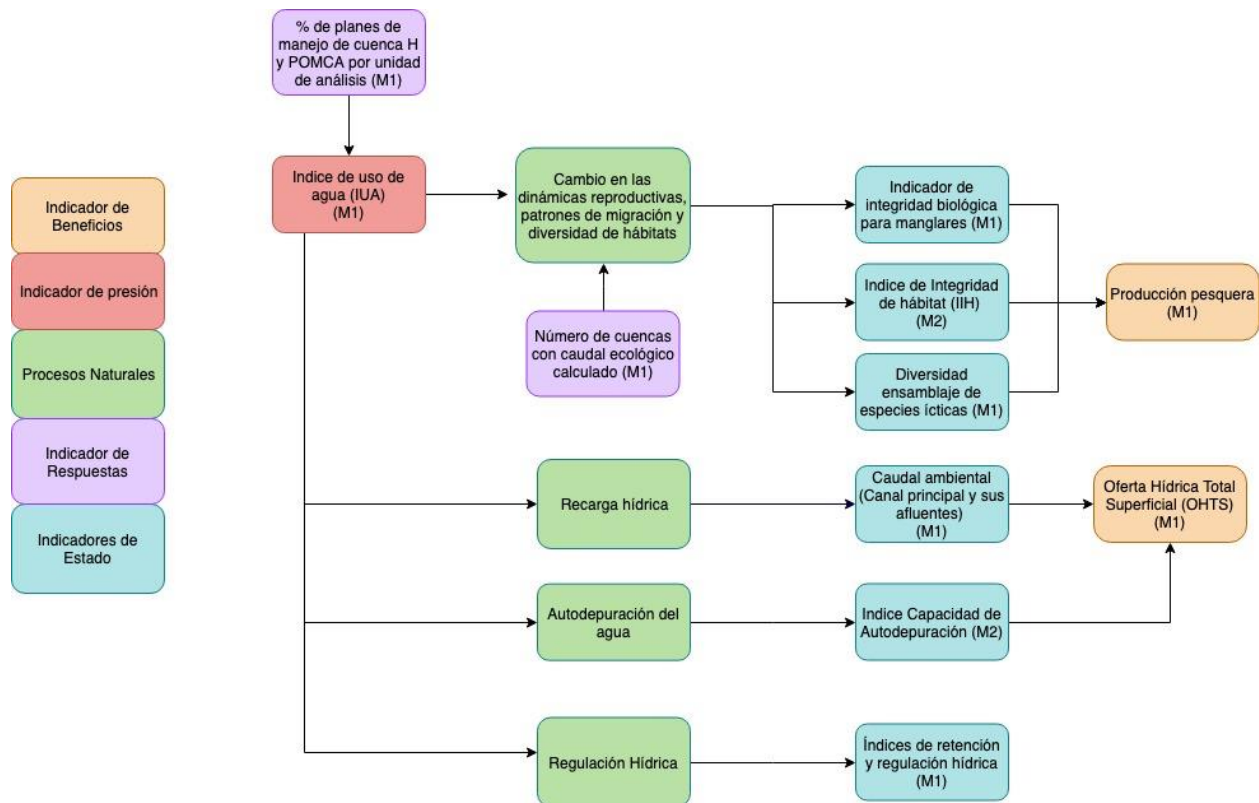


Figura 19. Diagrama conceptual de la relación entre los indicadores de presión, estado, respuesta y beneficios para las relaciones asociadas con el uso del agua para actividades agropecuarias. Entre paréntesis para cada indicador se indica el módulo al cual se asocia para su implementación.

2. Calidad del agua y actividades económicas

Alta Montaña, y cauce principal y sus afluentes: Las actividades económicas, principalmente las agropecuarias y mineras (hidrocarburos y oro) desarrolladas en la alta montaña y en el cauce principal y sus afluentes, alteran la calidad del agua afectando el mantenimiento de la biodiversidad y los ecosistemas dulceacuícolas, teniendo repercusiones en la salud y bienestar humano en los cuatro paisajes estudiados. Adicionalmente los cultivos de uso ilícito generan contaminación en fuentes hídricas por agroquímicos (glifosato).

Objetivo: Mantener la calidad de agua para el mantenimiento de la biodiversidad y los ecosistemas dulceacuícolas.

Metas:

- i) Los valores de ICA se mantiene en el nivel "aceptable" o en un nivel de mejor calidad.
- ii) El índice de bioacumulación se mantiene constante e inicia su reducción en los

próximos 10 años.

iii) La incidencia de enfermedades diarreicas agudas disminuye con respecto a los valores de 2017.

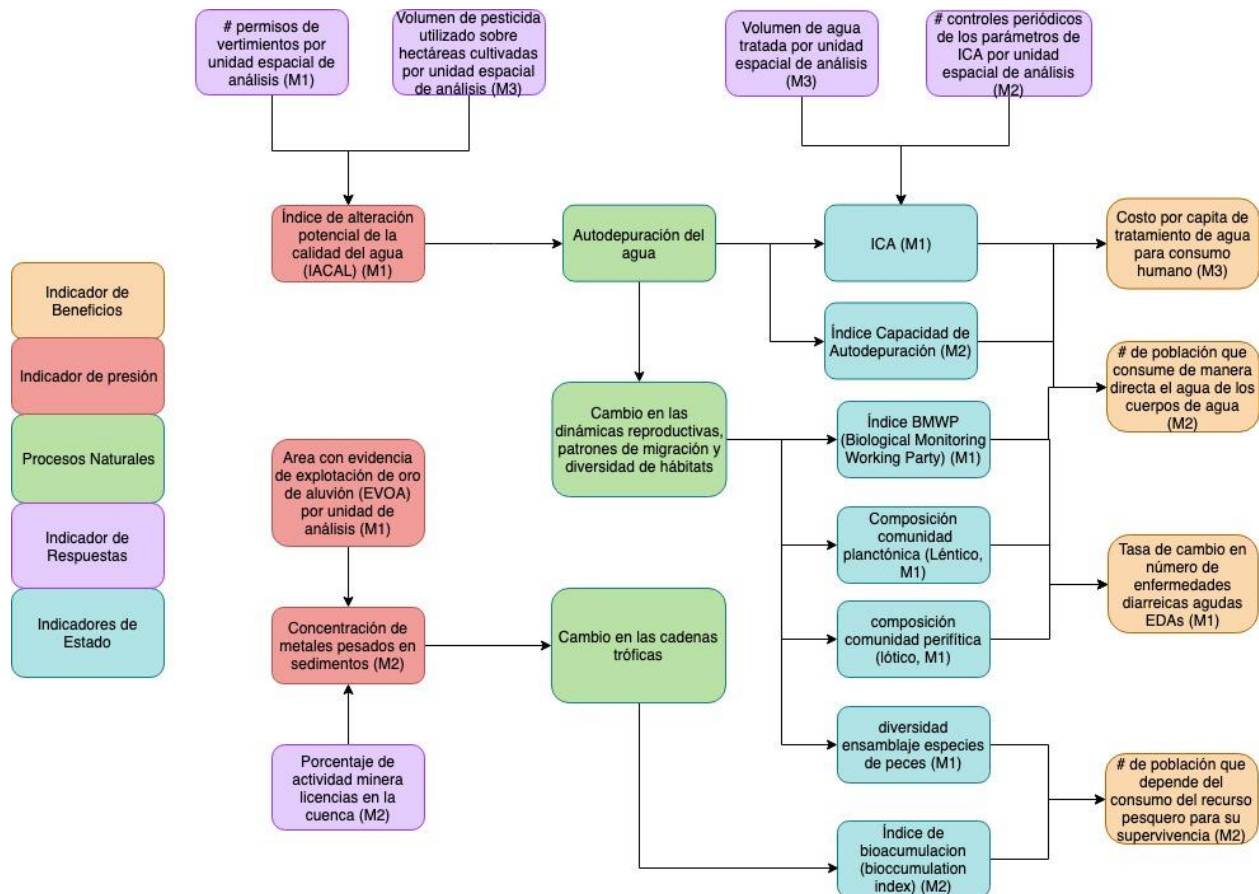


Figura 20. Diagrama conceptual de la relación entre los indicadores de presión, estado, respuesta y beneficios para las relaciones asociadas con la contaminación del agua para actividades agropecuarias y mineras. Entre paréntesis para cada indicador se indica el módulo al cual se asocia para su implementación.

3. Cambio de cobertura por actividades productivas

Cauce principal y sus afluentes: Las actividades productivas y extractivas, principalmente agropecuarias y mineras (lícitas e ilícitas) están transformando las coberturas de los ecosistemas naturales lo que afecta los procesos ecológicos y la dinámica de los ecosistemas dulceacuícolas. En el cauce principal y sus afluentes la pérdida de cobertura natural aumenta los niveles de erosión del suelo y cambian las dinámicas de sedimentos en los cuerpos de agua, además reduce el hábitat disponible para especies de vertebrados terrestres asociados con cuerpos de agua.

Ciénagas: De manera específica las ciénagas son ecosistemas fundamentales como

zonas de alta productividad primaria y para el alevinaje para especies de peces de importancia comercial, a su vez actúan como áreas de regulación hídrica, reteniendo el agua durante épocas de lluvias, y liberándola durante la épocas de sequía; estos ecosistemas son desecados para aumentar el territorio de siembra o forrajeo en el caso de la ganadería, reduciendo la disponibilidad de estas salacunas y la capacidad del río de amortiguar los cambios en el régimen hidrológico.

Objetivo: Reducir y mitigar los impactos de las transformaciones de los ecosistemas terrestres en la dinámica natural de los procesos ecológicos y la dinámica de los ecosistemas dulceacuícolas.

Metas:

i) Las coberturas naturales se mantienen o aumentan a partir de los niveles de referencia presentes en 2017.

ii) La tasa media anual de sedimentos en suspensión (TSS) se mantiene o disminuye a partir de los valores de referencia de 2017.

iii) La diversidad de hábitats ribereños y su biodiversidad asociada muestra un aumento con los próximos 10 años.

iv) La restauración de las áreas naturales de ronda hídrica, así como la conservación de las zonas de nacimiento de cuerpos de agua, aumenta hasta llegar al 100% de su cubrimiento.

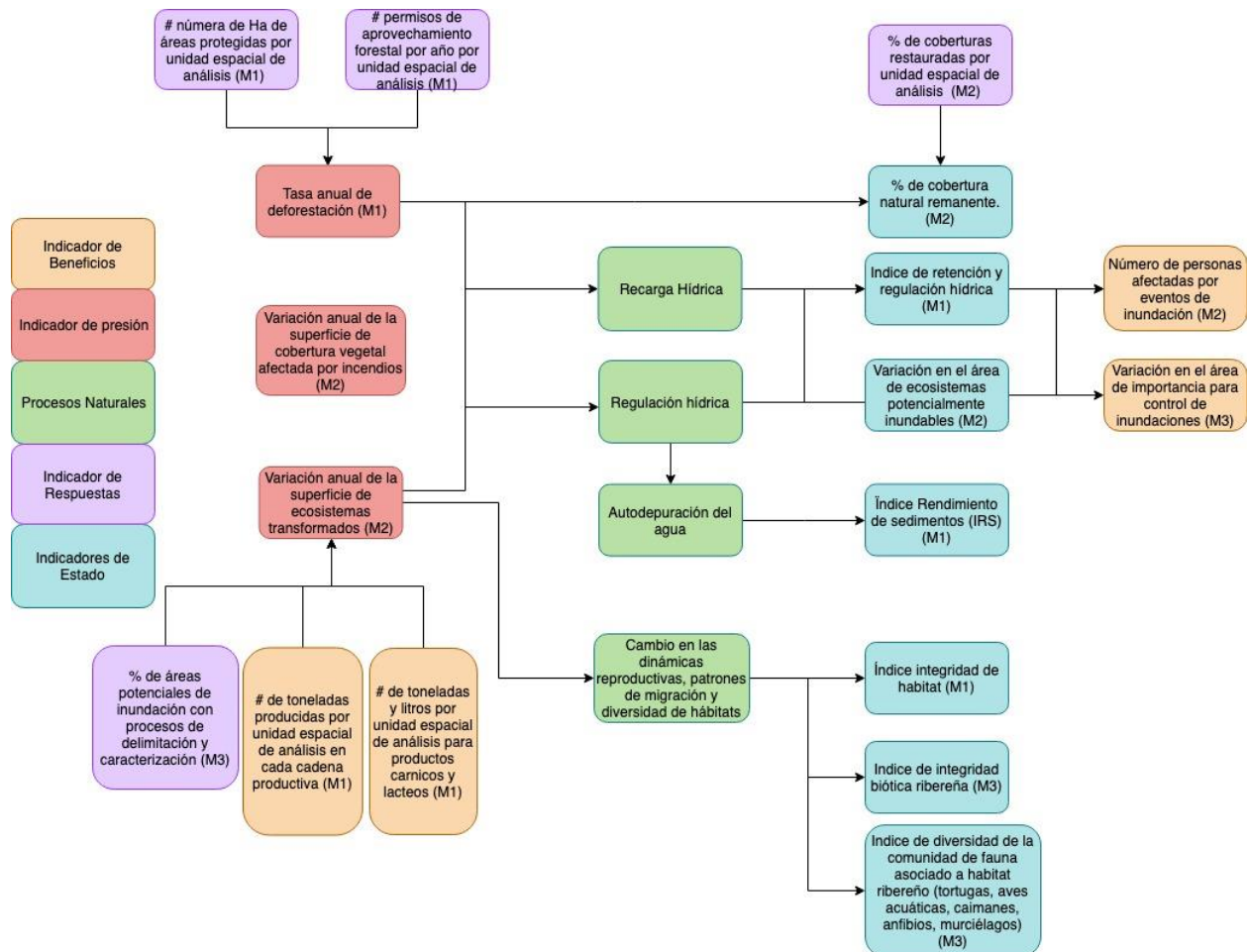


Figura 21. Diagrama conceptual de la relación entre los indicadores de presión, estado, respuesta y beneficios para las relaciones asociadas al cambio de cobertura vegetal por actividades productivas. Entre paréntesis para cada indicador se indica el módulo al cual se asocia para su implementación.

4. Obras de infraestructura

Cauce principal y sus afluentes: Las obras de infraestructuras asociadas con el sector energético, transporte y urbanización han generado pérdida de la conectividad fluvial (longitudinal y transversal), fragmentando los movimientos migratorios de especies de interés comercial y alterando el ciclo de vida de la biodiversidad dependiente de los pulsos hídrico. Los canales principales prestan un importante servicio de transporte, pero los proyectos de navegabilidad del río Magdalena pueden alterar más la conectividad fluvial y poner en riesgo la seguridad de los pobladores locales que se mueven en embarcaciones pequeñas. En general la pérdida de conectividad fluvial afecta poblaciones de peces de interés pesquero, frente a esta problemática se han tomado medidas de repoblamiento de especies sin los estudios poblacionales necesarios lo que ocasiona pérdida de diversidad genética en especies de interés pesquero.

Estuarios: Las lagunas estuarinas albergan una gran parte de los bosques de manglar los cuales protegen las costas de la erosión y las marejadas causadas por los huracanes. El funcionamiento ecológico de este ecosistema depende del suministro de agua dulce de sus afluentes que a menudo son afectados por la construcción de vías que desconectan el estuario con sus fuentes de agua dulce y salada.

Objetivo: Mantener poblaciones viables de especies de interés pesquero en áreas afectadas por proyectos de infraestructura.

Metas:

- i) El intercambio genético entre las poblaciones río arriba y río abajo se mantienen luego del establecimiento del proyecto hidroeléctrico.
- ii) La diversidad de hábitats se mantiene o mejora con respecto luego del desarrollo de las obras.

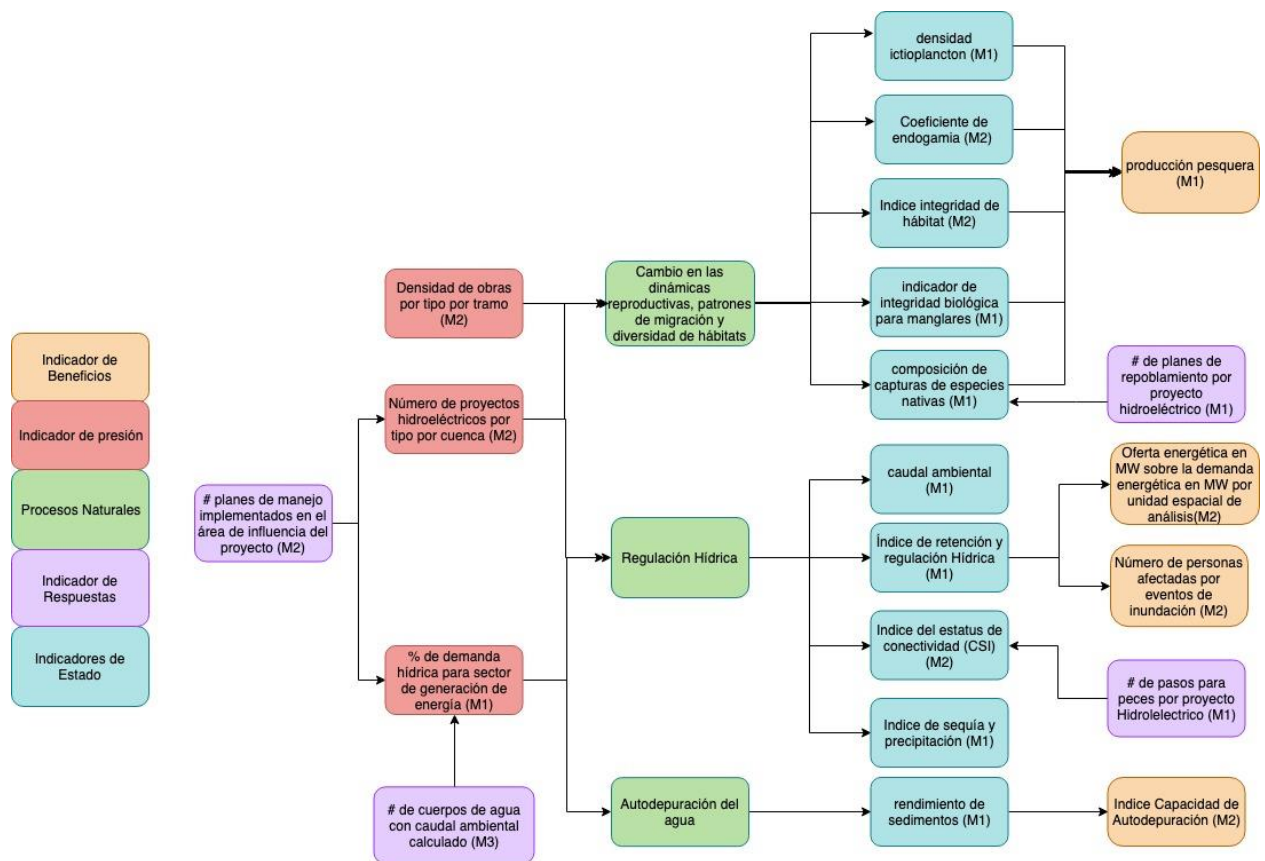


Figura 22. Diagrama conceptual de la relación entre los indicadores de presión, estado, respuesta y beneficios para las relaciones asociadas a las obras de infraestructura del sector energético, transporte y urbano. Entre paréntesis para cada indicador se indica el módulo al cual se asocia para su implementación.

5. Pesca

Canal principal y sus afluentes, ciénagas y estuarios: Las actividades pesqueras usan artes de pesca inadecuadas, se hacen en temporadas de veda o no se respetan las tallas mínimas de las especies, lo cual afecta las poblaciones de especies nativas de interés comercial. En especial las siguientes especies: Bagre rayado en las áreas de Nechi y Cáceres, el Pataló en el río la Miel y el Bocachico.

Objetivo: Las comunidades locales realizarán un manejo adecuado del recurso pesquero.

Metas:

- i) Los índices de diversidad íctica asociada a especies nativas de interés pesquero evidencian un incremento en los próximos 10 años.
- ii) La media de la talla de los individuos de la fauna íctica asociada a especies nativas de interés pesquero evidencia un incremento en los próximos 10 años.

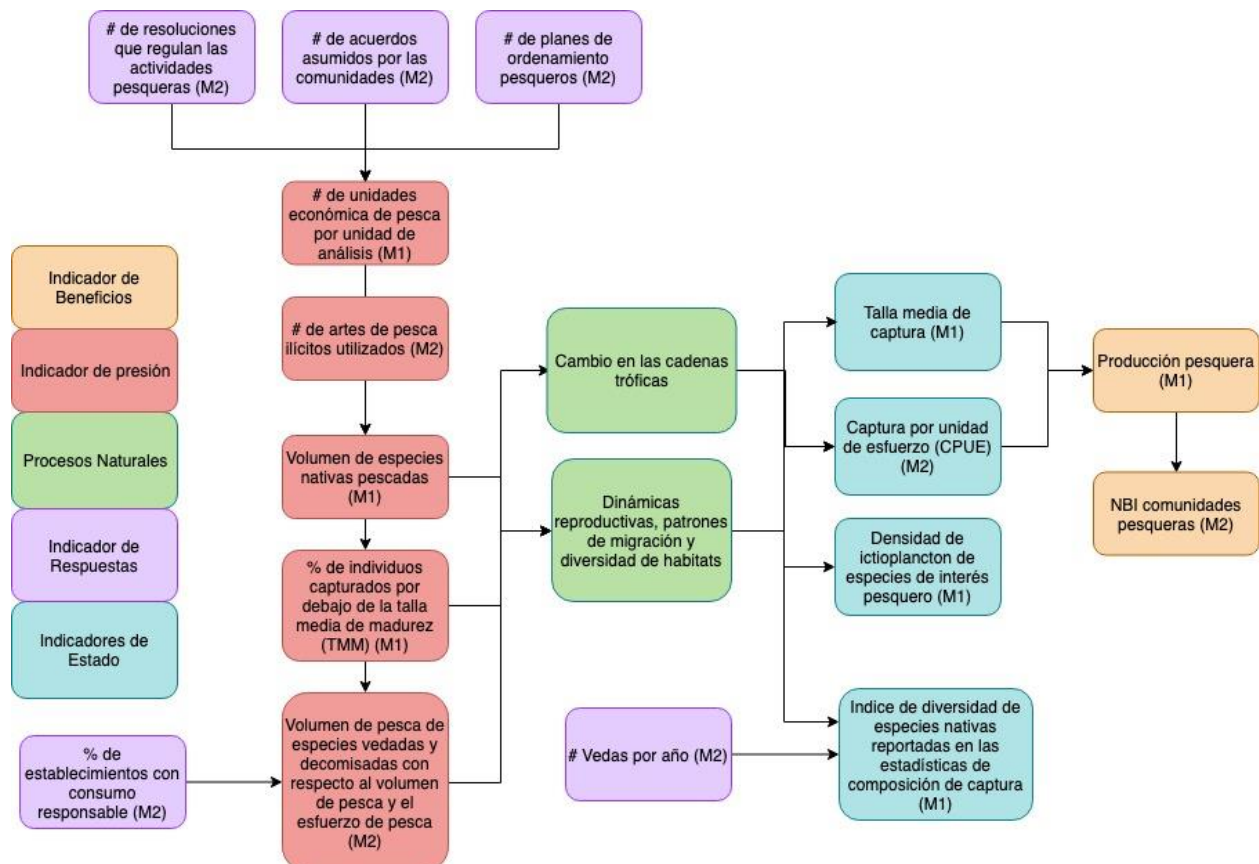


Figura 23. Diagrama conceptual de la relación entre los indicadores de presión, estado,

respuesta y beneficios para las relaciones asociadas a la pesca. Entre paréntesis para cada indicador se indica el módulo al cual se asocia para su implementación.

6. Especies exóticas y trasvasadas

Alta montaña, cauce principal y sus afluentes: Las actividades de piscicultura que usan especies exóticas o trasvasadas introducen estas especies en los ecosistemas naturales, afectando las dinámicas ecológicas y poniendo en riesgo las poblaciones de especies nativas de interés comercial.

Objetivo: Controlar y reducir las poblaciones de especies piscícolas exóticas que fueron liberadas, accidental o intencionalmente, a los ecosistemas naturales.

Meta:

i) Las poblaciones de especies piscícolas exóticas en "vida libre" muestran una reducción en su tamaño en los próximos 10 años.

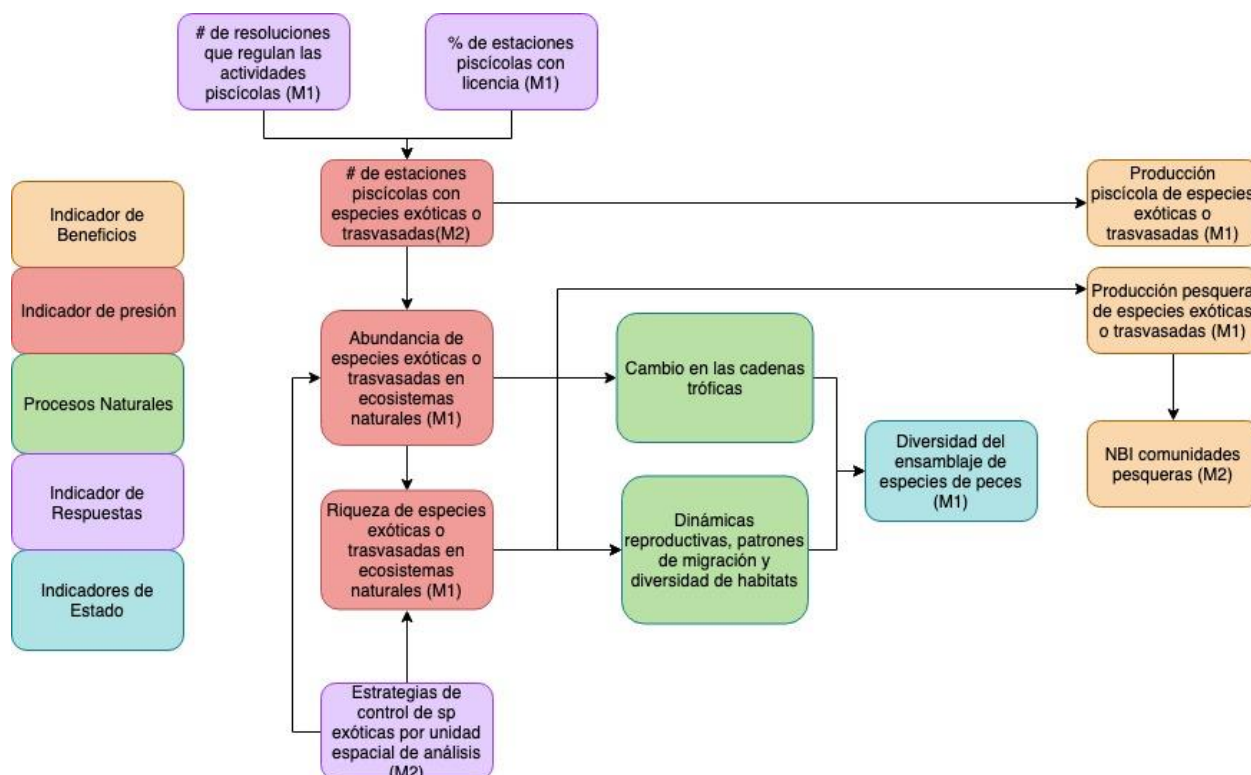


Figura 24. Diagrama conceptual de la relación entre los indicadores de presión, estado, respuesta y beneficios para las relaciones asociadas a la introducción de especies exóticas y trasvasadas a ecosistemas naturales. Entre paréntesis para cada indicador se indica el módulo al cual se asocia para su implementación.



7. Ciudades y agua

Cauce principal y sus afluentes: El río es el principal oferente de agua para consumo humano. Los cascos urbanos dependen del agua que provee la cuenca pero a su vez generan gran cantidad de vertimientos en los ríos Cauca (Popayán y Cali), y Magdalena (Bogotá). El Río presenta un beneficio importante en el transporte de aguas residuales y depuración de vertimientos y los centros urbanos han hecho un esfuerzo importante en el tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, la presión por contaminación es cada vez mayor, el número de habitantes crecen y las actividades productivas aumentan interviniendo el río, afectando la capacidad de autodepuración y poniendo en riesgo el servicio ecosistémico de provisión de agua. Adicionalmente, el conflicto armado ha ocasionado desplazamientos humanos que generan presión por recursos naturales en nuevas áreas (nuevos asentamientos humanos) o crecimiento urbano no planeado.

Objetivo: Asegurar el continuo suministro del recurso hídrico para el consumo humano a su vez que se mantiene su calidad para el mantenimiento de la biodiversidad y los ecosistemas dulceacuícolas.

Metas:

- i) La infraestructura para el tratamiento de las aguas residuales domésticas es adecuada y suficiente para retornar los valores de ICA a el nivel "aceptable" o mejor.
- ii) La restauración de las áreas naturales de ronda hídrica, así como la conservación de las zonas de nacimiento de cuerpos de agua, aumenta hasta llegar al 100% de su cubrimiento.

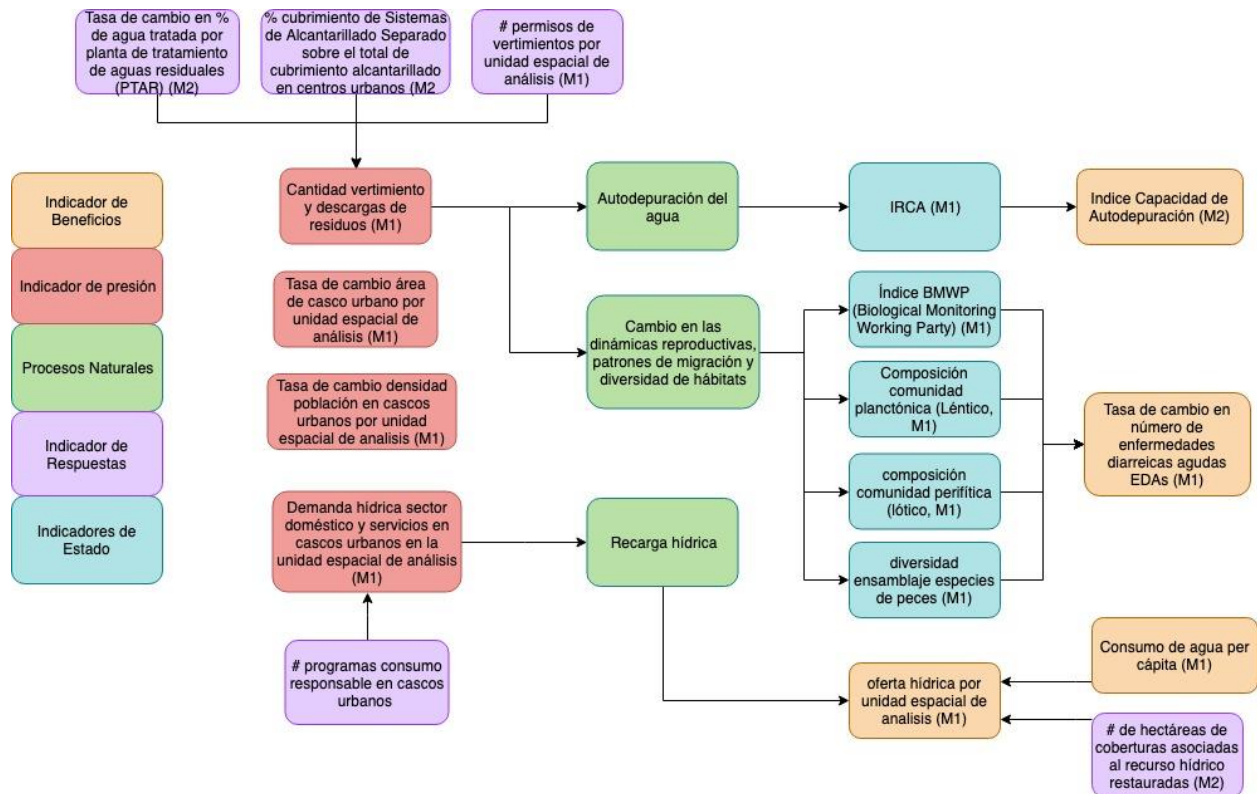


Figura 25. Diagrama conceptual de la relación entre los indicadores de presión, estado, respuesta y beneficios para las relaciones asociadas a demanda y uso del agua en ciudades. Entre paréntesis para cada indicador se indica el módulo al cual se asocia para su implementación.

Adicionalmente se describen las siguientes narrativas, que dado que corresponden a temas más sociales y políticos no se han priorizado para la identificación de indicadores. Sin embargo se deben tener en cuenta para las recomendaciones asociadas con la implementación del sistema de monitoreo.

8. Turismo y actividades de recreación

Canal principal y afluentes: Los canales principales y sus afluentes proveen espacios para la recreación y el disfrute. A su vez, estos espacios pueden representar actividades turísticas importantes para la sostenibilidad de las comunidades. Sin embargo, las actividades turísticas no reguladas ocasionan contaminación auditiva, vertimientos y alteración del suelo. En varios casos estas actividades no generan mejoramiento de los índices de necesidades básicas insatisfechas (NBI) de las comunidades.

Objetivos: 1) Adelantar labores de capacitación, formalización y control en las áreas donde se realizan actividades de turismo para asegurar que la capacidad de carga de los ecosistemas no sea superada. 2) Identificar potenciales áreas donde actividades turísticas con responsabilidad ambiental pueden ser realizadas

Metas:

- i) El 100% de las empresas prestadoras de servicios turísticos detectadas en 2018 se encuentran debidamente reglamentadas y con sus permisos de funcionamiento al día.
- ii) El NBI de las diferentes unidades espaciales de análisis mejora con respecto a los niveles referencia de 2018.

9. Identidad cultural

Cauce principal y sus afluentes: El cauce principal y sus afluentes representan iconos importantes para la identidad cultural de las diferentes regiones. Se puede considerar como una fábrica de mitos y ritos. Sin embargo, en algunos casos, hay una falta de gobernanza y apropiación sobre los recursos naturales por parte de las comunidades indígenas y campesinas.

Objetivos: 1) Delimitar adecuadamente los territorios de las comunidades ancestrales el cual les permita el libre desarrollo de sus costumbres. 2) Mantener canales de comunicación apropiados para el libre flujo cultural entre las comunidades.

Metas:

- i) El 100% de los grupos étnicos presentes en el área del proyecto tiene territorios asignados.
- ii) El número de canales de flujo cultural (emisoras, festivales, encuentros, conciertos, etc) se mantiene o aumenta con respecto a los encontrados en 2018.

10. Conexión entre actores

No existen verdaderas dinámicas ni compromisos compartidos entre actores (comunidades locales, el estado y la empresa privada). Existen visiones fragmentadas de los sectores acerca del manejo y utilización de los recursos y una falta de comunicación entre las entidades de control, sectores productivos y corporaciones ambientales. Además, dada la diversidad cultural se presentan visiones diferentes del territorio, generando distintas influencias, lo que puede incidir en la forma en que se apropian las normas para su mejor cumplimiento.

Objetivo: Articular las diferentes visiones y necesidades de los comunidades y los sectores productivos y generar acuerdos entre las partes interesadas dentro de la unidad de análisis espacial.



Metas:

- i) El número de conflictos por el uso de los recursos naturales por las diferentes partes interesadas es 0 o cercano.
- ii) Las partes interesadas en la distribución de los recursos naturales en la unidad espacial de análisis tiene mecanismos eficaces para la resolución y arbitramento de los conflictos que surjan.

Indicadores priorizados bajo el contexto de las narrativas 1 a 7

En total se identificaron 23 indicadores para monitorear las presiones en las narrativas descritas en la cuenca Magdalena Cauca, 24 indicadores de estado, 25 indicadores de respuesta y 16 indicadores de beneficio. De estos se resaltan los correspondientes al módulo 1 en la tabla: "Indicadores y variables priorizados para la implementación en el módulo 1 en cada uno de los Paisajes de la Macrocuena Magdalena-Cauca" en el capítulo 7.

7. INDICADORES, VARIABLES Y OBJETOS DE MONITOREO

Un indicador se puede describir como “Una medida que se basa en datos susceptibles a verificación y es capaz de transmitir información más allá de sí mismo”. Los indicadores pueden ser medidas sencillas o de gran complejidad (cuando la información que requiere para ser medido proviene de conjuntos de datos diferentes), deben estar orientados hacia un propósito y pueden ser interpretados de acuerdo a la finalidad del análisis (BIP, 2011). Por su parte las variables son características del sistema susceptibles al cambio a través del tiempo o comparables entre grupos, poblaciones o comunidades en el mismo instante (Castro-Jiménez y Díaz-Martínez, 2009).

De acuerdo lo anterior, y teniendo en cuenta la concepción de la macrocuenca Magdalena Cauca como un sistema socioecológico (ver: Capítulo 6), se definió una batería de indicadores y variables capaces de responder a dinámicas relacionadas con Biodiversidad, Calidad de Agua, y Bienestar y Servicios ecosistémicos. Dentro de los indicadores y variables seleccionados se tuvo en cuenta que pudieran medir, la presión, estado, respuesta y beneficio (PERB) de estos componentes, siguiendo el marco de referencia sugerido por Sparks et al. (2011).

La selección de los indicadores, variables y objetos de monitoreo se hizo a través de la **revisión de información secundaria**, de donde se extrajeron indicadores y variables que se emplean actualmente por instituciones oficiales (DIAN, INVEMAR, DANE, IDEAM, SINCHI, UNGR, ANLA, Corporaciones Autónomas Regionales) y que están relacionados con los componentes descritos previamente. Adicionalmente, la **formulación participativa** (entrevistas y talleres) enriqueció la identificación indicadores y variables de estado, presión, repuesta y beneficio para complementar la batería inicial (Anexo 8).

Posterior a los talleres, los indicadores y variables fueron puntuados y priorizados de acuerdo a la relevancia y ocurrencia de los mismos a través de la formulación participativa, y la obligatoriedad de la utilización de los mismos por parte de instituciones gubernamentales (DIAN, INVEMAR, DANE, IDEAM) y para proyectos licenciados por parte del ANLA y Corporaciones Autónomas Regionales para llevar a cabo sus Planes de manejo. Además, se tuvo en cuenta cuales cumplían con las características propuestas por el criterio SMART (Perrings et al., 2011) adaptado al proyecto, el cual hace referencia a las siguientes características:

Específico: Que responda a una o varias de las dinámicas socioecológicas identificadas para la macrocuenca.

Medible: Que sea capaz cuantificarse y sus valores indiquen o sugieran un progreso o retroceso.

Lograble: Que pueda medirse de acuerdo a la capacidad instalada, recursos e información disponibles.

Oportuno: Que responda y evidencia tiempo a los cambios en el sistema socioecológico.

Se realizó una puntuación para cada uno de estos criterios (alta, media o baja) en cada uno de los indicadores y variables, y tras la ponderación de los valores resultantes, se estableció una batería inicial de indicadores prioritarios, que al ser ligados a las narrativas de las dinámicas socioecológicas de la macrocuenca (Capítulo 6) se clasificaron en dos módulos de implementación:

Módulo de implementación 1: En este módulo se incluyeron los indicadores y variables que actualmente se están calculando por parte de instituciones públicas o privadas, y cuya información esté disponible y susceptible a ser integrada en una plataforma única de visualización (Tabla 15).

Módulo de implementación 2: En este módulo se incluyeron indicadores y variables complementarios que ayudarían a responder el comportamiento de las dinámicas socioecológicas identificadas, pero que actualmente no están siendo calculados, y/o la información para calcularlos no se encuentra disponible. También se incluyeron indicadores que están en proceso de construcción (Anexo 12).

Estos módulos de implementación están asociados a fases de implementación propuestas dentro del diseño del sistema de monitoreo, las cuales se describen en el capítulo 10 del presente documento.

Tabla 15. Indicadores y variables priorizados para la implementación en el módulo 1 en cada uno de los Paisajes de la Macrocuena Magdalena-Cauca.

Paisaje	Indicadores y Variables Priorizados (Módulo 1)	Componente	Tipo	Narrativa asociada
Humedales Altoandinos	Índice de Calidad del Agua (ICA)	CA	E	2,6,7,8
	Índice del Uso del Agua (IUA)	CA	P	1
	Oferta Hídrica Total Superficial (OHTS)	SE	B	1,2,7
	Composición de la comunidad planctónica	B	E	1,2
	Índice BMWP-Col (Biological Monitoring Working Party)	B	E	2
	Diversidad del ensamblaje de especies de peces	B	E	1,2,6
	Abundancia de especies exóticas	B	P	6
	Riqueza de especies exóticas	B	P	6
	Tasa anual de deforestación	SE	P	3



Paisaje	Indicadores y Variables Priorizados (Módulo 1)	Componente	Tipo	Narrativa asociada
Paisaje	# de personas afectadas por eventos de inundación	SE	B	3,4
	% PORH Y POMCAS formulados por cuenca	SE	R	1
	Índice de Riesgo de Calidad de Agua potable (IRCA)	CA	E	2,3,7
	# de toneladas producidas por unidad espacial de análisis en cada cadena productiva	SE	B	3
	# litros leche cruda por unidad espacial de análisis para lácteos	SE	B	3
	# de Ha de áreas protegidas por unidad espacial de análisis	SE	R	3
	Área otorgada para aprovechamiento forestal por año por unidad espacial de análisis	SE	R	3
	Tasa de cambio en número de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs)	SE	B	2
Canal Principal y afluentes	Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH)	CA	E	1,4
	Oferta Hídrica Total Superficial (OHTS) (M1)	SE	B	1,2,7
	Índice de Calidad del Agua (ICA)	CA	E	2,6,7,8
	Índice del Uso del Agua (IUA)	CA	P	1
	Índice de alteración potencial de la calidad del agua - IACAL	CA	P	2
	Rendimiento de sedimentos (IRS)	CA	E	3,4
	Índice de Sequía y Precipitación	SE	E	3,4
	Caudal Ambiental	CA	E	4
	# Permisos de vertimientos por unidad espacial de análisis	CA	R	2
	Composición de la comunidad perifítica	B	E	2
	Índice BMWP-Col (Biological Monitoring Working Party)	B	E	2
	Diversidad del ensamblaje de especies de peces	B	E	1,2,6
	Tallas de captura frente a tallas de madurez principales especies comerciales	B	P	3,5
	Captura por unidad de esfuerzo (CPUE)	B	E	5
	Densidad de ictioplancton de especies de interés pesquero	B	E	4,5
	Composición de la captura	B	E	4,5
	Tasa anual de deforestación	B	P	3
	# de Unidades Económicas de Pesca (UEP)	SE	P	4
	# de personas afectadas por inundaciones	SE	R	3,4
	Tasa de cambio en número de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs)	SE	B	2
	Área con evidencia de explotación de oro de aluvi6n (EVOA) por unidad de análisis	SE	P	2
	Índice de Riesgo de Calidad de Agua potable (IRCA)	CA	E	2,3,7
	Talla media de captura	B	E	5
	# de toneladas producidas por unidad espacial de análisis en cada cadena productiva	SE	B	3
	# litros leche cruda por unidad espacial de análisis para lácteos	SE	B	3
	# de Ha de áreas protegidas por unidad espacial de análisis	SE	R	3
	Área otorgada para aprovechamiento forestal por año por unidad espacial de análisis	SE	R	3



MAGDALENA - CAUCA
VIVE



BID
Mejorando vidas



Paisaje	Indicadores y Variables Priorizados (Módulo 1)	Componente	Tipo	Narrativa asociada
	% PORH Y POMCAS formulados por cuenca	SE	R	1
Complejo de ciénagas	Oferta Hídrica Total Superficial (OHTS)	SE	B	1,2,7
	Índice de Calidad del Agua (ICA)	CA	E	2,6,7,8
	Índice del Uso del Agua (IUA)	CA	P	2
	Composición de la comunidad planctónica	B	E	1,2
	Índice BMWP-Col (Biological Monitoring Working Party)	B	E	2
	Densidad de ictioplancton de especies de interés pesquero	B	E	4,5
	Tallas de captura frente a tallas de madurez principales especies comerciales	B	P	5
	Captura por unidad de esfuerzo (CPUE)	B	E	5
	Composición de la captura	B	E	4,5
	Diversidad del ensamblaje de especies de peces	B	E	1,2,6
	Tasa anual de deforestación	B	P	3
	# de Unidades Económicas de Pesca (UEP)	SE	P	4
	# de personas afectadas por inundaciones	SE	R	3,4
	Talla media de captura	B	E	5
	# de toneladas producidas por unidad espacial de análisis en cada cadena productiva	SE	B	3
	# litros leche cruda por unidad espacial de análisis para lácteos	SE	B	3
	# de Ha de áreas protegidas por unidad espacial de análisis	SE	R	3
Área otorgada para aprovechamiento forestal por año por unidad espacial de análisis	SE	R	3	
Tasa de cambio en número de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs)	SE	B	2	
Lagunas estuarinas	Oferta Hídrica Total Superficial (OHTS)	SE	B	1,2,7
	Índice de Calidad del Agua (ICA)	CA	E	2,6,7,8
	Índice del Uso del Agua (IUA)	CA	E	2
	Composición de la comunidad planctónica	B	E	1,2
	Densidad de ictioplancton de especies de interés pesquero	B	E	4,5
	Tallas de captura frente a tallas de madurez principales especies	B	P	5
	Captura por unidad de esfuerzo (CPUE)	B	E	5
	Tasa anual de deforestación	B	P	3
	Indicador de Integridad Biológica para Manglares - IBIm	B	E	4
	Composición de la captura	B	E	4,5
	Diversidad del ensamblaje de especies de peces	B	E	1,2,6
	# de Unidades Económicas de Pesca (UEP)	SE	P	4
	Producción pesquera	SE	B	2,4,5
	# de personas afectadas por inundaciones	SE	R	3,4
	Talla media de captura	B	E	5
# de Ha de áreas protegidas por unidad espacial de análisis	SE	R	3	



El ambiente
es de todos

Minambiente



Instituto de Hidrología,
Meteorología y
Estudios Ambientales



Paisaje	Indicadores y Variables Priorizados (Módulo 1)	Componente	Tipo	Narrativa asociada
	Área otorgada para aprovechamiento forestal por año por unidad espacial de análisis	SE	R	3
	Tasa de cambio en número de EDAs	SE	B	2

Estos Indicadores y variables seleccionados están siendo calculando actualmente por instituciones privadas y/o públicas, y existe la accesibilidad a la información insumo para escalarlos a nivel local, regional y/o Macrocuena. Para algunos no existen fichas metodológicas oficiales para el país con las cuales se estandaricen y se den lineamientos para el cálculo e interpretación de los mismos, y que además permita generar y replicar la información para ser comparable espacial y temporalmente. Estas fichas están siendo desarrolladas actualmente por las instituciones competentes a cargo de cada componente (Biodiversidad, Calidad de Aguas y Servicios Ecosistémicos). Por otra parte, las fichas metodológicas existentes y oficiales de esta batería de indicadores se encuentran consignadas en el Anexo 11.

Teniendo como referencia los 33 Indicadores y variables priorizadas para el módulo 1, así como de los resultados de la formulación participativa, se obtuvieron un total de 17 objetos de monitoreo (Tabla 16). A través del seguimiento de estos objetos se podrán evaluar los cambios en las principales dinámicas socioecológicas de la macrocuena.

Tabla 16. Objetos de monitoreo y las variables e indicadores propuestos para su medición.

Objetos de Monitoreo	Indicadores y Variables Priorizados (M1)
Alimento producido de origen agrícola	# de toneladas producidas por unidad espacial de análisis en cada cadena productiva
Áreas con evidencia de explotación de oro	Área con evidencia de explotación de oro de aluvión (EVOA) por unidad de análisis
Áreas protegidas	# de Ha de áreas protegidas por unidad espacial de análisis
Coberturas vegetales	Tasa anual de deforestación
Coberturas vegetales	Área otorgada para aprovechamiento forestal por año por unidad espacial de análisis
Comunidad perifítica	Composición de la comunidad perifítica
Comunidad planctónica	Composición de la comunidad planctónica
Ictiofauna	Diversidad del ensamblaje de especies de peces
	Abundancia de especies exóticas de peces
	Riqueza de especies exóticas
	Tallas de captura frente a tallas de madurez principales especies comerciales
	Captura por unidad de esfuerzo (CPUE)
	Composición de la captura
	Talla media de captura
Tallas de captura frente a tallas de madurez principales especies	

	Producción pesquera
Ictioplancton	Densidad de ictioplancton de especies de interés pesquero
Macroinvertebrados acuáticos	Índice BMWP-Col (Biological Monitoring Working Party)
Manglar	Indicador de Integridad Biológica para Manglares - IBIm
Planes de ordenamiento del recurso hídrico	% PORH Y POMCAS formulados por cuenca
Población afectada por inundaciones	# de personas afectadas por eventos de inundación
Población con enfermedades diarreicas agudas	Tasa de cambio en número de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs)
Producción de Leche cruda	# litros leche cruda por unidad espacial de análisis para lácteos
Recurso Hídrico	Índice de Calidad del Agua (ICA)
	Índice del Uso del Agua (IUA)
	Oferta Hídrica Total Superficial (OHTS)
	Índice de Riesgo de Calidad de Agua potable (IRCA)
	Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH)
	Oferta Hídrica Total Superficial (OHTS) (M1)
	Índice de alteración potencial de la calidad del agua - IACAL
	Rendimiento de sedimentos (IRS)
	Índice de Sequía y Precipitación
	Caudal Ambiental
	# Permisos de vertimientos por unidad espacial de análisis
Unidades económicas de pesca	# de Unidades Económicas de Pesca (UEP)

8. POLÍTICA DE DATOS

8.1. ¿Qué es una política de datos?

En general las políticas de datos e información son documentos cortos en donde se establecen reglas y procesos claros que abarcan temas claves sobre la gobernanza, uso y administración de datos e información a nivel institucional o inter-institucional. Además, las políticas de datos e información deben cubrir una serie de aspectos como el alcance, roles y responsabilidades, propiedad intelectual y licencias de uso y directrices de privacidad (Mosley y Brackett 2010).

Este documento tiene como propósito servir como insumo para establecer una Política de Gestión de Datos alrededor del "Sistema de monitoreo de ecosistemas de agua dulce y su biodiversidad asociada para la macrocuenca Magdalena-Cauca". Fue construido teniendo en cuenta los requerimientos sugeridos por la coordinación del proyecto y cada uno de los tópicos trabajados fue analizado según documentos técnicos y guías disponibles (Mosley y Brackett 2010), documentos similares existentes a nivel nacional (Invemar 2005, Ley 1712) e internacional (Fiocruz 2014, PELD 2009), y teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los datos recogidos en el marco del proyecto GEF Magdalena-Cauca son de interés público, y tienen un valor relevante en la gestión ambiental sostenible y, por lo tanto, deben estar disponibles para la sociedad.
- La disponibilidad de datos en un repositorio de acceso público debe ser regulada para proteger la autoría y asegurar la perennidad de los datos dados, además de promover una amplia colaboración científica para el uso sostenible y conservación de la biodiversidad.
- Colombia tiene un Sistema de Información Ambiental (SIAC) y un Sistema de Información sobre Biodiversidad (SIB) iniciativas que, entre otras cosas, promueven y facilitan la movilización, acceso, descubrimiento y uso de la información sobre la presencia de especies a nivel nacional.
- Los datos generados en el marco del proyecto deberán ser publicados por los diferentes actores del proyecto GEF a través del SIAC y el SIB Colombia.
- La Ley 1712 del 6 de marzo de 2014, por medio de la cual se crea la Ley de Transparencia y del Derecho de Acceso a la Información Pública Nacional y se dictan otras disposiciones.

8.2. Definiciones generales

Datos biológicos, ambientales, socio-ambientales o espaciales: Aquellos datos adquiridos con recursos financieros o logísticos del proyecto GEF Magdalena-Cauca o acciones amparadas por éste, estructurados en archivos digitales, del tipo hoja de cálculo que cumplen con los estándares y los lineamientos definidos para la alimentación de los catálogos institucionales.

Licencias de uso: Según los principios en los cuales se basa esta Política, todos los conjuntos de datos e información administrados y generados por el proyecto GEF Magdalena-Cauca son de acceso público a menos que clasifique dentro de algunas de las excepciones y requiera de la asignación de alguna restricción, en dicho caso pasará a concepto del Comité de Gestión de Datos quien en instancia final decidirá si el producto en cuestión puede restringirse y por cuánto tiempo.

Datos restringidos: Aquellos productos que contengan datos e información sensibles que puedan generar daño a los intereses públicos por lo tanto no se disponen a través del repositorio para libre acceso y solo podrán ser utilizados previa aprobación del comité de gestión de datos. Pueden considerarse sensibles los siguientes datos:

- Información sobre la ubicación de especies con algún grado de amenaza.
- Información sobre la ubicación de especies de alto valor o potencial económico que puedan ser objeto de tráfico o caza.

Metadato: Componente clave para los sistemas de administración de datos, que describe aspectos como el "quién, qué, cómo, cuándo y dónde" de un conjunto de datos. Los metadatos permiten principalmente identificar y descubrir la existencia de un conjunto de datos y entender el uso de la información y cómo acceder a esta.

Recurso: Conjunto de datos con su metadato asociado.

Administrador del repositorio: Área encargada de la gestión del sistema informático, aplicación, conjuntos de datos y metadatos, cuya administración será definida de acuerdo a los compromisos y acuerdos con los actores potenciales para este cargo.

Responsable de incorporación: Persona responsable de la producción de los datos, así como su puesta a disposición a través de los repositorios definidos.

Usuario de los datos: Persona que accede a los conjuntos de datos, mediante aceptación de los términos y condiciones de uso.



Comité de gestión de datos: Un comité responsable de la deliberación sobre temas técnicos, administrativos y operativos en relación con gestión de los datos producidos por el proyecto GEF Magdalena-Cauca.

Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB): Iniciativa nacional destinada a facilitar el acceso y la publicación de los datos e información sobre la diversidad biológica del país a una amplia variedad de audiencias, apoyando de forma oportuna y eficiente la gestión integral de la biodiversidad (SiB 2019).

Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC): Sistema que consolida los actores, políticas, procesos, y tecnologías que se requieren para gestionar la información ambiental del país, que facilite la generación de conocimiento, la toma de decisiones, la educación y la participación social para el desarrollo sostenible del país (SIAC 2019).

Período de restricción: Período en el que los datos sensibles quedarán restringidos, no se ponen a disposición a través del portal, pero pueden ser consultados por el Comité de Gestión de la Información.

8.3. Disposición de los datos

1. Todos los datos e información relativos a la investigación financiada con recursos del proyecto GEF Magdalena-Cauca deberán incluirse en los catálogos y repositorios definidos por el proyecto tan pronto como estén disponibles, teniendo como plazo máximo la fecha de rendición de cuentas técnico-financiera del proyecto.
2. El administrador del repositorio es el responsable de implementar mecanismos que aseguren la seguridad, disponibilidad, calidad, permanencia en el tiempo, integridad e interoperabilidad de los datos y metadatos generados por el proyecto.
3. Los socios publicadores, así como el supervisor del proyecto se hacen responsables de la calidad del contenido de los datos que están siendo publicados.

8.4. Acceso a los productos generados en el marco del proyecto

1. **Comité de gestión de datos.** Se requiere de la conformación de un Comité de gestión de datos del proyecto GEF Magdalena-Cauca conformado por los socios del proyecto y cuyas funciones son:

*Recibir y evaluar los casos que califican como excepciones, y definir el tiempo durante el cual los conjuntos de datos e información (cualquiera sea el formato), podrán permanecer con acceso restringido.

*Impartir las directrices para la actualización y corrección de la política según las necesidades de los socios del proyecto.

*Servir como instancia decisoria cuando se presenten conflictos en temas relacionados con el almacenamiento, liberación y uso de los conjuntos de datos e información referentes a esta política.

2. **Licencias de uso.** Según los principios en los cuales se basa esta Política, a todos los conjuntos de datos e información administrados y generados por el proyecto, les será asignada una licencia Creative Commons teniendo en cuenta las recomendaciones del SIB Colombia (SiB 2015), a menos que clasifique dentro de algunas de las excepciones y requiera de la asignación de alguna restricción, en dicho caso pasará a concepto del Comité, quién en instancia final decidirá el tipo de acceso y tiempo durante el cual se mantiene la restricción.
3. **Acceso a información restringida.** En el caso que los conjuntos de datos estén restringidos temporal o permanentemente y sean solicitados, estos podrán ser liberados previa autorización del Comité, quién podrá autorizar la liberación para el caso específico en una reunión extraordinaria o a través de una notificación vía correo electrónico, donde debe aprobarse con una votación de la mitad más uno.
4. **Acceso a los metadatos.** Los metadatos serán de acceso público tan pronto como estén disponibles. Para estos no se aplica ningún tipo de restricción.
5. **Actualización de los datos.** La actualización o modificación de los datos incorporados en el repositorio definido por el proyecto puede ser realizada por los socios que actúan como publicadores dentro del proyecto GEF Magdalena-Cauca.

8.5. Términos y condiciones de uso de los datos

1. Se alienta a los usuarios a invitar al autor de los datos a participar intelectualmente en los trabajos desarrollados a partir del intercambio de datos.
2. El reconocimiento de la autoría de los datos es obligatorio. La citación se debe realizar teniendo en cuenta la sección “Cómo citar este recurso” del metadato.

3. Las fuentes de financiación también deben ser citadas, conforme a los datos del proyecto documentados en los metadatos asociados.
4. Al acceder a un paquete de datos, el usuario acepta los términos anteriores y asume todas las responsabilidades legales por el uso indebido de los datos.
5. Se recomienda a los usuarios, en caso de encontrar datos que consideren incorrectos, informen al responsable de la publicación, para que puedan evaluar y, si es el caso, realizar la corrección sugerida.

8.6. Disposiciones finales

1. Esta Política de Datos deberá ser revisada regularmente, por el comité de gestión de datos del proyecto GEF Magdalena-Cauca quién se encargará de aprobar las versiones revisadas.
2. Los actores y socios publicadores del proyecto, no pueden ser considerados responsables en ningún caso de los daños, consecuencias o perjuicios que el uso de los datos hechos públicos pueda causar, ya sea a personas físicas o jurídicas.

8.7. Propuesta de guía para la incorporación de datos

Los datos colectados a partir de esquemas de monitoreo, son de suma importancia ya que aportan información que permiten describir procesos y tendencias ecológicas de mayor complejidad a partir de métricas relacionadas con una serie de variables e indicadores y la evidencia de sus variaciones tanto espaciales como temporales (<http://gbif.blogspot.com.co/2017/01/sampling-event-standard-takes-flight-on.html?m=1>).

Un **evento de muestreo** constituye la descripción de una actividad que se realiza en un tiempo y espacio definidos. Actualmente se utiliza, a nivel global, el estándar Darwin Core (DwC) para estructurar y publicar este tipo de datos, con el fin de utilizar el mismo lenguaje y reducir la redundancia, duplicidad y heterogeneidad en los términos utilizados para describir los datos colectados.

En el DwC, se pueden estructurar datos e información de **eventos** (GBIF 2017: "Recursos que presentan evidencia no sólo de la ocurrencia de una especie en un lugar y tiempo particular, sino también suficiente detalle para evaluar la composición de la comunidad para un grupo taxonómico más amplio o abundancia relativa de especies en múltiples lugares y épocas. Tales conjuntos de datos derivan de protocolos estandarizados para medir y observar la biodiversidad"), registros de **presencia de especies** (GBIF 2017: "Recursos que presenten evidencia de la presencia de una especie en un lugar

particular y normalmente en una fecha especificada”) y **listas de especies** (GBIF 2017: “Recursos que comprenden una lista de especies pertenecientes a alguna categoría (por ejemplo taxonómica, geográfica, basada en rasgos, lista roja, pariente salvaje de cultivo) y opcionalmente con una clasificación más alta y/o rasgos adicionales asociados con cada especie”); para esto se han definido tres “núcleos” que equivalen a un conjunto de términos útiles para estructurar la información básica y general, los cuales se denominan “Núcleo del evento”, “Núcleo de presencia de especies” y “Núcleo de listas”.

Para el caso de los datos de monitoreo, objeto de este documento, aunque se realiza colecta de datos biológicos (relacionados a un individuo), también se colectan datos ambientales (características físicas y químicas) e información puntual sobre el muestreo (métodos, esfuerzo, equipo, etc.). Esta información en conjunto es fundamental para realizar análisis de mayor complejidad, sin embargo, por la naturaleza de los datos, estos se encuentran por lo general disponibles en diferentes repositorios, perdiendo de alguna forma ese enlace directo que da el valor agregado. Teniendo esto en cuenta, GBIF desarrolló una nueva actualización en el IPT (Integrated Publishing Toolkit – caja de herramientas desarrolladas por GBIF para la publicación de datos de biodiversidad) que permite el uso de elementos del denominado núcleo del evento y que junto con el uso de extensiones permite una estructuración de datos de diversa índole y de diversas complejidades, que pueden o no incluir registros de presencia de especies. Para el uso de dicho núcleo, el evento y la información asociada al mismo (metadatos y medidas adicionales), constituyen un archivo Darwin Core, el cual se encuentra estructurado en “esquema en estrella” cuyo eje es el **núcleo del evento** (Figura 25).

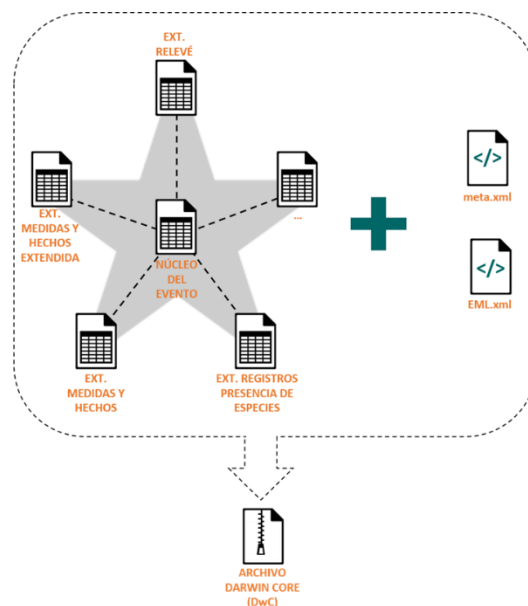


Figura 26. Esquema en estrella y composición del archivo DwC (EUBON 2015). Adicionalmente al núcleo del evento y a sus extensiones, el archivo Darwin Core incluye dos archivos .xml (meta.xml y EML.xml).

En este sentido, y teniendo en cuenta que durante el proyecto “GEF Magdalena – Cauca” se tomarán y consumirán datos de monitoreo que permitan evaluar indicadores de estado y tendencia de las cuencas, planicies inundables, recursos pesqueros y servicios ecosistémicos, es necesario contar con estándares y herramientas que permitan estructurar, gestionar, visibilizar y reutilizar los datos, permitiendo a su vez su relacionamiento e integración. En el presente documento se expone una aproximación al estándar Darwin Core, con el fin de apoyar el proceso de estructuración y publicación de los datos sobre biodiversidad y salud de ecosistemas acuáticos en el marco del proyecto, que a su vez contribuya en la consolidación de un sistema integrado de monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad asociada.

Objetivo General: Presentar una guía que facilite estructurar, gestionar, visibilizar y reutilizar los datos sobre biodiversidad y salud de ecosistemas acuáticos en el marco del proyecto GEF Magdalena - Cauca.

Objetivos Específicos

1. Describir los pasos para la estructuración y publicación de datos sobre biodiversidad y salud de ecosistemas acuáticos utilizando el estándar DwC.
2. Generar una propuesta de plantilla que sirva como base para la estructuración de datos sobre biodiversidad y salud de ecosistemas acuáticos.

8.7.1. Estandarización de datos

Estándar Darwin Core

El Darwin Core (DwC) es un estándar que permite el intercambio efectivo de información sobre biodiversidad a nivel global ya que constituye un lenguaje común que facilita la estandarización semántica y sintáctica de los contenidos. El estándar está compuesto por un grupo de 169 elementos que permiten estructurar y estandarizar información sobre registros de presencia de especies, listas de especies y eventos, los elementos se encuentran semánticamente definidos de tal manera que pueden ser entendidos tanto por máquinas como por personas; con el fin de mantenerse lo más simple y abierto posible, su estructura y definiciones se establecen teniendo en cuenta las necesidades compartidas de los usuarios (Wieczorek et al. 2012). Los elementos corresponden a atributos o campos en una base de datos o columnas en un archivo de Excel y se encuentran agrupados en núcleos o extensiones abarcando información básica y general (núcleos) e información adicional y más específica (extensiones).

El modelo conceptual del DwC está definido como un “esquema en estrella” (Figura 26) donde existe un núcleo central (puede ser de registros de presencia de especies, listas de especies o eventos de muestreo) del cual se derivan extensiones a través de las cuales se relaciona información adicional y complementaria al registro o al evento (De Pooter et al 2017). Dicha relación se establece de muchos registros de las extensiones a un mismo registro en el núcleo central que se esté publicando. Es decir que un evento en el núcleo puede tener asociado múltiples medidas, archivos multimediales, etc. que se relacionan a través de un identificador (Robertson et al. 2014, Wieczorek et al. 2014).

Con el fin de homogeneizar el registro de los datos de monitoreo se recomienda el uso del **núcleo del evento** del estándar DwC, junto con la extensión de registros de presencia de especies y otras extensiones que permitan estructurar información asociada al evento como lo son las extensiones de medidas y hechos, multimedia simple, relación entre recursos, entre otras, las cuales se describen de manera detallada en la sección “Extensiones complementarias al núcleo del evento”.

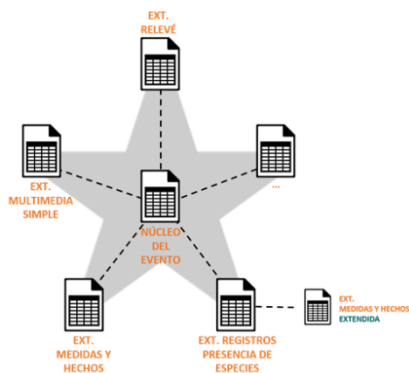


Figura 27. Estructura en estrella del estándar Darwin Core (EUBON 2015).

Núcleo del evento

El **núcleo del evento** contiene elementos para la documentación de información básica del evento, como el rango temporal, la ubicación geográfica, protocolo de muestreo e identificadores únicos para los eventos (parcelas, puntos de observación, cámaras, etc.). Este conforma el eje central de la estructura y puede ser complementado con extensiones como la de **medidas o hechos** (measurement-or-facts), **relevé** (relevé ext), **registros** de presencia de especies (occurrence ext), entre otras, que permiten documentar información asociada al evento específico por lo tanto es posible estructurar información que hace referencia a variables abióticas y bióticas. La relación entre el **núcleo del evento** y las extensiones, se realiza bajo un esquema de uno a muchos, teniendo en cuenta el esquema en estrella, donde el **núcleo de evento** puede tener asociadas múltiples extensiones, esto es posible ya que el núcleo y las extensiones comparten un mismo **ID del evento** (eventID). Un programa de monitoreo se compone



de varios eventos de muestreo que pueden o no tener múltiple información asociada, por las características anteriormente mencionadas, este núcleo es el que más se ajusta a la hora de estructurar este tipo de datos e información y es el recomendado para estandarizar datos provenientes de programas de este tipo.

Elementos del núcleo del evento

En la tabla 17 se listan los 33 elementos del núcleo del evento recomendados para la estructuración de datos de monitoreo. Se resaltan en naranja aquellos que se consideran de carácter obligatorio y en verde aquellos que son opcionales, pero altamente recomendados, esto con el fin de asegurar unos mínimos de calidad en los datos que están siendo publicados. Adicionalmente, existen 61 elementos relacionados con el contexto geológico, información del registro del evento, fechas más específicas, entre otros, estos elementos pueden utilizarse en caso de ser necesario, sin embargo, no se incluyen en la lista a continuación debido a la baja frecuencia de uso que se ha observado. La plantilla en Excel del núcleo del evento, así como definiciones y ejemplos, se encuentran disponibles en: <https://goo.gl/fZii35>.

Tabla 17. Elementos recomendados para la estructuración de datos de monitoreo.

ELEMENTOS		
eventID (ID el evento)	waterBody (Cuerpo de agua)	locationRemarks (Comentarios de la ubicación)
parentEventID (ID parental del evento)	country (País)	verbatimLatitude (Latitud original)
sampleSizeValue (Valor del tamaño de la muestra)	countryCode (Código del país)	verbatimLongitude (Longitud original)
sampleSizeUnit (Unidad del tamaño de la muestra)	stateProvince (Departamento)	verbatimCoordinateSystem (Sistema original de coordenadas)
samplingProtocol (Protocolo de muestreo)	county (Municipio)	verbatimSRS (SRS original)
samplingEffort (Esfuerzo de muestreo)	municipality (Centro poblado/Cabecera municipal)	decimalLatitude (Latitud decimal)
eventDate (Fecha del evento)	locality (Localidad)	decimalLongitude (Longitud decimal)
eventTime (Hora del evento)	verbatimLocality (Localidad original)	geodeticDatum (Datum geodésico)
habitat (Hábitat)	verbatimElevation (Elevación original)	coordinateUncertaintyInMeters (Incertidumbre de las coordenadas en metros)
eventRemarks (Comentarios del evento)	minimumElevationInMeters (Elevación mínima en metros)	coordinatePrecision (Precisión de las coordenadas)
continent (Continente)	maximumElevationInMeters (Elevación máxima en metros)	institutionCode (Código de la Institución)

Los identificadores **parentEventID** y **eventID** permiten hacer el rastreo espacio-temporal de la información por lo cual es fundamental definir de manera clara la estructura de los mismos.

Extensiones complementarias al núcleo del evento

Existe una serie de extensiones del estándar DwC que permiten la estructuración de datos bióticos y abióticos recolectados en los eventos de monitoreo que no es posible estructurar utilizando los campos del **núcleo del evento**, se utilizan teniendo en cuenta el esquema en estrella mencionado anteriormente, utilizando los identificadores como mecanismo de relación. Los identificadores que permiten realizar dicha relación, son el ID del evento y el ID parental del evento, los cuales a su vez permiten establecer una jerarquía, por ejemplo, cuando se realiza un muestreo en una parcela de manera anual, se puede relacionar la parcela a cada uno de los censos, como eventos independientes, ya que a pesar de realizarse en el mismo sitio, corresponden a momentos en el tiempo independientes. En este caso el ID parental del evento corresponde a la parcela y el ID del evento corresponde al de la parcela junto con el censo.

Existe una variedad de extensiones (para más información dirigirse al [Perfil del Estándar Darwin Core – Adaptación Instituto Humboldt](#)), las utilizadas con mayor frecuencia actualmente son:

- Medidas y hechos
- Registros de presencia de especies
- Multimedia simple
- GBIF Relevé
- Relación entre recursos
- Medidas y hechos extendida (extensión de la extensión de registros de presencia de especies)

Medidas y hechos

La extensión de medidas o hechos permite asociar al evento medidas cuantitativas y cualitativas del evento como el tipo de cobertura, temperatura, información de los equipos utilizados, entre otras variables esenciales de la biodiversidad. El publicador es quien establece cuantas y cuales medidas desea incluir teniendo en cuenta sus necesidades. Los elementos de la extensión se listan en la tabla 18. En la tabla 19 se muestra la manera cómo se deben estructurar los datos al utilizar la extensión de medidas y hechos (teniendo en cuenta únicamente los campos obligatorios).

Tabla 18. Elementos de la extensión medidas y hechos.

ELEMENTOS	
measurementID (ID de la medida)	measurementDeterminedDate (Fecha de la determinación de la medida)
measurementType (Tipo de medida)	measurementDeterminedBy (Medida determinada por)
measurementValue (Valor de la medida)	measurementMethod (Método para la medición)
measurementAccuracy (Exactitud de la medida)	measurementRemarks (Comentarios de la medición)
measurementUnit** (Unidad de la medida)	-

En naranja los elementos obligatorios y en negro los opcionales. **Es obligatorio cuando se trata de una medida cuantitativa.

Tabla 19. Ejemplo de estructuración de datos utilizando la extensión de medidas.

eventID	measurementType	measurementValue	measurementUnit	measurementType	measurementValue
IAvH:001	Peso seco	15.3	g	pH suelo	6.5

Registros de presencia de especies

Esta extensión permite relacionar registros de presencia de especies a los eventos de muestreo. Su estructura está conformada por los mismos elementos del **núcleo de registros de presencia de especies**, permitiendo estructurar información asociada al individuo que fue colectado, observado o grabado durante el evento (datos taxonómicos, geográficos y rasgos funcionales), las medidas asociadas deben estructurarse utilizando la extensión de medidas y hechos extendida de la cual se

hablará más adelante. Para más información sobre el estándar y sus elementos dirigirse al [Perfil del Estándar Darwin Core – Adaptación Instituto Humboldt](#).

Multimedia simple

Esta extensión permite asociar imágenes o sonidos a los eventos de muestreo. Los elementos permiten estructurar información sobre el archivo multimedia (tabla 20).

Tabla 20. Elementos de la extensión multimedia simple. En naranja los elementos obligatorios y en negro los opcionales.

ELEMENTO	
type (Tipo)	contributor (Contribuidor)
format (Formato)	publisher (Publicador)
identifier (Identificador)	audience (Audiencia)
references (Referencias)	source (Fuente)
title (Título)	licence (Licencia)
description (Descripción)	rightsHolder (Titular de los derechos)
created (Fecha de creación)	datasetID (ID del conjunto de datos)
creator (Creador)	-

En la **tabla 21** un ejemplo de la manera como se deben estructurar los datos al utilizar la extensión de multimedia simple (teniendo en cuenta únicamente los campos obligatorios).

Tabla 21. Ejemplo de estructuración de datos utilizando la extensión multimedia simple.

eventID	type	format	title	created	creator	rightsHolder
IAvH:001	Imagen	.jpg	DSC0089.jpg	2017-02-18	Julian Casas	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH)
IAvH:001	Sonido	.wav	APPCS3786.wav	2017-02-18	Julian Casas	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH)

GBIF Relevé

Esta extensión está diseñada específicamente para parcelas de vegetación y permiten documentar medidas cuantitativas preestablecidas y cuenta con un vocabulario controlado (tabla 22), algunas de las medidas son: porcentaje de cobertura de líquenes, porcentaje de cobertura de rocas, porcentaje de cobertura de arbustos, entre otros.

Tabla 22. Elementos de la extensión GBIF Relevé.

ELEMENTOS	
project (Proyecto)	coverLichensInPercentage (Porcentaje de cobertura de líquenes)
syntaxonName	coverAlgaeInPercentage (Porcentaje de cobertura de algas)
aspect (Aspecto)	coverLitterInPercentage
inclinationInDegrees (Inclinación en grados)	coverWaterInPercentage (Porcentaje de cobertura de agua)
coverTotalInPercentage (Porcentaje de cobertura total)	coverRockInPercentage (Porcentaje de cobertura de roca)
coverTreesInPercentage (Porcentaje de cobertura de árboles)	treeLayerHeightInMeters (Altura de la capa del árbol en metros)
coverShrubsInPercentage (Porcentaje de cobertura de arbustos)	shrubLayerHeightInMeters (Altura de la capa de arbustos en metros)
coverHerbsInPercentage (Porcentaje de cobertura de hierbas)	herbLayerHeightInCentimeters (Altura de la capa herbácea en metros)
coverCryptogamsInPercentage (Porcentaje de cobertura de criptógamas)	mossesIdentified (Musgos identificados)
coverMossesInPercentage (Porcentaje de cobertura de musgos)	lichensIdentified (Líquenes identificados)

Relación entre recursos

Esta extensión permite establecer relaciones entre recursos que se estructuren y se publiquen de manera independiente. En la tabla 23 se listan los elementos de la extensión.

Tabla 23. Elementos de la extensión Relación entre recursos.

ELEMENTOS
resourceRelationshipID (ID de la relación del recurso)
relatedResourceID (ID del recurso relacionado)
relationshipOfResource (Relación del recurso)
relationshipAccordingTo (Relación de acuerdo a)
relationshipEstablishedDate (Fecha de establecimiento de la relación)
relationshipRemarks (Comentarios de la relación)
scientificName (Nombre científico)

En la tabla 24 se ilustra un ejemplo donde se muestra la manera como se deben estructurar los datos al utilizar esta extensión (teniendo en cuenta únicamente los campos obligatorios).

Tabla 24. Ejemplo de estructuración de datos utilizando la extensión Relación entre recursos.

eventID	relationshipOfResource	relatedResourceID
IAvH:001	Ejemplar de	I2D-BIO_2017_023:001

Medidas y hechos EXTENDIDA

Esta extensión está conformada por los mismos elementos de la extensión de medidas y hechos anteriormente descrita, sin embargo, se utiliza como extensión de la extensión de registros de presencia de especies, es decir permite estructurar datos asociados a los ejemplares observados, colectados o grabados dentro del evento.

Teniendo esto en cuenta, puede haber 4 relaciones diferentes entre el **núcleo del evento** y las extensiones como se muestra en la figura 27. En la opción 1 se muestra un caso en el que se tiene únicamente la información básica del evento por lo tanto no se requiere de ninguna extensión. En la opción 2 el evento tiene información que no puede ser estructurada utilizando el núcleo, por lo tanto, se hace uso de alguna de las extensiones descritas. La opción 3 hace referencia a un evento que no tiene ninguna medida en particular asociada, sin embargo existen registros de presencia de especies asociados, finalmente la opción 4 muestra el caso en el que se tienen medidas y registros de presencia de especies asociados al evento, y adicionalmente medidas asociadas a los registros de especies, por lo que se utilizan las extensiones de la opción 2 y 3 (medidas y hechos y registros de presencia de especies) y una tercera extensión denominada "medidas y hechos extendida" que permite estructurar información asociada a un registro asociado a un evento.

Se recomienda tener archivos independientes para el núcleo del evento y cada una de las extensiones que se utilicen, por lo tanto, dependiendo de la opción que aplique tendrá uno o más archivos asociados a un mismo recurso.

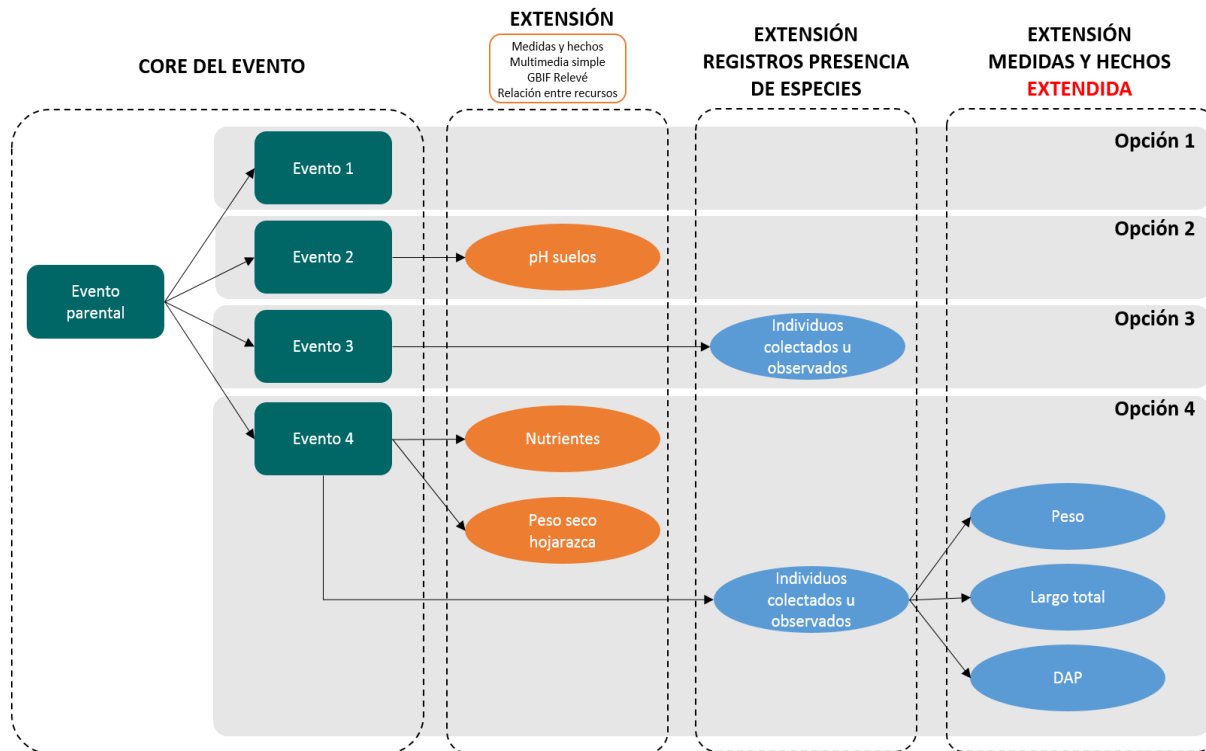


Figura 28. Esquema que muestra las posibles relaciones entre el núcleo del evento y las extensiones del DwC, con algunos ejemplos ilustrativos.

Estructuración de los ID

Como se mencionó anteriormente los ID (parentEventID y eventID) son fundamentales para poder relacionar las extensiones con el núcleo, por lo tanto, es fundamental definir la estructura de los mismos. La manera como estos se construyen dependen del publicador, lo importante es que mantengan una jerarquía y permitan relacionar los datos estructurados, así como identificar el evento al que se están refiriendo. En las tablas 25 y 26 se ilustran algunos ejemplos de ID utilizados.

Tabla 25. Ejemplos de ID utilizados durante la estructuración de datos de parcelas permanentes de monitoreo.

ID PARENTAL DEL EVENTO	ID DEL EVENTO
PPM:TOLIMA:TA	PPM:TOLIMA:TA:CENSO1
	PPM:TOLIMA:TM:CENSO1
	PPM:TOLIMA:TA:CENSO2
	PPM:TOLIMA:TM:CENSO2
	PPM:TOLIMA:TA:HOJARASCA1
	PPM:TOLIMA:TM:HOJARASCA1
	PPM:TOLIMA:TA:HOJASVIVAS
PPM:TOLIMA:TM	PPM:TOLIMA:TM:HOJASVIVAS
	PPM:TOLIMA:TA:RAICES1
	PPM:TOLIMA:TM:RAICES1
	PPM:TOLIMA:TA:SUELOS:S
	PPM:TOLIMA:TA:SUELOS:L
	PPM:TOLIMA:TM:SUELOS:S
	PPM:TOLIMA:TM:SUELOS:L

El azul hace referencia al tipo de estudio, en este caso “Parcelas Permanente de Monitoreo” (PPM). El naranja al departamento en donde se encuentra ubicada la parcela. El morado al muestreo en particular que se realizó en la parcela. El verde corresponde al acrónimo asignado a la parcela (Los acrónimos de las parcelas se asignaron según el diseño metodológico establecido y que se encontraba relacionado con el nivel de transformación y los estados sucesionales de la misma. De este modo la parcela “TA” corresponde a una parcela con nivel de transformación alta y estado sucesional tardío y “TB” a una con un nivel de transformación media y estado sucesional tardío).

Tabla 26. Ejemplos de ID utilizado durante la estructuración de datos de monitoreo acústico pasivo.

ID PARENTAL DEL EVENTO	ID DEL EVENTO
I2D-BIO_2016_065	IaVH:CBB:BOLIVAR:PAISAJESONORO:I2D-BIO_2016_065:01
	IaVH:CBB:BOLIVAR:PAISAJESONORO:I2D-BIO_2016_065:02
	IaVH:CBB:BOLIVAR:PAISAJESONORO:I2D-BIO_2016_065:03

El color verde corresponde a un ID interno asignado por la I2D que permite rastrear información general del recurso como tal. En azul información de la institución y el programa responsable del recurso. En naranja el departamento en donde se llevó a cabo el evento. En morado el tipo de evento. En rojo el consecutivo que diferencia a cada uno de los eventos del conjunto de datos.

8.7.2. Publicación de datos de eventos de muestreo

La publicación de datos sobre biodiversidad se realiza a nivel global a través de la plataforma de GBIF (Global Biodiversity Information Facility) la cual se alimenta de datos publicados por diferentes nodos a nivel mundial (Figura 28), entre los cuales se encuentra el Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB Colombia). Para esto, GBIF desarrolló una herramienta de código abierto con el objetivo de facilitar

la publicación de datos sobre biodiversidad denominada IPT (Integrated Publishing Toolkit).

Una vez los datos se encuentran estructurados y estandarizados pueden ser publicados a través del IPT de alguna institución registrada ante GBIF, el IPT debe estar actualizado en su versión más reciente, puesto que las versiones anteriores no permiten la publicación de datos estructurados bajo el núcleo del evento. Los pasos a seguir se describen a continuación:

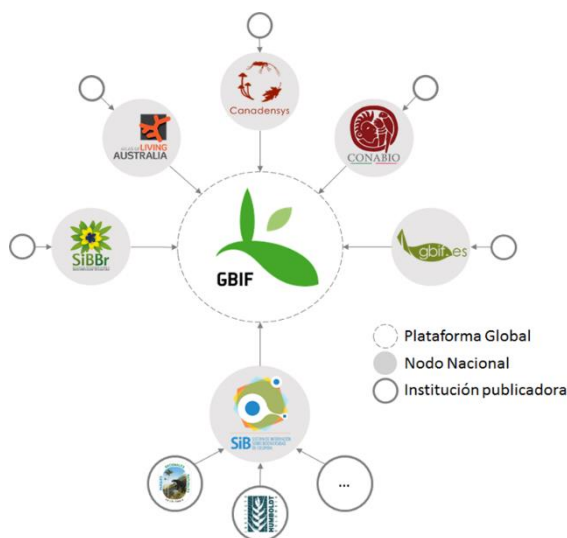


Figura 29. Estructura en la publicación de datos a través de GBIF

Contactar a la entidad encargada de administrar el IPT

Para iniciar el proceso de publicación a través de un IPT se requiere de las credenciales de acceso, las cuales se solicitan directamente a la entidad encargada de administrar el IPT. Los investigadores o contratistas del Instituto Humboldt se deben contactar con la Infraestructura Institucional de Datos (i2d@humboldt.org.co), investigadores de otras instituciones deben comunicarse con el administrador del IPT de su institución (la lista detallada está disponible en <https://goo.gl/eBR5Wa>) o directamente con el SiB Colombia (sib@humboldt.org.co).

Documentar los metadatos

Para documentar los metadatos se ingresa al IPT con las credenciales asignadas, posteriormente se crea un nuevo recurso en la sección “Gestión de recursos”, asignando un nombre corto al recurso el cuál será el identificador del mismo en enlace. Una vez creado el recurso se dirige a la sección “metadatos” donde debe oprimir el enlace “editar” para poder acceder a las 12 secciones del metadato (Figura 29). Para la

documentación se recomienda hacer uso del Perfil Institucional de Metadatos Biológicos del Instituto Humboldt y de las ayudas que brinda la herramienta (cada campo tiene un botón de ayuda).

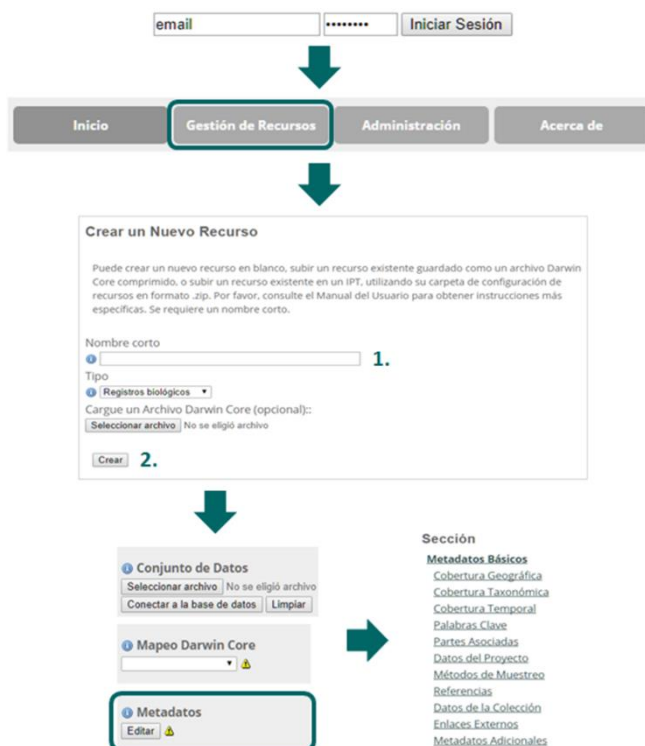


Figura 30. Descripción del proceso para la documentación de metadatos.

Cargar los datos

Para cargar los datos, es necesario que ingrese a la vista general del recurso y se dirija a la sección “Conjunto de datos”, donde debe oprimir la opción “seleccionar un archivo”, seleccione el archivo que desea cargar (1) posteriormente debe oprimir el botón “agregar” (2) donde le aparecerá una descripción del archivo que está cargando, allí debe revisar que el número de columnas y de filas coincida con el de su archivo (Figura 30). Debe cargar tanto el archivo con el **núcleo del evento** como el archivo de la(s) extensión(es) cuando aplique. Se recomienda cargar los archivos en formato txt (delimitado por tabulaciones).

Figura 31. Descripción de los pasos para cargar datos en el IPT.

Mapear los datos

El mapeo de los datos se realiza para cada uno de los archivos que se encuentren asociados al recurso. El primero que se debe mapear es el archivo con los datos del evento (Figura 31). Se debe ingresar al recurso y en la sección “Mapeo Darwin Core” escoger la opción “Darwin Core Event” y oprimir “Agregar”, posteriormente aparecerá una ventana donde debe escoger el archivo que desea mapear, en esta ocasión deberá escoger el archivo correspondiente al Núcleo del evento, al oprimir aceptar la herramienta mapeará de manera automática los elementos con base en los nombres de los encabezados (por esta razón es importante que los encabezados de los archivos se encuentren en inglés y siguiendo el estándar Dwc).

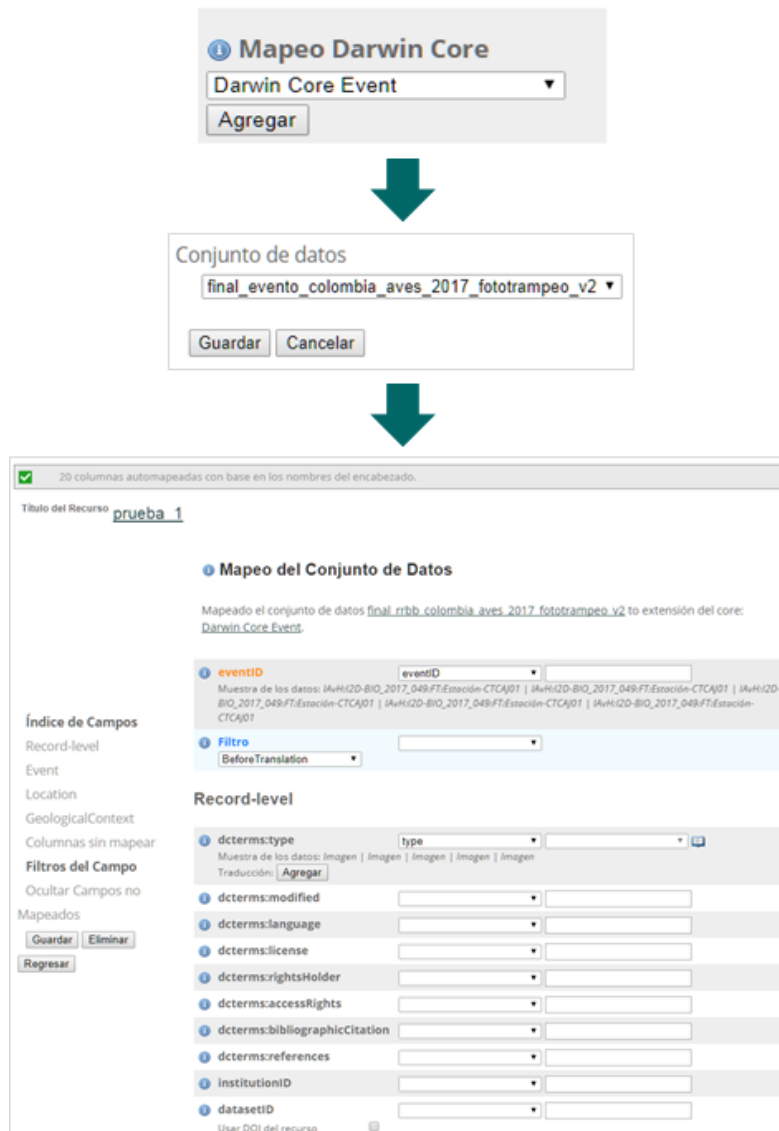


Figura 32. Descripción de los pasos para mapear los datos del núcleo del evento.

Al final de la ventana encontrará los elementos que no fueron mapeados, si esto se debe a que están mal escritos, es necesario que realice la corrección en el archivo original y vuelva a cargar y mapear los datos; la otra razón es que los elementos correspondan a una extensión, en este caso debe realizar el mapeo de los mismos a partir del mismo archivo (Figura 32).



Figura 33. Descripción de los pasos para mapear los datos de las extensiones que se encuentran en el mismo archivo del núcleo del evento.

En el caso que haya utilizado una extensión y esta se encuentre en un documento diferente al del “núcleo”, es necesario que repita la operación, para lo cual es necesario que escoja la extensión correspondiente en la ventana “Mapeo Darwin Core” y asegurándose que en el paso que escoge el conjunto de datos, selecciona el archivo correspondiente. Esto ocurre cuando tiene registros de presencia de especies, medidas, o imágenes asociadas al evento (Figura 33).

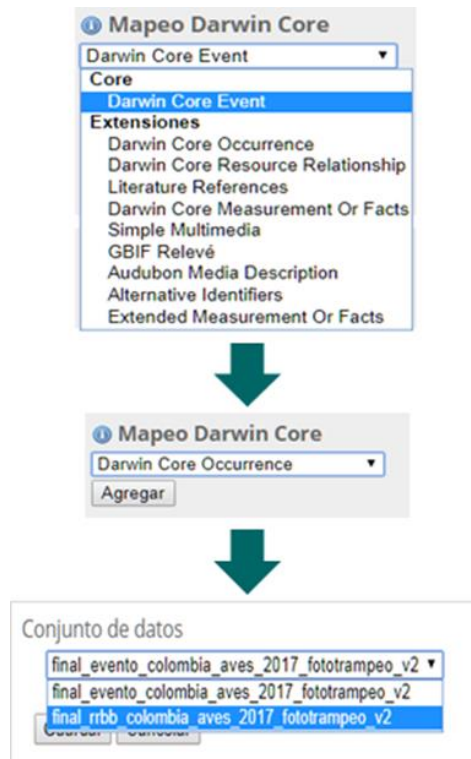


Figura 34. Descripción de los pasos para mapear los datos de las extensiones que se encuentran en archivos independientes al del núcleo del evento.

Cuando mapee registros de presencia de especies debe tener en cuenta que el campo "basisOfRecord" debe traducirse (en la herramienta), para esto, es necesario que siga los pasos de la figura 34.

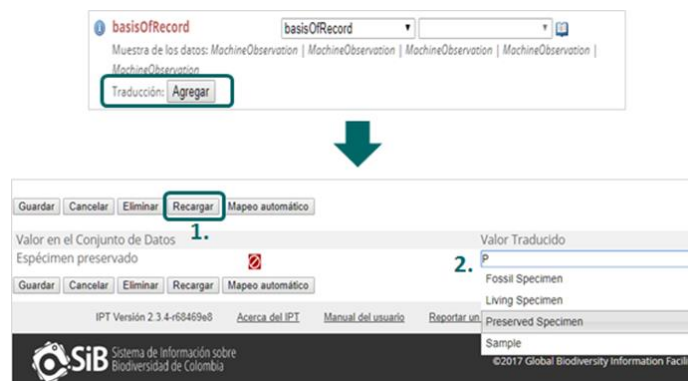


Figura 35. Pasos a seguir para traducir los términos de la base del registro (basisOfRecord) – 1) Oprima recargar para asegurarse que la herramienta está identificando todos los términos documentados en su conjunto de datos; 2) Escoja la traducción que corresponde a cada uno de sus términos.

Publicar el recurso

La publicación se realiza una vez el/los conjunto(s) de datos se encuentren mapeados correctamente y los metadatos completamente documentados. Una vez se cumple con estas condiciones se activa el botón para publicar los datos, sin embargo antes de oprimir el botón de publicar es necesario realizar la solicitud del DOI como se muestra en la figura 35.



Figura 36. Pasos a seguir para realizar la solicitud de DOI y la publicación del recurso.

Visibilidad del recurso

El recurso quedará disponible para descarga a través de los portales de GBIF, SIB Colombia y del IPT. Es importante tener en cuenta que los datos a pesar de haber sido estructurados en una sola hoja de Excel, la salida después de la publicación se da en archivos independientes para el núcleo y cada una de las extensiones. La manera como se relaciona el núcleo con las extensiones es a través del ID como se muestra en la figura 36 (Nota: Para abrir archivos descargados desde un IPT, se recomienda utilizar la codificación UTF-8).

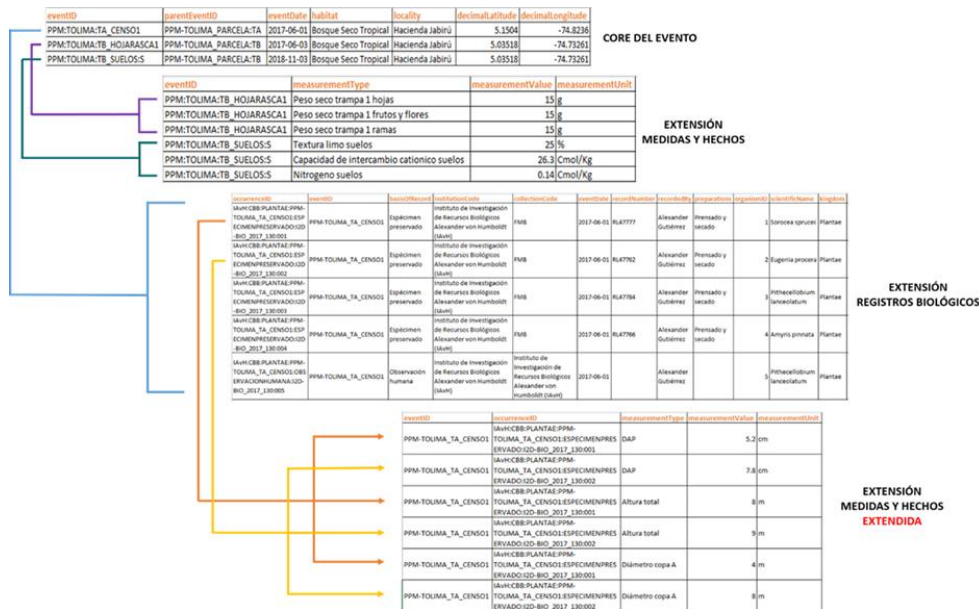


Figura 37. Relación entre el núcleo del evento y las extensiones por medio del eventID.

8.7.3. Caso de uso

Para la estructuración y estandarización de los datos en el estándar DwC es necesario establecer primero las dimensiones del evento de muestreo en términos temporales (momento en el que se realiza cada uno de los eventos de muestreo) y espaciales (zona geográfica donde se realiza, el cual puede referirse a parcelas, subparcelas, puntos específicos, etc.). Es importante que se definan de manera clara los tipos de datos que se tomarán y de esta forma poder asociarlo a la extensión correspondiente, debe estar muy claro cuáles medidas estarán asociadas al evento y cuáles a los registros de presencia de especies (cuando aplique).

A continuación, se describe un ejemplo de datos provenientes de eventos de muestreo que ha sido estructurado en estándar Darwin Core. En los enlaces especificados podrá encontrar una carpeta llamada "Datos estructurados" con los archivos estructurados y listos para ser cargados, mapeados y publicados en el IPT, adicionalmente, encontrará una carpeta llamada "Datos descargados" donde encontrará el Archivo Darwin Core que se descarga desde el IPT después de la publicación.

Paisajes sonoros

Los paisajes sonoros se definen como una colección de sonidos emanados por un paisaje en un lugar y un momento específico. El paisaje sonoro comprende la biofonía (sonidos generados por todos los organismos), la geofonía (sonidos originados por el ambiente geofísico como la lluvia, el viento, etc.) y la antropofonía (sonidos generados por objetos creados por el hombre como los vehículos, herramientas, etc.). Los paisajes

sonoros reflejan procesos ecológicos y son utilizados para entender las dinámicas biológicas y antrópicas, así como sus interacciones (Pijanowski et al, 2011).

A continuación, se describe la estructuración de datos de dos tipos de eventos relacionados con los paisajes sonoros, el monitoreo acústico pasivo que permite la obtención continua de registros acústicos (se realizan grabaciones durante largos periodos en un mismo punto) (Pastor 2011) y los puntos de conteo donde se obtienen registros acústicos puntuales (una grabación de un individuo o un grupo de individuos en un momento dado).

Monitoreo acústico pasivo

Para la estructuración de este tipo de datos se utiliza el núcleo del evento, la extensión de “multimedia simple” la cual se utiliza para documentar la información general sobre el archivo de la grabación y la extensión de medidas y hechos para datos específicos de la grabación y el equipo utilizado (figura 37).



Figura 38. Esquema para la estructuración de datos de monitoreo acústico pasivo según el núcleo y las extensiones correspondientes

En el siguiente enlace puede acceder a un ejemplo de datos estructurados de monitoreo acústico pasivo: <https://goo.gl/wZuEiy>

Puntos de conteo

Para la estructuración de este tipo de datos se utiliza el núcleo del evento junto con la extensión de multimedia simple, registros de presencia de especies y medidas y hechos extendida (figura 38).

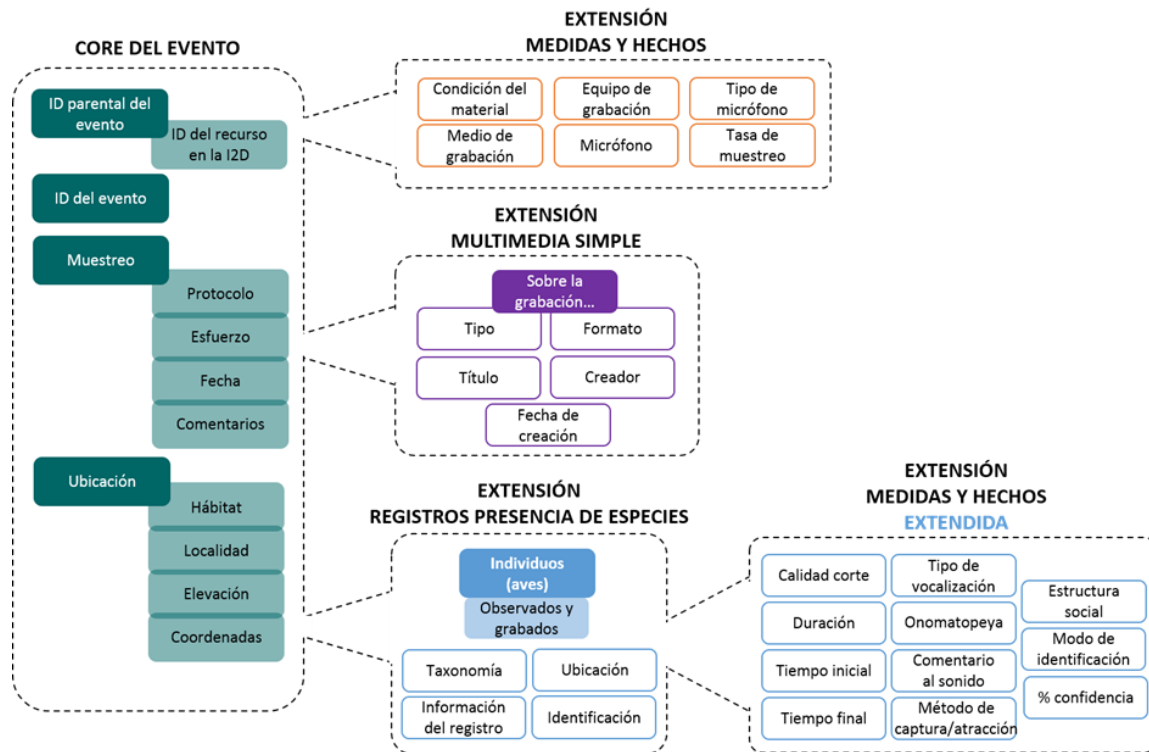


Figura 39. Esquema para la estructuración de datos de puntos de conteo según el núcleo y las extensiones correspondientes

En el siguiente enlace puede acceder a un ejemplo de datos estructurados de puntos de conteo: <https://goo.gl/zmL4SW>

9. GESTIÓN DE INFORMACIÓN

9.1. Herramientas informáticas disponibles para la articulación del sistema

Entre sistemas, herramientas y actores identificados se ha concluido que las fuentes de datos sobre la salud de los ecosistemas de agua dulce y su biodiversidad provienen de redes de monitoreo públicas, privadas, comunitarias y de la academia, los cuales alimentan bases de datos de autoridades ambientales y sector privado. Se identificaron 8 sistemas públicos con diferentes temas de trabajo que pueden articularse al sistema de monitoreo, 2 público/privados y 2 privados:

Tabla 27. Oportunidades de articulación con sistemas públicos y privados

Nombre del sistema/herramienta	Entidad	Carácter	Tipo de datos		Temas		
			Alfa-numérico	Cartográfico	Biodiversidad	Calidad Ambiental	Bienestar y SE
ICDE: Infraestructura colombiana de datos espaciales	IGAC	Público					
SIG-OT	IGAC	Público					
SIAC: Sistema de información ambiental para Colombia	IDEAM	Público					
SIRH: Sistema de información del recurso hídrico	IDEAM	Público					
SMBYC: Sistema de monitoreo de bosques y carbono	IDEAM	Público					
Modelo de almacenamiento de datos geográficos geodatabase	ANLA	Público					
CARS: Caso Piragua-CORANTIOQUIA	CORANTIOQUIA	Público					
Sistema de información sobre biodiversidad	SIB COLOMBIA	Público					
I2D: Infraestructura institucional de datos	I AvH	Público/Privado					
BioTablero	I AvH	Público/Privado					
SIMA: Sistema de apoyo a la toma de decisiones en la macrocuenca del magdalena	TNC	Privado					
Tremarctos-Colombia V.3.0	Conservación Internacional	Privado					

Como se puede constatar en la Tabla 27, las oportunidades de articulación, se observa que las fuentes de datos provienen desde las autoridades ambientales (CAR, AAU, MADS y ANLA) a través de los Subsistemas VITAL (GDB Corporativa) y otros repositorios



de entidades como el DANE o el ICDE. Los usuarios podrían interactuar con indicadores de biodiversidad en el BioTablero o en una plataforma web propia anclada al SIAC.

A continuación, se presenta una selección de herramientas disponibles en la web, públicas o privadas, nacionales o internacionales, que se han desarrollado con el fin de **apoyar la toma de decisiones alrededor de la gestión ambiental**, con especial énfasis en el panorama colombiano o las compensaciones por pérdida de biodiversidad. Posteriormente, se identifican las posibilidades de réplica, articulación o uso de estas herramientas, plataformas o sistemas.

Sistemas Públicos en Colombia de Interés para el Proyecto

A continuación, se describen los principales sistemas públicos identificados que pueden ser de interés para el diseño conceptual del sistema de monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad asociada en la cuenca Magdalena-Cauca.

9.1.1. ICDE: Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales – IGAC

ICDE es un portal que ofrece servicios que permiten a la comunidad gestionar el conocimiento geográfico, la construcción e implementación colectiva de políticas y facilita los procesos de gestión de los recursos geográficos, que incluyen datos, información y conocimiento, para armonizarlos, disponerlos y reutilizarlos por el Gobierno y la Sociedad (Figura 39). La participación de las entidades se puede hacer a través de los comités sectoriales de acuerdo con la temática específica y misional de cada una de ellas. Éstos están clasificados de la siguiente manera: Comité ambiental, Comité de infraestructura, Comité de defensa y mares, Comité territorial y de fronteras, y Comité socioeconómico; cuyo trabajo coordinado y participativo permitirá cumplir con los objetivos propuestos para el fortalecimiento de la ICDE. El ICDE es liderado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

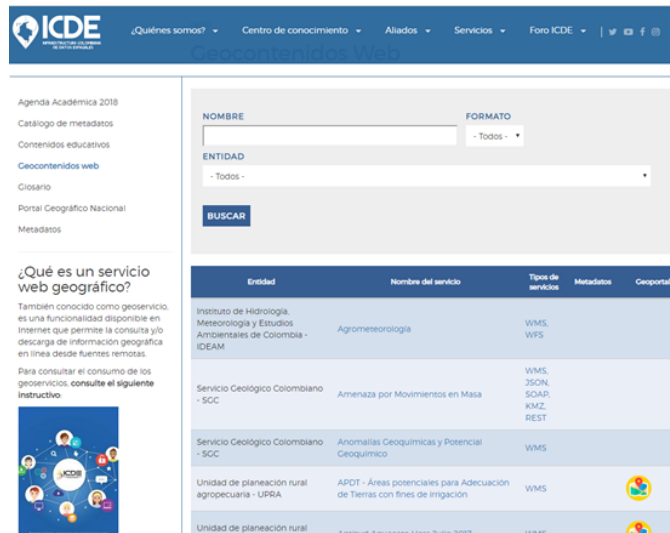


Figura 40. Visualización portal ICDE.

El ICDE centraliza los recursos geoespaciales producidos en los diferentes sistemas del SINA y en general de Gobierno, para lo cual realiza intercambios y procesos compartidos mediante servicios web de interoperabilidad, posteriormente estos son almacenados y depositados en un repositorio para posteriormente ser visualizado en diferentes servicios web (Figura 40).

Posee los siguientes visores de apoyo:

- Portal ICDE: <http://www.icde.org.co/>
- Portal Geográfico Nacional – PGN: <http://pgn.igac.gov.co/>
- Catálogo de Metadatos: <http://metadatos.igac.gov.co/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/home>
- Geocontenidos Web: <http://www.icde.org.co/servicios/geocontenidos-web>
- Contenidos Educativos: <http://www.icde.org.co/servicios/contenidos-educativos>

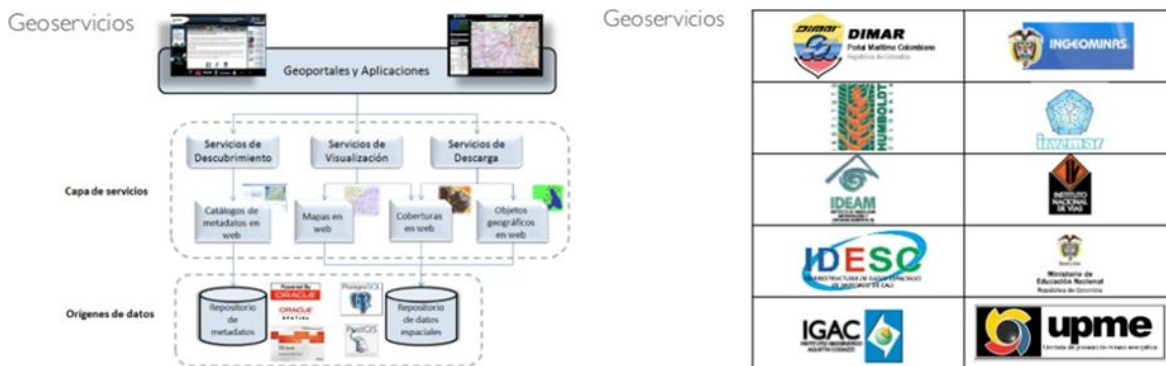


Figura 41. Estructura de incorporación y gestión de datos de la ICDE.

9.1.2. SIG-OT- IGAC

El Sistema de Información Geográfica para el Ordenamiento Territorial – SIGOT es un visor geoespacial que permite hacer consultas de información y permite hacer procesar y análisis de capas. Permite cargar capas desde un software GIS o datos vectoriales a través de servicios web. A su vez permite descargar datos y capas. Posee un conjunto de herramientas geoespaciales, que tiene como base las tecnologías de información geográfica, con las cuales se facilita a muchos de los usuarios conseguir información geográfica para la planeación y el ordenamiento territorial (Figura 41).

Está construido con el apoyo de varias entidades, entre las que se encuentran el DANE, el Ministerio de Ambiente, el Ministerio de Vivienda, el DNP, la Federación de municipios, el IDEAM, Instituto SINCHI, Corpoguajira, SIAT-AC, SIG-Quindío, CNTI, SIG-Are, entre otros. Con esas entidades se tienen acuerdos para suministrar periódicamente, información que cada una de ellas genera desde su experticia temática, con el fin de poder centralizarlas en esta herramienta, que les permita usar y explotar la información a todos los ciudadanos colombianos. Sin embargo, utiliza como principales insumos la información generada por el IGAC.

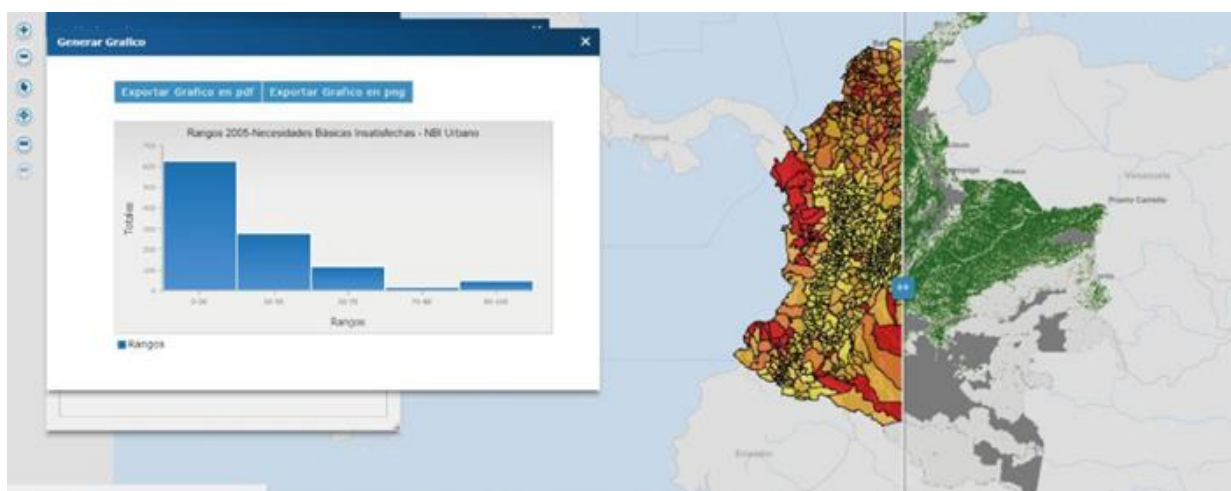


Figura 42. Visualización interfaz gráfica SIG-OT 2018 (<https://sigot.igac.gov.co/>)

9.1.3. SIAC: Sistema de Información Ambiental para Colombia

El SIAC es “el conjunto integrado de actores, políticas, procesos, y tecnologías involucrados en la gestión de información ambiental del país, para facilitar la generación de conocimiento, la toma de decisiones, la educación y la participación social para el desarrollo sostenible” (Uribe 2007). Este cubre cuatro temas fundamentales: agua, biodiversidad, suelo y aire. Según el Decreto 1200 de 2004, el SIAC se estructura en dos grandes subsistemas (Figura 42): el Sistema de Información Ambiental (SIA) y el Sistema para la Planeación y la Gestión Ambiental (SIPGA). La

administración del SIAC se basa en una mesa interinstitucional liderada por el MADS y apoyada por los Institutos de Investigación Ambiental: IDEAM, IAVH, INVEMAR, SINCHI, e IIAP; la ANLA y Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales (UAESPNN).



Figura 43. Estructura del SIAC, sus subsistemas y sus administradores

SIA - Sistema de Información Ambiental para el Seguimiento a la Calidad y Estado de los Recursos Naturales y el Ambiente: “Es el conjunto integrado de actores, políticas, procesos, y tecnologías que gestionan información sobre el estado (oferta ambiental), el uso y aprovechamiento (demanda ambiental), la vulnerabilidad y la sostenibilidad del ambiente, en los ámbitos continental y marino del territorio colombiano” (Uribe 2007). Algunos de los subsistemas asociados al SIA, y su entidad administradora, son:

- Sistema de Información sobre Biodiversidad – SIB (IAVH).
- Sistema de Información Ambiental Marina – SIAM (INVEMAR).
- Sistema Nacional de Información Forestal – SNIF (IDEAM).
- Sistema de Información del Recurso Hídrico – SIRH (IDEAM).
- Sistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRE (IDEAM).
- Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono – SMByC (IDEAM).

SIPGA - Sistema de Información para la Planeación y la Gestión Ambiental: “Es el conjunto integrado de actores, políticas, procesos, y tecnologías para conocer y evaluar los procesos de gestión ambiental del país” (Uribe 2007). Algunos de los subsistemas asociados al SIPGA, y su entidad administradora, son:

- Sistema de Gestión y Seguimiento a las Metas de Gobierno – SINERGIA (DNP).
- Sistema de Información de Planeación y Seguimiento a las metas de MINAMBIENTE –



SINAPSIS (MADS).

- Sistema de Información de Planificación y Gestión Ambiental de las Corporaciones Autónomas Regionales – SIGPA CAR.
- Ventanilla Integral de Trámites Ambientales en Línea – VITAL (ANLA).

El SIAC cuenta con el desarrollo de la herramienta de Bus de Servicios para tener interoperabilidad entre los subsistemas. El proceso de creación de mecanismos de interoperabilidad en el SIAC está establecido y se encuentra en el documento del MADS titulado “Mecanismos de software para interoperabilidad e intercambio de información entre subsistemas SIAC, haciendo uso del bus de servicios ORACLE del SIAC” (Cendales-Prieto 2018).

- Link al SIAC: <http://www.siac.gov.co/>
- Geovisor SIAC: <http://sig.anla.gov.co:8083/>

9.1.4. ANLA: Modelo de Almacenamiento de Datos Geográficos Geodatabase

Entre 2010 y 2012 la ANLA adoptó una normatividad relativa a la estructura de almacenamiento de la información geográfica la cuales siguen los estándares establecidos por la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales –ICDE (Resolución 1503 de 2010 del MADS, Resolución 1415 de 2012). Estas pautas permiten a las empresas solicitantes de licencias ambientales una adecuada estructuración de los datos espaciales producidos, hacer una completa evaluación y seguimiento de los proyectos dentro de las diferentes etapas de licenciamiento y garantizar la interoperabilidad con otras entidades del SIAC.

Con la Resolución 2182 de 2016, el MADS da las directrices de la estructura de almacenamiento vigente, siendo su implementación obligatoria para los EIA, DAA, PMA e ICA. Esta reconoce tres tipos de datos: tablas, raster, vectores (línea, punto o polígono). Las tablas deben ser almacenadas dentro de una GDB (Figura 43), donde las tablas corresponden a datos de diferente índole, que incluyen muestreos, registros, mediciones, etc. Mientras que los datos raster y vector son almacenados en Datasets, estos incluyen datos de sensores remotos como imágenes satelitales y ortofotografías.

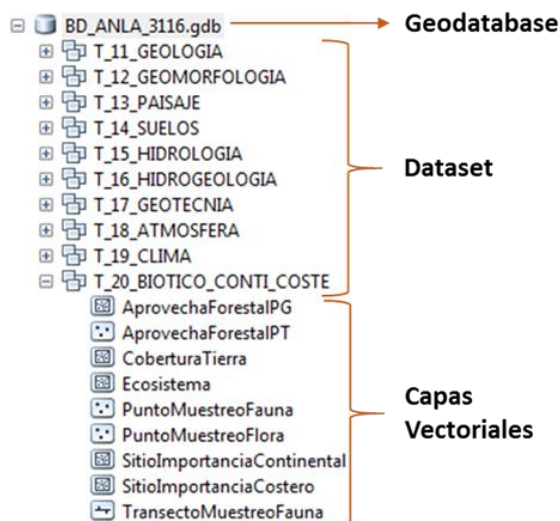


Figura 44. Estructura general de la GDB diseñada por la ANLA

Es importante señalar que esta información está restringida para la cobertura espacial de los estudios ambientales, es decir al área de influencia de cada proyecto. Estos datos tienen seguimiento temporal conforme se actualicen los Informes de Cumplimiento Ambiental-ICA, que hacen parte del cumplimiento de las obligaciones y requerimientos señalados por las autoridades ambientales. Estos informes incluyen lo pactado en el cronograma de monitoreo ambiental.

9.1.5. SIRH: Sistema de Información del Recurso Hídrico - IDEAM

De acuerdo con lo establecido en el Decreto 1076 de 2015, Capítulo 5 sección 1, artículo 2.2.3.5.1.2, el Sistema de Información del Recurso Hídrico -SIRH- es el conjunto de elementos que integra y estandariza el acopio, registro, manejo y consulta de datos, bases de datos, estadísticas, sistemas, modelos, información documental y bibliográfica, reglamentos y protocolos que facilita la gestión integral del recurso hídrico.

El SIRH gestiona conocimiento relacionado con el estado, comportamiento y dinámica del ciclo hidrológico en las unidades de interés hidrológico, atendiendo a la estrategia de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico - PNGIRH, que dispone "*Desarrollar conocimiento y la investigación del recurso y fortalecer un sistema de información multipropósito del agua, integrado al Sistema de Información Ambiental de Colombia -SIAC*".

Dicho sistema permite la interoperabilidad con demás herramientas de información tales como el Observatorio de Gobernanza del Agua, el sistema de alertas tempranas, el Centro Nacional de Modelación y demás subsistemas del SIAC, que constituyen información fundamental para la toma de decisiones y para la administración, planificación y gestión integral adecuada del recurso hídrico en Colombia.

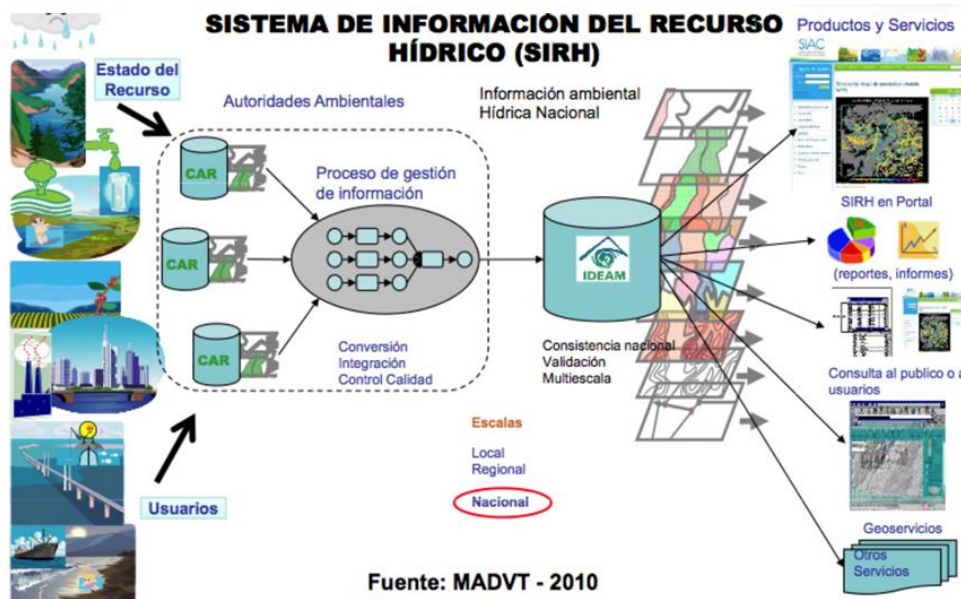


Figura 45. Estructura general del flujo de información en el SIRH

El sistema es liderado por el IDEAM y se alimenta con datos de usuarios del agua y monitoreo de calidad suministrados desde el 2012 por 42 Autoridades Ambientales Competentes realizada a sus cuerpos de agua en el área de su jurisdicción (Figura 44). La información que se gestiona se relaciona con cinco componentes: la Oferta, Demanda, Calidad, Riesgo y Gestión del Recurso Hídrico:

- **Oferta:** Permite la consulta de información de las estaciones hidrológicas del IDEAM, que incluye las series de datos históricas, tabla de datos, series anuales, resumen numérico, datos multianuales, graficas multianuales, histograma, curva de duración de caudal, e indicadores del Estudio Nacional del Agua ENA – 2010.
- **Demanda:** se cuenta con salidas gráficas de información relacionada con Número de usuarios del agua de acuerdo a su naturaleza por municipio, Número de captaciones por fuente hídrica, Caudal concesionado por fuente hídrica, Número de vertimientos por fuente hídrica, Caudal vertido por fuente hídrica, Número de concesiones otorgadas por año, Número de permisos de vertimientos otorgadas por año, vigencia de los permisos y concesiones, usuarios por tipo de fuente (superficial y subterránea).
- **Calidad:** permite la consulta de información de los puntos de monitoreo de calidad del agua realizado por el IDEAM y Autoridades Ambientales Competentes, cálculo del indicador de calidad del agua – ICA, Número de muestras en el año sobre una fuente hídrica, Comportamiento cronológico de un parámetro en un Punto de Monitoreo; Comportamiento cronológico de un parámetro en los Puntos de Monitoreo de una fuente hídrica.



• **Riesgo:** permite la salida de información relacionada con alertas de disponibilidad del recurso hídrico, identificación de puntos de monitoreo en los que existen cambios significativos en la calidad del agua y cuenta con un link de acceso al sistema de alertas temprana FEWS, como fuente de información de datos recientes de niveles y precipitación, y generación de pronósticos (modelos en validación).

• **Gestión:** permite la captura de información relacionada con los planes de ordenamiento del recurso hídrico – PORH; Planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas – POMCA y los conflictos asociados a una fuente hídrica. Lo anterior, con el fin de aportar información para el seguimiento de los objetivos de calidad, metas de carga contaminante, conflictos identificados en una fuente hídrica, indicadores de gestión y ejecución programática y financiera de los POMCA.

Para acceder al sistema se disponen dos alternativas:

Usuario interesado: <http://sirh.ideam.gov.co:8230/Sirh/faces/observatorio.jsp>

Autoridad Ambiental: <http://sirh.ideam.gov.co:8230/Sirh/faces/dashBoard.jsp>

9.1.6. SMBYC: Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono – IDEAM

Acorde al Decreto 1655 de 2017, el SMBYC se define como un instrumento conformado por un conjunto de elementos, herramientas y procesos que permite generar la información oficial sobre el estado actual de los bosques naturales en Colombia y sus cambios en el tiempo (Figura 45).

Su implementación contó con apoyo financiero de la Fundación Gordon & Betty Moore. Es liderado por el IDEAM. El SMBYC está conformado por tres componentes que permiten:

- Identificar semestralmente las áreas críticas por alertas de deforestación
- Cuantificación anual de la superficie de bosque a nivel regional y nacional
- Cuantificación anual de la superficie deforestada a nivel regional y nacional
- Actualización anual de las estimaciones de contenidos potenciales de carbono almacenados en bosques naturales
- Actualización anual de las estimaciones de emisiones potenciales de gases efecto invernadero derivadas del proceso de deforestación.



MAGDALENA - CAUCA
VIVE



Figura 46. Visualización de interfaz gráfica del SMByC

El componente de Alertas Tempranas está basado en el uso de imágenes de satélite de alta resolución temporal y baja resolución espacial (MODIS TERRA/AQUA). A partir de estas, se generan mosaicos temporales semestrales que son procesados digitalmente a través de algoritmos automatizados, para la identificación de las zonas de deforestación con mayor intensidad, constituyéndose en un sistema de alerta temprana de las dinámicas de cambio de la cobertura de bosque natural en el país.

<http://smbyc.ideam.gov.co/MonitoreoBC-WEB/reg/indexLogOn.jsp>

9.2.7. CARS: Caso Piragua-CORANTIOQUIA

PIRAGUA es un programa de gestión socio-ambiental. Se creó en el año 2011 con la idea de promover y desarrollar sistemas de información del agua, construidos, implementados y operados por las comunidades en la jurisdicción de Corantioquia. Es liderado por Corantioquia con apoyo de la Universidad de Antioquia y la Universidad de Medellín. Las actividades incluyen:

- Medición, análisis, interpretación y espacialización de los datos de lluvia capturados en los pluviómetros (pluviógrafos).
- Aforo de la cantidad de agua en cuencas que prestan un servicio ambiental para la comunidad.
- Monitoreo de la calidad fisicoquímica y microbiológica de las corrientes de agua.
- Monitoreo de la calidad hidrobiológica del agua.
- Gestión comunitaria del riesgo.

Los participantes de la comunidad son reconocidos como piragüeros, los cuales se



vinculan de forma totalmente voluntaria. Hoy son más de 3000 piragüeros, en 119 veredas de 80 municipios antioqueños. Las comunidades no solo reportan la información a la Corporación, sino que también utilizan los resultados para su propio beneficio. Los datos colectados por los piragüeros son enviados por una aplicación móvil y son llenados en formatos impresos y posteriormente digitalizados en un sistema de información por parte de la Corporación. La información colectada por la comunidad está apoyada por monitoreos de profesionales y universitarios, así como por una red automática de caudal.

El monitoreo hidrobiológico del Programa PIRAGUA tiene como objetivo establecer la calidad de las fuentes abastecedoras y las fuentes con monitoreo participativo en la jurisdicción de CORANTIOQUIA a través de la caracterización de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos evaluando indicadores biológicos (composición y abundancia) e implementando el índice biótico BMWP/Col.



Figura 47. Visualización de página web programa Piragua - Corantioquia

Los datos de monitoreo quedan dispuestos en un portal para consulta de todos los usuarios (Figura 46). Es posible hacer consultas para la red automática, el monitoreo de macroinvertebrados, calidad de agua, entre otros. Algunos conjuntos de datos de las consultas pueden ser descargados. Se desconoce si poseen mecanismos de servicio web u otro para hacer interoperable el sistema con otros del SIAC.

<http://www.piraguacorantioquia.com.co/>

9.1.8. SIB COLOMBIA: Sistema de Información Sobre Biodiversidad

El nodo colombiano de GBIF es administrado por el Sistema de Información sobre Biodiversidad SiB Colombia (<http://www.sibcolombia.net/>) desde el año 2000 y está conformado por 16 nodos activos de datos biológicos (Figura 47). El SiB Colombia es una iniciativa de país que tiene como propósito brindar acceso libre a información sobre la diversidad biológica del territorio colombiano. El sistema facilita la publicación en línea de datos e información sobre biodiversidad y su acceso a una amplia variedad de audiencias, apoyando de forma oportuna y eficiente la gestión integral de la biodiversidad.

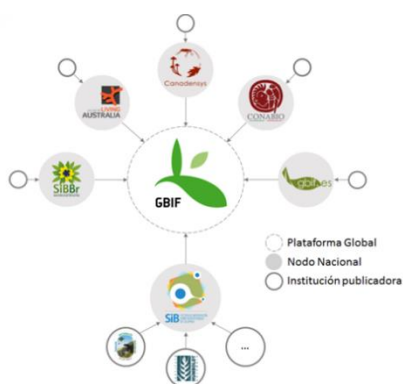


Figura 48. Estructura de flujo de información entre SiB y GBIF

Para el ingreso de datos se utiliza el estándar Darwin Core (DwC) para estructurar y publicar este tipo de datos, con el fin de utilizar el mismo lenguaje y reducir la redundancia, duplicidad y heterogeneidad en los términos utilizados para describir los datos colectados. En el DwC, se pueden estructurar datos e información de eventos, registros de presencia de especies y listas de especies, para esto se han definido tres "núcleos" que equivalen a un conjunto de términos útiles para estructurar la información básica y general, los cuales se denominan "Núcleo del evento", "Núcleo de presencia de especies" y "Núcleo de listas". La posibilidad de alojar datos de programas de monitoreo se apoya el "**Núcleo del evento**" donde se pueden relacionar a un registro biológico otros datos como ambientales (características físicas y químicas), información puntual sobre el muestreo (métodos, esfuerzo, equipo, etc.) y la información asociada al mismo (metadatos y medidas adicionales).

Esta plataforma online cuenta con funcionalidades que permiten la consulta, descarga y publicación de información sobre biodiversidad, a través de canales como el portal de datos, las listas de especies, las colecciones en línea y el catálogo de la biodiversidad. La plataforma cuenta con la posibilidad de realizar la consulta de miles de registros que han sido publicados por otras personas y organizaciones. Permite también realizar descarga de datos siempre bajo los parámetros de reconocimiento al



autor y según las condiciones de licencia sujeta a los datos publicados.

9.1.9. I2D: Infraestructura Institucional de Datos – IAVH

La Infraestructura Institucional de Datos e Información (I2D) del Instituto Humboldt es la puerta de acceso a los productos y servicios de información sobre biodiversidad generados en el cumplimiento de la misión institucional. Fue creada en el 2013, con el objetivo de facilitar el acceso y garantizar la perdurabilidad de estos datos e información sobre biodiversidad del país, para que puedan ser consultados y utilizados de manera efectiva en procesos de construcción de conocimiento que promuevan la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales en el territorio nacional.

Asimismo, la I2D asegura que los datos y servicios de información generados por el Instituto Humboldt sean integrados y contribuyan al crecimiento y consolidación de redes y sistemas de información nacional como el Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC) y la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE). Se garantiza la interoperabilidad de los datos basado en normas internacionales en la ISO19115 y su estándar en la ISO19139, que también tienen implementada la ICDE.

Se alimenta con datos de proyectos institucionales que se desarrollan a través de convenios, contratos y los generados por el instituto. Cuenta con dos herramientas tecnológicas para administrar su información:

- **Ceiba:** gestiona, administra y facilita el acceso en línea a los datos biológicos y ecológicos generados por el Instituto Humboldt, y disponibles en formato alfanumérico. La información biológica que se genera en la infraestructura se incorpora al SiB Colombia a través del IPT de IAVH (<http://datos.humboldt.org.co/>).

- **GeoNetwork:** hace disponibles los datos e información sobre biodiversidad en formato geoespacial, producida por el Instituto Humboldt. A través del servidor de mapas GeoServer, el Instituto ofrece los siguientes tipos de servicios: Web Map Service (WMS), Web Map Tile Service (WMTS) y Web Feature Service (WFS). Posee los elementos de interoperabilidad listos para poder comunicar datos a ICDE. Ambos sistemas son libres en la web para acceder a sus recursos y para realizar descargas.

<https://sites.google.com/humboldt.org.co/i2dwiki/servicios-web-geonetwork?authuser=0>

<https://sites.google.com/humboldt.org.co/i2dwiki/consulta/servicios-web>



Figura 49. Interfaz de inicio de I2D y sus herramientas

Sistemas Privados de Interés para el proyecto en Colombia

A continuación, se describen los principales sistemas o plataformas identificados de origen privado y uso abierto que pueden ser de interés para el diseño conceptual del sistema de monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad asociada en la cuenca Magdalena-Cauca.

9.1.10. BioTablero - IAVH

BioTablero (plataforma en desarrollo) es una iniciativa del IAVH implementada desde el 2018, en colaboración con la comunidad académica nacional e internacional y con gestores públicos y privados, con el fin de proveer síntesis y análisis de la información disponible sobre biodiversidad, a través de indicadores ambientales. El BioTablero fue creado para usuarios que requieren información actualizada, oportuna y veraz sobre el estado de la biodiversidad con el fin de utilizarla en la toma de decisiones (IAvH y TNC, 2019).

El BioTablero está organizado en módulos que representan casos de uso específicos. En este momento se encuentran en desarrollo cuatro módulos: consultas geográficas, indicadores de biodiversidad, compensaciones por pérdida de biodiversidad y alertas tempranas. BioTablero tiene dos clases de usuarios: registrados y no registrados, los cuales presentan acceso a funcionalidades diferenciadas (IAvH y TNC, 2019).

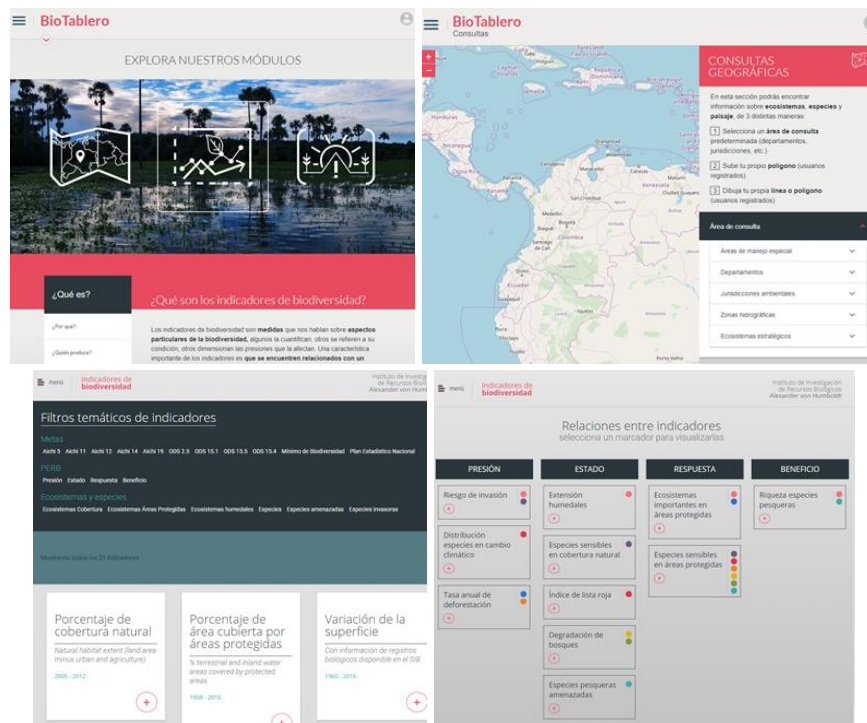


Figura 50. Página de inicio del BioTablero y sus herramientas.

El BioTablero (<http://biotablero.humboldt.org.co/>) tiene la capacidad de integrar información proveniente de otros subsistemas del SIAC, BioModelos e investigaciones realizadas en el IAvH. La integración se realiza mediante el procesamiento de la información y generación de cálculos y gráficas que resuman la información obtenida de otras fuentes.

Tiene el potencial de articularse con otros sistemas de información. Por ejemplo, con el apoyo del Grupo de Energía de Bogotá, se inició el desarrollo del módulo de compensaciones ambientales, partiendo del interés de ambas partes de mejorar la toma de decisiones en torno a este reto (IAvH y TNC, 2019).

El desarrollo de BioTablero por parte del Instituto Humboldt sigue la filosofía del código abierto (<https://opensource.org/>), implementando una licencia que permite distribuir, compartir y modificar el software siempre que se respete y se cite el origen del código fuente que haya sido modificado.



9.1.11. SIMA: Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones en la Macrocuenca del Magdalena – TNC

El SIMA es un software dirigido a apoyar la toma de decisiones, con aplicación específica a la planificación integrada de la macrocuenca Magdalena-Cauca (Colombia). El principal propósito del SIMA es promover una visión integrada y de largo plazo y amplio alcance del manejo de la macrocuenca Magdalena-Cauca entre los actores relevantes, pero también de la población en general (TNC et al, 2017).

En el SIMA se integran diversas herramientas y conjuntos de datos - desarrollados por múltiples instituciones - para el análisis integrado de los impactos ambientales acumulativos provocados por acciones de desarrollo de gran escala de los sectores de hidroenergía, agricultura de riego, control de inundaciones y restauración ambiental y, por otro lado, por factores no controlables como lo es el clima y aún más el cambio climático (TNC et al, 2017).

SIMA puede aportar funcionalidades útiles a actores a diferentes escalas. Por un lado, puede funcionar como un espacio de concertación de alto nivel para los diferentes actores involucrados en la toma de decisiones en la macrocuenca Magdalena-Cauca. Por otro lado, permite gestionar diferentes niveles de acceso según el perfil de cada usuario (TNC et al, 2017). Por ejemplo:

- Evaluar impactos aguas abajo a nivel macrocuenca.
- Integrar información con recursos disponibles al SIAC y alimentar el mismo.
- Herramienta básica para PORH escala regional o subcuenca integrando información regional y nacional.
- Simular escenarios futuros considerando diferentes acciones en la toma de decisiones.
- Establecer la condición de frontera de un proyecto.
- Relevancia de un proyecto sobre la escasez de bienes ambientales a escala macrocuenca.
- Otros.

En su versión actual, el SIMA (<http://www.sima-magdalena.co/>) hace énfasis en los ecosistemas de agua dulce es decir ríos, humedales, planicies de inundación, etc (TNC et al, 2017).

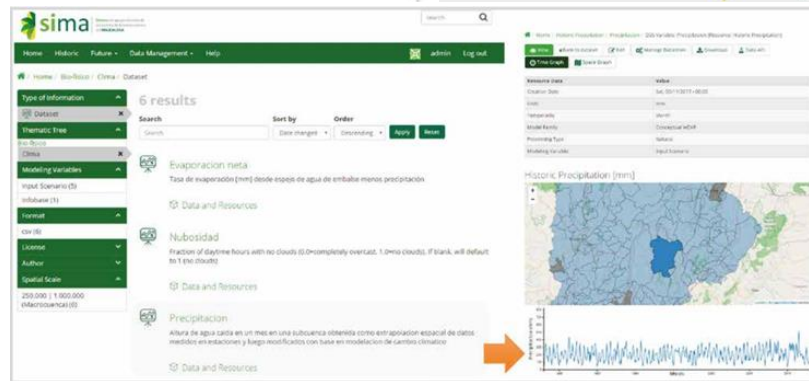


Figura 51. Página de inicio de SIMA, flujograma para la generación de escenarios en la toma de decisiones y visualización del funcionamiento de la herramienta.

9.2.12. Tremarctos-Colombia V.3.0 - Conservación Internacional

TREMARCTOS-COLOMBIA v.3.0 es un sistema gratuito en línea que, mediante el despliegue de información del capital natural del país, como áreas protegidas, complejos de páramo, biodiversidad, entre otras, permite evaluar preliminarmente la vulnerabilidad de estos frente a obras, actividades o proyectos (carreteras, líneas de transmisión, oleoductos, gaseoductos, mineros o de petróleo). En otras palabras, funciona como una herramienta de alertas tempranas a la posible afectación de los recursos naturales (IAvH y TNC, 2019).

Esta plataforma realiza análisis bajo 4 ejes temáticos: (1) biodiversidad; (2) magnitud minera y socioeconómica; (3) vulnerabilidad y susceptibilidad frente al cambio climático y (4) marino. Cuenta además con 50 variables de tipo ambiental, social y cultural para todo el territorio colombiano (IAvH y TNC, 2019). TREMARCTOS-COLOMBIA está soportada en la cartografía oficial para el país, así como otras generadas para esta herramienta. La aplicación trabaja con álgebra de mapas y con cálculos sencillos mediante el método de superposición ponderada, y está orientado a proyectos licenciados (IAvH y TNC, 2019).



MAGDALENA-CAUCA
VIVE

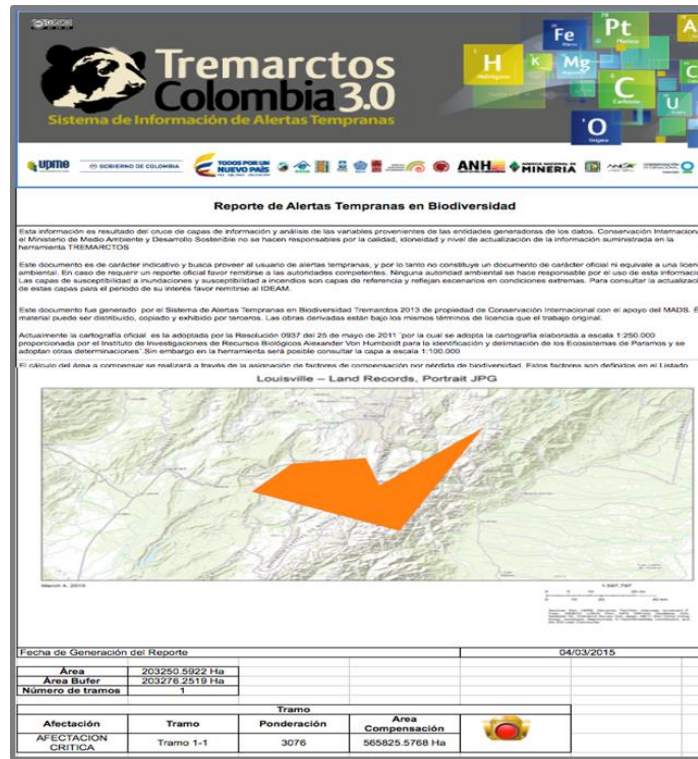


Figura 52. Ejemplo reporte portal TREMARCTOS (<http://www.tremarctoscolombia.org>)

9.2. Retos y oportunidades para el fortalecimiento del monitoreo en la Macrocuenca Magdalena-Cauca.

De acuerdo a lo anterior, es posible identificar retos y oportunidades para el fortalecimiento del monitoreo de los ecosistemas dulceacuícolas de la Macrocuenca Magdalena-Cauca los cuales tienen que ver con la cooperación y colaboración entre los actores, la financiación y el flujo de la información.

9.2.1. Cooperación y colaboración

Para lograr su continuidad y vigencia, las iniciativas deben estar enfocadas a preguntas y objetivos de interés común para los actores, teniendo claro la escala de incidencia y pertinencia, evitando así realizar iniciativas de corto plazo que no tienen conexión con las necesidades de información para la gestión y sin contar con el apoyo institucional. Las estrategias que no se encuentran vigentes, corresponden a estudios descriptivos de las variables a monitorear en periodos cortos de tiempo sin consistencia. La articulación de iniciativas que permitan generar monitoreos de mayor escala, permite mayor estabilidad ya que se destina una mayor financiación debido al impacto que generara la información obtenida.

Para garantizar éxito de las iniciativas de monitoreo en cuanto a continuidad, se debe

a la apropiación por parte de la comunidad, y no de depender exclusivamente de las entidades externas para garantizar su sostenibilidad en el tiempo (PNN y Patrimonio Natural, 2008). Como se ha mencionado a lo largo del documento la cooperación se puede establecer mediante mecanismos formales (convenios, acuerdos o pactos firmados y legalizados) o informales (acuerdos pactos verbales, mesas o grupos de trabajo) (PNN y Patrimonio Natural, 2008). Además, son necesarias redes de trabajo con el fin de validar la calidad de la información del Monitoreo con el apoyo de la comunidad científica, por consiguiente, se hace necesaria la articulación con instituciones de investigación y universidades, considerando también que el intercambio de información entre entidades evita la duplicidad de esfuerzos (PNN y Patrimonio Natural, 2008).

Al respecto, existen oportunidades para la conformación de alianzas estratégicas para garantizar la creación y desarrollo de iniciativas de monitoreo más robustas, con mejores estándares en la generación de información y que responda a preguntas con mayor incidencia en la toma de decisiones y el estado del conocimiento ambiental del país, desde el monitoreo de calidad del agua, flujo, caudal, pesca, gestión del riesgo y biodiversidad acuática. Algunos programas y estrategias a nivel nacional y regional existentes tendrían la capacidad de articulación interinstitucional para acoger y apoyar iniciativas de monitoreo y mejorar la accesibilidad y calidad de la información generada. Se identifican principalmente:

- El **Programa Nacional de Monitoreo del Recurso Hídrico** busca llevar a cabo un monitoreo sistemático, coherente y apropiado que de soporte a la implementación y seguimiento de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Este programa de monitoreo busca mejorar la generación de conocimiento e información, que permita definir el estado, la dinámica y el impacto que pueda tener el recurso hídrico, desde el abordaje de los procesos naturales que integran el ciclo del agua, el seguimiento al comportamiento de estos procesos, la interpretación de la respuesta ante la influencia de la actividad humana evaluando el estado, dinámica y alteraciones y gestión sobre sistemas de agua superficial, aguas subterráneas, cuerpos lentos y humedales, calidad del Agua, bioindicación y sedimentos respectivamente (MADS 2018).

- El **SIAC** es por definición un sistema de sistemas, regido por protocolos para la gestión de la información, con una estructura flexible que permite la escalabilidad, integración y actualización, y que sirve de apoyo al Sistema Nacional Ambiental-SINA (IAvH y TNC, 2019). La importancia del SIAC radica en que debe convertirse en el sistema que integra todos los subsistemas que recopilan información para el análisis del estado, uso y aprovechamiento, vulnerabilidad y sostenibilidad de los recursos naturales, y por lo tanto es clave como herramienta para la toma de decisiones ambientales y de gestión del territorio a nivel nacional (IAvH y TNC, 2019). Teniendo en cuenta lo anterior, es



importante que el sistema de monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad asociada en la cuenca Magdalena-Cauca se desarrolle integrado al SIAC, que comparta sus principios y que sea capaz de consumir y proveer información útil para la toma de decisiones (IAvH y TNC, 2019).

- El **SiB** cuenta con un formulario de captura de datos de monitoreo. El SiB permite la incorporación de datos de público en general, privados e instituciones del estado. Estas características podrían ser consideradas para asignarlo como el repositorio de almacenamiento necesario para centralizar datos de monitoreo que no provengan de proyectos licenciados y vigilados por la ANLA. Resulta clave que el sistema de monitoreo de los ecosistemas acuáticos para la cuenca Magdalena-Cauca consuma la información gestionada por esta plataforma, y que se hagan partícipes el desarrollo del sistema.

- Los sistemas de algunas **corporaciones autónomas regionales** como Corantioquia, con el programa Piragua, resultan claves para darle tracción al proceso de articulación institucional. No sólo constituyen una red con una amplia cobertura en su respectiva jurisdicción, también tienen capacidad instalada y competencias para el monitoreo de los ecosistemas dulceacuícolas. Su experiencia podría resultar clave para replicar en otras áreas de la macrocuenca. La articulación sería en dos niveles: 1) Incluirlos como parte del piloto de articulación de datos para la generación de indicadores; 2) Intercambio de experiencias y transferencia de conocimientos a otras Corporaciones que tienen un nivel avanzado, pero aún no madurado de sus sistemas de monitoreo, como CAM y CARDER.

- Sistemas de soporte a la toma de decisiones como **SIMA** y **TREMARCTOS**, pueden constituirse en consumidores o usuarios de la información por el sistema de monitoreo.

9.2.2. Adopción

- Respecto al **ICDE** es clave contar con la adopción de políticas y normativas de procesos de gestión de los recursos geográficos, que incluyen datos, información y conocimiento, para armonizarlos, disponerlos y reutilizarlos por el Gobierno y la Sociedad.

- El **BioTablero** cuenta con un módulo de indicadores que presenta un conjunto de indicadores sobre el estado y tendencias de la biodiversidad en el país, que se representan mediante salidas gráficas y que van acompañados de sus fichas metodológicas. Por su estructura y función, es de gran relevancia para el sistema de monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad asociada en la cuenca Magdalena-Cauca, pues brinda oportunidades de adopción de funciones (e.j. despliegue de indicadores y sus fichas metodológicas, cálculos y análisis espaciales



mediante la interacción con filtros de información) y de articulación.

9.2.3. Uso

- Entre los subsistemas identificados, uno de los más importantes es la **GDB Corporativa**, administrada por la ANLA. La GDB Corporativa contiene la información estructurada más relevante relacionada con los EIA y los ICA de los proyectos con obligación de licencia ambiental. En este sentido, es necesario que el sistema de monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad asociada en la cuenca Magdalena-Cauca consuma la información gestionada por esta plataforma.
- El **SIG-OT** contiene información del DANE y otras fuentes diferentes al SINA que permiten realizar cálculos de indicadores socio-ecológicos y relacionados con el bienestar y la salud de ecosistemas. En este sentido, es necesario que el sistema de monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad asociada en la cuenca Magdalena-Cauca consuma la información gestionada por esta plataforma.
- El **SMBYC** es administrado por el IDEAM. Al manejar y almacenar información de capas sobre el estado y cambio de los bosques, es de relevancia para el monitoreo de la cobertura de bosques riparios. Este subsistema está en proceso de actualización y puesta en marcha de su servicio web para compartir información. En este sentido, es importante que el sistema de monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad asociada en la cuenca Magdalena-Cauca consuma información de este subsistema, mediante procesos de interoperabilidad.
- El **SIRH**, administrado por el IDEAM, almacena información del monitoreo y gestión del recurso hídrico. Los datos de variables e indicadores que calcula resultan claves para el cálculo de indicadores complejos sobre la salud de los ecosistemas acuáticos. En este sentido, es importante que el sistema de monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad asociada en la cuenca Magdalena-Cauca consuma información de este subsistema, mediante procesos de interoperabilidad.
- La **I2D** es un repositorio importante de información biológica y geográfica de proyectos realizados por el IAvH, instituto con el carácter misional de generar el inventario nacional de la biodiversidad. En este sentido, es necesario que el sistema de monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad asociada en la cuenca Magdalena-Cauca consuma la información gestionada por esta plataforma, ya sea de forma directa o a través del SiB.

9.3. Alternativas para la arquitectura interinstitucional

Uno de los principales retos está encaminados a el diseño de los mecanismos que permitan generar el flujo e intercambio de información resultado de los monitoreos con el sector ambiental, los sectores productivos, las entidades públicas de orden nacional, regional o local, la academia, organizaciones no gubernamentales (ONG) y otros actores de la sociedad. El intercambio y disponibilidad de información de acuerdo a las iniciativas revisadas es un tema que representa muchos desafíos ya que se conoce que se está levantando y almacenando datos de gran utilidad, pero por no se comparten fácilmente entre los actores por falta de claridad en las licencias de uso o por restricciones de quienes financian las iniciativas.

El mostrar la importancia de la existencia de una estrategia articulada de monitoreo y de la utilidad de la información que de ahí se derive, está representada la oportunidad de convocar a distintos actores que generen procesos de largo plazo y que garanticen la estabilidad de las estrategias de acuerdo a los distintos roles del monitoreo anteriormente expuestos. El reto está en la elaboración protocolos para la toma, manejo y análisis de datos que permita una estandarización de la información y comparabilidad entre las diferentes fuentes de información, que pueda articularse con el SIAC, con información actualizada y accesible para la toma de decisiones nacionales, regionales y locales. Con esto se superaría la desarticulación del trabajo que existe en el país, a cargo de corporaciones regionales, institutos, universidades y ONGs.

Teniendo en cuenta las oportunidades de articulación con los sistemas, herramientas o plataformas mencionadas anteriormente, se presentan cuatro alternativas de articulación interinstitucional para conseguir el funcionamiento integrado del sistema de monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad asociada en la cuenca Magdalena-Cauca (SIEA – sistema de información de ecosistemas acuáticos).

9.3.1. Alternativa 1

Esta alternativa pone al SIEA en el centro de la mayoría de los procesos relacionados con la gestión de la información.

- El sistema se alimentaría directamente de las variables de interés necesarias para calcular los indicadores priorizados. Estos datos sin procesar serían cosechados de todos los sistemas o plataformas con información sobre biodiversidad, calidad ambiental, y bienestar a nivel de la macrocuenca.
- En el caso específico de los datos de biodiversidad, estos deberían ingresar primero a un proceso de validación de su calidad, para ser estandarizados y normalizados por medio de rutinas de extracción, transformación y carga (ETL).

- Todos los datos se almacenarían en una base de datos en un repositorio central.
- Los datos almacenados pasarían a un componente de procesamiento que se encargaría de calcular los indicadores, los cuáles podrían combinarse con variables provenientes de otros sistemas de información.
- Los resultados de los cálculos de indicadores se almacenarían en el repositorio y podrían ser consultados en una página web.
- Los resultados estarían disponibles a través de salidas gráficas para el público general y las autoridades ambientales en una página web que a su vez debería funcionar como una plataforma interactiva donde se le permita al usuario realizar cruces de datos.

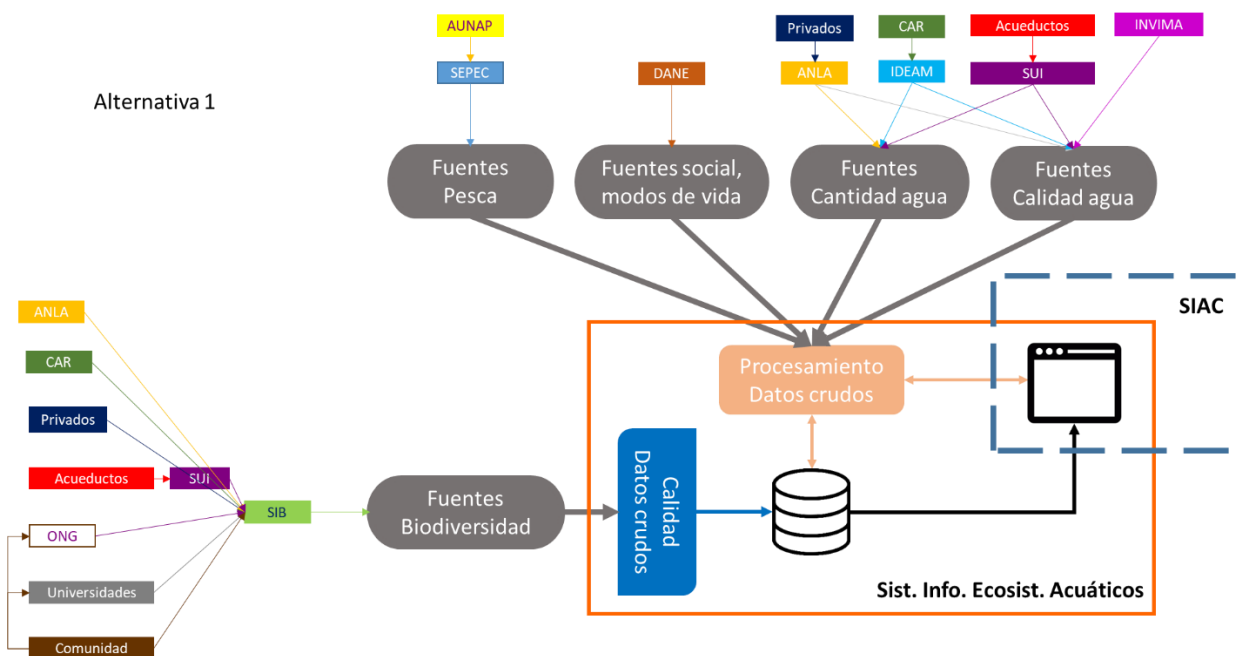


Figura 53. Esquema de articulación 1 entre actores y sistemas en torno al sistema de monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad asociada en la cuenca Magdalena-Cauca.

Requerimientos logísticos y operativos

1. El SIAC debe definir donde deberá estar alojado.
2. Se requiere realizar una asignación presupuestal o gestionar los recursos liderado por MADS y GEF para el mantenimiento del funcionamiento del sistema.
3. Se requiere la adquisición de equipos de almacenamiento y procesamiento.

4. Se requiere un profesional para el generar el modelo de la base de datos **de la batería básica de indicadores** y sus procesos de administración y mantenimiento.
5. Se necesita contratar un personal encargado que realice la administración y mantenimiento.
6. Para este componente se requeriría contratar los servicios de desarrollo (backend) que permita la comunicación entre el almacenamiento de indicadores con la visualización al igual que otros procesos como de cálculo para la generación de gráficos.
7. Se requieren los servicios de programación y diseño web de la parte visual (frontend) para poner en funcionamiento un Dashboard que permitirá la visualización de los indicadores a nivel gráfico y espacial, mecanismos de descarga de reportes y datos.
8. La visualización se realizaría en el SIAC

9.3.2. Alternativa 2

Esta alternativa se diferencia de la anterior en que el procesamiento inicial de los datos de biodiversidad ocurre previamente en otra plataforma, como por ejemplo el BioTablero del IAvH. El actor responsable por este paso se encargaría de la recopilación de datos crudos desde el SiB y otras fuentes, su integración, el análisis de calidad, y el procesamiento para la generación de indicadores.

- El SIEA consumiría los indicadores que generaría ese componente externo y los integraría con variables e indicadores de otros sistemas.
- Los indicadores se almacenarían en una base de datos en un repositorio central. Más no los datos o variables sin procesar. Al igual que la primera alternativa, estos indicadores sencillos serían consumidos por un componente de procesamiento que se encargaría de calcular los indicadores complejos. Posteriormente, los resultados de los cálculos de indicadores se almacenarían en el repositorio y serían reflejados en una página web.
- Al igual que en la primera alternativa, los resultados estarían disponibles para el público general y autoridades ambientales en una plataforma interactiva que permitiría la visualización de salidas gráficas, y adicionalmente la descarga de información.

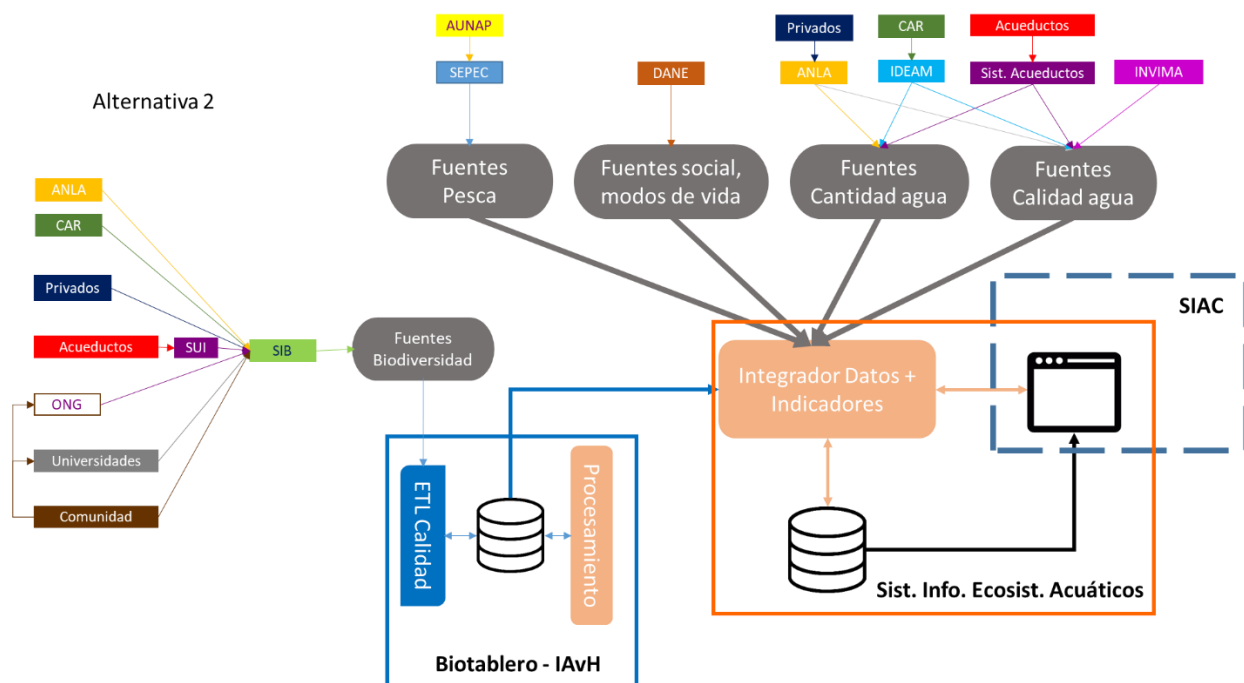


Figura 54. Esquema de articulación 2 entre actores y sistemas en torno al sistema de monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad asociada en la cuenca Magdalena-Cauca.

Requerimientos logísticos y operativos

1. El Biotablero realizaría almacenamiento de indicadores de biodiversidad exclusivamente.
2. Se requiere realizar una asignación presupuestal o gestionar los recursos liderado por MADS y GEF para garantizar el mantenimiento del funcionamiento del sistema.
3. Se requiere fortalecimiento en infraestructura para almacenamiento y mantenimiento, lo cual puede ser en físico o en la nube.
4. Se requiere mantener los profesionales entrenados con los que cuenta ya el **equipo de enfoque e ingeniería de datos y desarrollo del IAvH (IDD)**. Requiere ampliar el equipo mínimo en una persona más.
5. **El IDD del IAvH** se encargaría de generar modelo de la base de datos **de la batería básica de indicadores de biodiversidad** y sus procesos de administración y mantenimiento. Así como el procesamiento y cálculo de indicadores.
6. **El SIAC** se encargaría requeriría contratar los servicios de desarrollo (backend) que permita la comunicación entre el almacenamiento de indicadores de diferentes fuentes, el procesamiento para cálculo integrado de indicadores

compuestos de diferentes fuentes, con la visualización al igual que otros procesos como de cálculo para la generación de gráficos.

7. Se requieren los servicios de programación y diseño web de la parte visual (frontend) para poner en funcionamiento un Dashboard que permitirá la visualización de los indicadores a nivel gráfico y espacial, mecanismos de descarga de reportes y datos.
8. La visualización se realizaría en el SIAC

9.3.3. Alternativa 3

En esta alternativa el SIEA llamaría indicadores calculados en otros sistemas para su visualización. Permitiría hacer análisis cruzados únicamente entre indicadores, no permitiría generar información nueva y no tendría un sistema de almacenamiento propio, por lo que no permitiría descargas de los datos y variables originales.

- Se sigue necesitando que un actor externo se encargue de la recopilación de datos crudos, la integración, el análisis de calidad, procesamiento y generación de indicadores de biodiversidad.
- Al igual que en la primera alternativa, los resultados estarían disponibles para el público general y autoridades ambientales en una plataforma interactiva que permitiría la visualización de salidas gráficas, y adicionalmente la descarga de información.

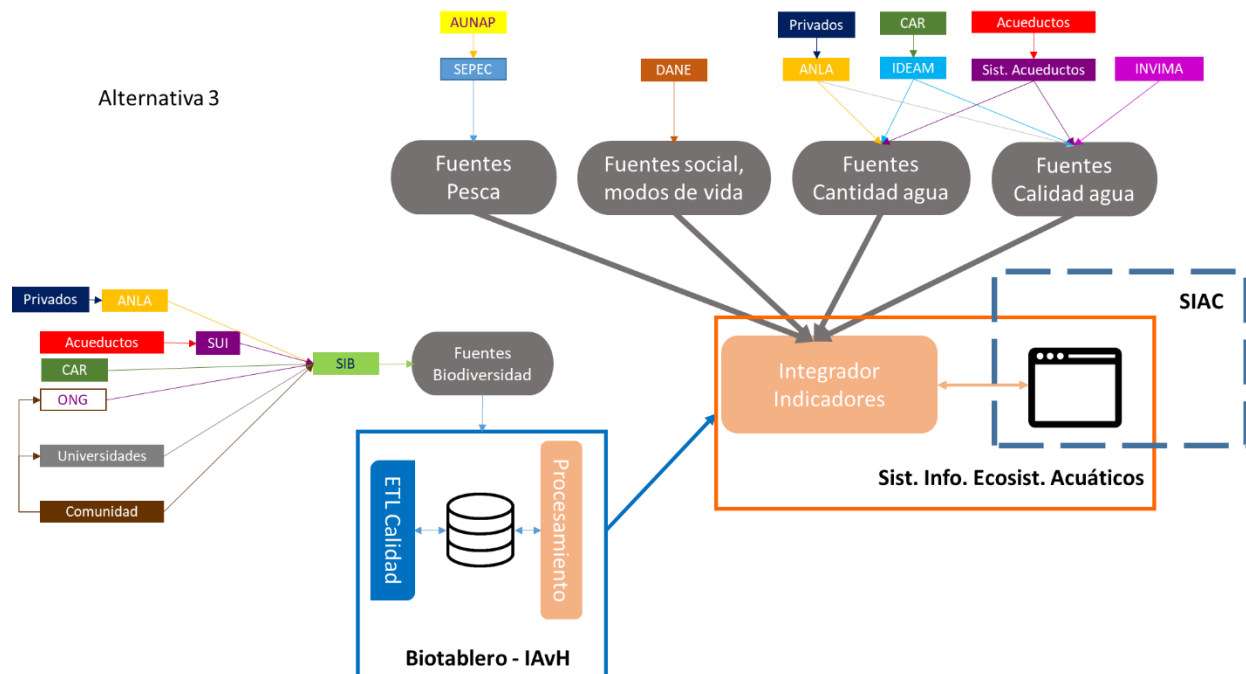


Figura 55. Esquema de articulación 3 entre actores y sistemas en torno al sistema de monitoreo

de la salud de los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad asociada en la cuenca Magdalena-Cauca.

Requerimientos logísticos y operativos

1. El Biotablero realizaría almacenamiento de indicadores de biodiversidad exclusivamente.
2. Se requiere mantener los profesionales entrenados con los que cuenta ya **el equipo de enfoque e ingeniería de datos y desarrollo del IAvH (IDD)**.
3. **El IDD del IAvH** se encargaría de generar modelo de la base de datos **de la batería básica de indicadores de biodiversidad** y sus procesos de administración y mantenimiento. Así como el procesamiento y cálculo de indicadores.
4. **El SIAC** se encargaría del desarrollo (backend) que permita la comunicación entre el almacenamiento de indicadores con la visualización al igual que otros procesos para la generación de gráficos.
5. **El SIAC** se encargaría de los servicios de programación y diseño web de la parte visual (frontend) para poner en funcionamiento un Dashboard que permitirá la visualización de los indicadores a nivel gráfico y espacial, mecanismos de descarga de reportes y datos.
6. La visualización se realizaría en el SIAC.

9.3.4. Alternativa 4

En esta alternativa el SIEA pasaría a ser un módulo del BioTablero del IAvH.

- BioTablero se encargaría de la recopilación de datos crudos, su integración, análisis de calidad, procesamiento y generación de indicadores de biodiversidad.
- Adicionalmente incorporaría directamente las variables e indicadores generados en otros sistemas de información que se requieran para el cálculo de indicadores sintéticos de la salud de los ecosistemas.
- Los indicadores calculados se almacenarían en una base de datos interna.
- Al igual que en la primera alternativa, los resultados estarían disponibles para el público general y autoridades ambientales en una plataforma interactiva que permitiría la visualización de salidas gráficas, cruces de datos sencillos y adicionalmente la descarga de información.

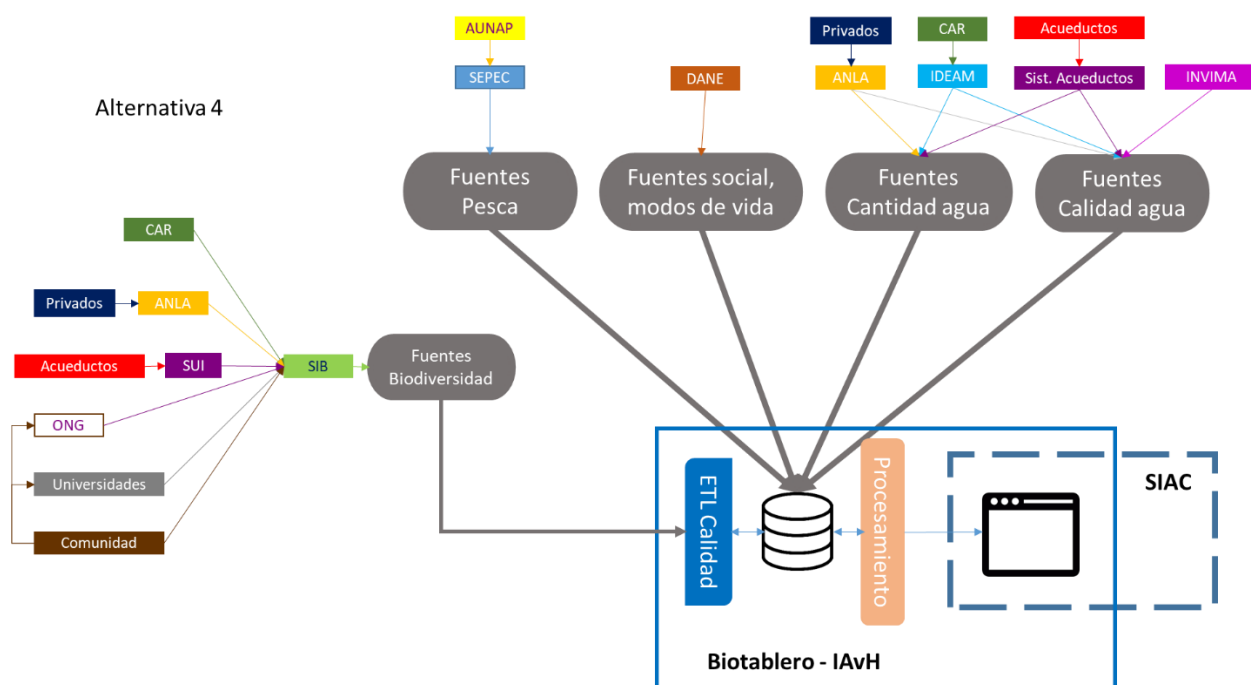


Figura 56. Esquema de articulación 4 entre actores y sistemas en torno al sistema de monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad asociada en la cuenca Magdalena-Cauca.

Requerimientos logísticos y operativos

1. El sistema completo estaría alojado en el Biotablero.
2. Se requiere realizar una asignación presupuestal o gestionar los recursos liderado por MADS y GEF para garantizar el mantenimiento del funcionamiento del sistema.
3. Se requiere fortalecimiento en infraestructura para almacenamiento y mantenimiento, lo cual puede ser en físico o en la nube.
4. Se requiere mantener los profesionales entrenados con los que cuenta ya **el equipo de enfoque e ingeniería de datos y desarrollo del IAvH (IDD)**.
5. Requiere ampliar el equipo mínimo en una persona más.
6. **El IDD del IAvH** se encargaría de generar modelo de la base de datos **de la batería básica de indicadores** y sus procesos de administración y mantenimiento. Así como el procesamiento y cálculo de indicadores.
7. **El IDD del IAvH** se encargaría del desarrollo (backend) que permita la comunicación entre el almacenamiento de indicadores con la visualización al igual que otros procesos como de cálculo para la generación de gráficos.

8. **El IDD del IAvH** se encargaría de los servicios de programación y diseño web de la parte visual (frontend) para poner en funcionamiento un Dashboard que permitirá la visualización de los indicadores a nivel gráfico y espacial, mecanismos de descarga de reportes y datos.
9. La visualización se realizaría en el SIAC.

9.3.5. Costeo general de la implementación informática

Aunque el costeo definitivo de cada alternativa dependerá en gran parte de qué instituciones se hagan cargo de cada etapa y de qué tantos recursos necesitan para pasar de su estado actual a aquel que les permitiría hacerse cargo de dichas funciones, se presentan unos rangos de costos aproximados para el equipo e inversión mínimas que se deberían hacer para que el subsistema sea viable desde el punto de vista de ingeniería de sistemas (Tabla 27).

Tabla 28. Costos aproximados para el desarrollo y funcionamiento del subsistema de información teniendo en cuenta una año para el desarrollo y un funcionamiento sostenido en el tiempo.

<i>Etapa de Desarrollo (personal)</i>		
Rol	Costo mensual	No. personas
Coordinador del proyecto informático	\$10.000.000 - \$12.000.000	1
Desarrollador	\$7.000.000 - \$9.000.000	3
Diseñador	\$7.000.000 - \$9.000.000	1
Tester (pruebas)	\$6.000.000 - \$8.000.000	1
Ingeniero TI	\$6.000.000 - \$8.000.000	1
<i>Etapa de Funcionamiento (personal)</i>		
Rol	Costo mensual	No. personas
Ingeniero de soporte	\$5.000.000 - \$7.000.000	1
<i>Etapa de desarrollo (infraestructura TI)</i>		
	Costo unidad	Cantidad
Equipos de computo	\$6.000.000	5 - 7
Servidores de desarrollo Cloud	\$200.000	Mensual
<i>Etapa de Funcionamiento (infraestructura TI)</i>		
	Costo unidad	Unidad
Servidores Cloud	\$350.000	Mensual
Almacenamiento Cloud	\$60.000	Cada 100 GB
Otros servicios Cloud	\$100.000	Mensual

9.4. Propuesta de desarrollo, alojamiento y administración del sistema

9.4.1. Desarrollo

Para los desarrollos de software requeridos dentro de cualquiera de las alternativas propuestas, es necesario contar con un equipo de desarrolladores que tenga los siguientes roles:

1. *Coordinador del proyecto*
2. *Ingeniero especialista en bases de datos.*
3. *Ingeniero desarrollador de back-end*
4. *Ingeniero desarrollador de front-end*
5. *Ingeniero de pruebas.*
6. *Ingeniero DevOps*

El número de desarrolladores puede variar según los tiempos requeridos, y en algunos casos ya existen equipos con la capacidad en algunas de las instituciones que hacen parte del SIAC.

Con el equipo conformado, se propone utilizar una metodología ágil como SCRUM (<https://www.scrum.org/resources/what-is-scrum>) que permitirá responder rápidamente a los requerimientos. Para esto también se requiere que exista al menos un representante del proyecto que pueda guiar las prioridades y el direccionamiento del mismo desde el punto de vista técnico.

El código fuente del sistema debe estar bajo una licencia de código abierto y estar en un repositorio de libre acceso como GitHub (<https://github.com/>) con su respectiva documentación. También, se propone trabajar con contenedores Docker (<https://www.docker.com/>) para cada uno de los componentes que integrarían el sistema (Back-end, Front-end, Procesamiento, Bases de datos, etc.) para facilitar su despliegue y portabilidad.

9.4.2. Alojamiento

El alojamiento de los desarrollos del sistema puede ser en la infraestructura informática de una o varias instituciones, en la nube o una combinación de ambos según la alternativa. Sin embargo, la mejor alternativa sería desplegar toda la solución en la nube para disminuir costos en infraestructura y asegurar una mayor disponibilidad del sistema.

En caso de utilizar infraestructura física, es necesario contar con un espacio de almacenamiento suficiente para los datos a almacenar que serán estimados en el respectivo levantamiento de requerimientos, teniendo en cuenta el crecimiento estimado durante los primeros dos años del sistema en línea.

9.4.3. Administración

El sistema debe ser administrado de manera que se pueda garantizar la continuidad del

mismo, así como su mantenimiento, soporte y actualizaciones. Igualmente es necesario contar con personal encargado de realizar estas tareas y que puedan brindar capacitación sobre la misma en caso de ser necesario.

Por esta razón, nuestra propuesta es que la Institución encargada del alojamiento o del desarrollo de la mayor parte del sistema también la administre con el apoyo del SIAC para garantizar su continuidad.

9.5. Hoja de ruta para la incorporación de indicadores al SIAC

El país no cuenta con un proceso claro, establecido e implementado para la validación y la oficialización de indicadores y posterior incorporación al SIAC. Los institutos del SINA son autónomos para definir indicadores y solicitar su publicación en la plataforma de recursos compartidos del SIAC. Sin embargo, el IDEAM como ente administrador del SIAC, ha definido diferentes estrategias para la implementación del "PLAN DE ACCION DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL DE COLOMBIA" (IDEAM, 2015), entre las que se encuentran algunas relacionadas con la generación y validación de indicadores.

Estas son:

- ESTRATEGIA 1: FORTALECER EL INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN AMBIENTAL. "...hacer seguimiento al uso de los recursos por parte de los diferentes usuarios, validando la duplicidad de registros en diferentes sistemas. Esto incluye la generación de reportes e indicadores nacionales...".

- ESTRATEGIA 4: COORDINAR ESPACIOS DE INTERCAMBIO Y DIFUSIÓN DE LINEAMIENTOS PARA LA GESTIÓN DE INFORMACIÓN AMBIENTAL. "...Se debe realizar la construcción de contenidos relacionados con lineamientos y buenas prácticas para la gestión de información ambiental, construidos y validados con el apoyo de integrantes del Comité técnico del SIAC."

Apuntando a satisfacer dichas estrategias, se ha planteado en los módulos de implementación en el aparte 10.3 del presente documento, la gestión de la articulación institucional que permita armonizar agendas y un comité científico que oriente la validación de indicadores y otros aspectos del sistema. Así mismo, se vienen adelantando reuniones para seleccionar o adaptar la estructura de gobernanza y la alternativa de articulación institucional para el flujo de información definidos en el aparte 9.3. Finalmente, la realización de gestiones para la articulación institucional y el establecimiento de la estructura de gobernanza serán los pasos a seguir para la incorporación, validación y oficialización de indicadores que aún no se estén reportando en el SIAC.

10. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO

10.1. Requerimientos de usuarios: síntesis de talleres y entrevistas

Mediante un proceso de formulación participativa en los talleres de consulta se recopilaban las recomendaciones y requerimientos de lo que esperan del sistema de monitoreo los diferentes actores relacionados con la evaluación de la diversidad y ecosistemas acuáticos. Esta recopilación fue dirigida hacia 4 aspectos: 1. Recolección de datos, 2. Divulgación, análisis e interpretación de los resultados, 3. Informática y TIC, y 4. Gestión y Articulación institucional. Estos puntos mencionados a continuación pueden tomarse como puntos de partida para proyectos y acciones institucionales.

10.1.1. Recolección de datos

1. **Armonización con normativas.** El monitoreo debe alimentar programas de monitoreo con los requerimientos de planes, programas e instrumentos existentes: POMCA, POT, EOT, PORH. Así mismo debe considerar aspectos técnicos de la Política Nacional de Gestión del Recurso Hídrico. Sin embargo, debe ser flexible para reutilizar la información generada para investigación y otras preguntas.
2. **Revisar objetivos y metas del monitoreo.** Se debe tener claro contexto, los parámetros a medir y funciones de las entidades en el monitoreo, así como su relevancia y pertinencia
3. **Articular redes existentes:** El monitoreo deberá integrar diversas fuentes de información que funcionan aisladamente: CAR's, Parques Nacionales, ANLA, academia, ONG's, Entes gubernamentales (Corporaciones Autónomas regionales, Parques Nacionales Naturales, AUNAP-SEPEC, ANLA, DANE), Empresa Privada. Exportadores, Comerciantes, Acopiadores que toman datos de manera sistemáticas, academia, entre otros. Particularmente, deberá integrar las redes de monitoreo existentes:
 - Red de monitoreo de uso específico: ASBAMA; Federación de cafeteros, Hidroeléctricas, proyectos licenciados
 - Red complementaria – CAR's
 - Red básica nacional – IDEAM
4. **Intercambio de experiencias.** El sistema de monitoreo deberá analizar estrategias exitosas para alimentar normativas y dar respuesta a usuarios como es el Esquema del Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública –SIVIGILA. Para ello se pueden organizar mesas técnicas.

- 5. Estándares.** Se requiere una revisión de estándares, protocolos de colecta, valores de referencia, análisis y reporte. Así mismo, se requiere que se promueva el reporte de metadatos que incluya información de hábitats. Esto es importante porque, por ejemplo, la detectabilidad de algunos parámetros fisicoquímicos depende de numerosas covariables, por lo que se requiere obligar a documentar metadatos.

Por otra parte, los laboratorios acreditados para análisis de muestras y parámetros usan métodos distintos y cambian límites de referencia, lo que impide que sean comparables los datos. Es necesario estandarizar entonces el tema de límites de referencia.

Finalmente, deben propiciarse y socializarse métodos sencillos para diligenciar datos estandarizados, en formatos que sean asequibles y compatibles para todos (Ej., plantillas Excel, TXT, CSV).

- 6. Curaduría.** Se debe encontrar mecanismos para curar los datos, ya sea con grupos de expertos o con algoritmos. Así mismo, se requieren campañas masivas de curaduría del SIB que involucren a expertos de la academia y expertos.
- 7. Auditoria.** Sería ideal desarrollar un programa de auditoria de procesos de toma de datos por parte de la empresa contratante (verificación de perfiles de tomadores de datos).
- 8. Colecta de datos con gobernanza distribuida.** Se debe considerar incluir como parte del sistema al monitoreo comunitario y participativo. Para ello se deben desarrollar herramientas accesibles para que poblaciones directamente vinculadas al río (asociaciones comunitarias) puedan transferir fácilmente la información colectada. No obstante, la inclusión de estrategias de ciencia participativa y/o monitoreo comunitario no debe limitarse a la toma de datos, sino que la comunidad pueda participar en todo el ciclo de monitoreo.

Por otra parte, se deben establecer alianzas estratégicas para la recolección de datos con entidades como: Academia, Fuerzas armadas, ciencia ciudadana, acueductos veredales, otros.

- 9. Preservación y colecciones:** Se deben definir socializar reglas sobre que se preserva de un monitoreo, y que se ingresa a las colecciones. Así mismo, se pueden realizar actividades de acompañamiento para preparar a las colecciones académicas y de autoridades ambientales en la legalización de sus colecciones y así poder estar en capacidad para recibir colectas de monitoreo.

Por otra parte, las colecciones no solo podrían limitarse a organismos, podrían promoverse el uso de un banco de sonidos acuático y terrestre.

10. **Documentos de referencia.** Se debe contar con catálogos y claves nacionales para macrofitas, macroinvertebrados, algas etc.
11. **Áreas priorizadas de monitoreo.** Una vez articulada la red, se deberá establecer áreas con vacíos de información y priorización para monitoreo. Una vez identificadas las áreas con vacíos, y se seleccione alguna para iniciar un programa de monitoreo, se debe primero caracterizar composición, estructura y función posteriormente realizar una selección de especies paisaje/local y clave.
12. **Ampliar objetos de monitoreo.** Es importante considerar el ampliar grupos de ecosistemas acuáticos a ser monitoreados: plantas, bioindicadores. Así mismo, incluir análisis toxicológicos, para estos últimos no hay indicadores desarrollados para el país, ni una reglamentación clara.
13. **Instrumentalización e innovación.** Cada programa de monitoreo deberá contar con un mínimo de instrumentalización, por lo que se deberá promover su adquisición. Otros por su parte, deberán mejorar sus equipos para tener mejores límites de detección.

Eventualmente, se podrá dar el paso al uso de tecnología novedosa para muestrear y monitorear como sensores remotos, data logger, Luz-Spp, Avenza, drones, etc. Esto será útil para la identificación de puntos de vertimientos, cambios de coberturas, quemas y otros. Para ello, se puede realizar un concurso a nivel nacional entre universidades para diseño de sensores clave para el levantamiento de información. Esto último apoyará de paso el desarrollo de tecnología colombiana y alternativas de software libre.

14. **Fortalecimiento de capacidades.** Los tomadores de datos de consultorías, empresas y laboratorios no tienen las competencias necesarias. Se requiere fortalecer las capacidades para mejorar el rigor con el que se captura la información. Se deberá entonces, impulsar la realización de capacitaciones en tomas de información para consultoras, academia, y comunidad.
15. **Investigación.** Se deberá contar con una agenda de investigación que oriente al desarrollo de mecanismos para optimizar de la colecta de información, la calidad de los datos e identificar objetos de monitoreo costo-efectivos que generen alta información con baja intensidad de muestreo y/o procesamiento. En ese sentido, algunas ideas sugeridas en la formulación participativa fueron las siguientes:



- Revalidar referentes de indicadores y límites de detección
- Regionalización de valores de referencia para cada metal acorde a la litología local.
- Considerar aspectos técnicos de la Política Nacional de Gestión del Recurso Hídrico
- Incluir reporte de metadatos a las bases de datos asociadas a colecta de consultorías
- Llevar a cabo una caracterización hidrodinámica e hidrosedimentológica
- Realizar una caracterización de corrientes, una caracterización integral (hidrometeorología, hidrogeología, fisicoquímicos, biológicos, socioeconómicos)
- Establecer valores de referencia con sistemas de clasificación de ríos y contexto geográfico.

10.1.2. Análisis y divulgación

1. **Integrar información.** Se debe buscar la redundancia de información.
2. **Facilitar acceso.** Se necesita mejorar la disponibilidad de información existente. Los datos del monitoreo de PNN deberían ser públicos. La información de la ANLA debe quedar disponible y fácilmente accesible en línea para todo público. Múltiples canales de acceso a información.
3. **Revisión información existente.** A corto plazo hacer un diagnóstico de la cantidad/calidad de la información que ya existe y dónde están los vacíos más urgentes de llenar. Se debe reconocer que indicadores y variables ya se están generando para no duplicar esfuerzos.
4. **Revisión de indicadores y análisis.** Se requiere una actualización y divulgación de estándares en valores de referencia, protocolos de captura de los datos, e procesamiento y cálculo de variables e indicadores, y en el mecanismo de reporte. Estos deben contemplar a variabilidad dinámica. Por ejemplo, indicadores como Caudal ecológico, deben ser replanteados, no puede seguir presentándose como un valor único de referencia, deben ser presentados teniendo en cuenta la temporalidad, estacionalidad, pulsos, e incluir procesos ecológicos. Se necesitan estándares para captura de datos (geográfico). Así mismo, se debe establecer una batería inicial de indicadores mediante el diagnóstico de indicadores comunes entre CAR's e iniciativas de monitoreo.

Por otra parte, se debería, además, listar los parámetros generales que nos permitan asociarlos a usos, actualizar métodos de cálculo de indicadores y

desarrollar estándares para el análisis de datos, generación de indicadores y su visualización.

5. **Ampliar indicadores.** Actualmente, se tiene un sesgo hacia indicadores de calidad del agua, no se cuentan con indicadores de calidad y oferta del hábitat. Necesitamos mecanismos más eficientes para transferencia de conocimientos entre entidades vinculadas al sistema.
6. **Comité de expertos.** Se tiene la oportunidad de contar con grupos importantes de expertos para aportar en el monitoreo, ejemplo de ello es Acictios en ictiología.
7. **Difusión de resultados.** La información debe presentarse pensando en su uso por diferentes tipos de actores (Comunidades, instituciones, colegios, etc.). Para ello se deben hacer estudios de audiencias y tipos de mensajes para generar estrategias de divulgación hacia el público general y los pobladores de la macrocuenca (pedagogía y capacitación). Para ello se pueden emplear variados mecanismos de reporte (información en tiempo real en medios digitales, cartillas didácticas, infografías, otros). Estos deben usar un lenguaje apropiado de acuerdo con cada grupo de interesados.
8. **Material técnico.** El material técnico sobre el monitoreo debe tener versión impresa y digital (Ej. Protocolos, políticas para uso de información, versiones sencillas de informes para tomadores de decisión, otros).
9. **Eventos.** Se debe posicionar el tema de monitoreo en eventos científicos y las asociaciones creadas alrededor de cada gremio. Así mismo, socializar y divulgar el diseño del sistema de monitoreo para obtener retroalimentación y posibilitar la replicación.
10. **Intercambio de experiencias.** Necesitamos mecanismos más eficientes para transferencia de conocimientos entre entidades vinculadas al sistema. Para ello se puede recurrir al intercambio de experiencias (Ej. Indicadores de conectividad fluvial del País Vasco).
11. **Administración y manejo.** Los recursos están enfocados a la toma de datos, pero no a su manejo y administración. Se debe entonces reestructurar el manejo de esos recursos. Por otra parte, se deberá contar con medidas de usabilidad de los indicadores y plataformas.
12. **Fortalecimiento de capacidades.** Las capacitaciones pueden estar dirigidas a diferentes frentes: capacitar a periodistas y diferentes medios de comunicación

para presentar información ambiental, llegar a las comunidades (aterrizar temas) mediante emisoras comunitarias, capacitar a nivel técnico y profesional en el cálculo de indicadores, diligenciamiento de formatos estandarizados y metadatos, otros.

10.1.3. Informática y Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)

1. **Forma de presentar la información del monitoreo.** Se puedan visualizar los resultados en diferentes formas: espacial o cartográfica, gráficos y tablas. La información pueda consultarse a diferentes escalas: para un área que se seleccione, como para límites territoriales como Municipios, Departamentos, microcuenca, cuenca subzona hidrográfica.
2. **Usabilidad.** Las plataformas deben ser más amigables y que sean más incluyentes. Estos deben contar con la posibilidad de diferentes formatos de descarga: escala, shapefile, etc. Es ideal que pueda estar disponible en varios formatos, no solo web sino que también para Android.
3. **Estándar en registro de datos.** Se requiere contar con una estandarización para el registro y almacenamiento de datos en campo. Para ello se puede partir de formatos ampliamente empleados y compatibles. Estos formatos deben ser compatibles con los estándares del ICDE y DANE.
4. **Acceso a datos originales.** Se debe poder tener acceso a la información en bruto y no solo información agregada.
5. **Ingreso de datos.** Se puede promover el uso, adopción o desarrollo de aplicaciones móviles que permitan registrar datos de monitoreo y sea interoperable con la plataforma de reporte, mirar el ejemplo de Paramo's plants online. El sistema de monitoreo debe contar con mecanismos de alertas tempranas para que sea usado más ampliamente.
6. **Arquitectura del sistema.** Establecer con directivos donde estará alojada la plataforma de servicios, geovisor, repositorio de datos, interfase de visualización: Ej. Centro de informática de Cormagdalena-CARMAC, Centro Nacional de Modelación-IDEAM. Debe diseñarse una plataforma interactiva, fácil de usar para descargar, consultar y manejar información y publicar resultados – que se conecte con otras plataformas a nivel regional, nacional, mundial.
7. **Sistema colaborativo y distribuido.** Un sistema centralizado no es funcional. Desde la centralidad debería tener un catálogo de recursos, tener recursos para que la red funcione. Debe estar un el gestor de los datos en la nube. Debe ser de código

abierto. Se debe diagnosticar que entidades están en capacidades de asimilar el sistema de información del sistema de monitoreo. Incluir capacitaciones, acompañamiento, validación

8. **Coordinación interinstitucional.** Comité de administración (Público, privado, comunitaria gobernanza del recurso). Se requiere fortalecer y articular los equipos (SINA).
9. **Integrador e interoperable.** Integrar información que actualmente generan las instituciones. Contar con una plataformas más amigable e interoperable, que esté diseñada para Big Data. Permita articulación de las redes de monitoreo. Articulación del SiB Colombia para compartir la información reportada en esta plataforma. Acudir a la Ventanilla Única de Comercio Exterior VUCE, y al Sistema de Información de Precios SIPSA, como fuente de información sobre los precios de comercialización del recurso pesquero. Usar datos de SEPEC y UPRA.
10. **Servicios para realizar operaciones y cruce de variables.** Implementación modular desde las variables existentes y más sencillas para ir buscando mayor complejidad. Procesos automatizados de cálculos (que utilicen R o Python). Hacer análisis dentro de la plataforma y poder descargar resultados de la ejecución.
11. **Actualizado.** Información en tiempo real. Disponibilidad de información en formatos y tiempos oportunos para responder a necesidades
12. **Intercambio de experiencias en sistemas de información.** Revisar caso ARGOS del INVEMAR, el de ISAGEN, SIATAC, SUI (sistema único de información acueductos), SEPEC, Plataforma RedRio, SiB Colombia
13. **Fortalecimiento de sistemas existentes.** Fortalecer las capacidades de la institucionalidad para que organicen la información de la biodiversidad y los repositorios. Fortalecimiento del SEPEC-donde estén disponibles nuevas modalidades y funcionalidades, así como la disponibilidad para que sea alimentado por diferente tipo de usuarios. Fortalecer al SiB (y otros repositorios) para recibir de datos de monitoreo. Fortalecer REDCAM – INVEMAR con estaciones limnimétricas.
14. **Escalable.** Tener visualización a nivel local o regional Ej. Redes locales (alertas tempranas) SIATA (Sistema de alertas tempranas del Valle de Aburra). Geoportal regional del SIAC /SIATAC de la Alcaldía de Vista Hermosa.



15. **Depuración de datos.** Apoyarse con la academia, biomodelos y otros mecanismos para garantizar la calidad de la información.

10.1.4. Institucionalidad, gestión y articulación

1. **Gobernanza.** Se requiere liderazgo político de alto nivel desde MADS para que se facilite el acceso a datos e interoperabilidad entre lo público y lo privado. El MADS debe liderar la gestión y articulación entre plataformas activas que son administradas por los diferentes sistemas del SIA y SIGPA. La responsabilidad debe ser compartida (autoridades ambientales, SINA, privados, universidades, ONGs). Ser inclusivos con la participación comunitaria en la colecta y gestión del monitoreo. Democratizar la información, hacerla libre y abierta para todos. Generar escalabilidad que permita de la gerencia ambiental del territorio y tenga inclusión de las comunidades.
2. **Complementariedad.** Se debe considerar el rol de las instituciones, sus funciones y actividades misionales, obligatoriedad por leyes y otras normativas en torno al monitoreo e información. Sin embargo, apoyarse en las fortalezas institucionales para distribuir las cargas. Por ejemplo, las diferentes entidades e iniciativas de monitoreo puedan articularse con el AUNAP para generar bases de datos robustas en el SEPEC y llenar los vacíos de información que se dan en esta entidad. Tener en cuenta el rol de diversas entidades como el jardín botánico, aviarios, etc. ANLA busca volver pública y estandarizada las redes de uso específico: Sectores minería y energía.
3. **Gestionar la colecta de datos.** Hay acuerdos con sector privado como PRODECO y fundaciones para la toma de datos. WCS viene trabajando en ciencia ciudadana. Llegar a acuerdos con universidades para la colecta de datos en el marco de las investigaciones y actividades académicas. Se requiere gestionar recursos para mejorar los equipos de los laboratorios a fin de que se cuente con aquellos que tengan mayor nivel de detectabilidad. Financiación para la digitalización/recuperación de datos en papel, literatura gris, tesis, etc.
4. **Realizar pilotos en conjunto SINA.** Actualmente hay una falta de articulación. El piloto del sistema de monitoreo debe contemplar realizar el ejercicio de articulación desde la colecta de datos, repositorio, procesamiento, análisis, validación y experiencia de usuario.
5. **Validación de información.** Sería clave involucrar al IAvH y su equipo de curadores, así como a la Academia en la validación de protocolos de colecta, preservación, identificación, análisis y reporte. Generar un mecanismo de validación de experticia por profesional y no por empresa, la academia puede

funcionar como ente para certificar. Desarrollar mecanismos de verificación de calidad de información por parte de los usuarios. Encontrar mecanismos para financiar monitoreo participativo. Se requiere un proceso de acreditar más laboratorios en todo el país.

6. **Uso de recursos institucionales.** La ANLA tiene proyectado alimentar una geodatabase para integrar la información resultante de monitoreos de proyectos licenciados y plantear una plataforma para su divulgación. Cormagdalena está trabajando en el geovisor del “Observatorio de Cuenca”.
7. **Fomento de la investigación e innovación.** Incluir a las universidades en el desarrollo de algoritmos, dispositivos para medición de parámetros, caracterizaciones, evaluación de poblaciones silvestres, desarrollo de nuevos indicadores, entre otros. El IDEAM viene trabajando en Mesas para el monitoreo léntico. IDEA-UDEA realiza caracterización de ecosistemas lénticos.
8. **Espacios de concertación.** Crear un espacio técnico consultivo para revisión de índices e indicadores, métodos de campo, identificación taxonómica, etc. Generar espacios con la academia para validar estándares y protocolos. En el país existen varios espacios que pueden tener mesas especializadas en el tema. En el Caribe están: Comité Interinstitucional para la Gestión Integral de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Comité Interinstitucional de Cambio climático SIDAP-Magdalena, Córdoba: mesa departamental de Gestión del Riesgo, Sistema de alertas tempranas que lidera la CVS y SIRAP Caribe. La conformación del Centro de informática de Cormagdalena puede constituir un punto de convergencia de varias instituciones y sectores. CARMAC: Es un espacio o instancia liderado por MADS que facilita el acuerdo de voluntades y formación de redes de libre intervención, para la Macrocuena Magdalena-Cauca. Desarrollar mecanismos de evaluación y retroalimentación del funcionamiento del sistema.
9. **Incremento de cobertura.** Establecer mecanismos de cooperación público/privados para densificar redes de estaciones hidrobiológicas e hidroclimáticas. Articulación para el comité (Ejecutivo-Técnico) para la pesca. Fortalecer y activar nodos regionales de pesca.
10. **Intercambio de experiencias.** PIRAGUA Corantiquia, ciencia ciudadana Cornare, Monitoreo Fauna, y clima en sistemas productivos – Fundación Natura. Intercambiar experiencias exitosas como: monitoreo con comunidades piloto en el marco del SEPEC. Llegar a acuerdos con las Fuerzas Armadas para que liberen información ambiental y para acordar toma de datos del monitoreo.

11. **Desarrollo de normativas y procesos.** Participar de la actualización del Programa Nacional de Monitoreo. Fortalecimiento y actualización de protocolos nuevos y normativos. Armonizar normativas e instrumentos de planificación (ej. POMCAS, PORH, otros). Desarrollar y adoptar un mecanismo para auditar los diferentes procesos del monitoreo, desde la toma de datos hasta la administración e las plataformas, a fin de propender por la calidad de los datos. Las autoridades ambientales deben incluir los términos de referencia que los datos de monitoreo sean cargados a las respectivas plataformas. Revisar y agilizar mecanismos de permisos y facilitar procesos – ANLA. Desarrollar una legislación vinculante para compartir información, garantizar mecanismos de Interoperabilidad de subsistemas SIAC, sistema distribuido y colaboración. Es urgente materializar el ordenamiento pesquero.
12. **Incidencia en manejo de presiones.** Involucrar los resultados en la toma de decisiones. Evaluar con indicadores de gestión su incidencia en el manejo. Se requieren medidas de uso sostenible y reconversión de economías. Portafolio de alternativas sostenibles (uso de especies), aterrizar mercados verdes a nivel de la cuenca.
13. **Gestión de mecanismos de sostenibilidad financiera.** Se requieren espacios de concertación que tengan el tema de monitoreo en la agenda. Fortalecimiento, continuidad en los contratos, estos temas no pueden quedar en manos de contratistas, es un tema misional, incrementar la capacidad de respuesta de las instituciones. Articular a diferentes sistemas de financiación existentes. Revisar los recursos ya existentes entre diferentes iniciativas y proyectos que involucren monitoreo y sistemas de información y reorientarlos si son pertinentes al mantenimiento y administración del sistema. Podría darse el paso de la implementación con una red hídrica existente. Por ejemplo, cómo alguna indicada por el PORH.

10.2. Líneas estratégicas para la implementación del sistema

Teniendo en cuenta el levantamiento de requerimiento obtenido en la formulación participativa, las alternativas de estructuras de articulación institucional y mesas de trabajo con diferentes organizaciones del SINA y Fundación Natura, se han planteado 7 líneas de implementación con sus respectivas actividades:

1. Campañas de campo: Se realizarán pilotos en 3 ventanas de trabajo. Esta actividad incluye:
 - Trabajo de campo

- Trabajo de laboratorio
 - Registro de información primaria
 - Disposición en un repositorio de información de biodiversidad
 - Análisis de información y generación de indicadores
 - Disposición para consulta de resultados
 - Articulación con otras iniciativas
2. Apoyo documental y acompañamiento técnico a la colecta de datos
- Generación de catálogos de especies asociadas a indicadores: Ej. Algas, macrofitas, macroinvertebrados.
 - Elaboración de listas de referencia de especies bioindicadores
 - Trabajo geoespacial para la identificación de áreas con vacíos de datos y priorización sitios monitoreo multicriterio.
3. Gestión en la articulación institucional
- Realizar un piloto de estructura de gobernanza: Tomando los datos de campañas, programas de monitoreo en curso (Navegabilidad) y de una Corporación con sistema de información propio.
 - Gestionar esfuerzos entre MADS, IDEAM y otros para fortalecimiento del SIAC y el SIA
 - Gestión adopción propuestas de diseño por parte de ANLA, por instituciones centrales y regionales, y otros
 - Integrar otras iniciativas y coyunturas al sistema de monitoreo
 - Vincular resultados del diseño del sistema de monitoreo mediante armonización de agendas proyectadas para ríos y humedales de otras instituciones.
 - Concretar oficialmente la estructura de gobernanza del sistema.
4. Transferencia de conocimiento e innovación tecnológica
- Fortalecimiento de capacidades para mejorar calidad de datos, su colección e identificación.
5. Comunicaciones y posicionamiento del proyecto
- Propuesta y ejecución de estrategia de reconocimiento, difusión, afianzamiento y escalabilidad
 - Propuesta y ejecución de difusión de resultados del diseño en diferentes públicos
6. Tecnología de información

- Gestión para la incorporación y visualización de indicadores en el SIAC
- Diseño de módulo de visualización en el SIAC
- Alojamiento de etapa de procesamiento y validación de datos para el cálculo de indicadores de biodiversidad: Biotablero
- Definición y gestión de servicios web para vincular otros sistemas de información
- Fortalecimiento de tecnologías disponibles: SiB, otros.

7. Sostenibilidad financiera

- Diseño de estrategias de sostenibilidad financiera y organizacional para el sistema de monitoreo.
- Gestión para incorporar contrapartidas de diversas instituciones en los esfuerzos mancomunados de la implementación del sistema de monitoreo.

10.3. Propuesta para la implementación por módulos

Con el objeto de incrementar las perspectivas de desarrollo en la Macrocuenca y la necesidad de mejorar la información ambiental, favorecer la adopción institucional del sistema de monitoreo mediante la integración de redes y articulación como estrategia de sostenibilidad y continuidad de la iniciativa, y generar los escenarios que conduzcan al compromiso institucional en la participación y la toma de decisiones en el sistema de monitoreo, se considerado abordar las líneas de implementación mediante módulos o fases.

Si bien hay un punto de partida para la puesta en marcha del sistema de monitoreo, los módulos tienen objetivos que están relacionados con la adopción por parte de diferentes entidades los cuales no necesariamente requieren implementarse de manera secuencial. Una entidad puede implementar total o parcialmente un módulo dependiendo de su estado de desarrollo en relación a empleo de estándares para colecta y registro de datos, de protocolos, poseer una estructura de gestión de conocimiento e información y contar con mecanismos de interoperabilidad y servicios web. Por otra parte, algunos objetivos de los módulos están direccionados a ser adoptados por entidades o proyectos específicas, por lo que no serían requeridos para la implementación de todos los actores. Finalmente, objetivos provenientes de diferentes módulos pueden implementarse llegar a implementarse de manera paralela, lo cual dependerá de ajuste de agendas interinstitucionales y recursos financieros.

A continuación, se presenta las actividades de adopción del sistema dispuesta en módulos diferenciados que especifican distintos niveles de alcance en su futura implementación, de acuerdo a características técnicas.

10.3.1. Módulo 1

Objetivo 1. Realizar un piloto de programa de monitoreo a través de campañas de campo en 3 áreas de interés del proyecto y que permita articular con los componentes 1 y 2 del proyecto.

Tiempo ejecución: 2 años

Actividades:

- Trabajo de campo.
- Procesamiento de material en laboratorio
- Incorporación de novedades en registros por área a un museo o colección local legalmente constituido.
- Disponer los datos de monitoreo en formato event-core en el SiB, con metadatos.
- Análisis de información, generación de indicadores, elaboración de informes.
- Disponer los resultados para su consulta
- Articular con otras iniciativas

Objetivo 2. Promover la articulación institucional para la adopción del sistema de monitoreo de biodiversidad y ecosistemas acuáticos.

Tiempo ejecución: 1 año

Actividades:

- Concretar una agenda institucional conjunta para la implementación del sistema de monitoreo, mediante un convenio o memorando de entendimiento.
- Concretar oficialmente la estructura de gobernanza del sistema de monitoreo y del subsistema de información asociado al SIAC.
- Gestionar la creación e incorporación del subsistema de biodiversidad y ecosistemas acuáticos en el SIAC y su conexión con la gobernanza del sistema de monitoreo.
- Gestionar con entes territoriales y locales la adopción del diseño del sistema de monitoreo y la gestión de información para reflejar sus indicadores en el subsistema de información sobre biodiversidad y ecosistemas acuáticos.
- Generar un portafolio de inversión interinstitucional para el monitoreo a 10 años.
- Gestionar mecanismos de sostenibilidad financiera del sistema de monitoreo.
- Gestión para incorporar contrapartidas de diversas instituciones en los esfuerzos conjuntos de la implementación del sistema de monitoreo.
- Conformar un comité técnico o un observatorio interinstitucional para la revisión de armonización de normativas, instrumentos, metas del monitoreo, indicadores,



fichas, protocolos, valores de referencia y estándares.

Objetivo 3. Desarrollar una plataforma incorporada al SIAC del subsistema de biodiversidad y ecosistemas acuáticos, así mismo garantizar el flujo de información a través de la estructura de gobernanza del sistema.

Tiempo ejecución: 1 año

Actividades:

- Concretar una asignación presupuestal y gestionar los recursos liderado por MADS y GEF para la ejecución de la puesta en funcionamiento y mantenimiento del subsistema.
- Fortalecimiento del SiB para mejorar el almacenamiento y administración de datos de monitoreo de biodiversidad y ecosistemas acuáticos.
- Fortalecimiento del Biotablero para mejorar los procesos de validación y depuración de datos de biodiversidad acuática, cálculo y reporte de indicadores de biodiversidad acuática y disposición de estos al subsistema.
- Desarrollo (backend) que permita la comunicación entre el almacenamiento de indicadores con la visualización al igual que otros procesos como de cálculo para la generación de gráficos.
- Generar el modelo de la base de datos **de la batería básica de indicadores** y sus procesos de administración y mantenimiento.
- Diseñar y poner un Dashboard (frontend) que permitirá visualización de los indicadores a nivel gráfico y espacial, mecanismos de descarga de reportes y datos.
- Diseñar las normativas, políticas y manuales necesarios para respaldar la administración y mantenimiento del subsistema.

Objetivo 4. Promover la adopción de indicadores de la batería básica mediante un piloto de articulación del sistema de monitoreo.

Tiempo ejecución: 1 año

Actividades:

- Oficializar y socializar fichas de indicadores de biodiversidad y ecosistemas acuáticos.
- Fortalecer y capacitar un ente territorial para que adopte estándares de información e incluya un proceso de incorporar la información de monitoreo de biodiversidad y ecosistemas acuáticos en el SiB.
- Realizar el desarrollo informático para reportar los indicadores de biodiversidad acuática en el BioTablero con información del ente territorial dispuesta en el SiB.



- Realizar la comunicación entre BioTablero y Subsistema para alimentar su integración con otras variables e indicadores y publicación en la plataforma del SIAC.

Objetivo 5. Establecer y ejecutar una estrategia de comunicaciones para posicionar el sistema de monitoreo con diferentes actores.

Tiempo ejecución: 1 año

Actividades:

- Propuesta y ejecución de estrategia de reconocimiento, difusión, afianzamiento y escalabilidad
- Propuesta y ejecución de difusión de resultados del diseño en diferentes públicos
- Borrador de publicación de nivel científico.
- Generar espacios de intercambio de experiencias entorno al monitoreo.

10.3.2. Módulo 2

Objetivo 1. Desarrollar una estrategia de regionalización de la información disponible en subsistema y en general el SIAC, a fin de lograr el principio de multi-escalaridad.

Tiempo ejecución: 1 año

Actividades:

- Intercambio de experiencias con estrategias de regionalización llevadas a cabo por el SINCHI y por ANLA-IDEAM.
- Generar un módulo de visualización del SIAC en un ente territorial considerando la escala de representación de resultados acorde a las necesidades de la jurisdicción.

Objetivo 2. Promover la adopción de indicadores complementarios con las iniciativas articuladas o por la incorporación de nuevos actores.

Tiempo ejecución: 2 años

Actividades:

- Desarrollar, oficializar y socializar fichas de indicadores complementarios de biodiversidad y ecosistemas acuáticos.
- Fortalecer y capacitar un actor asociado para su publicación en el Subsistema.

- Realizar el desarrollo informático para reportar los indicadores complementarios de biodiversidad acuática considerando el flujo de información a través de la estructura de gobernanza.

10.3.3. Módulo 3

Objetivo 1. Ampliar cobertura de articulación del sistema de monitoreo.

Tiempo ejecución: 5 años

Actividades:

- Gestionar la articulación con la ANLA con fuente de información, para orientar los mecanismos de interoperabilidad y servicios web.
- Gestionar con actores públicos o privados la adopción del diseño del sistema de monitoreo y la gestión de información para reflejar sus indicadores en el subsistema de información sobre biodiversidad y ecosistemas acuáticos.
- Promover el desarrollo o fortalecimiento de instrumentos o normativas que permitan la adopción de un sistema de monitoreo público/privado, de gobernanza distribuida o con acceso libre a todos los usuarios.
- Gestionar la adopción del sistema de monitoreo de diversidad y ecosistemas acuáticos en otra macrocuenca.

Objetivo 2. Promover estrategias para procesos de mejora de calidad de datos de monitoreo.

Tiempo ejecución: 5 años

Actividades:

- Generar espacios para la revisión de estándares, protocolos de colecta, valores de referencia, análisis y reporte.
- Diseñar estrategias para curar datos existentes de monitoreo existentes,
- Diseñar mecanismos de auditoría de procesos del sistema monitoreo, a fin de propender por un mejoramiento continuo.
- Diseñar estrategias presenciales o web para la transferencia de capacidades en la colecta, preservación, identificación, registro en repositorios de datos de monitoreo, cálculo de indicadores y divulgación.
- Elaborar documentos de referencia como fichas de indicadores, catálogos de especies sujeto de monitoreo, claves, listados de referencia para el proceso de validación y protocolos de campo.



Objetivo 3. Enlazar el diseño del sistema de monitoreo a coyunturas actuales del país o estrategias de monitoreo que involucran la biodiversidad y ecosistemas acuáticos en contexto específicos.

Tiempo ejecución: 5 años

Actividades:

- Gestionar la integración de monitoreo de coyunturas o iniciativas de monitoreo específicas con el subsistema, y adicionalmente orientar los mecanismos de interoperabilidad y servicios web.
- Generar ventanas de visualización de información por proyectos o coyunturas.

10.3.4. Módulo 4

Objetivo 1. Establecer y ejecutar estrategias de instrumentalización e innovación para optimizar la colecta, reporte y consulta de datos del sistema de monitoreo con diferentes actores.

Tiempo ejecución: 10 años

Actividades:

- Generar o adoptar herramientas de ciencia ciudadana para el registro y consulta de datos de monitoreo en dispositivos electrónicos.
- Establecer una ruta para la mejora de equipos de laboratorio con el fin de tener optimizar la detectabilidad de contaminantes.
- Desarrollar propuesta para el desarrollo o adopción de equipos innovadores en la toma de datos y su procesamiento en laboratorio.

Objetivo 2. Desarrollar la automatización y optimización de procesos relacionados con el flujo de información a través de la estructura de gobernanza del sistema de monitoreo.

Tiempo ejecución: 2 años

Actividades:

- Desarrollo y adopción de rutinas para la automatización del proceso de validación y verificación de calidad de datos de biodiversidad.
- Desarrollo y adopción de rutinas para la automatización del proceso de cálculo de indicadores en el Biotablero y en el Subsistema.

- Realizar mejoras en la arquitectura e infraestructura de datos para optimizar el flujo de información y reporte a usuarios.
- Desarrollo de una rutina de análisis espacial para el establecimiento de áreas prioritarias para monitoreo.

Objetivo 3. Generar una agenda de investigación en torno el monitoreo de la biodiversidad y ecosistemas acuáticos.

Tiempo ejecución: 3 años

Actividades:

- Elaborar una propuesta con lineamientos de investigación en torno al monitoreo de la biodiversidad y ecosistemas acuáticos y su impacto en la toma de decisiones.
- Realizar ajustes a valores de referencia de diferentes indicadores y variables en relación a contexto regional,
- Evaluar la incorporación de nuevos objetos de monitoreo en espacios que sean costo-efectivos.
- Apoyar la caracterización hidrodinámica, hidrosedimentológica y de conectividad ecológica o biótica en nuevas áreas priorizadas para el establecimiento de programas de monitoreo.
- Desarrollo de nuevos indicadores de monitoreo de la biodiversidad y ecosistemas acuáticos.

Ver en el anexo 13 la línea de tiempo asociada a las estrategias propuestas.

10.4. Interacción con otros proyectos y coyunturas del país

Durante el proceso de direccionamiento del sistema de monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos y la biodiversidad asociada en el marco del proyecto GEF Magdalena-Cauca, se ha interactuado con otros proyectos en el que participa o asesora el Instituto. Estos son:

- Propuesta de monitoreo en la atención de Hidroituango en el río Cauca
- Lineamientos ambientales para la navegabilidad del río Magdalena
- Propuesta de monitoreo Lizama II
- Programa de Monitoreo de Alta Montaña
- Programa nacional de monitoreo de ríos y humedales
- Estrella Fluvial del Inírida



- Propuesta de monitoreo Canal del Dique

El diseño del sistema de monitoreo en resumen ha tenido aportes colaterales a los proyectos o coyunturas mencionadas en varios sentidos. El análisis de modelos conceptuales, objetos de monitoreo, selección de dominio espacial multicriterio y levantamiento de indicadores resultaron clave en la formulación y desarrollo de los otros proyectos, ya que se contaba con un marco de trabajo.

Parte de los análisis de modelos conceptuales están orientados en el canal principal del río y planicies inundables, que son de interés para el proyecto Cormagdalena. Mientras que el análisis del medio Magdalena y bajo Cauca fueron claves para Hidroituango. El levantamiento de requerimientos e indicadores de humedales de alta montaña están siendo armonizados con el programa de monitoreo de paramos y Lizama.

A corto plazo, se pueden considerar que el sistema de monitoreo contemple en su diseño una estrategia para visualizar los proyectos particulares de impacto de macrocuenca o contingencias. De tal manera que estas situaciones encuentren un espacio para manejar sus datos, y por otra vía constituyan un mecanismo de alimentación con datos al sistema de monitoreo y sean una vía de sostenimiento financiero. Se podría entonces pensar en desarrollar al interior del sistema unas ventanas regionales de visualización para cada proyecto.

11. DESCRIPCIÓN DE LOS ANEXOS

Estos son los anexos que acompañan este documento:

- Anexo 1. Capa de delimitación del área del proyecto
- Anexo 2. Registros de presencia total (en EXCEL y GDB)
- Anexo 3. Capa de zonas de conservación del proyecto
- Anexo 4. Registros de presencia por zona de conservación (EXCEL y GDB)
- Anexo 5. Lista de especies registradas para la Macrocuenca Magdalena-Cauca
- Anexo 6. Matriz de actores e iniciativas
- Anexo 7. Modelo conceptual socioecológico de la Macrocuenca Magdalena-Cauca
- Anexo 8. Indicadores identificados en talleres y documentación secundaria
- Anexo 9. Memorias de talleres, listados de asistencia y registro fotográfico
- Anexo 10. Síntesis de entrevistas
- Anexo 11. Fichas de indicadores
- Anexo 12. Indicadores módulo 2
- Anexo 13. Línea de tiempo para implementación

Los anexos se pueden encontrar en el siguiente enlace:

https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1u1UhoOjLR4FHa5ikaRST_CkAtey782a

12. BIBLIOGRAFÍA

- Alianza sobre Indicadores de Biodiversidad. 2011. Guía para el desarrollo y el uso de indicadores de biodiversidad nacional PNUMA World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, RU. 40pp
- Andrade G. I., M. E. Chaves, G. Corzo y C. Tapia (eds.). 2018. Transiciones socioecológicas hacia la sostenibilidad. Gestión de la biodiversidad en los procesos de cambio en el territorio continental colombiano. Primera aproximación. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 220 p.
- Andrade, G.I. y Londoño, M.C. 2016. Cadena de valor en la generación del conocimiento para la gestión de la biodiversidad. Biodiversidad en la Práctica 1: 1-20.
- Bernal, R., S.R. Gradstein & M. Celis (eds.) 2019. Catálogo de plantas y líquenes de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Recuperado de <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>
- Castro-Jiménez M.Á., Díaz-Martínez L. A. 2009. Las variables en el proceso de investigación en salud: importancia, clasificación y forma de presentación en protocolos de investigación* MedUNAB Vol. 12 Número 3, Diciembre de 2009
- Cendales-Prieto, H. 2018. Mecanismos de software para interoperabilidad e intercambio de información entre subsistemas SIAC, haciendo uso del bus de servicios ORACLE del SIAC. Bogotá, D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Cifuentes-Sarmiento, Y. & L. F. Castillo Cortés. 2012. Colombia: informe anual. Censo Neotropical de Aves Acuáticas 2011 [en línea]. En Unterkofler D.A. y D.E. Blanco (eds.): El Censo Neotropical de Aves Acuáticas 2011; Una herramienta para la conservación. Wetlands International, Buenos Aires, Argentina.
- Cifuentes-Sarmiento, Y. & L. F. Castillo Cortés. 2013. Colombia: informe anual. Censo Neotropical de Aves Acuáticas 2012 [en línea]. En Unterkofler D.A. y D.E. Blanco (eds.): El Censo Neotropical de Aves Acuáticas 2012; Una herramienta para la conservación. Wetlands International, Buenos Aires, Argentina.
- Cifuentes-Sarmiento, Y. & L. F. Castillo Cortés. 2014. Colombia: informe anual. Censo Neotropical de Aves Acuáticas 2013 [en línea]. En Unterkofler D.A. y D.E. Blanco (eds.): El Censo Neotropical de Aves Acuáticas 2013; Una herramienta para la conservación. Wetlands International, Buenos Aires, Argentina.
- Cifuentes-Sarmiento, Y. & L. F. Castillo Cortés. 2015. Colombia: informe anual. Censo Neotropical de Aves Acuáticas 2014 [en línea]. En Unterkofler D.A. y D.E. Blanco (eds.): El Censo Neotropical de Aves Acuáticas 2014; Una herramienta para la conservación. Wetlands International, Buenos Aires, Argentina.
- Cifuentes-Sarmiento, Y. & L. F. Castillo Cortés. 2016. Colombia: informe anual. Censo Neotropical de Aves Acuáticas 2015 [en línea]. En Unterkofler D.A. y D.E. Blanco (eds.): El Censo Neotropical de Aves Acuáticas 2015; Una herramienta para la conservación. Wetlands International, Buenos Aires, Argentina.



- Cifuentes-Sarmiento, Y. & L. F. Castillo Cortés. 2017. Colombia: informe anual. Censo Neotropical de Aves Acuáticas 2016 [en línea]. En Unterkofler D.A. y D.E. Blanco (eds.): El Censo Neotropical de Aves Acuáticas 2016; Una herramienta para la conservación. Wetlands International, Buenos Aires, Argentina.
- Cormagdalena. 2007. Atlas Cuenca del Río Grande de la Magdalena, Bogotá, D. C., Imprenta Nacional de Colombia.
- Creative Commons. 2018. Disponible en:
<https://creativecommons.org/licenses/?lang=es>
- Culp, J., Lento, J., Goedkoop, W., Power, M., Rautio, M., Christoffersen, K., Svoboda, M. 2012. Developing a circumpolar monitoring framework for Arctic freshwater biodiversity. *Biodiversity*, 13(3-4), 215-227.
- De Pooter, D., Appeltans, W., Bailly, N., Bristol, S., Deneudt, K., Eliezer, M., Fujioka, E., Giorgetti, A., Goldstein, P., Lewis, M., Lipizer, M., Mackay, K., Marin, M., Moncoiffé, G., Nikolopoulou, S., Provoost, P., Rauch, S., Roubicek, A., Torres, C., Van de Putte, A., Vandepitte, L., Vanhoorne, B., Vinci, M., Wambiji, N., Watts, D., Klein Salas, E. & F. Hernandez. 2017. Toward a new data standard for combined marine biological and environmental datasets - expanding OBIS beyond species occurrences. *Biodiversity Data Journal* 5: e10989. <https://doi.org/10.3897/BDJ.5.e10989>
- Díaz, S., F. Quétiera, D.M. Cáceres, S.F. Trainor, N. Pérez-Harguindeguy, M.S Bret-Harte, B. Finegan, M. Peña-Claros & L. Poorter. 2011. Linking functional diversity and social actor strategies in a framework for interdisciplinary analysis of nature's benefits to society. *PNAS* 108 (3): 895-902.
- DoNascimento, C., Herrera-Collazos, E., Herrera, G., Ortega-Lara, A., Villa-Navarro, F., Usma-Oviedo, J., & Maldonado-Ocampo, J. (2017). Checklist of the freshwater fishes of Colombia: a Darwin Core alternative to the updating problem. *ZooKeys*, 708, 25-138.
- Dudgeon, D., Arthington, A., Gessner, M., Kawabata, Z.-I., Knowler, D., Lévêque, C., . . . Stiasny, M. 2006. Freshwater Biodiversity: Importance, Threats, Status and Conservation Challenges. *Biological Reviews*, 81(2), 82-163.
- EUBON. 2015. Publishing sample data using the GBIF IPT. http://www.gbif.org/sites/default/files/gbif_IPT-sample-data-primer_en.pdf
- Fiocruz. 2014. Política de Acesso Aberto ao Conhecimento da Fiocruz - Portaria do MS/no 938, de 22.07.99. Rio de Janeiro, Brasil,
- Garzón N. V. y Gutiérrez J. C. 2013. Deterioro de los humedales en el Magdalena Medio: un llamado a su conservación. Fundación Alma - Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C., Colombia. 145 pág.
- Global Biodiversity Information Facility (GBIF). 2019. Biodiversity data. <https://github.com/gbif/ipt/wiki/samplingEventData>. Fecha de acceso: 2019
- Gross, JE. 2003. Developing Conceptual Models for Monitoring Programs. Discussion paper available online:
http://science.nature.nps.gov/im/monitor/docs/Conceptual_modelling.pdf (último acceso 02/05/2019)



- Gullison, R.E.; Hardner, J.; Anstee, S.; Meyer, M. 2015. Buenas prácticas para la recopilación de datos de línea base de biodiversidad. Preparado para el Grupo de Trabajo sobre Biodiversidad de Instituciones Financieras Multilaterales y la Iniciativa Intersectorial sobre Biodiversidad (CSBI).
- IAvH. 2017. Biodiversidad en la Práctica 2 (1): 1-47.
- IAvH, TNC (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt & The Nature Conservancy.). 2019. Sistema de evaluación y monitoreo a la efectividad de las compensaciones ambientales en Colombia - SEMCA. Componente biótico. Informe final, Convenio NASCA 00032/2018. Bogotá, Colombia. 112 pp.
- IDEAM. 2006. Primera campaña de monitoreo en la red nacional de calidad de agua de los ríos Magdalena y Cauca: establecimiento de la línea base del recurso hídrico de los ríos Magdalena y Cauca, informe final.
- IDEAM. 2013. Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia. Bogotá, D. C., Colombia. Publicación aprobada por el Comité de Comunicaciones y Publicaciones del IDEAM, noviembre de 2013, Bogotá, D. C., Colombia.
- IDEAM, 2015. Estrategias para la implementación del "PLAN DE ACCION DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL DE COLOMBIA". Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental.
- IDEAM-Cormagdalena. 2001. Estudio Ambiental de la Cuenca Magdalena-Cauca y elementos para su ordenamiento territorial, Bogotá, D. C., Op. Gráficas.
- INVEMAR. 2005. Política institucional para la gestión de datos, productos de información y conocimiento. Santa Marta, Colombia,
- Jaramillo, U., Cortés-Duque, J. y Flórez, C. (eds.). 2015. Colombia Anfibia. Un país de humedales. Volumen I. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 140 p.
- Jaramillo, U., Cortés-Duque, J. y Flórez, C. (eds.). 2016. Colombia Anfibia, un país de humedales. Volumen II. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 116 p.
- Lemos, M., Agrawal, A. 2006. Environmental governance. Annual Review of Environment and Resources, 31, 297–325.
- Lévêque, C., Oberdorff, T., Paugy, D., Stiassny, M., & Tedesco, P. 2008. Global diversity of fish (Pisces) in freshwater. Hydrobiologia, 595, 545–567.
- Levin, S.A. 1992. The problem of pattern and scale in ecology: the Robert H. MacArthur award lecture. Ecology, 73, 1943-1967.
- Ley número 1712. 2014. Transparencia y del Derecho de Acceso a la Información Pública Nacional. Presidencia de la República de Colombia, Bogotá, Colombia, 6 de marzo de 2014.
- Lindenmayer, D. B. y G. E. Likens. 2018. Effective ecological monitoring. Second edition. CSIRO Publishing. 224 pp.
- Llambí, L. D., Becerra, M. T., Peralvo, M., Avella, A., Barufol, M., Díaz, L.D. 2019.



- Construcción de una Estrategia para el Monitoreo Integrado de los Ecosistemas de Alta Montaña en Colombia. Biodiversidad en la Práctica, 4: 150-172.
- Londoño, M.C. y Vallejo, M.I. (eds.) 2017. Marco conceptual y metodológico para evaluaciones regionales de biodiversidad en Colombia. Documento interno. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 51 p.
- MADS. 2012. Resolución 1415 de 2012. "Por la cual se modifica y actualiza el modelo de almacenamiento geográfico (Geodatabase) contenido en la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales adoptada mediante la Resolución 1503 del 4 de agosto de 2010"
- MADS. 2016. Decreto 1076 de 2015. "Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible"
- MADS. 2016. Resolución 2182 de 2016. "Por la cual se modifica y consolida el modelo de almacenamiento geográfico en la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales y en el Manual de seguimiento ambiental de proyectos"
- MADS. 2017. Decreto 1655 de 2017. "Por medio del cual se adiciona al Libro 2, parte 2, Título 8, Capítulo 9 del Decreto 1076 de 2015, cinco nuevas secciones en el sentido de establecer la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Información Forestal, el Inventario Forestal Nacional y el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono que hacen parte del Sistema de Información Ambiental para Colombia, y se dictan otras disposiciones"
- MADS. 2017. Resolución 1912 de 2017. Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino costera. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- MADS. 2018. Gestión Integral del Recurso Hídrico. Visto en <http://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico>, el 11 de diciembre del 2018.
- Mancera, J. E., Peña, E., Giraldo, E., & Santos, A. 2003. Introducción a la modelación ecológica. Principios y aplicaciones. Univ. Nacional de Colombia.
- MAVDT. 2004. Decreto número 1200 de 2004. "Por el cual se determinan los Instrumentos de Planificación Ambiental y se adoptan otras disposiciones".
- MAVDT. 2010. Resolución 1503 de 2010 –Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales.
- MINTIC. 2014. Ley 1712 de 2014. "Por medio de la cual se crea la Ley de Transparencia y del Derecho de Acceso a la Información Pública Nacional y se dictan otras disposiciones."
- Mosley, Mark., and Michael Brackett. 2010. The DAMA Guide to the Data Management Body of Knowledge (DAMA-DMBOK Guide), First Edition. Bradley Beach, N.J.: Technics Publications.
- Fundación Natura. 2019. Manejo sostenible y conservación de la biodiversidad acuática de la cuenca Magdalena-Cauca. <http://www.natura.org.co/subdireccion-de-conservacion-e-investigacion/manejo-sostenible-conservacion-la-biodiversidad->



- acuatica-la-cuenca-magdalena-cauca. Consultado en 10/05/2019
- Noss, R. F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: A hierarchical approach. *Conservation Biology* 4(4): 355-364.
- O'Brien, A., K. Townsend, R. Hale, D. Sharley & V. Pettigrove. 2016. How is ecosystem health defined and measured? A critical review of freshwater and estuarine studies. *Ecological Indicators* 69: 722-729.
- Pastor, M. 2011. Estudio de patrones temporales para la emisión acústica de los cangrejos pistola (Orden Decápoda) en la Reserva Marina de las Islas Columbretes mediante la utilización de unidades de detección de acústica pasiva (T-POD). Universidad Politécnica de Valencia. 44pp.
- PELD. 2009. La Política de Datos del Programa de Investigación en Biodiversidad -PPBIO. Disponible en https://ppbio.inpa.gov.br/sites/default/files/politica_dou.pdf
- Peña, D., Bocanegra, J., Hernández, A. y Bonilla, G. 2017. La cooperación internacional en el sector ambiental, Retos y oportunidades. En *Biodiversidad 2016. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*.
- Perrings, C., Naeem, S., et al., 2011. Ecosystem services, targets, and indicators for the conservation and sustainable use of biodiversity. *Front. Ecol. Environ.* 9, 512–520.
- Pijanowski, B. C., Farina, A., Gage, S. H., Dumyahn, S. L., & B. L. Krause. 2011. What is soundscape ecology? An introduction and overview of an emerging new science. *Landscape Ecology* 26: 1213–1232. <http://doi.org/10.1007/s10980-011-9600-8>
- PNN (Parques Nacionales Naturales, Patrimonio Natural. 2008. Estrategia nacional de monitoreo del sistema de parques nacionales naturales de Colombia. Banco Mundial, GEF-Global Environment Facility, Patrimonio Natural-fondo para la biodiversidad y áreas protegidas, Ministerio de Ambiente, vivienda y Desarrollo Territorial, Parques Nacionales Naturales de Colombia. 33pp
- Presidencia de la República de Colombia. 1974. Decreto Ley 2811 del año 1974. Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente
- Red Nacional de Observadores de Aves de Colombia (RNOA). 2013. El Censo Neotropical de Aves Acuáticas en Colombia (CNAA): 2002 – 2011; 11,250 registros, aportados por Zamudio, J. (publicador, proveedor de los metadatos, proveedor de contenido, contacto del recurso), Cifuentes, Y. (proveedor de contenido, administradora general de los datos). Disponible en línea en: http://ipt.sibcolombia.net/rnoa/resource.do?r=cnaa_colombia, publicado el 04/09/2013
- Ricaurte, L.F., Patiño, J.E., Zambrano, D.F.R. et al. 2019. A classification system for Colombian wetlands: an essential step forward in open environmental policy-making. *Wetlands*. First Online 25 April 2019. <https://doi.org/10.1007/s13157-019-01149-8>.
- Robertson T, Döring M, Guralnick R, Bloom D, Wiczorek J, Braak K, Otegui J, Russell L, Desmet P. 2014. The GBIF integrated publishing toolkit: facilitating the efficient publishing of biodiversity data on the internet. *PloS ONE* 9: e102623, <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0102623>
- Rodríguez N., Armenteras D. 2005. Capítulo 3: Ecosistemas naturales de la cuenca del río



- Magdalena. En: Los sedimentos del río Magdalena: Reflejo de la crisis ambiental. Fondo Editorial Universidad EAFIT, Medellín, Colombia. 79-98 p.
- Rodríguez, W., Milena, J., Castaño Rojas, J. M., y Marulanda Gómez, J. H. 2016. Ensamble de macroinvertebrados acuáticos y estado ecológico de la microcuenca Dalí-Otún, Departamento de Risaralda, Colombia. *Hidrobiológica*, 26(3), 359-371.
- Roskov Y., Ower G., Orrell T., Nicolson D., Bailly N., Kirk P.M., Bourgoin T., DeWalt R.E., Decock W., Nieukerken E. van, Zarucchi J., Penev L., (eds). 2019. Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2019 Annual Checklist. Digital resource at www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2019. Species 2000: Naturalis, Leiden, the Netherlands. ISSN 2405-884X.
- Roux, D., Nel, J., Fisher, R.-M., & Barendse, J. 2016. Top-down conservation targets and bottom-up management action: creating complementary feedbacks for freshwater conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystem*, 26, 364–380.
- Secretariat of CBD. 2016. Biodiversity and the 2030 Agenda for sustainable development: Technical notes.
- SIAC. 2019. Sistema de Información Ambiental de Colombia. Disponible en: <http://www.siac.gov.co/>
- Sierra, C., Mahecha, M., Poveda, G., Álvarez-Dávila, E., Gutierrez-Velez, V., Reu, B., Skowronek, S. 2017. Monitoring ecological change during rapid socio-economic and political transitions: Colombian ecosystems in the post-conflict era. *Environmental science and policy*, 76, 40-49.
- Sistema de información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB). 2015. Licencias para publicar a través del SiB Colombia. Disponible en: <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/35035/licencias-SiB-baja.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sistema de información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB). 2018. Recuperado de <https://sibcolombia.net/actualidad/biodiversidad-en-cifras/>
- Sistema de información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB). 2019. Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia. Disponible en: <https://sibcolombia.net/>
- Sparks, T.H., Butchart, S.H.M., Balmford, A. et al. 2011. Linked indicator sets for addressing biodiversity loss. *Oryx* 45 (3): 411-49.
- TDWG. 2011. DarwinCore: una guía de referencia rápida. (Versión original producida por TDWG, traducida al idioma español por Escobar, D., Roldan, L.; versión 2.0). SiB Colombia. Bogotá. 33 pp. <https://www.sibcolombia.net/repo-docs/>
- TNC-The Nature Conservancy, CREACUA, USAID, Fundación Mario Santo Domingo, SEI-Stokholm Enviroment Institute. 2017. Introducción al usuario de SIMA, versión 1.0. 38 pp.
- TNC-The Nature Conservancy, Fundación Alma, Fundación Humedales y AUNAP. 2015. Estado de las planicies inundables y el recurso pesquero en la macrocuenca Magdalena-Cauca y propuesta para su manejo integrado. Bogotá D. C., Colombia. 553 p.
- Uribe, B. 2007. Consolidación del Marco conceptual del Sistema de Información Ambiental de Colombia SIAC. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente, Vivienda y



Desarrollo Territorial.

- Vallejo, M. I. & D. I. Gómez. 2017. Marco conceptual para el monitoreo de biodiversidad en Colombia. *Biodiversidad en la Práctica* 2 (1): 1-47.
- Vos, P., E. Meelis y W. J. Ter Keurs. 2000. A framework for the design of ecological monitoring programs as a tool for environmental and nature management. *Environmental Monitoring and Assessment* 61: 317-344.
- Wainwright, J., & Mulligan, M. 2004. *Environmental modelling: Finding simplicity in complexity*. Chichester, West Sussex, England: Wiley.
- Wieczorek, J., Bánki, O., Blum, S., Deck, J., Döring, M., Dröge, G., Endresen, D., Goldstein, P., Leary, P., Krishtalka, L., Tuama, E., Robbins, R., Robertson, T & P. Yilmaz. 2014. Meeting Report: GBIF hackathon-workshop on Darwin Core and sample data (22-24 May 2013). *Standards in Genomic Sciences* 9: 585–598. <http://doi.org/10.4056/sig>
- Wiens, J.A. 1976. Population responses to patchy environments. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 7, 81-120.
- Yoccoz, N. G., J. D. Nichols y T. Boulinier. 2001. Monitoring of biological diversity in space and time. *Trends in Ecology and Evolution* 16 (8): 446-453.
- Zamudio J & Y. Cifuentes-Sarmiento. 2013. El Censo Neotropical de Aves Acuáticas en Colombia (CNAA):2002-2011. *Biota Colombiana*. 14-Suplemento especial-Artículo de datos: 45-50.
- Zúñiga, M. y W. Cardona. 2009. Bioindicadores de calidad de agua y caudal ambiental. In: Cantera, J. Carvajal & L. M. Castro (Eds.). *Caudal ambiental: conceptos, experiencias y desafíos*. Cali: Programa editorial de la Universidad del Valle. pp. 167-197.