



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

Junio 17 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.....	14
3. Direccionamiento del sistema	18
3.1. Marco conceptual	18
3.2. Preguntas orientadoras.....	21
3.3. Objetivos	23
3.4. Visión y alcance.....	25
3.5. Principios y características.....	26
4. Línea base de biodiversidad	34
4.1. Metodología.....	35
4.2. Registros de presencia de especies.....	38
4.3. Especies encontradas por grupo biológico	40
4.4. Especies según su vocación de conservación y uso sostenible.....	41
4.5. Conclusiones	42
5. Diagnóstico del monitoreo de ecosistemas acuáticos	44
5.1. Metodología.....	44
5.2. Iniciativas de monitoreo.....	46
5.3. Análisis DOFA	51
5.4. Actores del monitoreo.....	57
5.5. Conclusiones	63
6. Modelos conceptuales socioecológicos.....	65
6.1. Introducción	65
6.2. Metodología.....	66
6.3. Resultados.....	67
7. Indicadores, variables y objetos de monitoreo	79
8. Política de datos	83
8.1. ¿Qué es una política de datos?	83
8.2. Definiciones generales.....	84
8.3. Disposición de los datos.....	85
8.4. Acceso a los productos generados en el marco del proyecto	85
8.5. Términos y condiciones de uso de los datos	86
8.6. Disposiciones finales	87
8.7. Propuesta de guía para la incorporación de datos.....	87
9. Gestión de información.....	108
9.1. Herramientas informáticas disponibles para la articulación del sistema	108
9.2. Retos y oportunidades para el fortalecimiento del monitoreo en la Macrocuenca Magdalena-Cauca.	125
9.3. Alternativas para la arquitectura interinstitucional de gestión de la información.....	129
9.4. Propuesta de desarrollo, alojamiento y administración del sistema.....	138
9.5. Hoja de ruta para la incorporación de indicadores al SIAC	139
10. Propuesta de implementación del sistema de monitoreo	141
10.1. Requerimientos de usuarios: síntesis de talleres y entrevistas.....	141
10.2. Líneas estratégicas para la implementación del sistema	145
10.3. Propuesta para la implementación por módulos	145
10.4. Incidencia esperada e interacción con otros proyectos y coyunturas del país	153
11. Descripción de los anexos	156
12. Bibliografía	157



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.....	15
Tabla 3. Número de registros por grupo biológico para la Macrocuenca Magdalena-Cauca. .	38
Tabla 4. Número de especies por grupo biológico por zona hidrográfica para la macrocuenca Magdalena-Cauca.	39
Tabla 5. Número de registros de presencia de especies por grupo biológico por zona de interés para el proyecto GEF Magdalena-Cauca.....	39
Tabla 6. Número de especies por grupo biológico para la Macrocuenca Magdalena-Cauca.	40
Tabla 7. Número de especies clasificadas bajo alguna categoría de amenaza. En peligro crítico de extinción (CR), En peligro de extinción (EN), Vulnerable (VU) en la macrocuenca Magdalena-Cauca.	41
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) en la macrocuenca Magdalena-Cauca.	41
Tabla 9. Especies endémicas para Colombia con presencia en la Macrocuenca Magdalena-Cauca por grupo biológico.....	42
Tabla 10. Especies clasificadas como invasoras por grupo biológico en la macrocuenca Magdalena-Cauca.	42
Tabla 11. Fuentes de información de las iniciativas identificadas.....	46
Tabla 12. Análisis DOFA del Servicio Estadístico Pesquero Colombiano (SEPEC).....	52
Tabla 13. Análisis DOFA del Censo Neotropical de Aves Acuáticas.....	54
Tabla 14. Análisis DOFA del Manos al Agua.....	56
Tabla 15. Indicadores y variables priorizados para la implementación en el modulo 1 en cada uno de los paisajes de la Macrocuenca Magdalena-Cauca (CA: calidad ambiental, SE: bienestar y servicios ecosistémicos, B: biodiversidad, E: estado, P: presión, R: respuesta, B: Beneficio).....	81
Tabla 16. Objetos de monitoreo y las variables e indicadores propuestos para su medición.	82
Tabla 17. Elementos recomendados para la estructuración de datos de monitoreo.	91
Tabla 18. Elementos de la extensión medidas y hechos.....	92
Tabla 19. Ejemplo de estructuración de datos utilizando la extensión de medidas.....	93
Tabla 20. Elementos de la extensión multimedia simple. En naranja los elementos obligatorios y en negro los opcionales.	93
Tabla 21. Ejemplo de estructuración de datos utilizando la extensión multimedia simple.....	94
Tabla 22. Elementos de la extensión GBIF Relevé.	94
Tabla 23. Elementos de la extensión Relación entre recursos.	94
Tabla 24. Ejemplo de estructuración de datos utilizando la extensión Relación entre recursos. ..	95
Tabla 25. Ejemplos de ID utilizados durante la estructuración de datos de parcelas permanentes de monitoreo.	97
Tabla 26. Ejemplos de ID utilizado durante la estructuración de datos de monitoreo acústico pasivo.	97
Tabla 27. Oportunidades de articulación con sistemas públicos y privados.....	108
Tabla 28. Costos aproximados para el desarrollo y funcionamiento del subsistema de información teniendo en cuenta un año para el desarrollo y un funcionamiento sostenido en el tiempo....	137



Índice de Figuras

Figura 1. Infografía resumen de los resultados obtenidos del diseño del sistema de monitoreo. .	10
Figura 2. Macrocuenca Magdalena-Cauca y sus sistemas de drenaje. Fuente: Programa de Gestión Territorial, IAvH, 2019.	14
Figura 3. 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).	19
Figura 4. 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.	20
Figura 5. Visión del sistema de monitoreo de la biodiversidad y ecosistemas acuáticos.	26
Figura 6. Representación gráfica de la multiescalaridad del sistema.	28
Figura 7. Dominio espacial para la selección de registros de biodiversidad durante la construcción de la línea base.	36
Figura 8. Duración de las iniciativas de monitoreo identificadas	47
Figura 9. Distribución del estado de las iniciativas identificadas	48
Figura 10. Año de inicio y finalización de las iniciativas identificadas	49
Figura 11. Escala de trabajo de las iniciativas de monitoreo.	50
Figura 12. Cantidad de iniciativas de monitoreo identificadas por departamento.	51
Figura 13. Distribución de las categorías de actores de acuerdo a las iniciativas de monitoreo	58
Figura 14. Los tipos de actores dentro del ciclo del monitoreo científico.	60
Figura 15. Distribución del liderazgo de las iniciativas por categoría de actor	61
Figura 16. Distribución de la participación en las iniciativas por categoría de actor	62
Figura 17. Modelo Presión-Estado-Respuestas-Beneficios (Sparks <i>et al.</i> 2011).	66
Figura 18. Diagrama conceptual de la relación entre los indicadores de presión, estado, respuesta y beneficio 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).	68
Figura 19. Diagrama conceptual de la relación entre los indicadores de presión, estado, respuesta y beneficio para las relaciones asociadas con la contaminación del agua para actividades agropecuarias y mineras (para cada indicador se indica el módulo al cual se asocia para su implementación).	70
Figura 20. 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.	71
Figura 21. 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.	73
Figura 22. 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.	74
Figura 23. 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.	75
Figura 24. 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.	76



Figura 25. 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)..... 88

Figura 26. Estructura en estrella del estándar Darwin Core (EUBON 2015)..... 90

Figura 27. Esquema que muestra las posibles relaciones entre el núcleo del evento y las extensiones del DwC, con algunos ejemplos ilustrativos. 96

Figura 28. Estructura en la publicación de datos a través de GBIF 98

Figura 29. Descripción del proceso para la documentación de metadatos. 99

Figura 30. Descripción de los pasos para cargar datos en el IPT. 100

Figura 31. Descripción de los pasos para mapear los datos del núcleo del evento. 101

Figura 32. Descripción de los pasos para mapear los datos de las extensiones que se encuentran en el mismo archivo del núcleo del evento. 102

Figura 33. Descripción de los pasos para mapear los datos de las extensiones que se encuentran en archivos independientes al del núcleo del evento. 103

Figura 34. 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..... 103

Figura 35. Pasos a seguir para realizar la solicitud de DOI y la publicación del recurso. 104

Figura 36. Relación entre el núcleo del evento y las extensiones por medio del eventID. 105

Figura 37. Esquema para la estructuración de datos de monitoreo acústico pasivo según el núcleo y las extensiones correspondientes..... 106

Figura 38. Esquema para la estructuración de datos de puntos de conteo según el núcleo y las extensiones correspondientes 107

Figura 39. Visualización portal ICDE..... 109

Figura 40. Estructura de incorporación y gestión de datos de la ICDE. 110

Figura 41. Visualización interfaz gráfica SIG-OT 2018 (<https://sigot.igac.gov.co/>) 111

Figura 42. Estructura del SIAC, sus subsistemas y sus administradores 112

Figura 43. Estructura general de la GDB diseñada por la ANLA..... 113

Figura 44. Estructura general del flujo de información en el SIRH 115

Figura 45. Visualización de interfaz gráfica del SMBYC 117

Figura 46. Visualización de página web programa Piragua - Corantioquia 118

Figura 47. Estructura de flujo de información entre SiB y GBIF 119

Figura 48. Interfaz de inicio de I2D y sus herramientas 121

Figura 49. Página de inicio del BioTablero y sus herramientas..... 122

Figura 50. Página de inicio de SIMA, flujograma para la generación de escenarios en la toma de decisiones y visualización del funcionamiento de la herramienta. 124

Figura 51. Ejemplo reporte portal TREMARCTOS (<http://www.tremarctoscolombia.org>) 125

Figura 52. 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. 130

Figura 53. 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. 132

Figura 54. 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. 134

Figura 55. 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. 136

Figura 56. Línea de tiempo de la propuesta de implementación del sistema de monitoreo 152

Figura 57. Respuesta ante una reducción de caudal por diferentes motores de cambio, en escenarios sin (1) o con (2) sistema de monitoreo (I.I.H. - Índice de Integridad de Hábitat)..... 153



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 unos 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 macrocuena**.



A pesar de ser la región más estudiada del país, todavía se sigue el patrón general nacional de contar con mucha información que aún no está soportada 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 en ecosistemas acuáticos**, se encontraron 58 iniciativas en la macrocuenca, principalmente enfocadas en calidad de agua, y muchas 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%, ONGs 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.

Al integrar la información de los talleres con una búsqueda de literatura científica, instrumentos de planificación, normativas y otros documentos se identificaron 175 indicadores, variables e índices de estado y tendencia que podrían usarse en el sistema. Estas medidas 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, disponibilidad de agua y calidad ambiental, bienestar y servicios ecosistémicos; y 3) buscar que fueran aplicables a cuatro paisajes 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 subsistema.

Fase 4. Propuestas de implementación

Se propone una implementación modular en la que 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 de 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

Macrocuenca Magdalena-Cauca

AGOSTO 2018 · MAYO 2019



Área Hidrográfica

27.111.809 Hectáreas

humedales

5.701.101 Hectáreas

24% SUPERFICIE

77% POBLACIÓN

80% PIB

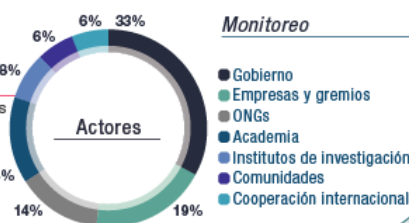


OBJETIVO

Evaluar la salud de los ecosistemas acuáticos en la macrocuenca, 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



FASE 1 LÍNEA BASE



FASE 2 FORMULACIÓN PARTICIPATIVA



FASE 3 PROPUESTAS GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN



FASE 4 PROPUESTAS DE IMPLEMENTACIÓN



Figura 1. Infografía resumen de los resultados obtenidos del diseño del sistema de monitoreo.



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). Está en ejecución desde el año 2017 y se extenderá hasta el año 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 ejecutó 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.

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** resume 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, y 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 relacionan los aspectos 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 271094 km² (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), que corresponde al 23% del territorio nacional, abarcando 19 departamentos y 724 municipios (Tabla 2). El río Magdalena nace a 3600 msnm, y su cauce principal se desplaza por el valle interandino entre las cordilleras Oriental y Central, con una extensión de 1550 km. Por su parte el río Cauca, principal afluente del Magdalena, se desplaza entre las cordilleras Occidental y Oriental, con una extensión de 1015 km hasta el Departamento de Bolívar, donde se une al primero (IDEAM-Cormagdalena 2001).



Figura 2. Macrocuena Magdalena-Cauca y sus sistemas de drenaje. Fuente: Programa de Gestión Territorial, IAvH, 2019.

En su recorrido de sur a norte del país, atraviesa algunos de los ecosistemas más estratégicos para el país como son bosque seco, páramos y humedales. 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) (TNC, 2016).

Tabla 2. Proporción de la macrocuenca con respecto a los departamentos

Departamento	Área en la Macrocuena (Km ²)	% de la Macrocuena
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

De acuerdo al perfil altitudinal y estratigrafía, el curso de los ríos Magdalena y Cauca se dividen en tres sectores:

- **Río Magdalena**

Alto Magdalena. Inicia en la laguna de la Magdalena, ubicada en el páramo de las Papas en el macizo colombiano a 3685 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 (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. Este sector de la cuenca es el más húmedo, dónde comienza a formarse un gran número de ciénagas y caños que tienen su origen en la dinámica fluvial y en las geofomas de la zona planao (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 complejos de ciénagas que funcionan como ecosistemas reguladores de las crecientes y predominan las condiciones del bosque seco tropical por disminución de los regímenes de precipitación y humedad (Cormagdalena 2007).

- **Río Cauca**

Alto Cauca y Valle Alto. Se extiende desde su nacimiento, en el páramo de Sotará, a 3900 msnm, hasta La Virginia (Risaralda) a 900 msnm, en un recorrido de 531 km. Este tramo corresponde a un valle interandino, que se caracteriza por su forma meandriforme y de naturaleza aluvial, se presentan algunos meandros abandonados o madre viejas entre otros cuerpos de agua lagunares (Torres y Peñaranda 2006).

Medio Cauca. Se extiende desde La Virginia (Risaralda) hasta la población de Caucasia (Antioquia) a 50 msnm, en un recorrido de 470 km. Este trayecto del río transcurre encañonado entre las cordilleras caracterizada por una gran pendiente y de ríos de alta torrencialidad, reducción de la presencia de cuerpos de agua lagunares naturales (Torres y Peñaranda 2006).

Bajo Cauca. Este tramo de 183 km, abarca la región que va desde Puerto Valdivia hasta su desembocadura en el brazo de Loba del río Magdalena, a 15 msnm. 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 (Cormagdalena 2007).

Teniendo en cuenta los ecosistemas presentes en los diferentes tramos de las cuencas del Magdalena y Cauca, para este proyecto se establecieron cuatro categorías de análisis que agrupan los ecosistemas acuáticos presentes en la macrocuenca. Acorde a Rodríguez y Armenteras (2005) dentro de la cuenca Magdalena-Cauca, los ecosistemas acuáticos se localizan principalmente en las regiones Caribe y Andina. En la reciente clasificación de humedales por Ricaurte et al. (2019), la parte de los ecosistemas acuáticos de la macrocuenca presentes en la región Caribe, encajan en la categoría "*Subsistema Humedales con nivel de agua fluctuante*", con la Clase de

Lagunas costeras estuarinas o “*Humedales de agua dulce o salobre en planos inundables costeros*”. Mientras que la parte de los ecosistemas acuáticos localizados en la región Andina, se agrupan en el “*Subsistema Humedales con un nivel de agua razonablemente estable*”, subdividido a su vez en las *Clases*: Lagunas andinas o de alta montaña, corrientes asociadas a canales principales y sus afluentes, y ciénagas y planicies inundables. A continuación, se realiza una breve descripción de cada grupo de ecosistemas:

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 12144 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 (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 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, del deterioro del recurso pesquero, deforestación, sedimentación, eutrofización, desecación, sobreexplotación de poblaciones silvestres, de la 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.

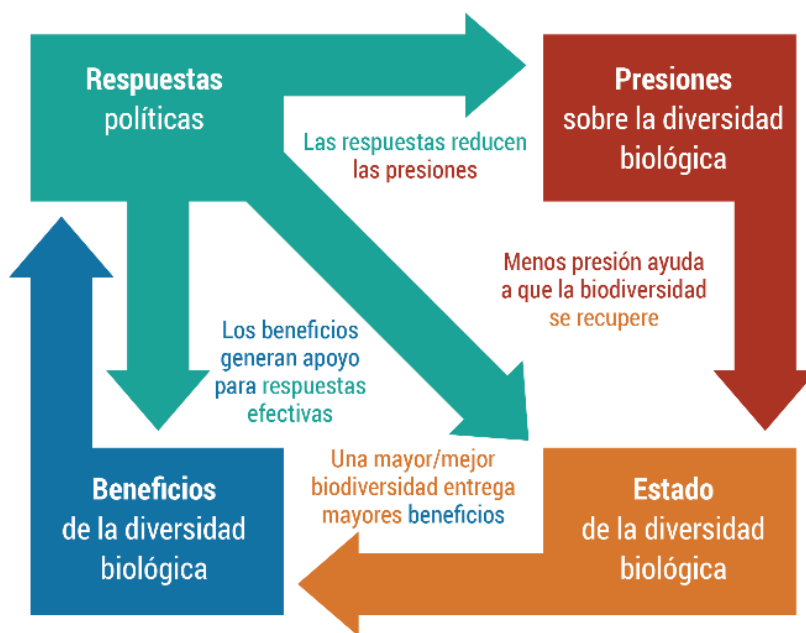


Figura 3. Modelo Respuesta-Presión-Estado-Beneficio para el entendimiento de los socio-ecosistemas y el diseño de una batería de indicadores integral y multiscalar (Sparks *et al.* 2011).

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 científicos 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 4).



Figura 4. 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. Preguntas orientadoras

Considerando el contexto de la macrocuenca y sus problemáticas en torno a la salud de los ecosistemas acuáticos y biodiversidad asociada, el siguiente paso fue definir el objetivo y propósito de la puesta en marcha del sistema de monitoreo. Para ello se partió de una construcción participativa a través de la formulación de temas y preguntas

orientadoras, diseñadas durante los talleres de consulta realizados entre octubre de 2018 y febrero de 2019, las cuales se presentan a continuación:

3.2.1. Preguntas relacionadas con procesos a 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.

- ¿Qué efecto tienen las transformaciones en el régimen hidrológico en los patrones de migraciones e interconectividad ecológica/genética de la biodiversidad acuática?
- ¿Cómo afecta la variación en la interconectividad horizontal y la regulación hídrica sobre el recurso pesquero, bienestar 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?
- ¿Cuál es la variación en la extensión, pérdida de espejos de agua y calidad de la misma, en relación con cambios de uso de tierra y procesos de ocupación?

3.2.2. Preguntas relacionadas con procesos a 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 aportan sedimentos, agroquímicos y pesticidas en los ecosistemas acuáticos. ¿Cómo la biota y calidad de agua se ven influenciada por estos aportes?
- ¿Cómo es el estado de las especies amenazadas de los ecosistemas acuáticos?
- ¿Qué impacto tienen la biodiversidad los desvíos desvió de cauces?
- ¿En qué medida afectan las especies exóticas a la biodiversidad en su estructura, riqueza, composición trófica y abundancia?

- ¿Cómo varían los caudales ambientales con las captaciones, obras de encauzamiento, infraestructura vial y obras energéticas?
- ¿Cómo cambian las condiciones ecológicas de los ecosistemas acuáticos en cercanía a centros poblados?
- ¿En qué medida afectan las especies exóticas a la biodiversidad en su estructura, riqueza, composición trófica y abundancia?
- ¿Qué efectos de la minería sobre las características hidrológicas, fisicoquímicas y bióticas de los cuerpos de agua?

Las preguntas formuladas y priorizadas por los actores revelan procesos a escala macrocuenca y a escala local. Por un lado, comúnmente el monitoreo pensado desde una escala macro 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 del cambio climático, los motores de deforestación o la 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 los monitoreos diseñados desde una aproximación local o de “*abajo-arriba*” contempla la participación de la comunidad, adicional a los tomadores de decisiones. Estos 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). Es por ello que en el diseño del sistema de monitoreo se buscó integrar las aproximaciones para dar respuestas a las preguntas de escala macrocuenca y la local (Sierra *et al.* 2017).

3.3. Objetivos

Según el Programa de Naciones Unidas para el Ambiente, 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 (UNEP 2005; Secretariat of CBD 2016). 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).

Acorde con lo anterior, el objetivo o misión 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”*.

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 (Schultz et al. 2016). Los objetivos directamente relacionados son: 6) Con el que se busca garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua; y el 15) En el que se busca proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas, particularmente en su meta 15.1 se habla de asegurar la conservación, el restablecimiento y el uso sostenible de los ecosistemas terrestres y los ecosistemas interiores de agua dulce. Sin embargo, Schultz et al. (2016) mencionan que otros objetivos también están relacionados: El objetivo 2, en sus metas 2.4 y 2.5 se considera que una alta biodiversidad es el fundamento de una seguridad alimentaria. En el objetivo 3, su meta 3.9 se relaciona con la mitigación de impactos de contaminación del agua. En el objetivo 11, se busca lograr que los asentamientos humanos sean sostenibles y resilientes, particularmente en la meta 11.4 se insta a redoblar los esfuerzos para proteger y salvaguardar el patrimonio cultural y natural del mundo y en la 11.6 reducir el impacto ambiental negativo *per capita* de las ciudades. En el objetivo 12, se promueve el consumo y producción responsable mediante 12.2 una gestión eficiente de los recursos naturales. Finalmente, en el objetivo 13 la biodiversidad y servicios ecosistémicos juegan un rol clave en la mitigación y adaptación a la variabilidad climática.

Así mismo, existen otros convenios internacionales para los cuales Colombia es signatario, que tienen objetivos y metas específicos relacionados con los ecosistemas de agua dulce. Entre ellos se encuentra la convención de RAMSAR, la cual en su plan estratégico 2016-2024 el direccionar los motores de pérdida y degradación de humedales, favorecer la conectividad ecológica y conservación de los humedales, promover un uso racional y sostenible de los humedales, e favorecer la implementación de la convención con acciones guiadas por la ciencia y métodos técnicos (Ramsar Convention Secretariat 2016). Por su parte, la Convención de Diversidad Biológica (CBD) en su plan estratégico AICHI 2011-2020 plantea en sus objetivos 6, 7, 8, 11 y 14 el manejo de recursos acuáticos, stocks pesqueros, reducción de contaminación y restauración de servicios ecosistémicos asociados al agua. Otro ejemplo es la Organización para la cooperación económica y el desarrollo (OECD), la cual insta a sus signatarios a tomar acciones para el reducir la contaminación del agua y el riesgo de la pérdida de



resiliencia de los ecosistemas dulceacuícolas, así mismo a promover una gobernanza eficiente e inclusiva del agua. (OECD, 2018).

3.4. 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.

En nuestra visión del sistema de monitoreo (Figura 5), este se concibe como la instancia que debe coordinar, implementar y divulgar los indicadores asociados. Así mismo integrar la información generada en un sistema propio de información y bajo la guía de un comité técnico y científico. Esto permitirá hacer disponible la información a LOS USUARIOS, los cuales pueden validar el estado de los objetos de monitoreo, así como tener herramientas para orientar las acciones de manejo y conservación tanto del orden nacional como del orden regional.

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.

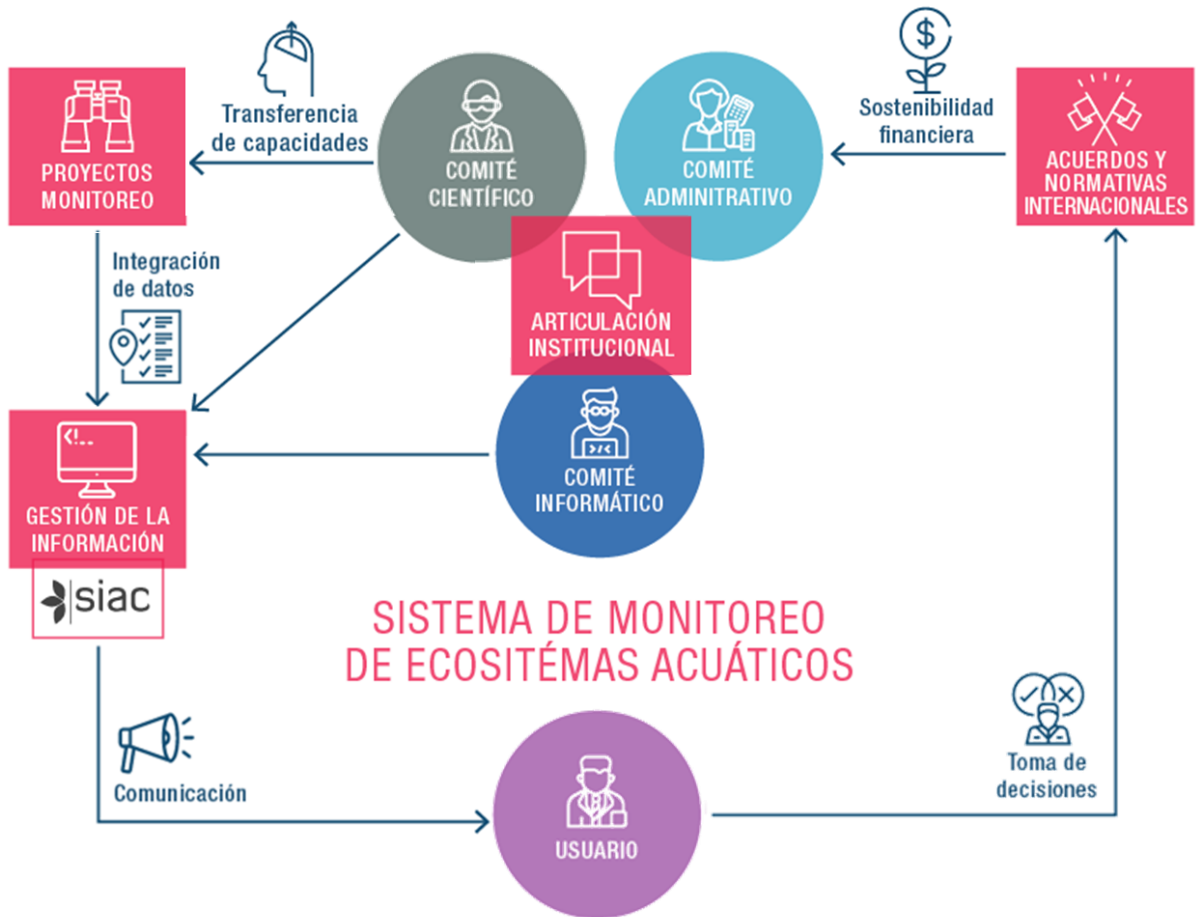


Figura 5. Visión del sistema de monitoreo de la biodiversidad y ecosistemas acuáticos

3.5. Principios y características

Al tener un objetivo del sistema de monitoreo, se procedió a formular los principios y características que permitan su cumplimiento. Para ello se realizaron mesas de trabajo internas y se contó con asesoría de expertos en diseño de monitoreo. Como resultado 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, más que político-administrativos.

A medida que se vaya implementando el sistema de monitoreo se deben buscar dos objetivos para lograr que sea un sistema multiescalar: 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).

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

El concepto de salud ecosistémica incluye variables abióticas, bióticas y sociales (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 involucre a una gran cantidad y diversidad de actores.

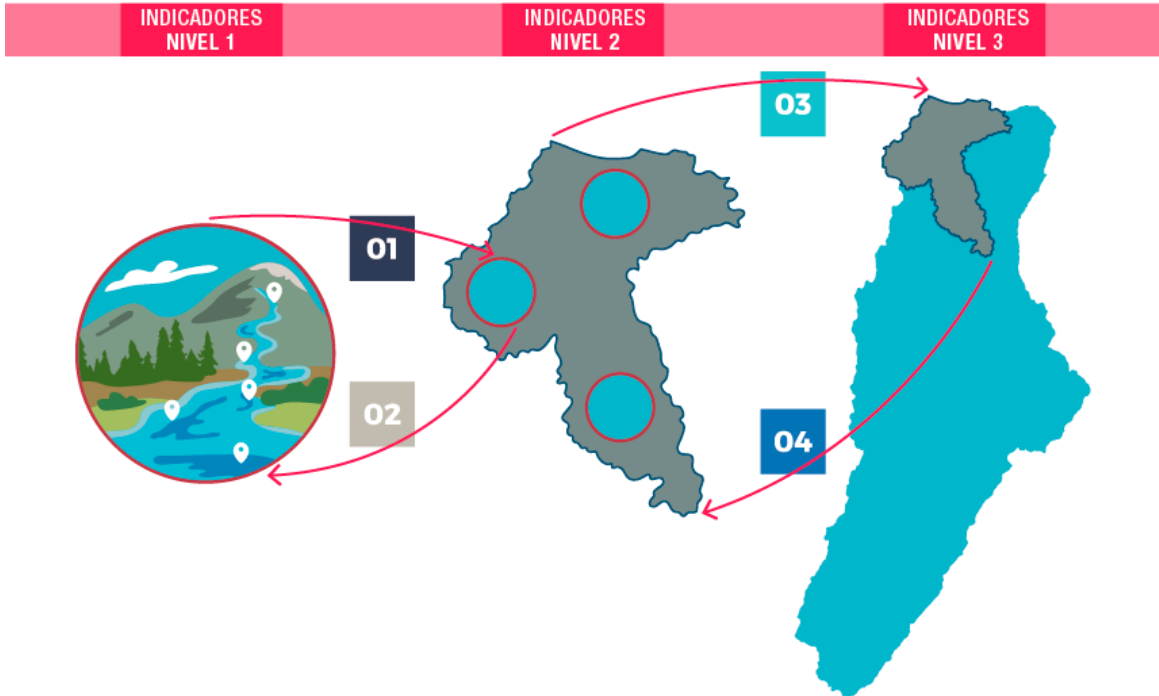


Figura 6. Representación gráfica de la multiscalaridad del sistema.

De abajo hacia arriba: en el primer paso se calcula en tramos o en segmentos del río, la variable, índice o indicador de interés. En el paso 1, a través de procesos de interpolación, la información de esos muestreos se agrega para ser representados ya sea a una unidad hidrográfica (nivel III, nivel II o nivel I) o siguiendo la jerarquía político-administrativa. Los pasos 2 y 3 evalúan la posibilidad de agregación de la información al nivel superior (unidades hidrográficas de nivel I y subzonas hidrográficas). **De arriba hacia abajo:** en el paso 3 se calculan indicadores a partir de variables recolectadas a nivel de la macrocuenca (paso 4), en el paso 2 estas se interpolan para conocer su variabilidad en el paso 1.

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 (especialmente en cuanto a metodologías y análisis para responder a las necesidades de información).

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 campo, 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 ecosistemas 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 (Liu & Hao 2017), 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 (Vallejo y Gómez 2017).

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 formar 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). Sin embargo, para poder llegar a ambas funciones se requiere un proceso de adopción, consolidación y madurez del sistema de monitoreo y la red de actores que lo soporta.

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

En un programa de monitoreo en dónde 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 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, voluntad y/o 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 demás 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 el estado del conocimiento 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 macrocuenca Magdalena-Cauca. Este aparte describe 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, en total se encontraron 696.125 registros de presencia especies, después de un importante proceso de control de calidad de datos y verificación taxonómica con listados de referencia se obtuvieron 486.795 registros que representan 10.785 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 macrocuenca 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 macrocuenca, 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 macrocuenca se encuentran representadas aproximadamente el 36% de las especies del país. Para algunos grupos emblemáticos esta alta diversidad se representa 48% de las especies de aves reportadas para el país, 66% de los mamíferos, 15% de los peces y 72% de las plantas conocidas para Colombia (68% de las especies endémicas de plantas para Colombia) (Tabla 6). Las cifras reportadas demuestran la alta diversidad biológica y alto nivel de conocimiento que sustenta la macrocuenca 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

El dominio espacial fue definido para áreas con diversidad acuática o semi-acuática. Para lograr eso, 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 hectáreas. Teniendo como referencia sus límites, se seleccionaron los drenajes dobles y sencillos de la capa del IGAC correspondiente a los ríos Magdalena y 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 área de amortiguación de 30 metros lo anterior (de acuerdo lo estipulado en el artículo 83 del Decreto Ley 2811 del año 1974) dado que geográficamente los drenajes sencillos son representados como una línea y requeríamos contar con un área, es decir, con un polígono.

Adicional a las capas mencionadas, se empleó como referencia el Mapa Nacional de Humedales de Colombia (Medina & Lozano, 2014) 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).

4.1.2. Incorporación de registros de biodiversidad acuática y semi-acuática

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 priorizar especies o grupos para monitoreo.

Partiendo 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 a través del SiB, y todos aquellos registros de especies en el territorio colombiano publicados por instituciones y organizaciones desde el exterior.

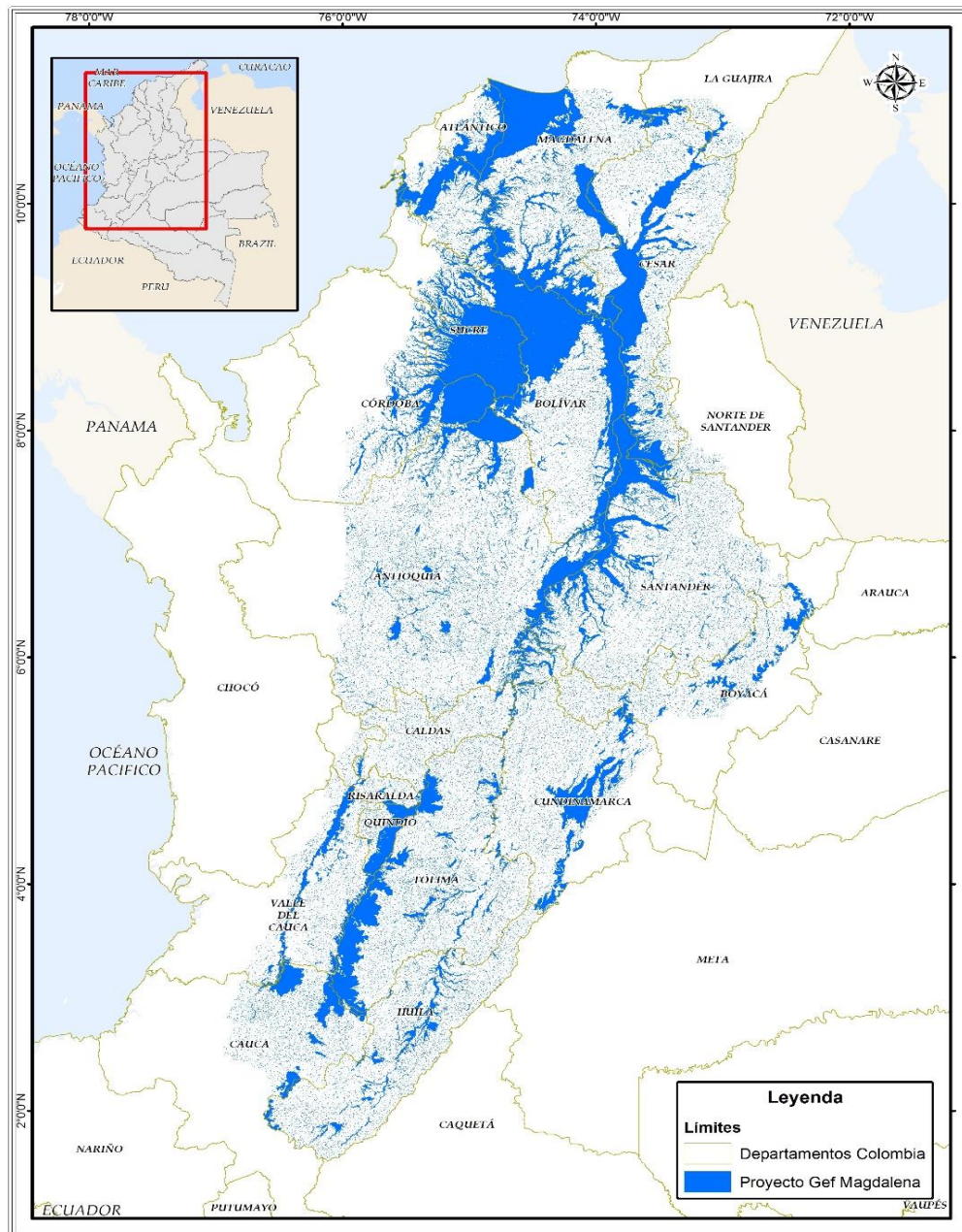


Figura 7. Dominio espacial para la selección de registros de biodiversidad durante la construcción de la línea base.

4.1.3. Control de calidad y validación de especies

Posteriormente se realizó un análisis de calidad de la información recolectada. 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, y 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 y/o departamento). Los nombres de los 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. Se adicionaron listas de especies provenientes de publicaciones del IAvH que aún no han sido reportadas al GBIF.

Los pasos de validación de la lista de especies fueron:

1. Estructuración en estándar Darwin Core.
2. Completitud en las columnas de taxonomía superior.
3. Soporte literario asociado que registre la presencia de la especie 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.
4. 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 incidencia con las fuentes taxonómicas consultadas, fueron revisados manualmente. Los nombres no encontrados en ningún catálogo o publicación fueron excluidos de la lista.
5. Coincidencia del nombre científico documentado con las columnas género y epíteto específico.
6. Revisión de los nombres científicos para evitar incluir nombres con errores ortográficos.

7. Consistencia en la taxonomía superior.
8. 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 importante indicar que esto no significa que haya más aves que otras especies, sino que históricamente han existido más mecanismos para recolectar información de este grupo de manera participativa y hay muchos más materiales para determinación de especies, entre otros aspectos.

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 Macrocuenca Magdalena-Cauca.

Grupo biológico	Registros de presencia de especies
Aves	361.549
Plantas y líquenes	83.129
Peces	16.386
Invertebrados	10.074
Mamíferos	7.093
Reptiles	4.128
Anfibios	2.930
Otros	1.466
Hongos	40
Total	486.795

4.2.1. Zonas hidrográficas de la macrocuenca Magdalena-Cauca

Al obtener los registros de presencia de especies por grupo biológico para las zonas hidrográficas 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 macrocuenca 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									
Mosaico La Mojana	92	11037	9	46	721	980	55	10	12950

Humedales Ayapel	92	10744	4	38	60	536	48	0	11522
Barbas Bremen	251	5340	2361	196	12	1145	79	6	9390
Barbacoas Zapatosa	28	1060	21	310	223	175	180	12	2009
Área Protegida Ayapel	44	304	5	167	348	312	203	51	1434
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 adicionales 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 conservación (acorde a UICN y la Resolución No. 1912 de 2017 la mayoría de especies listadas para la macrocuenca se encuentran en la categoría vulnerable (Tabla 7, Anexo 5). Adicionalmente, de las especies identificadas sólo 560 encajan en alguna categoría CITES, y de esas 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) en la macrocuenca Magdalena-Cauca.

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) en la macrocuenca Magdalena-Cauca.

Categoría CITES	Número de especies
I	27
I/II	7
II	504
III	19
III/NC	2
NC	1
Total	560

Adicionalmente, del total de especies listadas para la macrocuenca, 4.703 especies son endémicas (Tablas 9, Anexo 5), que corresponden principalmente a plantas (94%).

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

Finalmente, se identificaron 229 especies clasificadas como invasoras, siendo que cerca del 87% de estas plantas (Tablas 10, Anexo 5).

Tabla 10. Especies clasificadas como invasoras por grupo biológico en la macrocuena Magdalena-Cauca.

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

4.5. Conclusiones

Según las cifras reportadas por el Sistema de información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB Colombia 2018), en el territorio nacional a 2018 se habían registrado al menos 62.829 especies. Según los datos obtenidos en esta línea base, en el territorio asociado a los ecosistemas acuáticos 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 1.909 especies de aves presentes en Colombia (SiB Colombia 2018), en esta línea base se reporta el 48% de dichas especies y de las 26.785 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 1.494 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 cuenca se reporta el 66%. Estas cifras demuestran la alta diversidad biológica que sustenta la cuenca.

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.

Los resultados de esta 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 básico 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 cuenca.

5. DIAGNÓSTICO DEL MONITOREO DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

El presente documento presenta los resultados del diagnóstico de las iniciativas y actores en torno al monitoreo de la biodiversidad y ecosistemas acuáticos en el país. Este proceso es clave para entender cómo se está abordando actualmente el monitoreo y evaluación en el país, los desafíos y particularidades de cada iniciativa, partir de lecciones aprendidas de del progreso e impacto alcanzados por cosas exitosos, evaluar las capacidades nacionales para monitorear la biodiversidad y ecosistemas acuáticos en el país, y finalmente identificar actores clave con los cuales sentar las bases de la implementación y adopción del sistema de monitoreo. Este proceso requirió una evaluación del estado de las iniciativas, vigencia, escala de trabajo, objetos de monitoreo, cobertura geográfica y actores involucrados

5.1. Metodología

La identificación de actores y proyectos de monitoreo de ecosistemas acuáticos en la macrocuenca Magdalena Cauca permitió identificar tanto los principales avances del país, como y los retos más importantes a los que se han debido afrontar las iniciativas identificadas. Esto permitió reconocer el punto de partida desde el cual el proyecto puede aportar 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 acuática en la macrocuenca Magdalena-Cauca. Se considera la siguiente tipología, adaptada de Lemos y Agrawal (2006).

- **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 componentes:

- Cobertura de las iniciativas dentro de la cuenca Magdalena Cauca
- Cronología de las iniciativas
- Tipología de actores: relación de las iniciativas identificadas según la categoría de las entidades que la desarrollan (Comunidad, Empresas privadas, gremios, Gobierno, Academia, ONGs).
- Categorización: según su participación en la iniciativa de acuerdo a las fases del ciclo del monitoreo científico (Figura 5).
- Vigencia de las iniciativas
- 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.

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 en el marco del proyecto. La información se sistematizó en dos matrices, las cuales son el eje del análisis de las iniciativas y de los actores.

5.2. Iniciativas de monitoreo

Se identificaron un total de 58 iniciativas de monitoreo relacionadas con ecosistemas dulceacuicolas mediante una búsqueda sistemática de la información disponible en internet, sin embargo, probablemente esa cantidad sea subestimada ya que algunas iniciativas tienen baja divulgación de sus resultados. 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 (Tabla 11), se presentaron dificultades en la recolección de información, debido a que la información secundaria es bastante limitada 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 permitió complementar el análisis.

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. Para incluir una iniciativa como monitoreo se tuvo como criterio que 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 (Figura 8). Algunas de estas estrategias, 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 (Anexo 6).

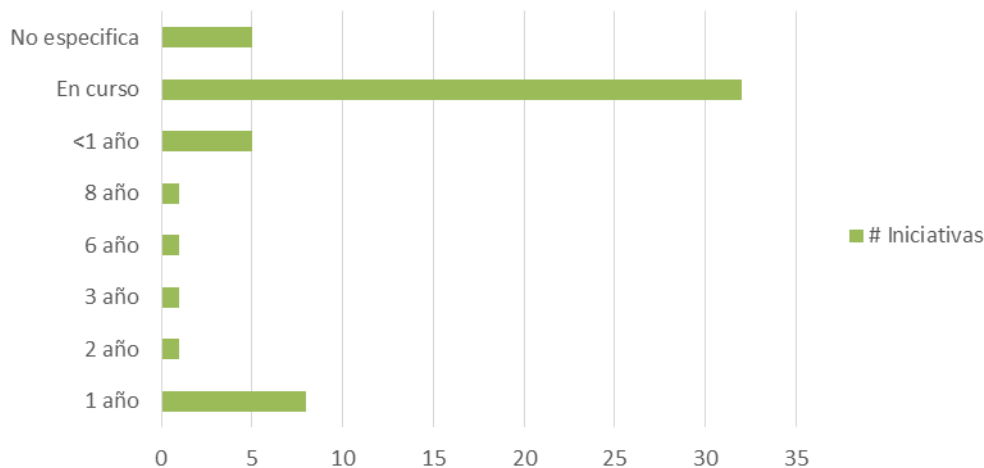


Figura 8. Duración de las iniciativas de monitoreo identificadas

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.

En cuanto al estado, de las 58 iniciativas encontradas (Figura 9), 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. 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.

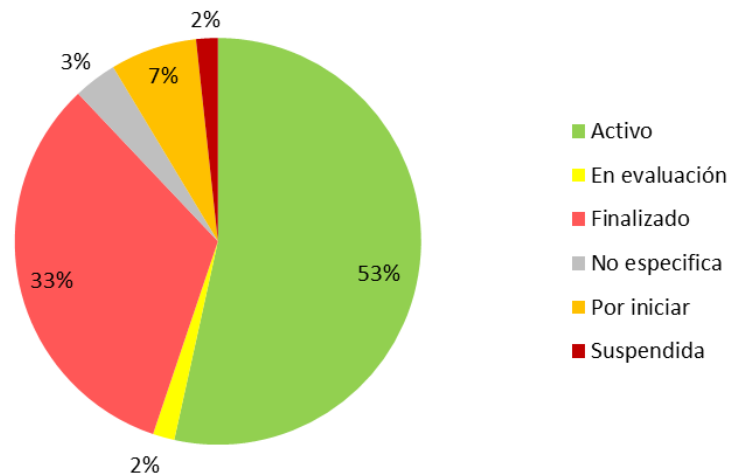


Figura 9. Distribución del estado de las iniciativas identificadas

- **Iniciativas vigentes**

De las iniciativas de monitoreo vigentes al 2019 (Figura 10), 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.

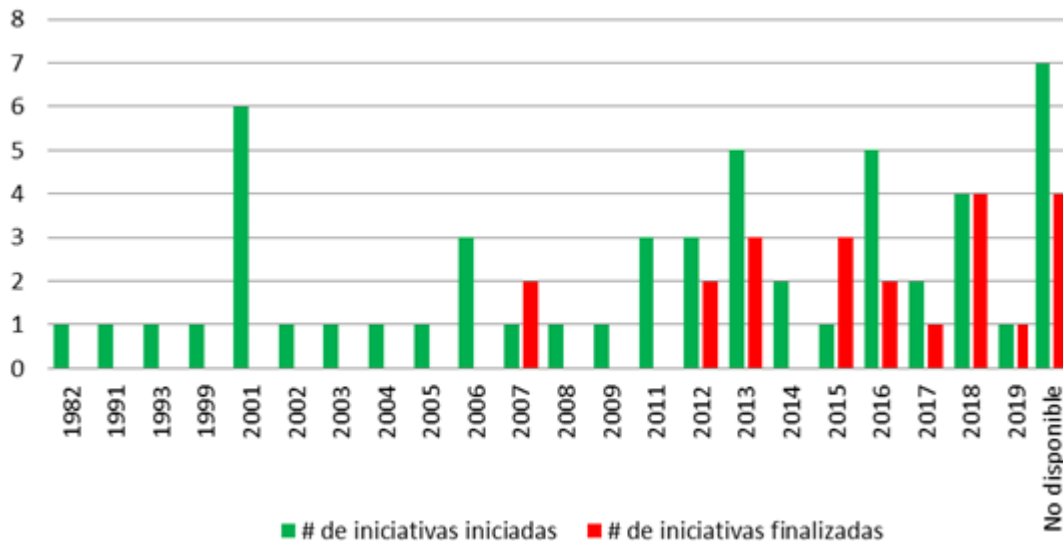


Figura 10. Año de inicio y finalización de las iniciativas identificadas

Entre las iniciativas identificadas, cuatro tienen un mayor tiempo de vigencia y 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). 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 cauces de la cuenca.

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 o intercambiar datos de manera abierta.

En cuanto a la extensión y localización (Figura 11), 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 biodiversidad responden a escalas locales y regionales. Las estrategias identificadas se encuentran en su mayoría en el Antioquía y Magdalena, principalmente en ciénagas y ríos (Figura 12).

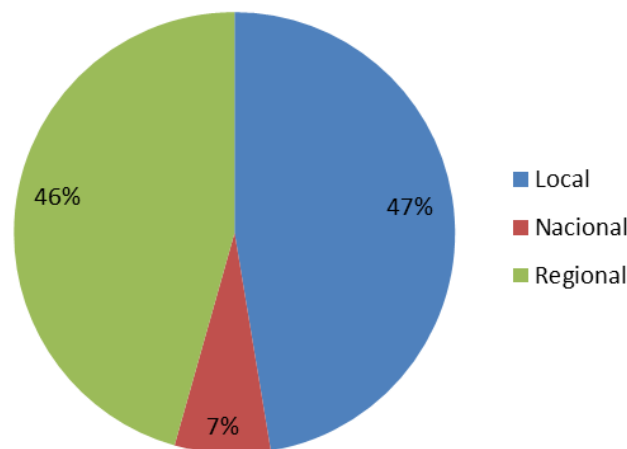


Figura 11. Escala de trabajo de las iniciativas de monitoreo.

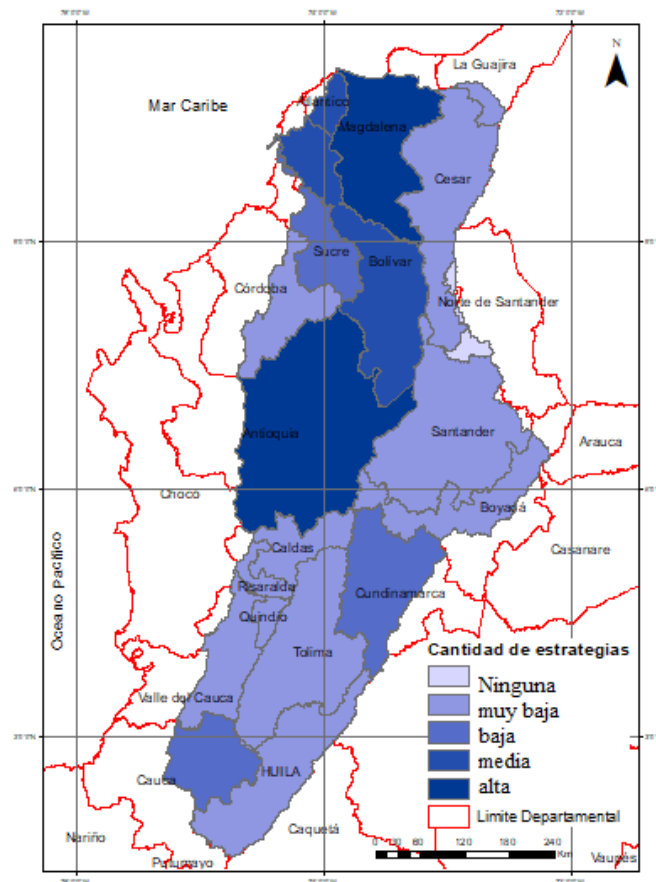


Figura 12. Cantidad de iniciativas de monitoreo identificadas por departamento.

En cuanto a las unidades espaciales empleadas en las iniciativas de monitoreo, se tiene que existen diversas aproximaciones, las cuales responden a la diferenciación en sus objetivos de monitoreo. La zonificación común es el empleo de las divisiones político-administrativas para el reporte de información resultante de los monitoreos. Otro mecanismo responde a una delimitación de cuencas hidrográficas. Generalmente, no siguen una estructura sistemática, sino que evalúan cuerpos de agua con un alto interés local, regional o nacional basados en su uso para consumo humano, mediciones hidrológicas para gestión del riesgo o seguimiento a grupos taxonómicos de interés.

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 **Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas** del SEPEC, realizado a partir de revisión de información secundaria, exploración de la plataforma del sistema y experiencia trabajando con el SEPEC.

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

Fortalezas (+ interno)	Debilidades (- interno)
F1. Sistema unificado y estandarizado de recolección, análisis de la información estadística pesquera del país.	D1. Falla en el sistema de contratación de funcionarios que impide la implantación de rutinas duraderas en el tiempo.
F2. Sinergia interinstitucional con la Universidad del Magdalena y el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR).	D2. Falta de capacidad para actualización de información en la plataforma.
F3. Se encuentra enmarcado dentro de la Ley 13 de 1990	D3. Vacíos de información en los registros de desembarcos, precios, producción, volúmenes comercializados para diferentes regiones, épocas y especies.
F4. Generar estrategias para mantener una actualización constante de información en plataforma	D4. Dificultad en la cobertura un ciclo completo que permita tener información para realizar análisis pesquero robustos
F5. Recoge información muestral y censal para la flota artesanal de bajura e información censal para la flota industrial y artesanal de altura	
F6. 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).	
F7. 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.	
F8. Posee información histórica y boletines técnicos generados por el INPA (1993-2000), MinAgricultura CCI (2006-2009), y AUNAP-SEPEC (2012-2017) de libre acceso.	
F9. 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.	

F10. Control de la calidad de la información (seguimiento técnico y profesional de la información colectada por pescadores).

F11. 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

Oportunidades (+ externo)	Amenazas (- externo)
<p>O1. 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)</p>	<p>A1. Conflicto armado que interfiera en los trabajos de campo de los investigadores. A2. Resistencia de los pescadores y comunidades a apoyar este tipo de investigación. A3. Corte de recursos económicos para el mantenimiento del sistema, debido a que los recursos económicos provienen únicamente del gobierno.</p>

Para que esta iniciativa de monitoreo sea susceptible a integrarse en el sistema de monitoreo de biodiversidad acuática para la macrocuenca Magdalena Cauca, se requiere de la generación constante de información a nivel espacial y temporal, que permita contar con información lo suficientemente robusta para evidenciar cambios en las dinámicas del recurso pesquero y hacer correlaciones con variables complementarias.

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

Fortalezas (+ interno)	Debilidades (- interno)
<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 basa 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>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), adicionalmente estos datos no se recopilan de forma sistemática.</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>
Oportunidades (+ externo)	Amenazas (- externo)
<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</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>

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.

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 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.

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).

A4. Es difícil hacer análisis integrados con datos de otros orígenes porque los formatos no tienen muchos metadatos asociados.

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).

Para poder incluir los datos del CNAA en el monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos de la macrocuenca Magdalena-Cauca sería necesario que la información sobre el método y esfuerzo de muestreo se recolectara para cada evento de muestreo, y que los coordinadores regionales y nacionales se aseguraran que quedara incluida en la base de datos que Calidris publica en el SiB. Adicionalmente se recomienda que al subir los datos al SiB, de ahora en adelante estos se hagan siguiendo el formato para datos de monitoreo y no los de registros biológicos. Una vez se cuente con esta estructura de gestión de información del CNAA se podrían buscar recursos para aumentar los censos en los cuerpos de agua que se identifiquen como prioritarios para la salud de la macrocuenca.

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

Fortalezas (+ interno)	Debilidades (- interno)
F1. Es una iniciativa con un esquema multiescalar en sus niveles de gobernanza.	D1. La ausencia de participación de entes territoriales debilitó la continuidad de la estrategia.
F2. Sus objetivos son claros y tienen un impacto inmediato en las decisiones de manejo del gremio cafetero, al haber incluido programas de gestión en temas de restauración, uso de unidades de manejo de aguas servidas, reforestación y otros.	D2. La frecuencia de censos fue muy reducida, lo que puede generar manejos inadecuados.
F3. Cuentan con apoyo de profesionales especializados en CENICAFE para el monitoreo comunitario.	D3. La recolección de datos no se basa en voluntarios por lo cual su sostenibilidad financiera se vio comprometida.
F4. Hay estándares en métodos de campo y procesamiento de datos.	D4. Se requiere de un mejor entrenamiento y equipos para los voluntarios, con el fin de mejorar la calidad de los datos.
F5. El diseño de estaciones de monitoreo estuvo concebido considerando las presiones y acciones de manejo de las mismas.	D5. No hay acceso a los datos por lo cual no se puede integrar a otros análisis.
F7. Cuentan con sistema de información para disponer datos tanto de monitoreo técnico como	D6. Los objetos de monitoreo de biodiversidad acuática están limitados a macroinvertebrados y algas.
	D7. No está en funcionamiento el programa.

comunitario.

F8. Cuentan con una extensa red de estaciones en 5 departamentos.

F9. Tienen numerosas familias involucradas en monitoreo comunitario

F10. Tanto el monitoreo como acciones de manejo fueron armonizados para satisfacer los 17 ODS.

Oportunidades (+ externo)

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.

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.

O3. Realizó sinergias y apoyos financieros de la Agencia Presidencial de Cooperación Internacional, Nespresso, Nescafé, Wageningen UR y Netherlands Enterprise Agency

Amenazas (- externo)

A1. Es necesaria la integración de las redes de monitoreo a nivel local, regional y macrocuenca para aumentar la capacidad de respuesta y manejo e entidades públicas y privadas.

La iniciativa Gestión Sostenible del Agua – Manos al agua fue un programa del cual se tienen numerosas lecciones aprendidas que pueden ser usadas para el sistema de monitoreo propuesto. Es importante contactar al equipo base que participó en el diseño para obtener de ellos una retroalimentación o intercambio de experiencias del proceso de la iniciativa. Algunos puntos clave para retomar con el equipo base de dicha iniciativa serían: 1) Método para seleccionar cuencas, estaciones de muestreo y familias involucradas, 2) Mapa de estaciones de muestreo en los 5 departamentos, 3) Caracterización de estaciones y que monitorean cada 4) Documento con variables, indicadores, protocolos de campo y análisis de datos empleados, 5) Los métodos empleados para involucrar a la comunidad en el monitoreo y actividades de gestión, y 6) Las bases de datos de los monitoreos realizados.

Los pasos siguientes serían: 1) Evaluar la posibilidad de migrar los resultados del monitoreo en alguna base de datos de un sistema de información activo, 2) Evaluar la viabilidad de reactivar las estaciones mediante algún mecanismo de integración con autoridades locales y otras iniciativas activas, 3) Reactivar fuentes de financiación mediante la elaboración de un proyecto, 4) Contactar nuevamente a las familias para involucradas para darle continuidad al monitoreo comunitario y 5) Adoptar técnicas de campo, protocolos o indicadores que puedan replicarse en otras áreas de la macrocuenca.

5.4. Actores del monitoreo

Con respecto a los actores participes en las iniciativas identificadas, el 36% corresponde

a institutos de investigación, academia y 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 músculo financiero y movilizador de estrategias de gestión de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos en Colombia (Peña *et al.* 2016).

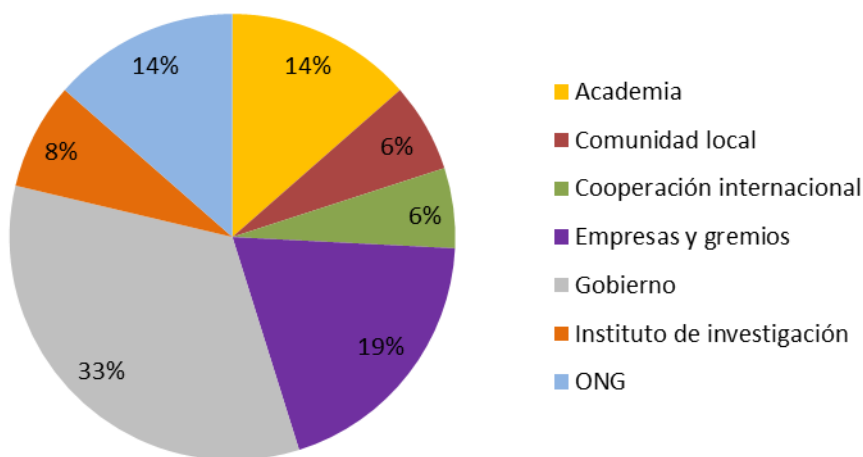


Figura 13. Distribución de las categorías de actores de acuerdo a las iniciativas de monitoreo

Las estrategias de monitoreo llevadas a cabo por los 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). Estos actores trabajan 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 Fundación Humedales con su incidencia sobre el monitoreo de cuerpos de agua, WCS (Wildlife Conservation Society) con el programa de monitoreo de la Pava Vallecaucana, la Fundación Calidris que desarrolla cinco programas de monitoreo, y la Fundación Omacha con el programa de monitoreo de mamíferos acuáticos. Estos actores se caracterizan 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 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 de sus servicios ecosistémicos.

Dada la identificación y categorización de los actores se identificó su papel en el ciclo del monitoreo. 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 las iniciativas 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.

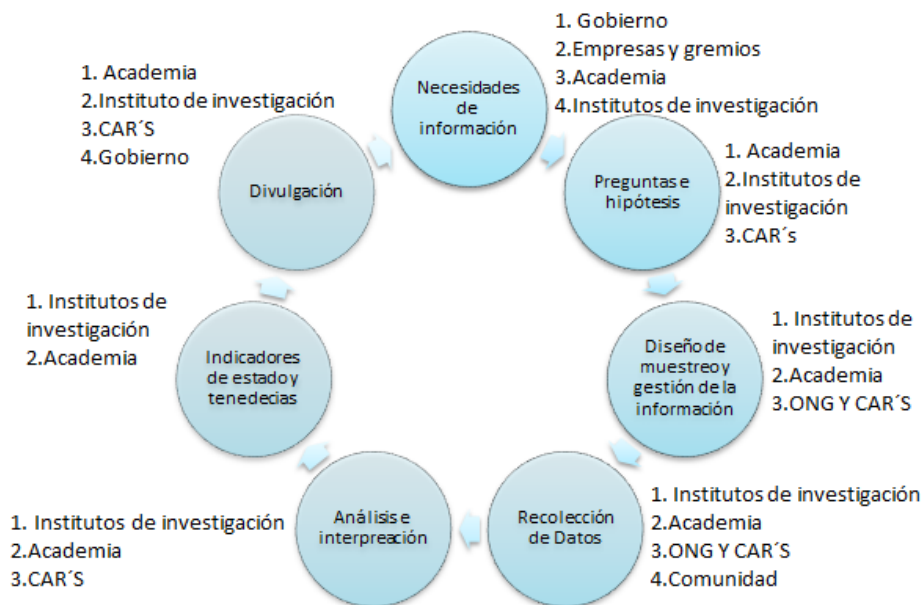


Figura 14. Los tipos de actores dentro del ciclo del monitoreo científico.

- **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 minero, o 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 que los gremios pueden tener en iniciativas de monitoreo.

Apenas el 27% de las iniciativas son lideradas por las ONG’s, institutos de investigación y academia, donde se destacan 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 liderado por la Asociación Calidris.

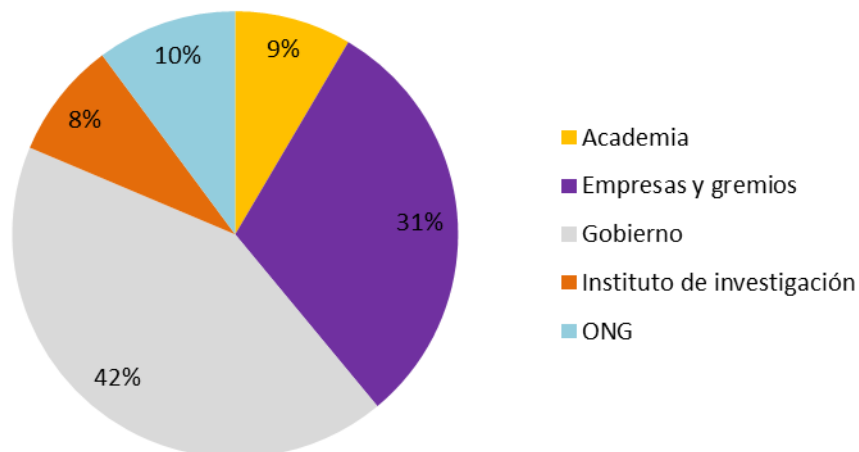


Figura 15. Distribución del liderazgo de las iniciativas por categoría de actor

El 42% son lideradas por gobierno, desde las directrices de las CAR's y las autoridades ambientales. Cabe resaltar el papel del IDEAM, que, dentro de la actual institucionalidad del sector ambiental, se ha consolidado como una institución de investigación científica cuya función está orientada a prestar apoyo científico al Sistema de Información Ambiental, mediante el acopio, procesamiento y análisis de información, con el fin de que toda decisión en materia ambiental esté debidamente sustentada y responda a cada necesidad en particular. 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 SIRH, 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).

- **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.

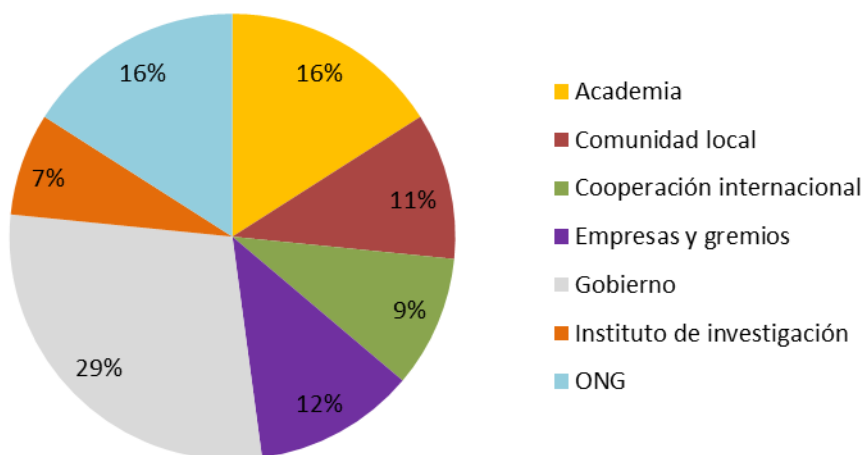


Figura 16. Distribución de la participación en las iniciativas por categoría de actor

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. Este tipo de iniciativas quedaron sub-representadas en el presente documento, debido a que la búsqueda estuvo limitada a la disponibilidad en internet y a las encuestas que fueron respondidas. Sin embargo, se considera necesaria una mayor participación de las comunidades locales en el diseño y ejecución de las iniciativas de monitoreo, esto tiene como beneficios el lograr una mayor apropiación de las comunidades frente a las iniciativas, una co-gestión de los recursos naturales a nivel local y superar las limitaciones de presupuesto y continuidad en el tiempo, comunes en la mayoría de las iniciativas donde no existe apropiación (FAO, 1990).

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 han tenido en la etapa de recolección de datos al estar permanentemente en el territorio, estando su trabajo direccionado principalmente por las organizaciones no gubernamentales y universidades, en especial las 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 macrocuenca 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 mayor incidencia de estrategias de monitoreo: Antioquia y Magdalena. Esto es debido a que dichas iniciativas giran en torno a distintos cuerpos hídricos, 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 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

En el capítulo anterior (5) se presentó el mapeo de actores y e iniciativas de monitoreo las cuales buscan dar respuesta a las variaciones en los ecosistemas acuáticos, los servicios que estos prestan, las alteraciones en la calidad y cantidad del recurso hídrico y las actividades económicas ligadas a las dinámicas que se desarrollan en la macrocuenca Magdalena Cauca. La esquematización de estas dinámicas, y su enriquecimiento con aportes de expertos de la zona alta, media y baja de la macrocuenca se presentan a través de modelos conceptuales en el presente capítulo.

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 de modelos y la selección de indicadores.

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).

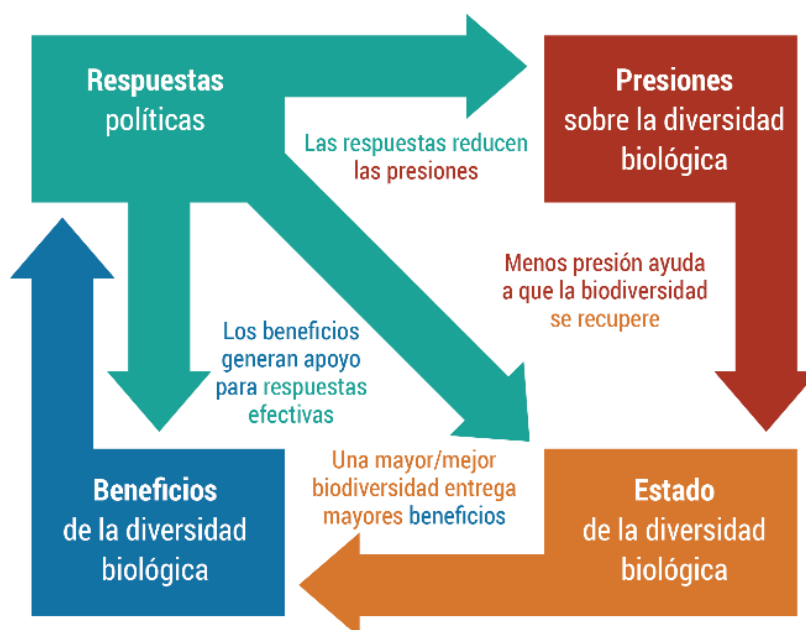


Figura 17. Modelo Presión-Estado-Respuestas-Beneficios (Sparks *et al.* 2011).

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 los 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 describen las narrativas principales, 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, reduciendo el caudal ecológico necesario para el mantenimiento de procesos reproductivos 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 Índice del Uso del Agua IUA para las diferentes unidades espaciales de análisis se mantienen entre “bajo” y “moderado”.

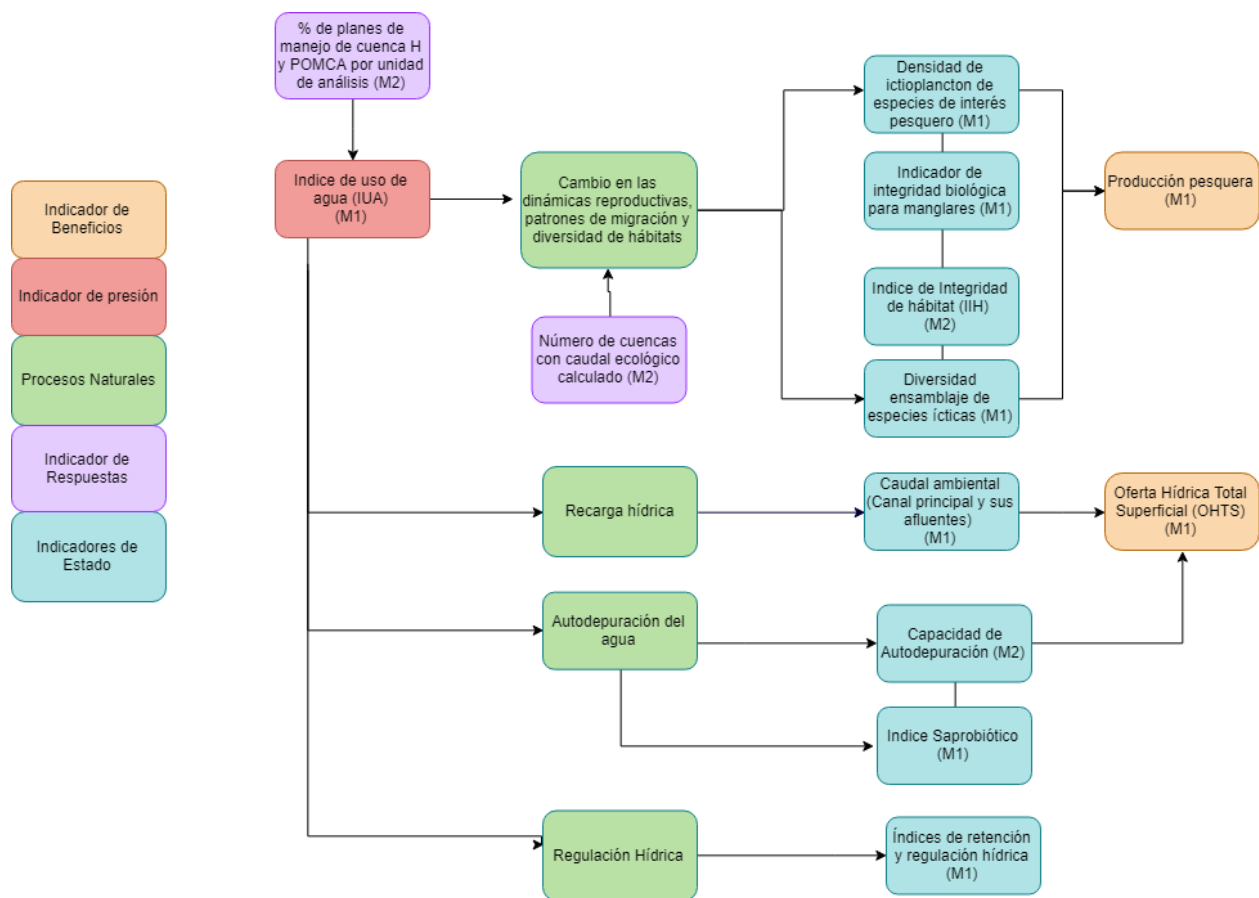


Figura 18. Diagrama conceptual de la relación entre los indicadores de presión, estado, respuesta y beneficio para las relaciones asociadas con el uso del agua para actividades agropecuarias (entre paréntesis para cada indicador se indica el módulo al cual se asocia para su implementación).



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 del Índice de Calidad de Agua (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.

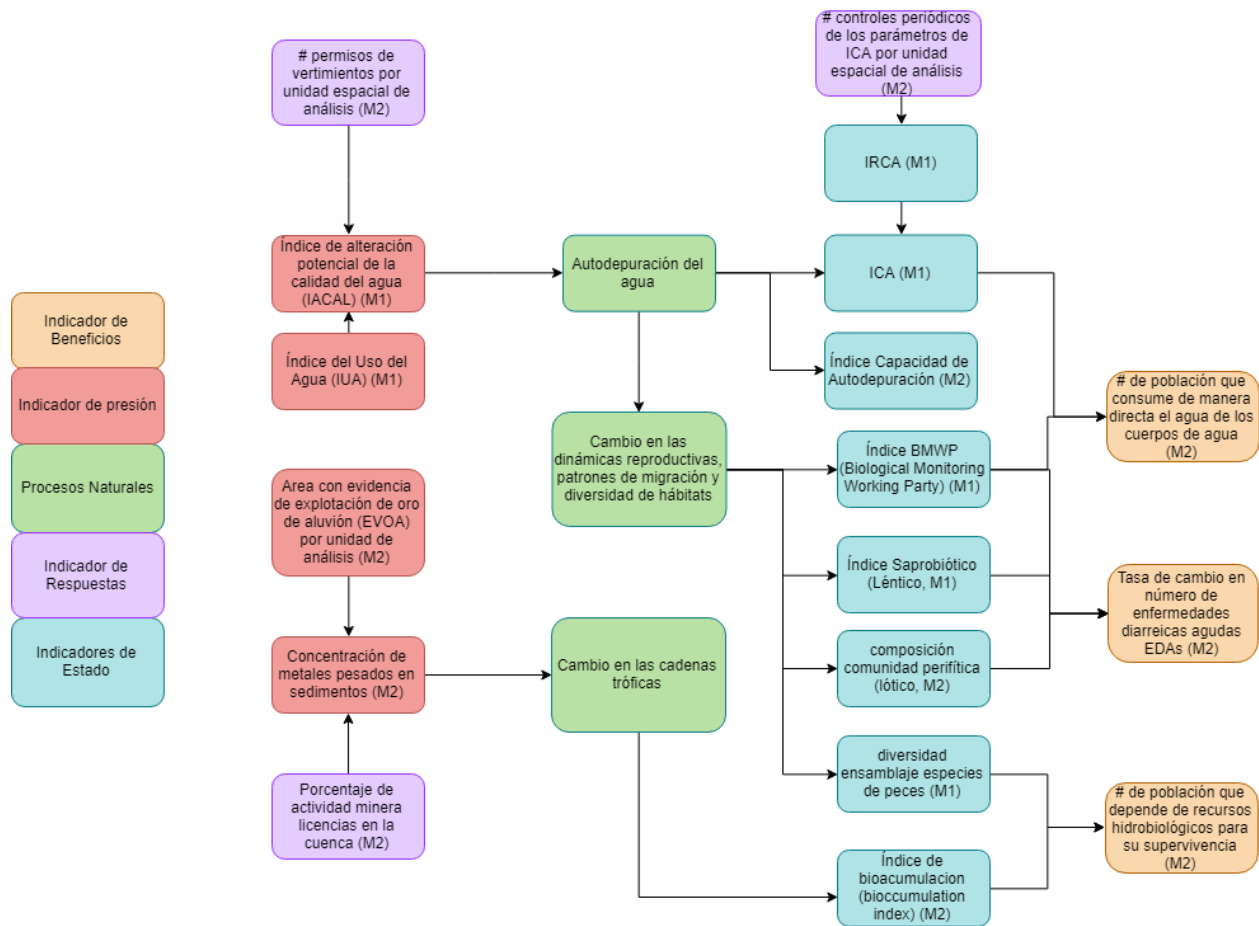


Figura 19. Diagrama conceptual de la relación entre los indicadores de presión, estado, respuesta y beneficio para las relaciones asociadas con la contaminación del agua para actividades agropecuarias y mineras (para cada indicador se indica el módulo al cual se asocia para su implementación).

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 zonas de alevinaje y la

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 lateral), fragmentando los movimientos migratorios de especies de interés comercial y alterando el ciclo de vida de la biodiversidad dependiente de los pulsos hídricos. 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.

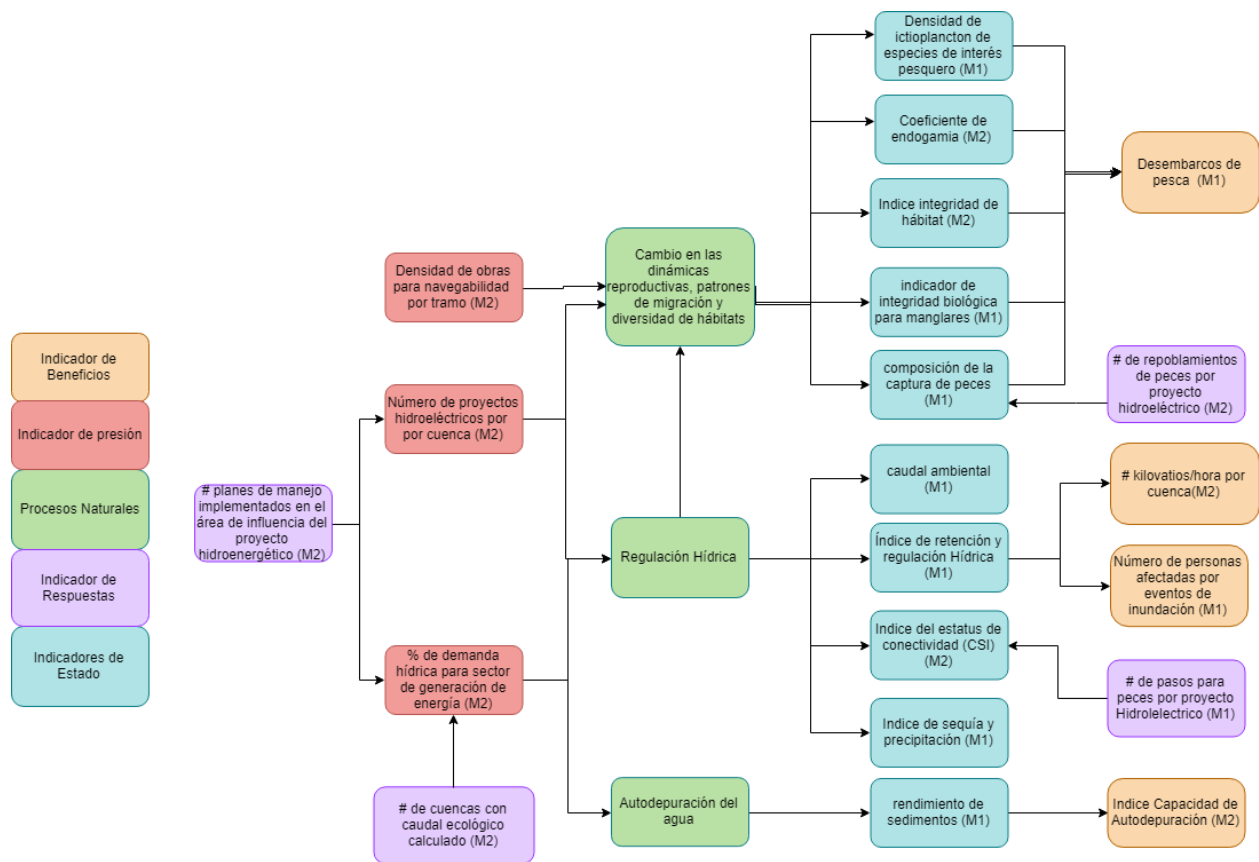


Figura 21. Diagrama conceptual de la relación entre los indicadores de presión, estado, respuesta y beneficios para las relaciones asociadas a las obras de infraestructura del sector energético, transporte y urbano. Entre paréntesis, para cada indicador se indica el módulo al cual se asocia para su implementación.

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 (Ej: *Prochilodus magdalenae*, *Pseudoplatistoma magdaleniatum*).

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.

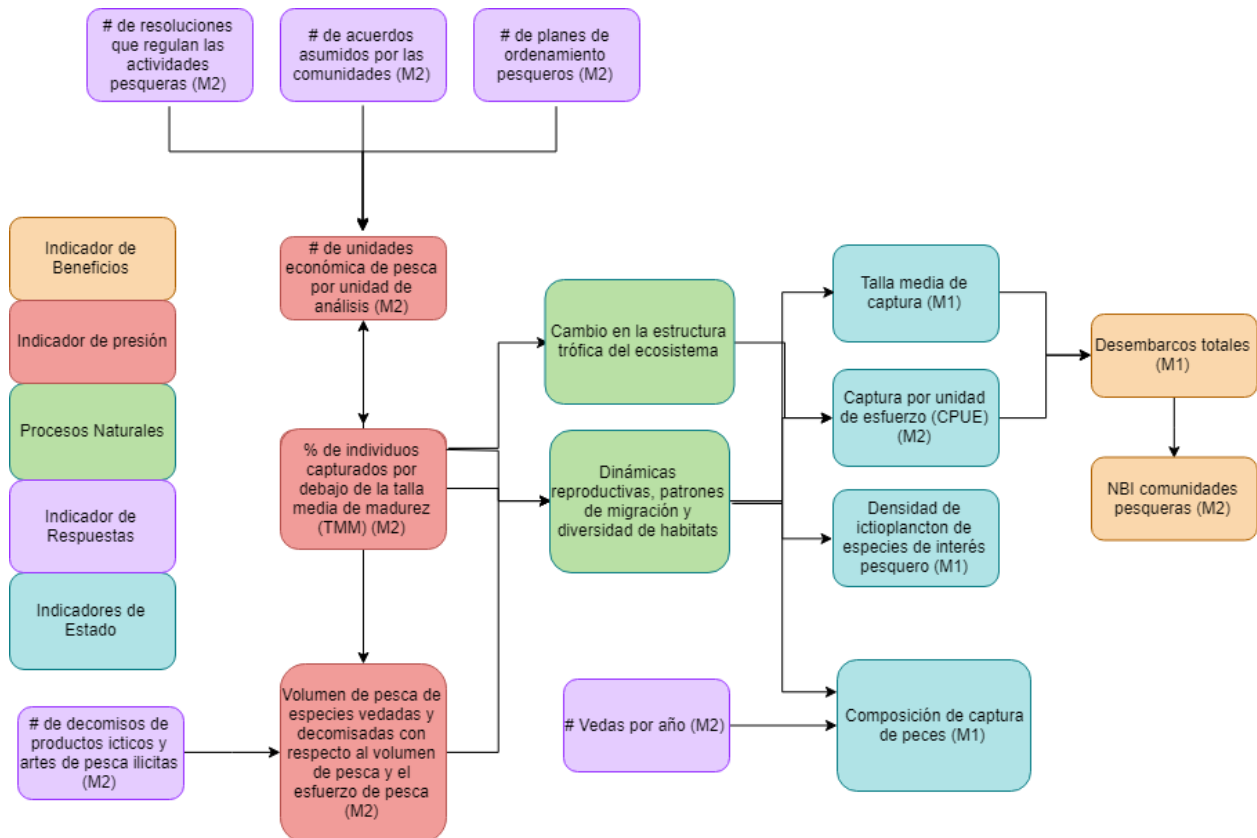


Figura 22. Diagrama conceptual de la relación entre los indicadores de presión, estado, respuesta y beneficios para las relaciones asociadas a la pesca. Entre paréntesis, para cada indicador se indica el módulo al cual se asocia para su implementación.

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.

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.

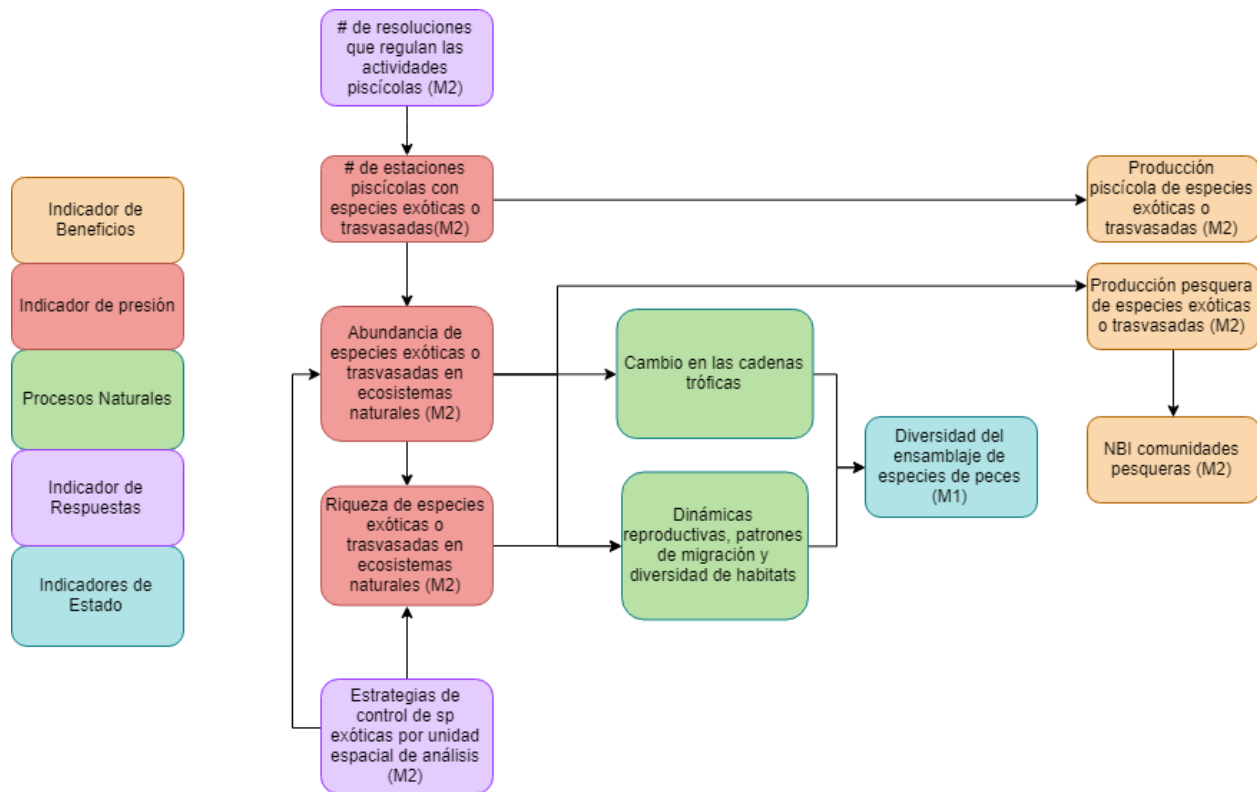


Figura 23. Diagrama conceptual de la relación entre los indicadores de presión, estado, respuesta y beneficios para las relaciones asociadas a la introducción de especies exóticas y trasvasadas a ecosistemas naturales. Entre paréntesis, para cada indicador se indica el módulo al cual se asocia para su 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 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.

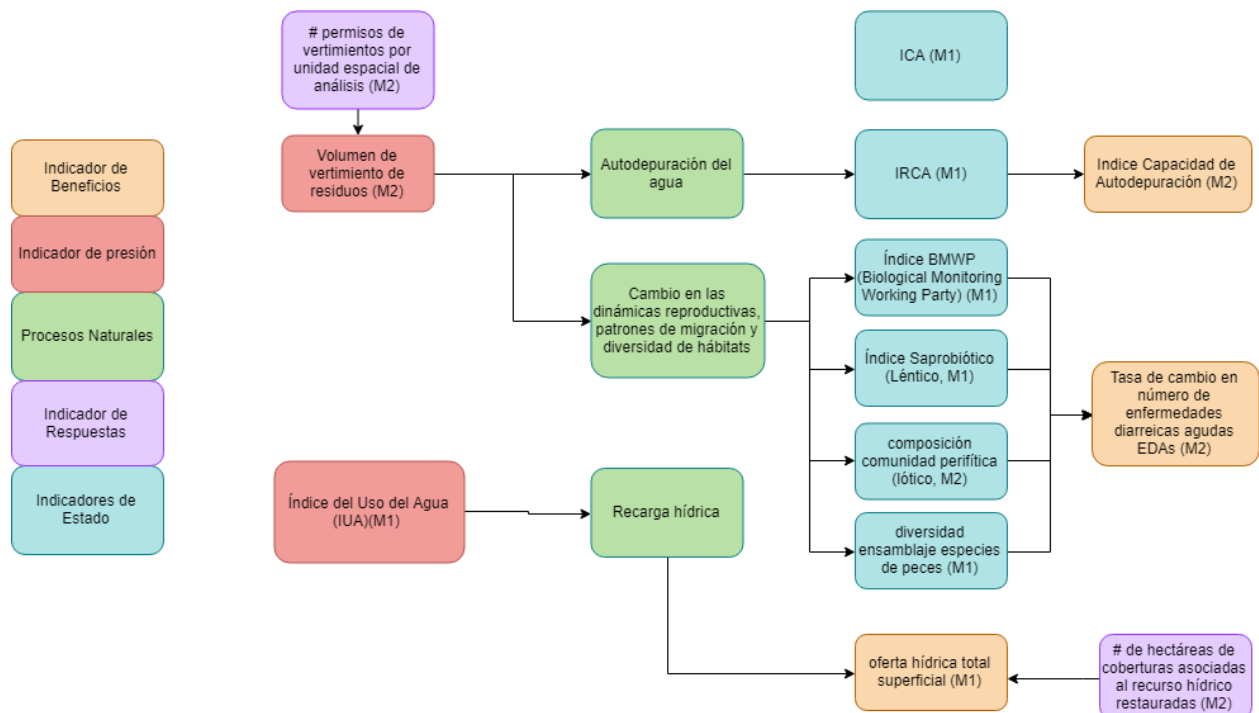


Figura 24. Diagrama conceptual de la relación entre los indicadores de presión, estado, respuesta y beneficios para las relaciones asociadas a demanda y uso del agua en ciudades. Entre paréntesis, para cada indicador se indica el módulo al cual se asocia para su implementación.

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 sus 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 las 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 17 indicadores y variables para monitorear las presiones descritas en la cuenca Magdalena Cauca, 23 indicadores y variables de estado, 18 indicadores de respuesta y 13 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. Valores revisados

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 los ecosistemas acuáticos de la macrocuenca Magdalena Cauca como sistemas socioecológicos (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 Ambiental. Además, se tuvo en cuenta cuales cumplían con las características propuestas por los criterios SMART (Perrings *et al.*, 2011) adaptados al proyecto, los cuales hacen referencia a las siguientes características:

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

Medible: Que se pueda cuantificar 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 modulo 1 en cada uno de los paisajes de la Macrocuenca Magdalena-Cauca (CA: calidad ambiental, SE: bienestar y servicios ecosistémicos, B: biodiversidad, E: estado, P: presión, R: respuesta, B: Beneficio).

Paisaje	Indicadores y Variables Priorizados (Módulo 1)	Componente	Tipo	Narrativa asociada
Humedales Altoandinos	Índice de Calidad del Agua (ICA)	CA	E	2,6,7
	Índice del Uso del Agua (IUA)	CA	P	1
	Oferta Hídrica Total Superficial (OHTS)	SE	B	1,2,7
	Índice Saprobiótico basado en fitoplancton	B	E	1,2,7
	Índice BMWP-Col (Biological Monitoring Working Party)	B	E	2
	Diversidad del ensamblaje de especies de peces	B	E	1,2,6,7
	Tasa anual de deforestación	SE	P	3
	Índice de Riesgo de Calidad de Agua potable (IRCA)	CA	E	2,3,7
Canal Principal y afluentes	Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH)	CA	E	1,3, 4
	Oferta Hídrica Total Superficial (OHTS)	SE	B	1,7
	Índice de Calidad del Agua (ICA)	CA	E	2,7,8
	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	4
	Caudal Ambiental	CA	E	1,4
	Índice BMWP-Col (Biological Monitoring Working Party)	B	E	2,7
	Diversidad del ensamblaje de especies de peces	B	E	1,2,6,7
	Densidad de ictioplancton de especies de interés pesquero	B	E	1, 4,5
	Composición de la captura de peces	B	E	4,5
	Tasa anual de deforestación	B	P	3
	Desembarcos totales	SE	P	4
	Índice de Riesgo de Calidad de Agua potable (IRCA)	CA	E	2,7
Talla media de captura	B	E	5	
Complejo de ciénagas	Oferta Hídrica Total Superficial (OHTS)	SE	B	1,2,7
	Índice de Calidad del Agua (ICA)	CA	E	2,7
	Índice del Uso del Agua (IUA)	CA	P	2
	Índice Saprobiótico basado en fitoplancton	B	E	1,2
	Índice BMWP-Col (Biological Monitoring Working Party)	B	E	2
	Densidad de ictioplancton de especies de interés pesquero	B	E	1,4,5
	Composición de la captura de peces	B	E	4,5
	Diversidad del ensamblaje de especies de peces	B	E	1,2,6,7
	Tasa anual de deforestación	B	P	3
	Desembarcos totales	SE	P	4
	Talla media de captura	B	E	5
Lagunas estuarinas	Oferta Hídrica Total Superficial (OHTS)	SE	B	1,7
	Índice de Calidad del Agua (ICA)	CA	E	2,7,8
	Índice del Uso del Agua (IUA)	CA	E	2
	Índice Saprobiótico basado en fitoplancton	B	E	1,2
	Densidad de ictioplancton de especies de interés pesquero	B	E	4,5
	Tasa anual de deforestación	B	P	3
	Indicador de Integridad Biológica para Manglares - IBIm	B	E	1,4
	Composición de la captura de peces	B	E	4,5
	Diversidad del ensamblaje de especies de peces	B	E	1,2,6
	Desembarcos totales	SE	B	4,5
Talla media de captura	B	E	5	

Los indicadores y variables seleccionados están siendo calculados actualmente por instituciones privadas y/o públicas, y existe la accesibilidad a la información necesaria como insumo para escalarlos a nivel local, regional y/o de macrocuenca. 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 permitan 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 18 Indicadores y variables priorizadas para el módulo 1, así como de los resultados de la formulación participativa, se obtuvieron un total de 6 objetos de monitoreo (Tabla 16). A través del seguimiento de estos objetos se podrán evaluar los cambios en las principales dinámicas socioecológicas de la macrocuenca.

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

Objetos de Monitoreo	Indicadores y Variables Priorizados (M1)
Coberturas Vegetales	Tasa anual de deforestación
Fitoplancton	Índice Saprobiótico basado en fitoplancton
Ictiofauna	Composición de la captura de peces
	Densidad de ictioplancton de especies de interés pesquero
	Desembarcos totales
	Diversidad del ensamblaje de especies de peces
	Talla media de captura
Macroinvertebrados acuáticos	Índice BMWP-Col (Biological Monitoring Working Party)
Manglar	Indicador de Integridad Biológica para Manglares - IBIm
Recurso Hídrico	# Permisos de vertimientos por unidad espacial de análisis
	Caudal Ambiental
	Índice de alteración potencial de la calidad del agua - IACAL
	Índice de Calidad del Agua (ICA)
	Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH)
	Índice de Riesgo de Calidad de Agua potable (IRCA)
	Índice de Sequía y Precipitación
	Índice del Uso del Agua (IUA)
	Oferta Hídrica Total Superficial (OHTS)
	Rendimiento de sedimentos (IRS)

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 para el sistema 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 ocurrencia de especies a nivel nacional.
- Los datos incorporados al sistema 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 susceptibles de ser incluidos en el sistema, 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 en el sistema 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 susceptibles de ser incorporados al sistema.



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 sistema 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 sistema, 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 sistema.

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 sistema quién se encargará de aprobar las versiones revisadas.
2. Los actores y socios publicadores del sistema, 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).

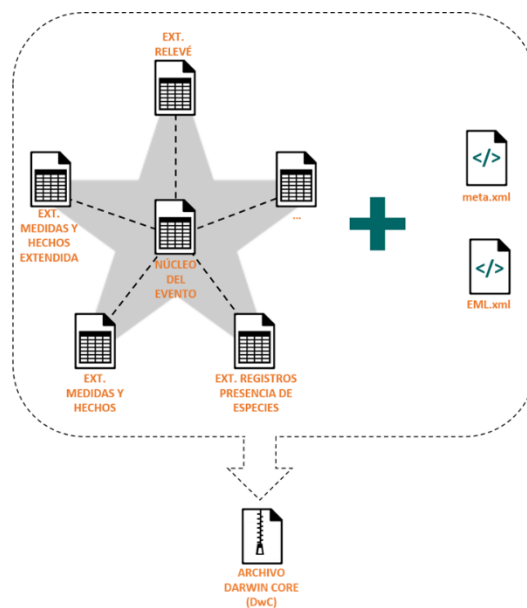


Figura 25. Esquema en estrella y composición del archivo DwC (EUBON 2015). Adicionalmente al núcleo del evento y a sus extensiones, el archivo Darwin Core incluye dos archivos .xml (meta.xml y EML.xml).

En este sentido, y teniendo en cuenta que el sistema tomará y consumirá 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.

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”.

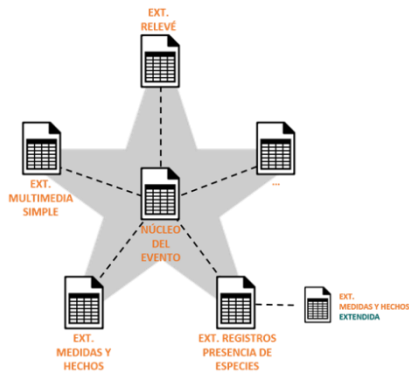


Figura 26. Estructura en estrella del estándar Darwin Core (EUBON 2015).

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 del 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.

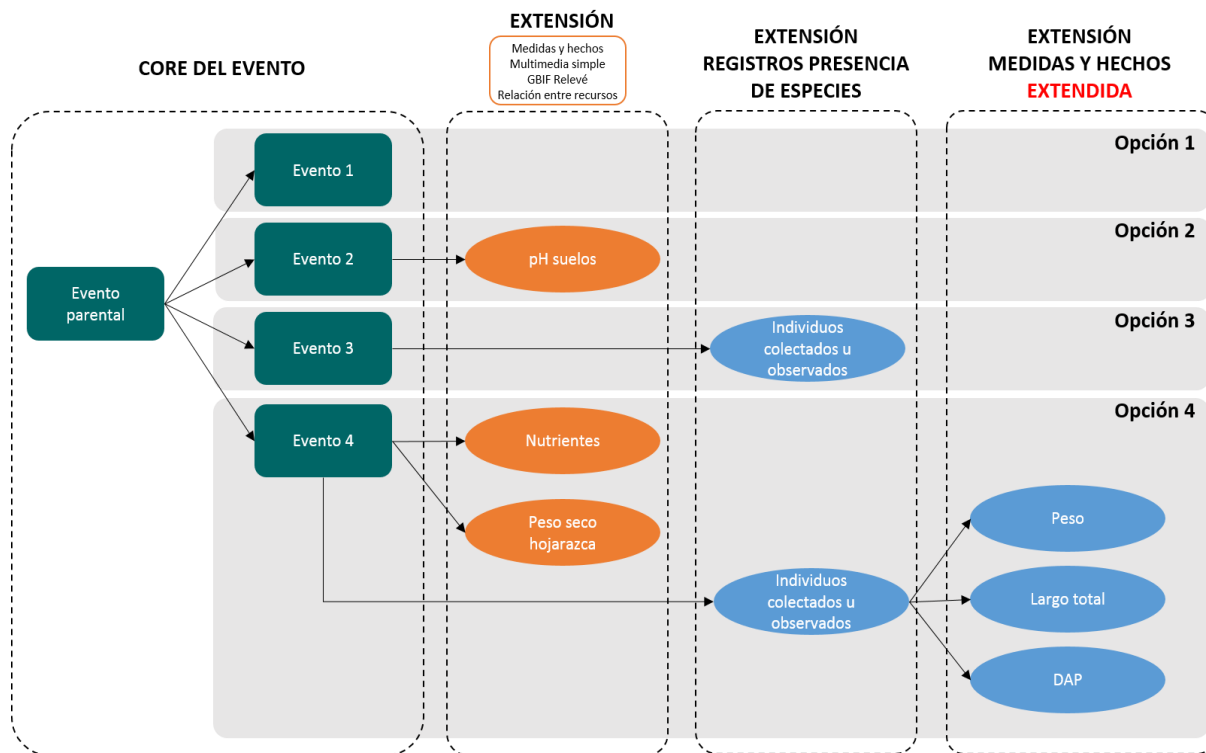


Figura 27. Esquema que muestra las posibles relaciones entre el núcleo del evento y las extensiones del DwC, con algunos ejemplos ilustrativos.

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:

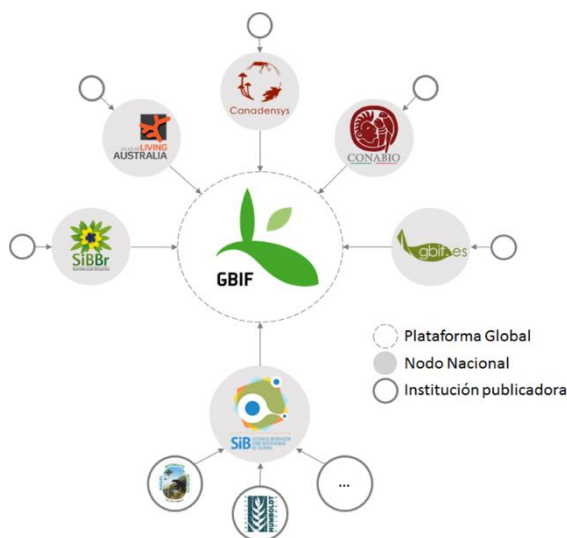


Figura 28. Estructura en la publicación de datos a través de GBIF

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).

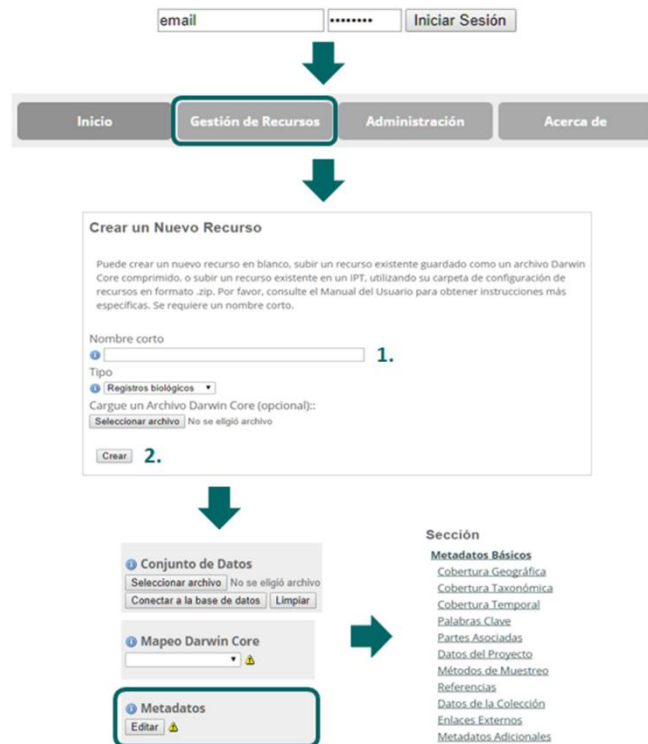


Figura 29. Descripción del proceso para la documentación de metadatos.

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 30. 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).

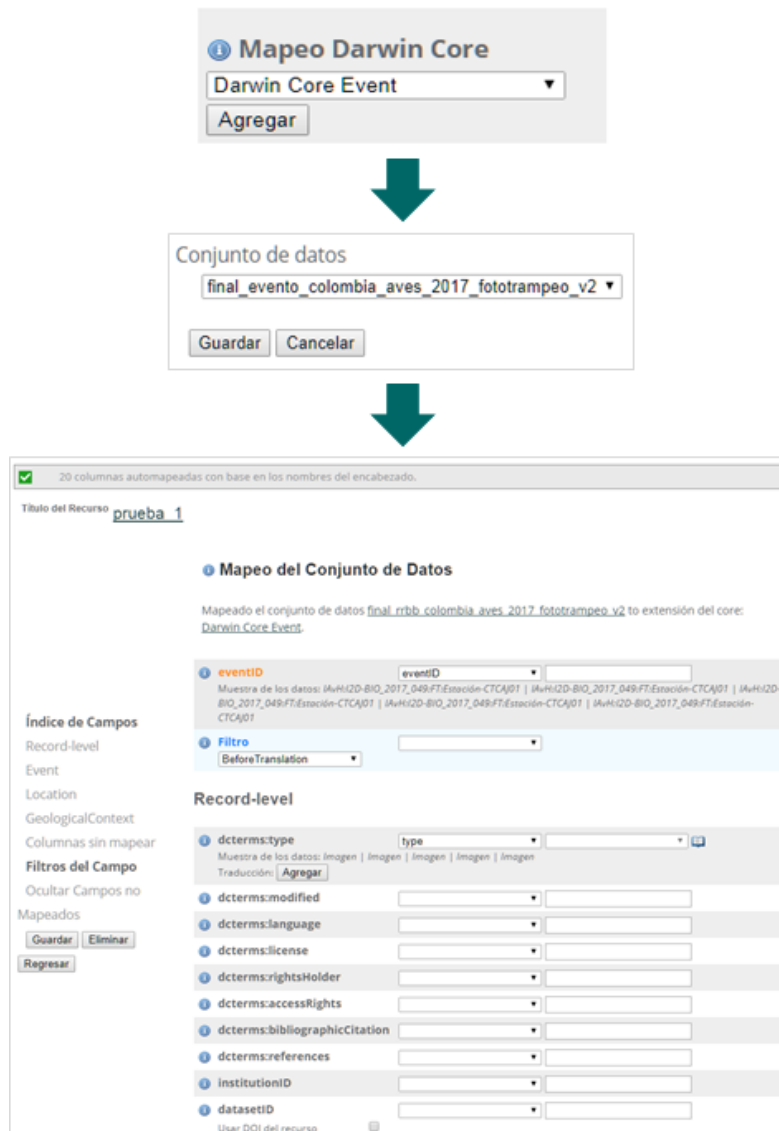


Figura 31. Descripción de los pasos para mapear los datos del núcleo del evento.

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 32. 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).

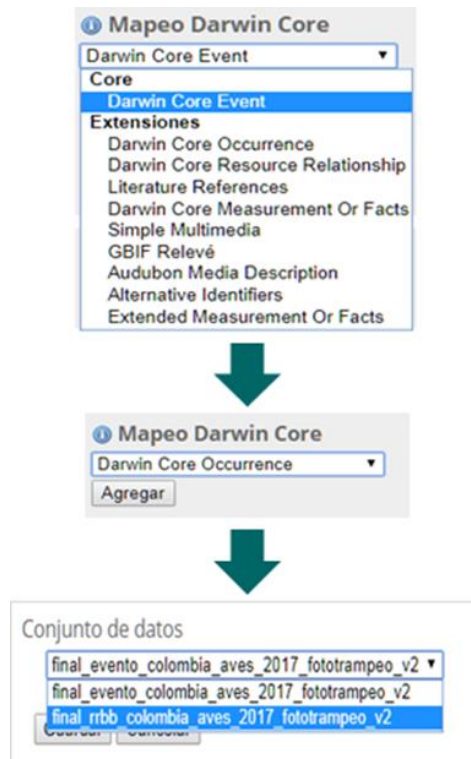


Figura 33. Descripción de los pasos para mapear los datos de las extensiones que se encuentran en archivos independientes al del núcleo del evento.

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.

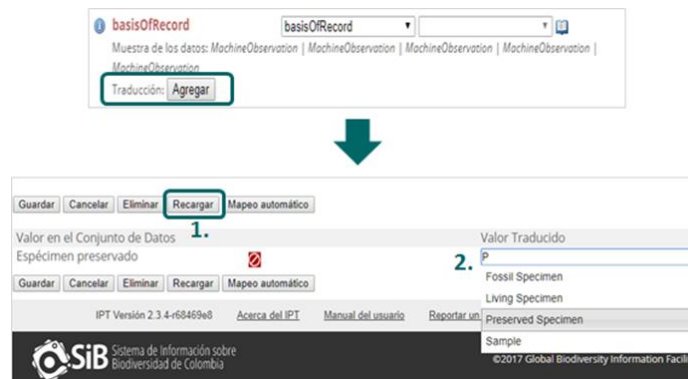


Figura 34. Pasos a seguir para traducir los términos de la base del registro (basisOfRecord) – 1) Oprima recargar para asegurarse que la herramienta está identificando todos los términos documentados en su conjunto de datos; 2) Escoja la traducción que corresponde a cada uno de sus términos.

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 35. 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).

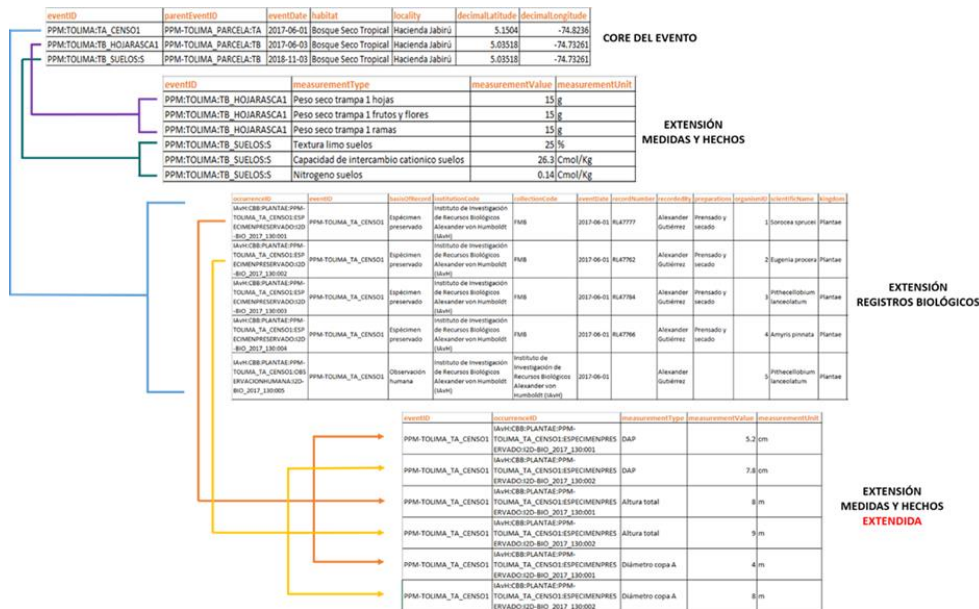


Figura 36. Relación entre el núcleo del evento y las extensiones por medio del eventID.

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).

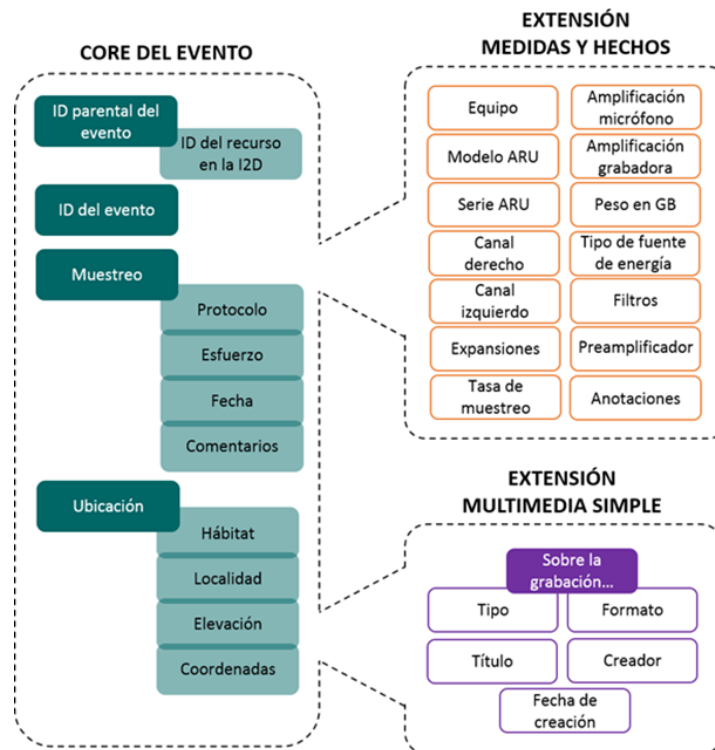


Figura 37. Esquema para la estructuración de datos de monitoreo acústico pasivo según el núcleo y las extensiones correspondientes

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).

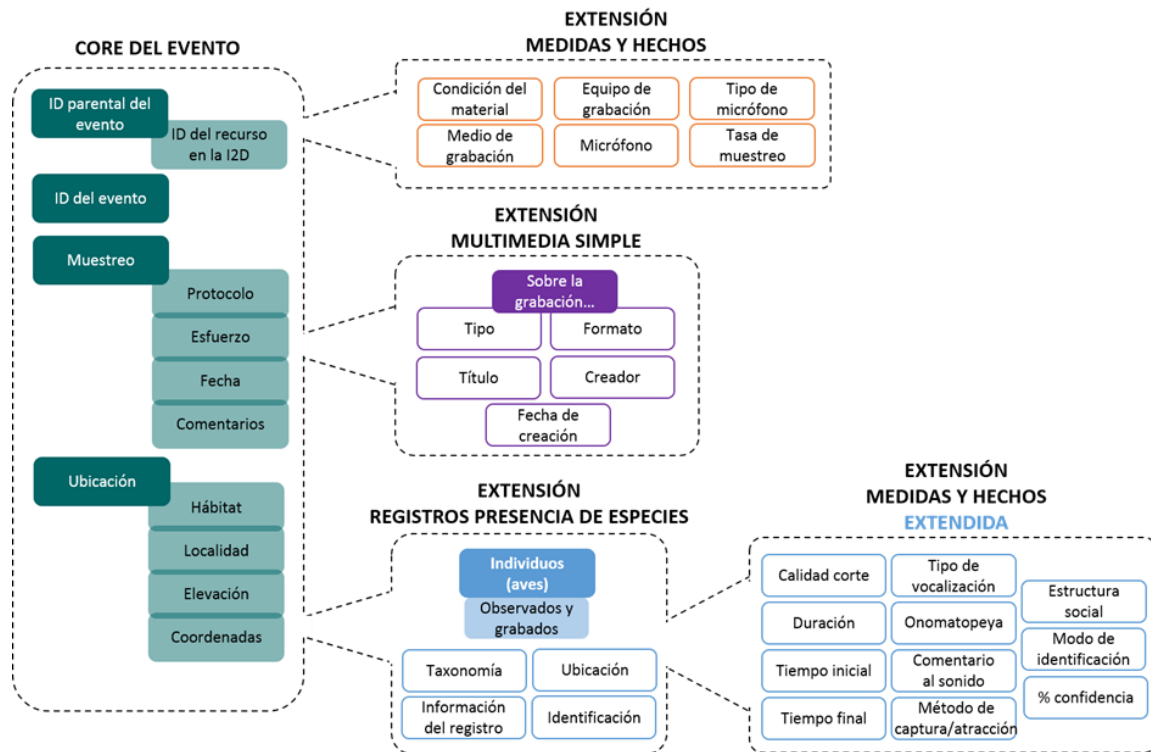


Figura 38. Esquema para la estructuración de datos de puntos de conteo según el núcleo y las extensiones correspondientes

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 ocho sistemas públicos con diferentes temas de trabajo que pueden articularse al sistema de monitoreo, dos público/privados y dos 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	IAvH	Público/Privado					
BioTablero	IAvH	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**. 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 ella. 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.

Entidad	Nombre del servicio	Tipo de servicios	Metadatos	Geoport
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia - IDEAM	Agrometeorología	WMS, WFS		
Servicio Geológico Colombiano - SCC	Amenaza por Movimientos en Masa	WMS, 3SON, SCAE, KMZ, REST		
Servicio Geológico Colombiano - SCC	Anomalías Geoquímicas y Potencial Geoquímico	WMS		
Unidad de planeación rural agropecuaria - UPRRA	APDT - Áreas potenciales para Adecuación de Tierras con fines de irrigación	WMS		
Unidad de planeación rural	Servicio de Información Espacial SIGES	WMS		

Figura 39. 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>

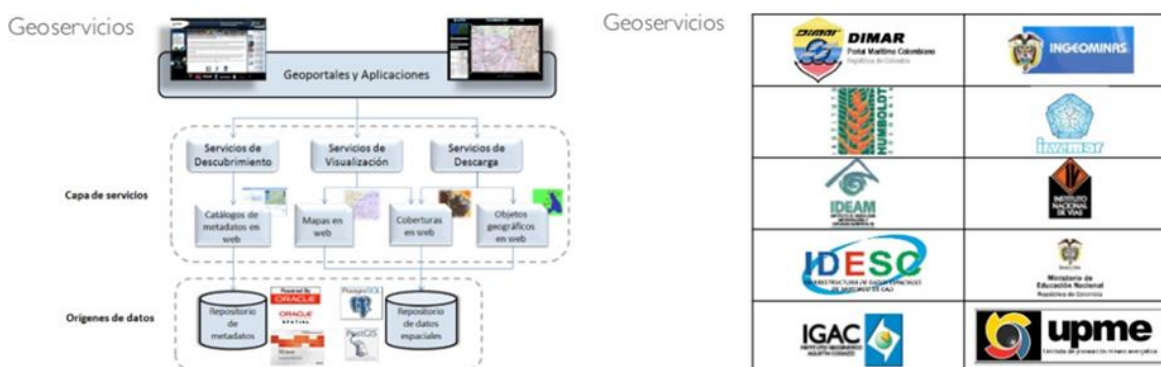


Figura 40. Estructura de incorporación y gestión de datos de la ICDE.

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.

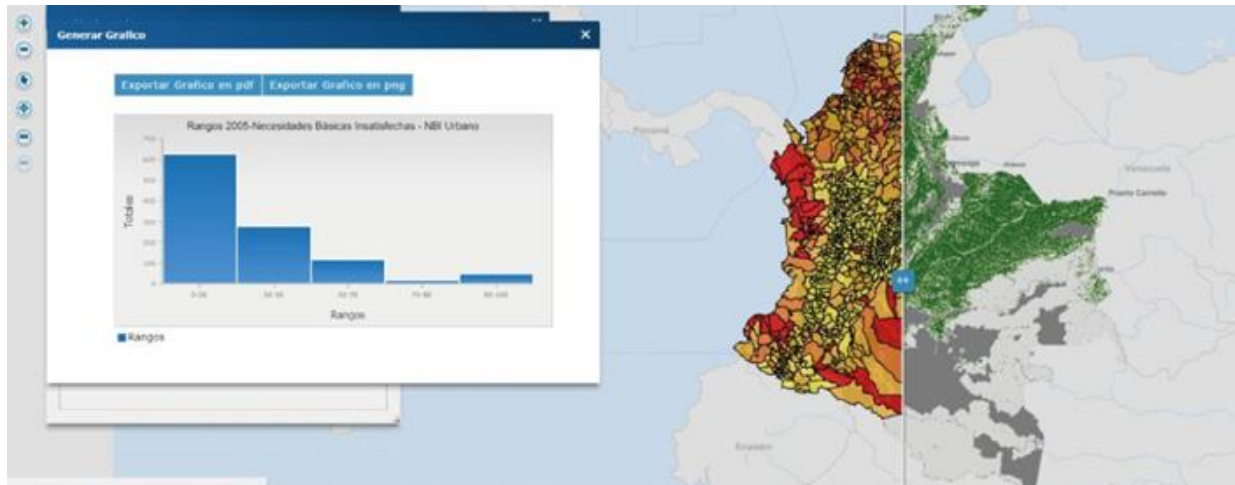


Figura 41. Visualización interfaz gráfica SIG-OT 2018 (<https://sigot.igac.gov.co/>)

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 42. 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 (INVEVAR).
- 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.

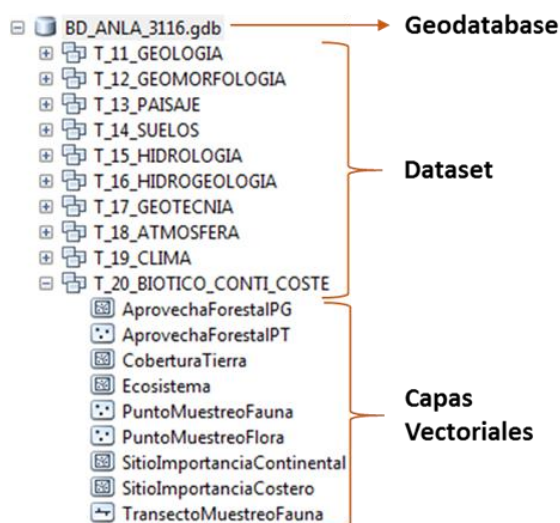


Figura 43. Estructura general de la GDB diseñada por la ANLA

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.

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.

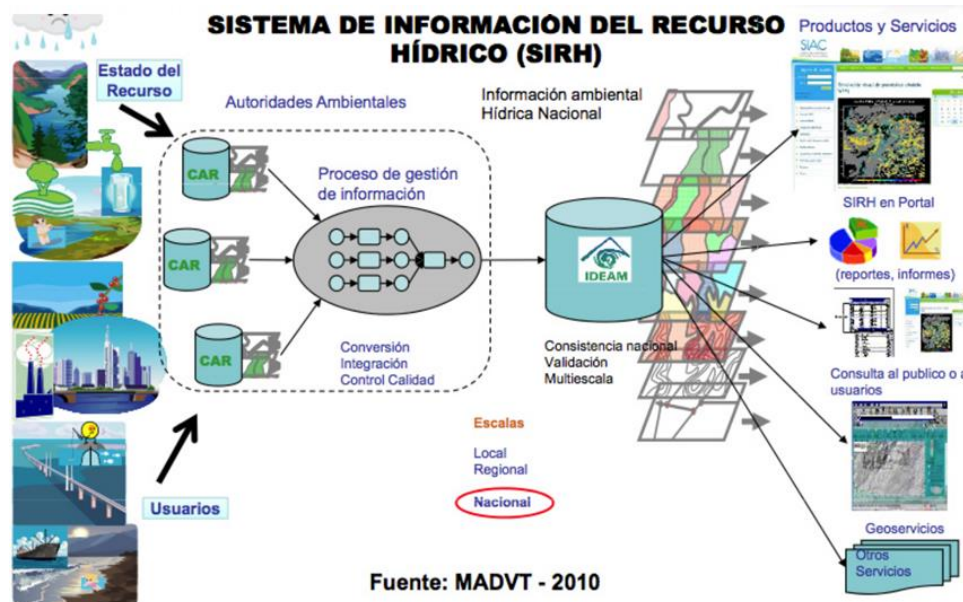


Figura 44. Estructura general del flujo de información en el SIRH

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 45. 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>

9.1.7. 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.

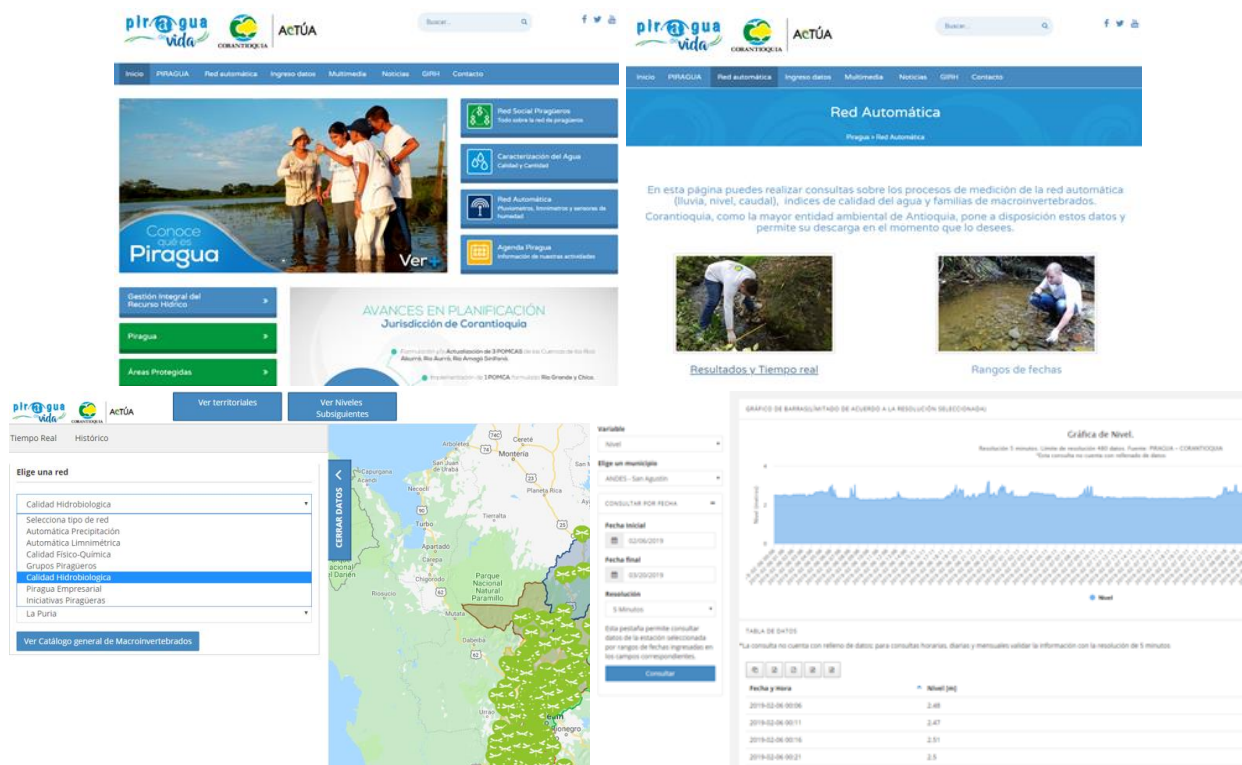


Figura 46. Visualización de página web programa Piragua - Corantioquia

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.

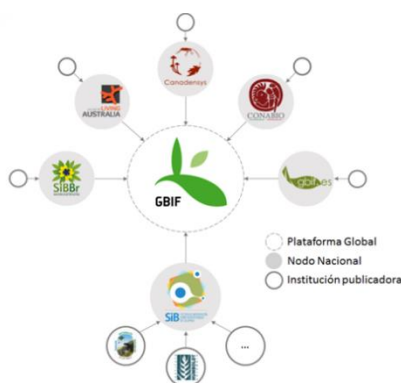


Figura 47. Estructura de flujo de información entre SiB y GBIF

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 48. 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.

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.

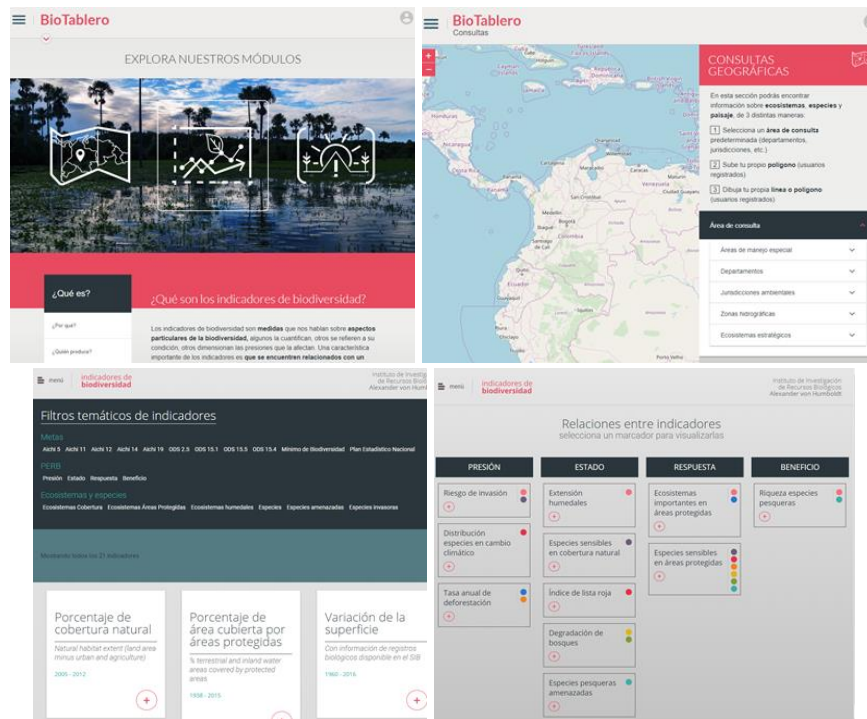


Figura 49. Página de inicio del BioTablero y sus herramientas.

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.

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.

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.

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. 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.

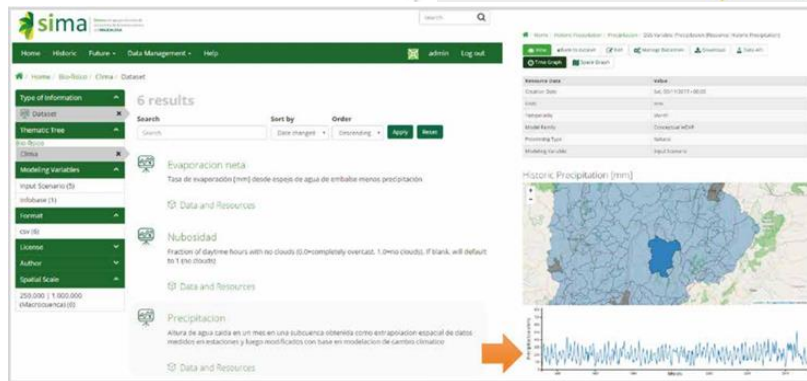


Figura 50. Página de inicio de SIMA, flujograma para la generación de escenarios en la toma de decisiones y visualización del funcionamiento de la herramienta.

9.1.12. 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 (carreteros, 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.

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. 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.



MAGDALENA-CAUCA
VIVE

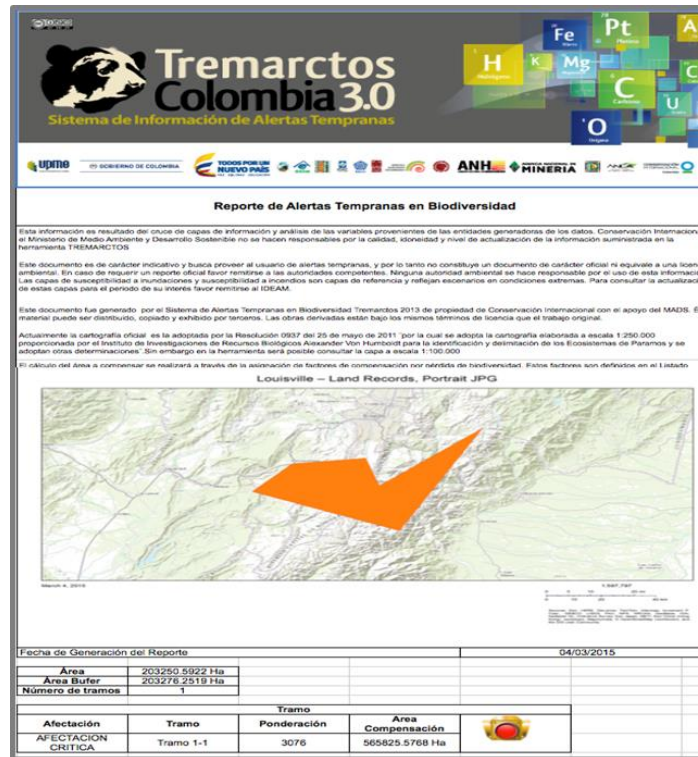


Figura 51. Ejemplo reporte portal TREMARCTOS (<http://www.tremarctoscolombia.org>)

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

De acuerdo a lo anterior, es posible identificar retos y oportunidades para el fortalecimiento del monitoreo de los ecosistemas dulceacuícolas de la macrocuena 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 depender exclusivamente de las entidades externas para garantizar su sostenibilidad en el tiempo. 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). 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.

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 lenticos 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). 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. 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.

- 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.

- La herramienta **SIMA** pueden articularse con el subsistema de información asociado al sistema de monitoreo, en la medida que pueden consumir los resultados de indicadores, índices y variables. Esta herramienta emplea diferentes conjuntos de datos para simular diferentes escenarios y acciones de manejo de tal manera que dan soporte a la toma de decisiones. En ese sentido serían herramientas complementarias.

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 de gestión de la información

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 biodiversidad y 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.

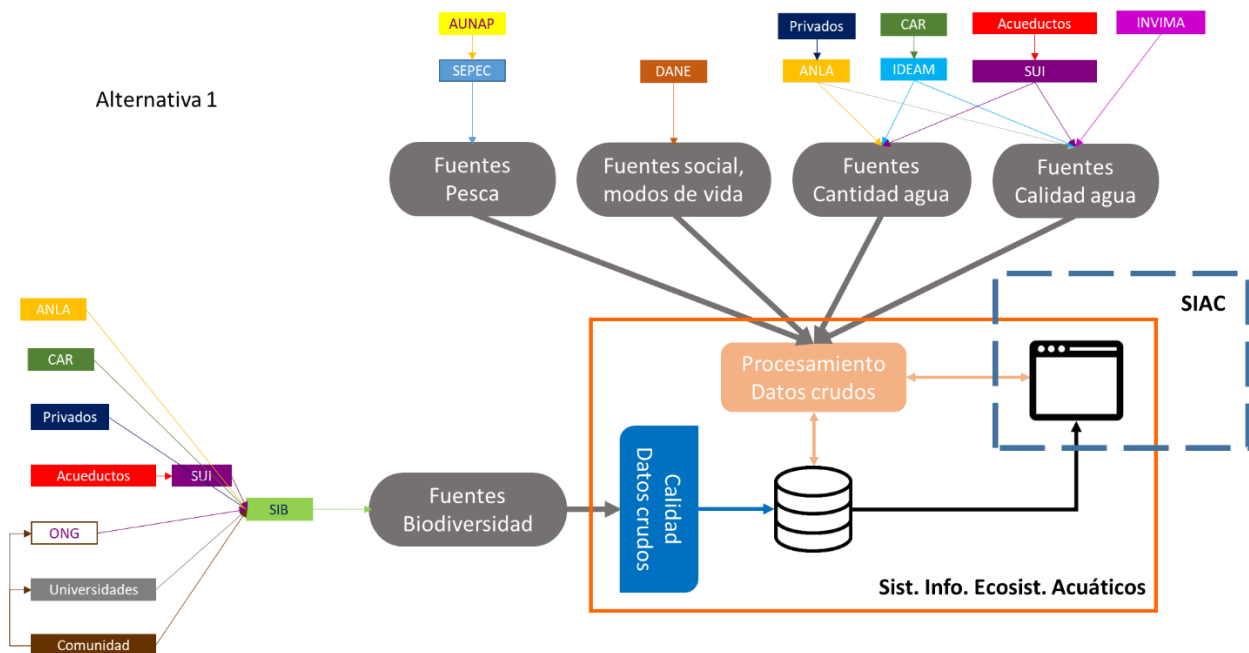


Figura 52. Esquema de articulación 1 entre actores y sistemas en torno al sistema de monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad asociada en la cuenca Magdalena-Cauca.

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.

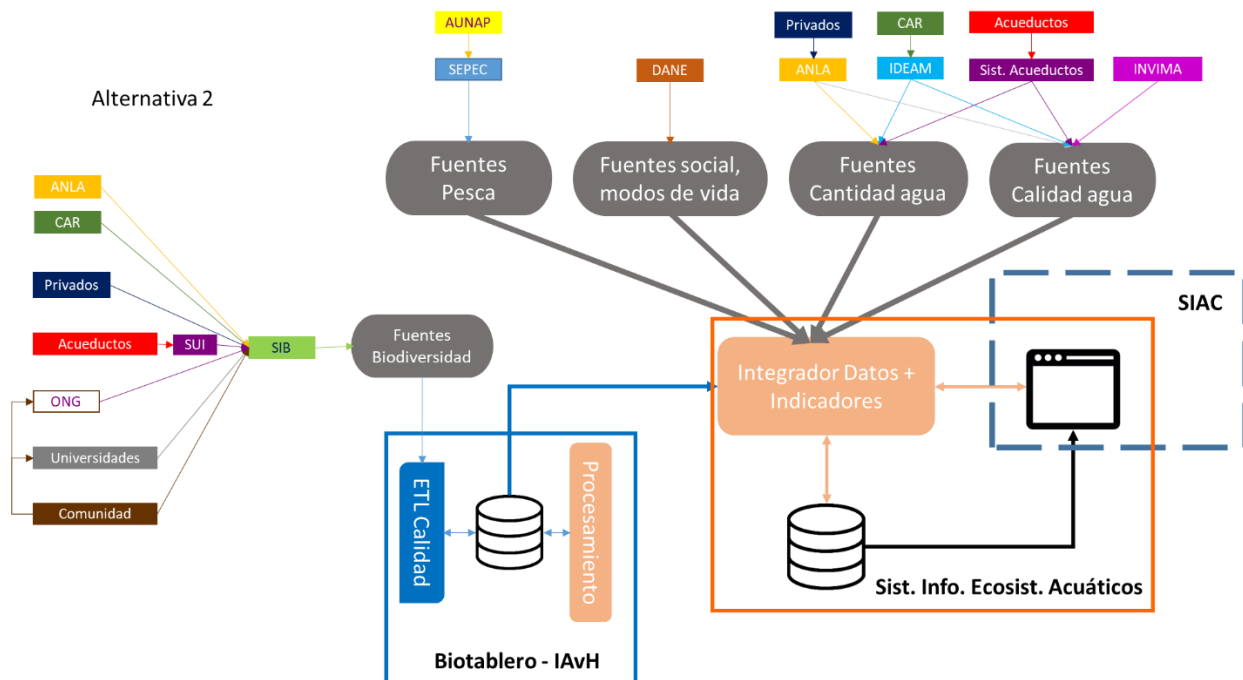


Figura 53. Esquema de articulación 2 entre actores y sistemas en torno al sistema de monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad asociada en la cuenca Magdalena-Cauca.

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.

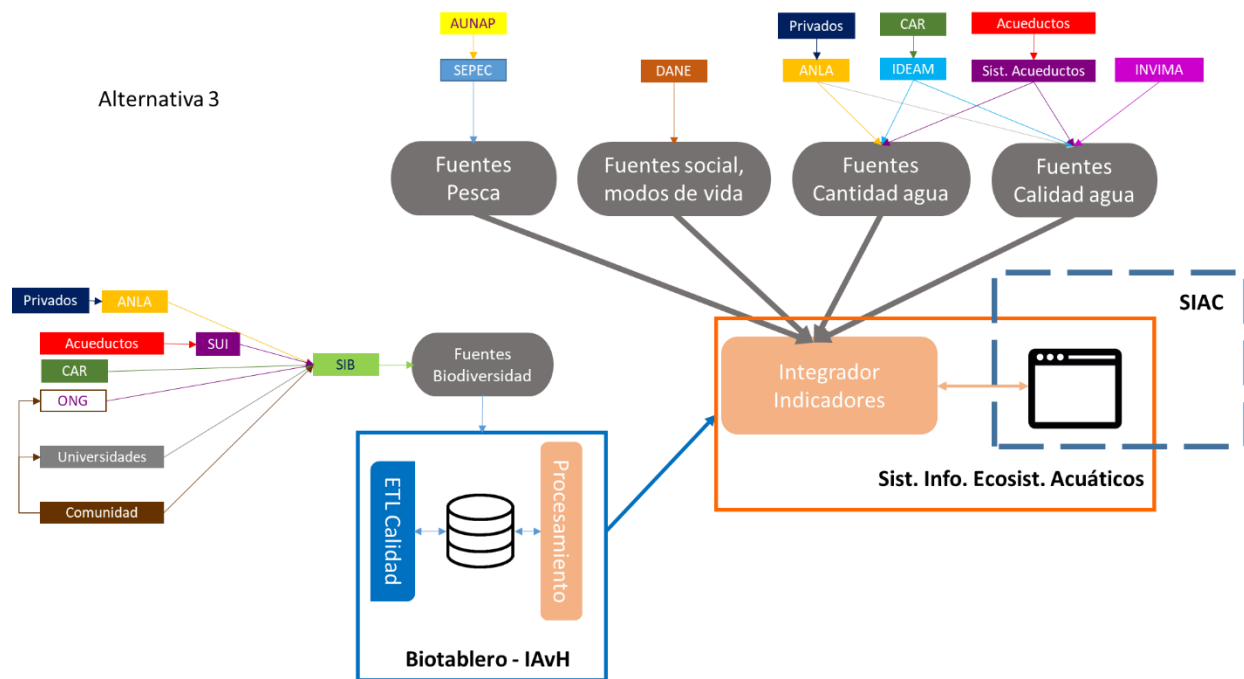


Figura 54. Esquema de articulación 3 entre actores y sistemas en torno al sistema de monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad asociada en la cuenca Magdalena-Cauca.

- 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.

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.

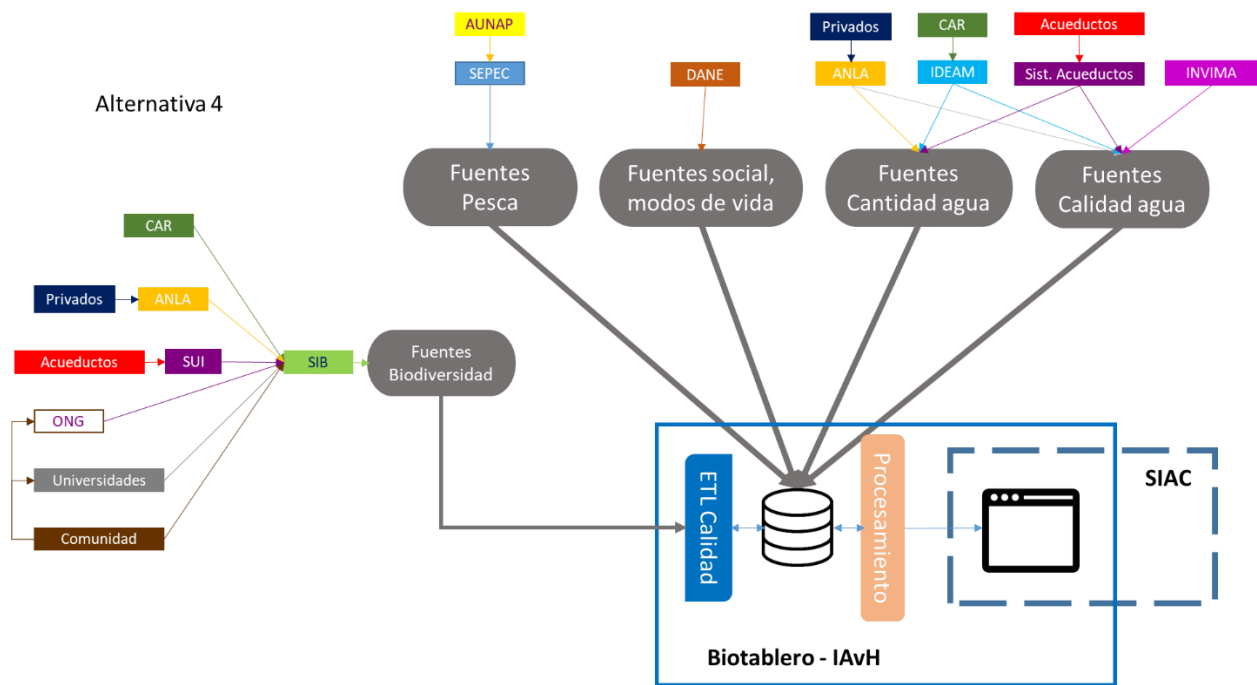


Figura 55. Esquema de articulación 4 entre actores y sistemas en torno al sistema de monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad asociada en la cuenca Magdalena-Cauca.

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 un 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 cuatro aspectos: 1. Recolección de datos, 2. Análisis, interpretación y divulgación, de los resultados, 3. Tecnología de la información y comunicaciones, y 4. Gestión y articulación institucional. A continuación se presenta la síntesis de la formulación participativa:

10.1.1. Recolección de datos

1. **Promover la definición y uso de estándares** de valores de referencia, análisis, reporte, así como protocolos de colecta e ingreso a colecciones.
2. **Adecuar colecciones:** Realizar actividades de acompañamiento a las colecciones académicas y de autoridades ambientales 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.
3. **Definir áreas priorizadas de monitoreo.** Una vez articulada la red, se deberá establecer áreas con vacíos de información y priorización para monitoreo.
4. **Ampliar objetos de monitoreo.** Es importante considerar el ampliar grupos de ecosistemas acuáticos a ser monitoreados, por ejemplo, incluir análisis toxicológicos, para estos últimos no hay indicadores desarrollados para el país, ni una reglamentación clara.
5. **Fomentar la instrumentalización e innovación.** Se 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.

10.1.2. Análisis y divulgación

1. **Revisar validez de indicadores.** Se debe establecer una batería inicial de indicadores, además listar los parámetros generales que nos permitan asociarlos a usos, actualizar métodos de cálculo de indicadores.
2. **Ampliar indicadores.** Actualmente, se tiene un sesgo hacia indicadores de calidad del agua, no se cuentan con indicadores de calidad y oferta del hábitat.
3. **Difundir resultados.** La información debe presentarse pensando en su uso por diferentes tipos de actores (Comunidades, instituciones, colegios, etc.). Se debe

posicionar el tema de monitoreo en eventos científicos y las asociaciones creadas alrededor de cada gremio.

4. **Elaborar documentos de referencia y material técnico.** Se debe contar con catálogos, listados de referencia y claves nacionales para macrofitas, macroinvertebrados, algas etc., que son importantes para procesos de validación de la calidad de datos biodiversidad. Así mismo, contar con material técnico sobre el monitoreo debe tener versión impresa y digital (Ej. Protocolos, pólificas para uso de información, versiones sencillas de informes para tomadores de decisión, otros).
5. **Intercambiar experiencias** y analizar estrategias exitosas para ello se pueden organizar mesas técnicas; por ejemplo: PIRAGUA Corantiquia, ciencia ciudadana Cornare, Monitoreo Fauna, y clima en sistemas productivos – Fundación Natura, el 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.
6. **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. Así mismo, se deberá impulsar la realización de capacitaciones en tomas de información para consultoras, academia, y comunidad para mejorar el rigor con el que se captura la información.

10.1.3. Tecnologías de la Información y la Comunicación

1. **Optimizar la forma de presentar la información.** 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. Se espera que los resultados se puedan visualizar en diferentes formas: espacial o cartográfica, gráficos y tablas. Así mismo, que 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. **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.
3. **Facilitar acceso a datos.** Se necesita mejorar la disponibilidad de información existente.
4. **Diseñar la arquitectura del sistema.** 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. Se debe diagnosticar que entidades están en capacidades de asimilar el sistema de información del sistema de monitoreo. Se debe establecer con directivos donde estará alojada la plataforma de servicios, geovisor, repositorio de datos e interfase de visualización.

5. **Integrar e interoperar** la información que actualmente generan las instituciones. Se debe articular redes existentes para integrar diversas fuentes de información que funcionan aisladamente. Por ejemplo, la ANLA tiene proyectado alimentar una geodatabase para integrar la información resultante de monitoreos de proyectos licenciados y plantear una plataforma para su divulgación. Mientras que Cormagdalena está trabajando en el geovisor del “Observatorio de Cuenca”.
6. **Ofrecer servicios para realizar operaciones y cruce de variables.** En el diseño de la plataforma se debe implementar de procesos automatizados de cálculos (que utilicen R o Python).
7. **Intercambiar experiencias en sistemas de información.** Revisar caso ARGOS del INVEMAR, el de ISAGEN, SIATAC, SUI (sistema único de información acueductos), SEPEC, Plataforma RedRio, SiBColombia
8. **Fortalecer de sistemas existentes.** Fortalecer las capacidades de la institucionalidad para que organicen la información de la biodiversidad y los repositorios.
9. **Escalar** la visualización y consulta 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.
10. **Diseñar mecanismos de curaduría y depuración de datos** de los datos de biodiversidad con los que cuenta actualmente el país. Apoyarse con la academia, biomodelos y otros mecanismos para garantizar la calidad de la información. 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.

10.1.4. Institucionalidad, gestión y articulación

1. **Armonizar con normativas** como planes, programas e instrumentos existentes (POMCA, POT, EOT, PORH, otros).
2. **Estructurar administración y manejo** de los recursos para la toma de datos, su manejo y administración.
3. **Coordinación interinstitucional.** El MADS debe liderar la gestión y articulación entre plataformas activas que son administradas por los diferentes sistemas del SIA y SIGPA. Así mismo, la creación de un espacio o comité de administración (Público, privado, comunitaria gobernanza del recurso), lo cual se puede realizar

mediante el fortalecimiento y articulación de los equipos del SINA. Se debe generar un espacio técnico consultivo para revisión de índices e indicadores, métodos de campo, identificación taxonómica, etc. En el país existen varios espacios que pueden tener mesas especializadas en el tema, que se pueden aprovechar.

4. **Garantizar inclusión y gobernanza.** La información que alimenta el monitoreo puede venir de las comunidades y ciudadanía, y garantizar que la comunidad pueda participar en todo el ciclo de monitoreo. La responsabilidad debe ser compartida (autoridades ambientales, SINA, privados, universidades, ONGs).
5. **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.
6. **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.
7. **Desarrollar y adoptar un programa de auditoría** de 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. Se debe generar un mecanismo de validación de experticia por profesional y no por empresa, la academia puede funcionar como ente para certificar.
8. **Desarrollar 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.
9. **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.
10. **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.
11. **Desarrollo de normativas y procesos.** Es importante que el diseño del sistema de monitoreo sea participe de la actualización del Programa Nacional de Monitoreo e incidir en la actualización de normativas e instrumentos de planificación (ej. POMCAS, PORH, otros). Por otra parte, las autoridades ambientales deben incluir en los términos de referencia que los datos de monitoreo sean cargados a las respectivas plataformas. Es necesario desarrollar una legislación vinculante para compartir información, garantizar mecanismos de Interoperabilidad de subsistemas SIAC, sistema distribuido y colaboración. Así mismo, se debe buscar



mecanismos normativos para que la toma de decisiones se base en información del monitoreo.

- 12. Gestionar sostenibilidad financiera.** Se requieren espacios de concertación que tengan en el tema de monitoreo una agenda sobre fortalecimiento, continuidad en los contratos.

10.2. Líneas estratégicas para la implementación del sistema

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

1. Realización de pilotos de plan de monitoreo mediante campañas de campo
2. Apoyo documental y acompañamiento técnico a la colecta de datos
3. Gestión en la articulación inter-institucional
4. Transferencia de conocimiento e innovación tecnológica
5. Comunicaciones y posicionamiento del proyecto
6. Tecnología de información
7. Sostenibilidad financiera

10.3. Propuesta para la implementación por módulos

Con el objeto de promover la adopción institucional del 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 implementación 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 específicos, por lo que no serían requeridos para la implementación de todos los actores. Finalmente, objetivos provenientes de diferentes módulos pueden llegar a implementarse de manera paralela, lo cual dependerá de ajuste de agendas interinstitucionales y recursos financieros.

Una vez finalizado el primer año de implementación del módulo se debe llevar a cabo una evaluación del proceso que permita identificar la mejor forma de pasar al siguiente módulo, siguiendo el ciclo de mejoramiento continuo.

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. Esta actividad será liderada y ejecutada por Fundación Natura.

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 constituida.
- 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

Objetivo 2. Promover la articulación inter-institucional para la creación del sistema de monitoreo de biodiversidad y ecosistemas acuáticos como subsistema del SIAC.

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 señalada en los capítulos 6 y 7** y sus procesos de administración y mantenimiento.
- Diseñar y poner un tablero de indicadores (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 e implementar una estrategia de comunicación 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 multiescalaridad.

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 (módulo 2) señalados en los capítulos 6 y 7** 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, hidro-sedimentológica 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 para responder a necesidades nuevas o insatisfechas.

En la Figura 56 se sintetiza la implementación a manera de línea de tiempo. Así mismo, una propuesta de cronograma detallado por actividades se puede ver en el anexo 13.

Módulo 1. Integrar información existente para generar indicadores mínimos

Periodo 2019 - 2021

Módulo 2. Regionalizar e incorporar indicadores secundarios

Periodo 2022 - 2025

Módulo 3. Expandir y optimizar el diseño

Periodo 2025 - 2027

Módulo 4. Investigación, innovación en recolección y optimización de rutinas

Periodo 2028 - 2030



1. Conformar espacio dinamizador



2. Pilotos de monitoreo 3 áreas de interés



3. Promover articulación institucional para adopción



4. Desarrollar sistema de información del monitoreo, fortalecer capacidades existentes en entidades que harían parte del flujo de votación



5. Promover adopción de batería básica de indicadores



6. Formular y ejecutar una estrategia de comunicaciones



1. Ampliar cobertura de regionalización y multiescalaridad



2. Promover adopción de indicadores complementarios



1. Ampliar cobertura de articulación



2. Fortalecimiento normativas, instrumentos



3. Gestionar y replicar adopción del sistema en otra cuenca



4. Promover mejora calidad datos: Documentos, estándares, auditorias, capacitaciones, catálogos



5. Enlazar sistema de monitoreo a coyunturas actuales del país o estrategias de monitoreo



1. Instrumentalización e innovación: colecta, análisis laboratorio, reporte, consulta



2. Desarrollar automatización y optimización de flujos de información



3. Gestionar agenda de investigación en torno al monitoreo

Figura 56. Línea de tiempo de la propuesta de implementación del sistema de monitoreo

10.4. Incidencia esperada e interacción con otros proyectos y coyunturas del país

Hoy en día el país se encuentra desarticulado para responder a incidentes que afectan la salud de la biodiversidad y ecosistemas acuáticos. Un ejemplo hipotético se presenta en la Figura 57, en el cuál consideramos la situación de una reducción de caudal, la cual puede ser causada por interrupción de flujo por hidroenergía, un bloqueo por infraestructura vial, una captación excesiva de agua por diferentes sectores, una suma de todos, u otras causas. La afectación podría ser evaluada mediante el indicador de integridad de hábitat (I.I.H.), el cual corresponde a una medida multimétrica que permite predecir qué sucederá con el ambiente físico en el que se desarrollan las comunidades biológicas, cuando se varía el caudal del río. Este tiene en cuenta variables como nutrientes, profundidad, materia orgánica, disponibilidad de agua, velocidad de la corriente, conectividad y oxígeno disuelto. A su vez, se deberá medir un indicador de cambio en la comunidad acuática. En el escenario actual presentado con el numeral 1), no contamos con la información integrada para calcular ambos indicadores, por lo cual se suele recurrir a información secundaria y generar conceptos basados en datos indirectos.

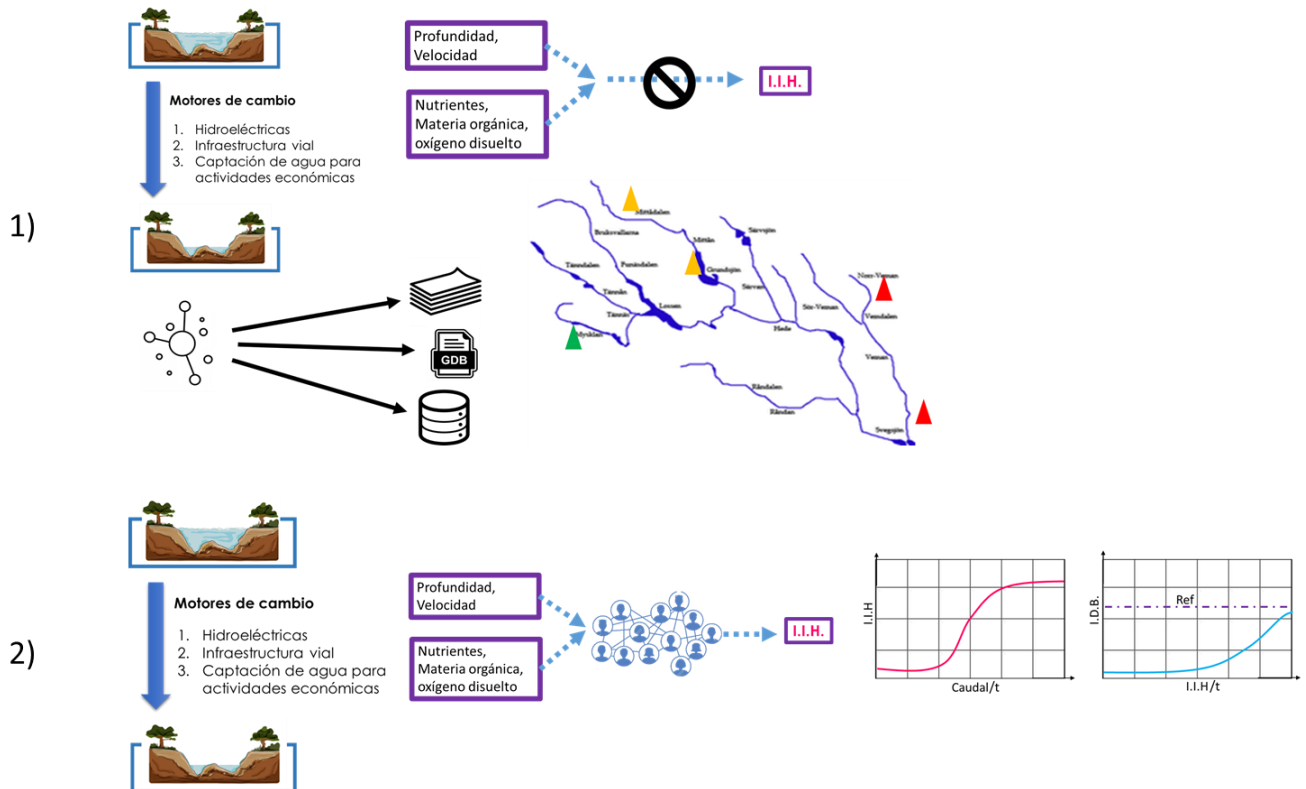


Figura 57. Respuesta ante una reducción de caudal por diferentes motores de cambio, en escenarios sin (1) o con (2) sistema de monitoreo (I.I.H. - Índice de Integridad de Hábitat).

El siguiente escenario marcado como 2), en la Figura 57, se muestra la respuesta ante una contingencia, cuando ha sido implementado el sistema de monitoreo (en su módulo 1). Se esperaría tener los datos integrados de tal manera que podamos:

- Calcular indicadores que requieren fuentes diversas, y tener disponible la información espacializada en una plataforma.
- Generar alertas tempranas para medidas de atención y control
- Direccionar medidas de manejo, sitios críticos
- Al estar articulados mejoraría coordinación acciones de manejo
- Calibrar y ajustar modelos, valores de referencia y respuesta natural
- Realizar seguimiento de la respuesta de biodiversidad, SE y habitantes a medidas de manejo
- Estimar tiempo en que la biodiversidad y ecosistemas regresan a valores de referencia
- Autoridades y empresas pueden diferenciar efectos, identificar presiones. Útil en medidas de compensación, otros.

Durante el proceso de diseño del sistema de monitoreo de la salud de los ecosistemas acuáticos y la biodiversidad asociada en el marco del proyecto GEF Magdalena-Cauca, el Instituto Humboldt ha participado (en diferentes roles) en otros proyectos relacionados con las temáticas desarrolladas en este documento:

- Propuesta de monitoreo de biodiversidad y servicios ecosistémicos ante condiciones extremas de la variación en el caudal por la operación del proyecto hidroeléctrico de Hidroituango (IAvH, ANLA).
- Convenio interadministrativo para aunar esfuerzos técnicos, administrativos y financieros entre Cormagdalena y el Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt – IAvH - para definir lineamientos técnico-científicos sobre la condición del estado actual de la biodiversidad y el recurso pesquero en el Río Magdalena y su relación con las intervenciones previstas en el proyecto de recuperación de la navegabilidad del Río Magdalena. (IAvH, Cormagdalena, Ministerio de Transporte, Fundación Alma, Fundación Humedales, Universidad de Antioquia, Universidad Javeriana).
- Programa de monitoreo de biodiversidad y servicios ecosistémicos que permita conocer los beneficios y la efectividad del programa de restauración a ser ejecutado por Ecopetrol o sus contratistas en inmediaciones del pozo Lizama 158 (IAvH, Ecopetrol).
- Estrategia de Monitoreo de Ecosistemas de Alta Montaña (IAvH, IDEAM, Condesan).
- Programa Nacional para el Monitoreo de Ecosistemas de Colombia (MADS) – se ha participado en el proceso para comenzar a implementarlo en ecosistemas acuáticos.



El diseño del sistema de monitoreo 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 multi-criterio 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.

A corto plazo, el sistema de monitoreo puede incluir en su diseño ventanas de visualización de los proyectos de impacto en la 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., Fujioaka, 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
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1990. The community's toolbox: The idea, methods and tools for participatory assessment, monitoring and evaluation in community forestry. FAO Regional Wood Energy Development Programme in Asia, Bangkok, Thailand.
- 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.
- 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., Stiasny, 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.
- Liu D. & Hao S. 2017. Ecosystem Health Assessment at County-Scale Using the Pressure-State-Response Framework on the Loess Plateau, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health* Vol 14, No. 2; doi:10.3390/ijerph14010002



- 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 a 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.
- OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development. 2018. OECD work on water 2018-2019.
- 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>
- 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
- Ramsar Convention Secretariat, 2016. The Fourth Ramsar Strategic Plan 2016–2024. Ramsar handbooks for the wise use of wetlands, 5th edition, vol. 2. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland.
- 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, Wieczorek 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.
- Schultz, M., Tyrrell, T.D. & Ebenhard, T. 2016. The 2030 Agenda and Ecosystems - A discussion paper on the links between the Aichi Biodiversity Targets and the Sustainable Development Goals. SwedBio at Stockholm Resilience Centre, Stockholm, Sweden.
- Secretariat of CBD. 2016. Biodiversity and the 2030 Agenda for sustainable development: Technical notes. UNEP/CBD/COP/13/10/ADD1. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montréal, Canada.
- 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/>
- 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.
- Torres A. & Peñaranda G. 2006. Regionalización de caudales mínimos por métodos estadísticos de la cuenca Magdalena Cauca. Universidad de La Salle, Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Área de Hidrología. Bogotá D.C.
- UNEP- United Nations Environment Programme. 2005. Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment. Millennium Ecosystem Assessment Secretariat.
- 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: Cantero, J. Carvajal & L. M. Castro (Eds.). *Caudal ambiental: conceptos, experiencias y desafíos*. Cali: Programa editorial de la Universidad del Valle. pp. 167-197.