



Bogotá Reverdece

Participación, confianza y decisión



MISIÓN HUMEDALES DE BOGOTÁ



Componente Hidrológico

Fase II

(i) Documentos técnicos de soporte para la determinación de caudal ecológico. (ii) Alternativas para la descontaminación de cada uno de los humedales. (iii) Lineamientos para la construcción de obras de reconfiguración hidro-geomorfológica. (iv) Criterios para la determinación de la capacidad de carga de los humedales. (v) Recomendaciones para la actualización de la Política Distrital de Humedales. (vi) Propuesta para un desarrollo de una monitoreo hidrológico e hidráulico en los humedales. (vii) Portafolio de intervenciones para la recuperación hidrológica, hidráulica e hidro-geomorfológica. (viii) Recomendaciones para generar una caja de herramientas para el fortalecimiento de la gestión integral de los humedales del Distrito. (ix) Otros insumos y anexos técnicos.

Nelson Obregón Neira
Contrato SDA-CPS-20211119



SECRETARÍA DE
AMBIENTE



Contenido

1	Introducción y presentación del documento en el marco de la Misión para la Gestión Integral de los humedales del D.C.	5
2	DOCUMENTOS TÉCNICOS DE SOPORTE PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDAL ECOLÓGICO	8
2.1	DOCUMENTO DE SOPORTE TÉCNICO 1: ASPECTOS TÉCNICOS SOBRE EL PROCESO DE ACOTAMIENTO DE RONDAS HÍDRICAS.....	8
2.2	DOCUMENTO DE SOPORTE TÉCNICO 2: DETERMINACIÓN DE CAUDALES AMBIENTALES	9
2.2.1.	Consideraciones generales en relación al Caudal Ambiental	9
2.2.2.	Definición de Caudal Ambiental.....	10
2.2.3.	Guía de estimación de caudales ambientales: Paso 1 del Nivel de estimación 11	
2.2.3.1.	Nivel de estimación 1 – Fase 1: Levantamiento de información y caracterización del cuerpo de agua	12
2.2.3.2.	Nivel de estimación 1 – Fase 2: Estimación del caudal ambiental considerando el funcionamiento ecológico	15
2.2.3.3.	Nivel de estimación 1 – Fase 3: Evaluación del régimen de caudal ambiental, considerando servicios ecosistémicos (calidad de agua y bienestar humano).....	20
2.2.3.4.	Nivel de estimación 1 – Fase 4: Seguimiento a la implementación del régimen de caudales ambientales.....	21
2.3	PROPUESTA DE TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LA CONTRATACIÓN DE ESTUDIOS DE CAUDAL ECOLÓGICO	21
2.4	REFERENCIAS CLAVE	26
3	ALTERNATIVAS PARA LA DESCONTAMINACIÓN DE CADA UNO DE LOS HUMEDALES DEL DISTRITO Y EL MEJORAMIENTO DE SU CALIDAD AMBIENTAL PARA SU RECUPERACIÓN Y REHABILITACIÓN	27
3.1	DEFINICIONES BÁSICAS EN RELACIÓN A LAS CONDICIONES BIOFÍSICAS DE UN HUMEDAL.....	27
3.2	REVISIÓN DEL CONCEPTO DE BIOFILTRACIÓN COMO TÉCNICA DE DESCONTAMINACIÓN EN HUMEDALES	28
3.3	LINEAMIENTOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA LA DESCONTAMINACIÓN Y EL MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES BIOFÍSICAS DE CADA UNO DE LOS HUMEDALES DEL DISTRITO.....	30
4	LINEAMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE RECONFORMACIÓN HIDROGEOMORFOLÓGICA PARA CADA UNO DE LOS HUMEDALES DEL DISTRITO Y UNA PROPUESTA DE TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LA	

CONTRATACIÓN DE ESTUDIOS TÉCNICOS DE RECONFORMACIÓN, RECUPERACIÓN Y RESTAURACIÓN DE ESTOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS ... 32

4.1	DOCUMENTO REFERENTE DE LA EAAB DE NATURALEZA TÉCNICA ASOCIADO A LA RECONFORMACIÓN HIDROGEOMORFOLÓGICA.....	32
4.1.1.	Norma Técnica NS-118 (Vigente desde 30 noviembre 2020) “Requisitos mínimos para la elaboración de diseños detallados para la recuperación ecológica y manejo paisajístico de la zona de ronda y zona de manejo y preservación ambiental de los corredores ecológicos de ronda del distrito capital”	32
4.1.2.	Norma Técnica NS-119 (Vigente desde 2 octubre 2019) “Requisitos mínimos para la elaboración del diseño detallado para la recuperación ecológica de los humedales y zonas de ronda del distrito capital	34
4.2	DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS EN RELACIÓN A LA HIDROGEOMORFOLOGÍA.....	37
4.3	LINEAMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS HIDROGEOMORFOLÓGICAS PARA CADA UNO DE LOS HUMEDALES DEL DISTRITO	38
4.4	PROPUESTA DE TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LA CONTRATACIÓN DE ESTUDIOS TÉCNICOS DE RECONFORMACIÓN, RECUPERACIÓN Y RESTAURACIÓN DE ESTOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS	39
4.5	REFERENCIAS CLAVE	43
5	CRITERIOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA DE LOS HUMEDALES DEL DISTRITO DESDE EL COMPONENTE HIDROLÓGICO	45
5.1	DOCUMENTO REFERENTE DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE PROVISIÓN Y CULTURALES EN EL CONTEXTO DE LA DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES AMBIENTALES	45
5.2	DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS EN RELACIÓN A LA CAPACIDAD DE CARGA DE UN HUMEDAL	46
5.3	IDENTIFICACIÓN Y PRESENTACIÓN DE LOS PRINCIPALES CRITERIOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA DE LOS HUMEDALES DEL DISTRITO, DESDE EL COMPONENTE HIDROLÓGICO.....	47
5.3.1.	Determinación de capacidad de carga desde la perspectiva conceptual de los servicios ecosistémicos y los sistemas socioecológicos (SSE).....	47
5.3.2.	Determinación de capacidad de carga desde los instrumentos de manejo del humedal	47
5.3.3.	Uso de herramientas de base científica y tecnológica para la determinación de la capacidad de carga de los humedales.....	48
6	RECOMENDACIONES PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LA POLÍTICA DISTRITAL DE HUMEDALES, EN EL MARCO DEL OBJETO DEL CONTRATO	50
6.1	PROPUESTA DE RECOMENDACIÓN DESDE EL ENFOQUE CONCEPTUAL DE HUMEDAL COMO OBJETO EPISTÉMOLOGICO (SISTEMA SOCIOECOLÓGICO)	50

6.2	RECOMENDACIÓN DESDE LA ACTUALIZACIÓN EN EL MARCO NORMATIVO DE LA POLITICA DISTRITAL DE HUMEDALES	53
6.3	RECOMENDACIÓN EN RELACIÓN A LA BASE DE CONOCIMIENTO NECESARIA PARA LOS INSTRUMENTOS DE GESTION	55
7	PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE UN MONITOREO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO EN LOS HUMEDALES DEL DISTRITO EN EL SEGUIMIENTO DE LA RECUPERACIÓN Y RESTAURACIÓN	58
7.1	MODELOS CONCEPTUALES PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO PARA EL SEGUIMIENTO DE LA RECUPERACIÓN Y LA RESTAURACIÓN	58
7.2	PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE UN MONITOREO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO EN LOS HUMEDALES DEL DISTRITO, EN EL SEGUIMIENTO DE LA RECUPERACIÓN Y LA RESTAURACIÓN.....	62
8	RECOMENDACIONES PARA GENERAR UNA CAJA DE HERRAMIENTAS PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS HUMEDALES, EN EL MARCO DEL OBJETO DEL CONTRATO	65
8.1	MARCO CONCEPTUAL PARA LA PROPUESTA DE PORTAFOLIO DE INTERVENCIONES Y DE GENERACIÓN DE CAJA DE HERRAMIENTAS	65
8.2	GENERALIDADES Y ENFOQUES DE LAS HERRAMIENTAS DE BASE CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA	67
8.3	HERRAMIENTAS DE BASE CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA PARA LA GIHDC . 70	
8.3.1.	Herramientas para la evaluación y valoración de los servicios ecosistémicos de regulación.....	70
8.3.2.	Herramientas para la evaluación y valoración de los servicios ecosistémicos de soporte	70
8.3.3.	Herramientas para la evaluación y valoración de los servicios ecosistémicos culturales.....	71
8.3.4.	Herramientas para la evaluación y valoración integral de los servicios ecosistémicos.....	71
8.3.5.	Herramientas asociadas al monitoreo de humedales	71
8.3.6.	Herramientas para apoyar la delimitación de rondas hídricas y la estimación de los regímenes de caudales ambientales en el Río Bogotá.....	73
8.4	PLATAFORMA DE INTEGRACIÓN TECNOLÓGICA (PTI) PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS HUMEDALES DEL DISTRITO CAPITAL (PTI-GIHDC)	75
8.5	HOJA DE RUTA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE BASE CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA	76
9	PORTAFOLIO DE ACCIONES/INTERVENCIONES PARA LA RECUPERACIÓN HIDROLÓGICA, HIDRÁULICA E HIDROGEOMORFOLÓGICA DE LOS HUMEDALES DEL DISTRITO	78
9.1	PROPUESTAS DE ACCIÓN/INTERVENCIÓN.....	78

9.2	CAJA DE HERRAMIENTAS ASOCIADAS A LAS ACCIONES/INTERVENCIONES PROPUESTAS	79
9.3	PRIORIZACIÓN DE LAS ACCIONES/INTERVENCIONES	80
9.3.1.	Acción/Intervención 1: Estudio hidrosedimentológico con enfoque ecohidráulico y orientado al manejo adaptativo y participativo.....	81
9.3.2.	Acción/Intervención 2: Mantenimiento de estructuras Hidráulicas y conexión hidráulica (caudal ambiental, vertimientos y captaciones)	81
9.3.3.	Acción/Intervención 3: Manejo de sedimentos y reconfiguración hidrogeomorfológica	82
9.3.4.	Acción/Intervención 4: Estudios para evaluar el comportamiento dinámico de la calidad del agua con enfoque participativo y bajo diferentes escenarios de manejo e intervención	82
9.3.5.	Acción/Intervención 5: Evaluación de los sistemas de tratamiento actuales y construcción de nuevas soluciones basadas en la naturaleza (e.g. biofiltros).....	83
10	RECOMENDACIONES PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS, OBRAS Y ACTIVIDADES QUE AFECTEN A LOS HUMEDALES DEL DISTRITO, EN EL MARCO DEL CONTRATO	84
10.1	CONCEPTO DE TRAYECTORIA PARA LAS RECOMENDACIONES DE EVALUACIÓN DE IMPACTO	84
10.2	CONCEPTO DE ESCENARIO	85
10.3	RECOMENDACIONES PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS, OBRAS Y ACTIVIDADES QUE AFECTEN A LOS HUMEDALES DEL DISTRITO	86

1 Introducción y presentación del documento en el marco de la Misión para la Gestión Integral de los humedales del D.C.

- Dentro del Sistema Distrital de Áreas Protegidas, bajo la categoría de Parques Ecológicos Distritales, se reconocen actualmente 15 humedales con una extensión de 719,86 hectáreas, de los cuales 12 de ellos fueron declarados mediante la adopción del Plan de Ordenamiento Territorial (2004) y los tres restantes a través de la expedición de acuerdos expedidos por el Concejo Distrital. No obstante, los humedales son los ecosistemas más vulnerables a los procesos de urbanización y expansión de la ciudad, construcción y uso del territorio, para los cuales no siempre se ha reconocido la importancia de su biodiversidad y los servicios ambientales que prestan a la ciudad de Bogotá. Por esto la Alcaldesa Claudia López, suscribió en el año 2019 con la ciudadanía capitalina dos grandes iniciativas: el “Pacto por los Humedales”, y la emisión de los “Mandamientos por los humedales”.
- Considerando lo anterior, y para cumplir con lo ordenado en el Plan de Desarrollo Distrital 2020-2024 “Un nuevo Contrato Social y Ambiental para la Bogotá del siglo XXI, propósito 02 “Cambiar nuestros hábitos de vida para reverdecer a Bogotá y adaptarnos y mitigar la crisis climática en el marco del Programa 28 “Bogotá protectora de sus recursos naturales”, la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) formuló el proyecto de inversión 7769 relacionado con la “Implementación de intervenciones para la restauración y mantenimiento de áreas de la Estructura Ecológica Principal, Cerros Orientales y otras áreas de interés ambiental de Bogotá”, mediante el cual se adelantan las acciones que permitan implementar la meta “Restaurar, rehabilitar o recuperar a 370 nuevas hectáreas degradadas en la estructura ecológica principal y áreas de interés ambiental, con 450.000 individuos vegetales”. También se busca priorizar áreas de alto interés ecológico como áreas protegidas declaradas en el área urbana y rural, corredores ecológicos, zonas de protección de la biodiversidad, áreas estratégicas para la conectividad ecológica, áreas de alto riesgo no mitigable y otras áreas de interés ambiental o proyectos regionales, para ser intervenidas integralmente en el marco de la Política Nacional de Restauración, Política Distrital de Humedales, protocolos de restauración Distrital y de Humedales, manuales y guías técnicas de la SDA.
- Con el fin de direccionar los resultados de las anteriores acciones estratégicas con elementos técnicos y de forma transparente con la ciudadanía, la SDA busca generar una serie de insumos y recomendaciones de alto nivel técnico, así como una discusión participativa con todos los actores involucrados, sobre los retos y oportunidades para una gestión integral de los humedales de acuerdo con el contrato social y ambiental del siglo XX. Por ello, se conformó un equipo multidisciplinario de alto nivel técnico para llevar a cabo la “Misión para la Gestión Integral de los Humedales del D.C., la cual

proporcionará insumos relacionados con el fortalecimiento de los instrumentos de planificación de estos ecosistemas estratégicos, a través de la formulación y propuesta de acciones que aporten a la restauración y mantenimiento de la calidad ambiental y por ende de la oferta de los servicios ecosistémicos que prestan estas áreas.

- Este equipo multidisciplinario tuvo como objetivos principales los siguientes: (i) identificar las principales barreras financieras, técnicas, jurídicas y administrativas que impiden una efectiva gestión de los humedales en Bogotá, (ii) generar insumos técnicos, documentos y recomendaciones para la actualización de la Política Distrital de Humedales, Planes de Manejo Ambientales (PEDH) y el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), (iii) proponer un portafolio de intervenciones para su recuperación diferenciada, (iv) generar una caja de herramientas para fortalecer la gestión integral de los humedales del D.C., (v) diseñar e implementar una agenda para orientar discusiones de política pública y ordenamiento territorial para estos ecosistemas de importancia rural y urbana para la ciudad de Bogotá que permitan proponer un nuevo enfoque de gobernanza para los humedales del D.C.
- En el marco de la Misión se establece el contrato de prestación de servicios entre la SDA y el especialista NELSON OBREGON NEIRA (SDA-CPS-20211119) cuyo objeto se establece es: PRESTAR LOS SERVICIOS PROFESIONALES PARA DESARROLLAR LOS ANÁLISIS Y GENERAR LAS RECOMENDACIONES TENDIENTES A LA IMPLEMENTACIÓN DE INTERVENCIONES INTEGRALES PARA LA RECUPERACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EN LOS HUMEDALES DEL D.C. Las **OBLIGACIONES ESPECÍFICAS** son: **1.** Apoyar a la Misión para la gestión integral de los humedales del Distrito con énfasis en la restauración, recuperación y gestión integral del recurso hídrico. **2.** Elaborar un diagnóstico de barreras técnicas que impiden una efectiva gestión en la franja acuática de los humedales del Distrito, en el marco de la gestión integral del recurso hídrico. **3.** Generar documentos técnicos de soporte para la determinación de caudal ecológico de cada uno de los humedales del Distrito y plantear una propuesta de términos de referencia para la contratación de estudios de caudal ecológico, como parte de la restauración ecosistémica de estas áreas **4.** Proponer alternativas para la descontaminación y el mejoramiento de las condiciones biofísicas de cada uno de los humedales del Distrito, para su recuperación y rehabilitación. **5.** Proponer lineamientos para la construcción de obras de reconfiguración hidrogeomorfológica para cada uno de los humedales del Distrito y plantear una propuesta de términos de referencia para la contratación de estudios técnicos de reconfiguración, recuperación y restauración de estos ecosistemas acuáticos. **6.** Identificar y presentar los principales criterios para la determinación de la capacidad de carga de los humedales del Distrito, desde el componente hidrológico. **7.** Presentar las propuestas de recomendaciones para la actualización de la Política Distrital de Humedales, en el marco del objeto de contrato. **8.** Presentar una propuesta para el desarrollo de un monitoreo hidrológico e hidráulico en los humedales del Distrito, en el seguimiento de la recuperación y restauración. **9.** Proponer un portafolio de intervenciones para la recuperación hidrológica, hidráulica e hidrogeomorfológica de los humedales del Distrito, así como unas recomendaciones para generar una caja de herramientas para el fortalecimiento de la gestión integral de los humedales del Distrito, en el marco del objeto del contrato. **10.** Generar recomendaciones para la evaluación de proyectos, obras y actividades que afecten a los humedales del Distrito, en el marco del objeto de contrato **11.** Las demás actividades complementarias que se requieran para el desarrollo del objeto contractual.
- **Los PRODUCTOS son:** **1.** Un documento con el diagnóstico de barreras técnicas que impiden una efectiva gestión en la franja acuática de los humedales del Distrito, en el marco de la gestión integral del recurso hídrico, que será entregado como anexo del

primer informe de actividades del contrato. **2. Un documento consolidado que incluya:** (i) documentos técnicos de soporte para la determinación de caudal ecológico de cada uno de los humedales del Distrito y una propuesta de términos de referencia para la contratación de estudios de caudal ecológico como parte de la restauración ecosistémica de estas áreas. (ii) alternativas para la descontaminación de cada uno de los humedales del Distrito y el mejoramiento de su calidad ambiental para su recuperación y rehabilitación. (iii) lineamientos para la construcción de obras de reconfiguración hidro-geomorfológica para cada uno de los humedales del Distrito y una propuesta de términos de referencia para la contratación de estudios técnicos de reconfiguración, recuperación y restauración de estos ecosistemas acuáticos. (iv) criterios para la determinación de la capacidad de carga de los humedales del Distrito desde el componente hidrológico. (v) recomendaciones para la actualización de la Política Distrital de Humedales, en el marco del objeto de contrato. (vi) una propuesta para el desarrollo de un monitoreo hidrológico e hidráulico en los humedales del Distrito en el seguimiento de la recuperación y restauración. (vii) portafolio de intervenciones para la recuperación hidrológica, hidráulica e hidro-geomorfológica de los humedales del Distrito. (viii) recomendaciones para generar una caja de herramientas para el fortalecimiento de la gestión integral de los humedales del Distrito, en el marco del objeto del contrato (ix) todos los insumos y anexos técnicos generados en el desarrollo del contrato, que será entregado como anexo del último informe de ejecución del contrato.

- Teniendo en cuenta lo anterior, el actual documento corresponde al segundo producto del contrato que da cuenta de “**Un documento consolidado**” incluyendo los temas relacionados anteriormente.

2 DOCUMENTOS TÉCNICOS DE SOPORTE PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDAL ECOLÓGICO

2.1 DOCUMENTO DE SOPORTE TÉCNICO 1: ASPECTOS TÉCNICOS SOBRE EL PROCESO DE ACOTAMIENTO DE RONDAS HÍDRICAS

- (1) El consultor considera tres premisas fundamentales: (1) La gestión integral de los humedales reconoce la importancia del proceso de delimitación de los humedales dentro de la fase de caracterización o evaluación (o incluso dentro de la primera fase de inventario); (2) la delimitación es un proceso previo a la tercera fase de manejo (que incluye los planes respectivos); y (3) el **acotamiento de rondas hídricas debe articularse dentro del proceso de delimitación de humedales**. (4). La determinación de regímenes de caudal ambiental deberá apoyar los procesos de delimitación y redelimitación de humedales.
- (2) En relación a esta última recientemente el MADS promulgó la Resolución No. 0957 del 31 de mayo de **2018 por la cual se “Adopta la guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas** en Colombia y se dictan otras disposiciones.
- (3) Dos consideraciones relevantes de esta Resolución 0957: (1) el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 (PND) establece que, a las CAR, los grandes centros urbanos y los establecimientos públicos ambientales les compete el acotamiento de la ronda hídrica que comprende: (a) Faja paralela a los cuerpos de agua (Art. 83 del Decreto Ley 2811 de 1974); y (b) Área de protección o conservación aferente. (2) El decreto 2245 de 2017 reglamentó lo anterior y adicionó al Decreto 1076 de 2015 que la **ronda hídrica comprende la faja paralela a la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos, hasta de 30 m de ancho, así como el área de protección o conservación aferente** conforme lo disponga la GUÍA TÉCNICA DE CRITERIOS PARA EL ACOTAMIENTO DE RONDAS HÍDRICAS EN COLOMBIA.
- (4) Un gran documento referente técnico corresponde al documento preparado por el IAVH en el marco del Convenio 13-014 (FA 005 de 2013) suscrito con el Fondo Adaptación (IAVH, 2014) ¹. De allí se reconoce la importancia de **llevar a cabo el proceso de**

¹ Citación Completa: Villardy, S., Jaramillo, Ú., Flórez, C., Cortés-Duque, J., Estupiñán, L., Rodríguez, J., Aponte, C. (2014). Principios y criterios para la delimitación de humedales continentales: una herramienta para fortalecer la resiliencia y

delimitación previo al diseño, promulgación e implementación de los planes de gestión respectivos. *“Las orientaciones técnicas de la Convención Ramsar sugieren diferentes fases para la conservación y uso racional de los humedales de un país. La primera fase es la realización del inventario nacional de humedales, en donde se reúne la información base para la evaluación o caracterización y el monitoreo. Posteriormente se realiza la fase de evaluación o caracterización que permite identificar el valor estado y amenazas de los humedales identificados en el inventario y reúne la información para el manejo. Finalmente se realiza la fase de manejo basado en hipótesis derivadas de la evaluación, en la que se da la toma de decisiones y se ejecutan acciones para la conservación. La delimitación propuesta por el Gobierno de Colombia operativamente se encontraría entre las fases de inventario y caracterización, pero debido al trasfondo jurídico y del régimen de usos, tiene repercusiones para la gestión posterior”* (IAVH, 2014).

2.2 DOCUMENTO DE SOPORTE TÉCNICO 2: DETERMINACIÓN DE CAUDALES AMBIENTALES

2.2.1. Consideraciones generales en relación al Caudal Ambiental

- (1) Recientemente, el río Bogotá y su cuenca han recibido amplia atención. El 2 de abril de 2019, las tres Corporaciones Autónomas Regionales de la cuenca, mediante Resolución 957 de 2019, aprobaron el ajuste y la actualización del Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCA) del río Bogotá. Por medio de la cual se obliga a los municipios en la cuenca a ajustar o adoptar los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) para que se alineen con los objetivos que el POMCA establece (CAR, Corpoguavio, & Corporinoquia, 2019).
- (2) El 19 de noviembre de este mismo año, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), como resultado de una acción popular y la consecuente sentencia legal, aprobó la Resolución 1869 de 2019 “por medio de la cual se designa el área de la cascada del Salto de Tequendama como patrimonio natural de Colombia”, resaltando la gran importancia histórica y cultural del mismo (MADS, 2019a).
- (3) Para este mismo año MADS y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) publicaron la ‘Metodología para la Estimación del Caudal Ambiental en Colombia’ (MADS & IDEAM, 2019a), y el 18 de diciembre de ese año, MADS expidió mediante la Resolución 2130 la ‘Metodología para la Estimación del Caudal Ambiental en el Río Bogotá’ (MADS & IDEAM, 2019b). Estas dos metodologías establecen, para el territorio nacional y la cuenca del río Bogotá respectivamente, “un enfoque metodológico y los criterios mínimos para la estimación y evaluación de

caudales ambientales” (MADS & IDEAM, 2019a, 2019b, p.4), para poder calcular la oferta hídrica disponible a escala regional, y en el caso de proyectos que requieren licencia ambiental.

- (4) “La estructura metodológica para la estimación del caudal ambiental a escala regional por parte de la autoridad ambiental competente está constituida por dos niveles de implementación, los cuales se han denominado Estimación y Gestión”. El Nivel 1 de la guía se orienta a la determinación de los regímenes de caudal ambiental se enmarca en el nivel de ‘Estimación’ que destaca la importancia de considerar no solamente el funcionamiento ecológico de un cuerpo de agua y su cuenca para la determinación de estos regímenes, sino también los servicios ecosistémicos que estos prestan (MADS & IDEAM, 2019a). De la misma fuente anterior se cita *“El nivel 2 de Gestión se desarrolla a partir de los resultados obtenidos en el nivel 1 durante la fase de evaluación de servicios ecosistémicos, con lo cual se determinan los lineamientos para la gestión ambiental que deben ser considerados en los instrumentos de planificación y administración de los recursos naturales renovables que involucran el recurso hídrico superficial”*.
- (5) Aunque la ‘Metodología para la Estimación del Caudal Ambiental en Colombia’ (MADS & IDEAM, 2019a) reconoce a los servicios ecosistémicos (de aprovisionamiento y culturales, parágrafo 3.2) asociados al cuerpo de agua y la cuenca como insumos importantes en el proceso de calcular los regímenes del caudal ambiental, a escala mundial *“la mayoría de los enfoques para determinar el caudal ambiental permanecen basados en las ciencias biofísicas”* (Anderson et al., 2019, p.2). En otras palabras, aunque el funcionamiento ecológico normalmente se considera en la determinación del caudal ambiental, es mucho menos común incluir a los servicios ecosistémicos de una forma explícita. Eso también se ve reflejado en la ‘Metodología’ (MADS & IDEAM, 2019a) que, aunque establece lineamientos detallados para el cálculo del caudal ambiental con base en el funcionamiento ecológico, no se plantea una ruta metodológica clara para incorporar los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento y culturales en este cálculo. Por lo anterior, existe una necesidad clara de definir una aproximación metodológica que permita profundizar la comprensión del funcionamiento ecológico de cuencas hidrográficas en la vía de identificar y evaluar servicios ecosistémicos que deban mantenerse en diferentes escenarios del caudal del río Bogotá, y así garantizar que diversos tipos de actores sociales puedan continuar beneficiándose de que esto ocurra.

2.2.2. Definición de Caudal Ambiental

El caudal ambiental es un concepto clave en el manejo de los regímenes del flujo de agua en cuencas hidrográficas, y por ende tiene una fuerte relación con la provisión de servicios ecosistémicos hidrológicos. La Declaración de Brisbane de 2018 define el caudal ambiental como “la cantidad, el momento de entrega y la calidad de los flujos y niveles de agua dulce necesarios para mantener los ecosistemas acuáticos que, a su vez, apoyan las culturas humanas, las economías, los medios de vida sostenibles y el bienestar” (Arthington et al., 2018, p.11), reconociendo su importancia no solamente para mantener ecosistemas acuáticos, sino también en el bienestar de las personas que dependen de estos.

La normatividad colombiana se apoya en esta definición del caudal ambiental, definiéndolo como **“el volumen de agua por unidad de tiempo, en términos de régimen y calidad, requerido para mantener el funcionamiento y resiliencia de los ecosistemas acuáticos y su provisión de servicios ecosistémicos”** (MADS & IDEAM, 2019a, p.6). Es importante destacar que esta aproximación no implica mantener un volumen o nivel de agua específico (mínimo), sino más bien “un régimen de caudales o niveles con sus respectivos atributos ecológicamente relevantes, requeridos para soportar y/o regular los procesos físicos, químicos y biológicos que sostienen la biodiversidad y su prestación de servicios ecosistémicos” (MADS & IDEAM, 2019a, p.7).

Es decir, el caudal ambiental puede variar a través del espacio y el tiempo, dependiendo del ‘objetivo ambiental’ definido para el tramo del cuerpo de agua de interés. Es así como la ‘Metodología para la Estimación del Caudal Ambiental en Colombia’ (‘Metodología’ de ahora en adelante) distingue entre un objetivo ambiental relacionado con el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos existentes (donde la conservación de ciertas especies de flora y/o fauna es lo más importante), y uno asociado con la prestación de servicios ecosistémicos (es decir que el aprovechamiento por parte de los diferentes usuarios es lo más clave). Esto quiere decir, que el primer objetivo prioriza las funciones y procesos de los ecosistemas y los servicios de regulación, mientras que para el segundo los servicios de aprovisionamiento y culturales son fundamentales (MADS & IDEAM, 2019a).

En esta línea, el primer caso implica que el caudal ambiental está relacionado al mantenimiento, o la restauración de un régimen natural de flujo del agua y se compone de cinco elementos esenciales (Minambiente & IDEAM, 2019a): (1) La magnitud, se refiere a la cantidad de agua en un punto/tramo en un momento específico. (2) La frecuencia de ocurrencia, que tiene que ver con el número de veces que una cierta cantidad de agua ocurre en un tiempo determinado. (3) La duración, entendida como el período de tiempo asociado a la ocurrencia de una cierta cantidad de agua. (4) El momento de aplicación u ocurrencia, que depende de la estacionalidad de la ocurrencia de una cierta cantidad de agua. (5) La tasa de cambio, explicada por el ritmo o velocidad con que un caudal cambia de una magnitud a otra. Es de notar que estos cinco componentes esenciales se conectan directamente con tres de los cuatro atributos claves del régimen de flujos identificados en el Parágrafo 3.7 (cantidad, lugar y momento de entrega). El cuarto atributo (calidad del agua) hace parte de la definición del caudal ambiental adoptada por la ‘Metodología’. Para el segundo objetivo el caudal ambiental se determina como un régimen de flujos que garantice la prestación de servicios ecosistémicos de aprovisionamiento y culturales aguas abajo (MADS & IDEAM, 2019a).

2.2.3. Guía de estimación de caudales ambientales: Paso 1 del Nivel de estimación

Este nivel está compuesto por cuatro fases:

- Fase 1: Levantamiento de información y caracterización de cuerpos de agua.

- Fase 2: Estimación del régimen de caudal ambiental, considerando el funcionamiento ecológico (hidrología y ecología) o el servicio ecosistémico de mayor condicionamiento.
- Fase 3: Evaluación del régimen de caudal ambiental, considerando servicios ecosistémicos (calidad del agua y bienestar humano).
- Fase 4: Seguimiento a la implementación del régimen de caudales ambientales.

2.2.3.1. Nivel de estimación 1 – Fase 1: Levantamiento de información y caracterización del cuerpo de agua

PASO 1: DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El ciclo hidrológico de acuerdo al Glosario Hidrológico Internacional es la “*Sucesión de fases por las que pasa el agua en su movimiento de la atmósfera a la Tierra y en su retorno a la misma: evaporación del agua del suelo, del mar y de las aguas continentales, condensación en forma de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o en masas de agua y reevaporación*”. El espacio geográfico limitado por divisorias de agua donde se expresa el ciclo hidrológico se conoce como cuenca la cual es el “*Área que tiene una salida única para su escorrentía superficial (RT)*” siendo la escorrentía superficial la “*Parte de la precipitación que fluye por la superficie del suelo*” (Organización Meteorológica Mundial & Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura, 2012) basado en lo anterior el Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) define la cuenca como “*una unidad de territorio donde las aguas fluyen mediante un sistema natural interconectado; en la cual pueden interactuar uno o varios elementos biofísico-socioeconómicos y culturales*” (IDEAM, 2013). Con base en las definiciones anteriores el IDEAM realizó la zonificación y la codificación de las cuencas hidrográficas en el país que permite conocer la delimitación, distribución y jerarquización de las cuencas del territorio colombiano con fines de gestión del recurso hídrico y aplicación de las políticas y planes de ordenación y manejo de cuencas que se vienen implementando (IDEAM, 2013). La zonificación se realizó teniendo como marco conceptual la cuenca hidrográfica definida interiormente y para la codificación se estableció un consecutivo numérico compuesto por diez dígitos. Este código está conformado de la siguiente manera: (IDEAM, 2013):

1. El primer dígito corresponde a las áreas hidrográficas
2. El segundo dígito representa las zonas hidrográficas
3. El tercer y el cuarto dígito corresponden a las subzonas hidrográficas
4. El quinto y sexto dígito indican el número de la unidad hidrográfica en el nivel I de desagregación de las subzonas
5. El séptimo y octavo dígito indican el número de unidad hidrográfica nivel II, producto de la desagregación de las unidades hidrográficas de nivel I
6. El noveno y décimo dígito indican el número de unidad hidrográfica nivel III, producto de la desagregación de las unidades hidrográficas de nivel II

Los cuatro primeros dígitos de la codificación fueron asignados por IDEAM y los 6 dígitos siguientes deben ser asignados por la corporación autónoma, la cual debe realizar la zonificación hidrográfica regional con apoyo de la cartografía base oficial y el modelo de elevación digital (IDEAM, 2013). De acuerdo a la Metodología para la Estimación del Caudal Ambiental en el Río Bogotá propuesta por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, *“La delimitación del área de estudio deberá representarse, como mínimo, en un mapa de acuerdo con las escalas de trabajo establecidas para los niveles definidos en la estructura hidrográfica para la planificación y manejo del recurso hídrico a los que se refiere el Decreto 1076 de 2015”* (MADS & IDEAM, 2019). En el artículo 2.2.3.1.1.4 del decreto referido se establece la siguiente estructura hidrográfica: 1. Áreas Hidrográficas o Macrocuencas; 2. Zonas Hidrográficas; 3. Subzonas Hidrográficas o su nivel subsiguiente; y Microcuencas y Acuíferos. Igualmente, la metodología propuesta establece *“La escala se define en función tanto del cuerpo de agua de estudio como del respectivo instrumento de gestión integral del recurso hídrico; para el caso específico de los POMCA, PORH y reglamentaciones del uso de las aguas, se debe trabajar, como mínimo, a una escala 1:25.000; para el caso de los planes de manejo ambiental de microcuencas (e.g. microcuencas abastecedoras), la escala de trabajo, como mínimo, será 1:10.000”* (MADS & IDEAM, 2019). *“Para la definición del área de estudio y la respectiva red de drenaje en casos diferentes a los mencionados en el párrafo anterior, esta corresponderá, por lo menos, al nivel II subsiguiente al de la zona hidrográfica en donde se encuentre el cuerpo de agua de interés, de acuerdo con la zonificación hidrográfica establecida por la Autoridad Ambiental competente según las orientaciones dadas en el documento de Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia. La escala de trabajo, como mínimo, será 1:25.000”* (MADS & IDEAM, 2019).

Finalmente se puede concluir que la delimitación del área de estudio para la estimación del Caudal ambiental en el contexto colombiano debe enmarcarse en el nivel de estructura hidrográfica (e.g. áreas, zonas, subzonas, unidad hidrográfica nivel I, unidad hidrográfica nivel II y unidad hidrográfica nivel III) y sus respectivos diez dígitos de codificación. Actualmente para todo el territorio nacional se cuenta con la zonificación y codificación hasta el nivel de subzona hidrográfica, sin embargo, en el caso que el área de estudio corresponda con niveles subsiguientes y que la autoridad ambiental en la jurisdicción no cuente con esta zonificación y codificación, se debe realizar la misma a las escalas correspondientes de acuerdo a la normatividad y con la mejor información disponible de modelos de elevación digital.

PASO 2: Definición de unidades de análisis del cuerpo de agua

En la metodología propuesta por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible se introduce la clasificación morfológica de las corrientes de agua superficial como el *“eje articulador de los diferentes componentes de la estructura metodológica para la estimación de caudales ambientales. Lo anterior, teniendo en cuenta que la configuración morfológica de una corriente permite diferenciar la forma en que ocurren procesos morfodinámicos. Asimismo, la morfología del cauce define la estructura física del hábitat fluvial la cual, junto con el régimen de caudales, determina la idoneidad de dicho hábitat para el sustento de la biodiversidad y su provisión de servicios ecosistémicos”* (MADS & IDEAM, 2019). La guía añade que *“**Para el caso de cuerpos lenticos**, se debe acudir a información batimétrica y de sensores remotos para hacer su caracterización geomorfológica y ecológica preliminar. La caracterización geomorfológica de cuerpos lenticos debe tener en cuenta atributos morfológicos e hidrológicos que permitan ser monitoreados para hacer seguimiento a los*

eventuales impactos que se puedan presentar como consecuencia de intervenciones de origen antrópico (Brinson et al., 1997). En este caso, se deberán utilizar técnicas disponibles en la literatura técnica especializada para la clasificación hidro-morfológica de los cuerpos lenticos bajo estudio (e.g. Brinson, 1993; Smith et al., 1995; Brinson et al., 1997)”.

PASO 3: Definir la estrategia de levantamiento de información

“Luego de caracterizar morfológicamente la red de drenaje, se procede a recopilar la respectiva información secundaria y primaria. Como síntesis, en la Tabla 1 se presentan las necesidades básicas de información, su uso dentro del esquema metodológico y sus posibles fuentes de obtención” (MADS & IDEAM, 2019).

Tabla 1: Síntesis de información básica requerida para la estimación y evaluación de caudales ambientales (MADS & IDEAM, 2019)

Fases	Información	Fuentes de información	Uso principal en la metodología
Fase 2: Estimación de caudal ambiental considerando el funcionamiento ecológico	Secciones topobatimétricas y mediciones de caudal/nivel por segmento.	Trabajo en campo.	Identificación de métricas hidromorfológicas de interés ecológico.
		Aforos (sección mojada y orillas).	
		Estudios anteriores (ronda hídrica, adecuación hidráulica).	
		Permisos de ocupación de cauces.	
Series de tiempo hidrometeorológicas.		Catálogo IDEAM.	Identificación de métricas hidrológicas de interés ecológico
		Productos globales.	Evaluación de la alteración del régimen de flujo
Fase 3: Evaluación caudal ambiental considerando servicios ecosistémicos	Inventario de usuarios del recurso hídrico y obras de infraestructura.	Bases de datos / SIRH / RURH / Permisos y licencias ambientales.	Usos del agua, impactos acumulativos en la cantidad y calidad del agua. Estimación de aprovechamientos para objetivos ambientales relacionados con servicios ecosistémicos de

Fases	Información	Fuentes de información	Uso principal en la metodología
			aprovisionamiento o culturales.
	Datos de calidad del agua (aguas superficiales y vertimientos).	Instrumentos de planificación y administración de los recursos naturales renovables.	Caracterización de las propiedades asimilativas del cuerpo de agua.
	Talleres y entrevistas.	Trabajo en campo.	Identificación de problemáticas y conflictos ambientales.

“La información secundaria incluye toda aquella información proveniente de la consolidación de productos generados en el marco de los principales instrumentos de planificación y administración de los recursos naturales renovables, y que debe emplearse en el desarrollo e implementación de los diferentes componentes del Nivel 1 de la estructura metodológica” (MADS & IDEAM, 2019). Dentro de la información secundaria se debe recopilar la información proveniente de redes de monitoreo, obras de infraestructura, vertimientos puntuales, información hidrométrica, servicios ecosistémicos (e.g. regulación, soporte, aprovisionamiento, culturales), información de usos y usuarios, así como información de problemáticas y conflictos ambientales. Un punto de partida para la recopilación son los instrumentos de ordenamiento del recurso hídrico (Planes Estratégicos de Macrocuencas, POMCA, PORH, PMA) así como aquellos instrumentos de ordenamiento como los Planes de Ordenamiento Territorial (POT). *“La información primaria puede obtenerse a través de estudios en donde se lleven a cabo campañas de monitoreo que incluyen no sólo variables hidrométricas e hidráulicas, sino también variables físicas, químicas, microbiológicas e hidrobiológicas, como es el caso de la mayoría de los instrumentos de planificación del recurso hídrico y los estudios de impacto ambiental”* (MADS & IDEAM, 2019). Se recomienda como información primaria el levantamiento de información hidrométrica en sitios de monitoreo, así como a escala de tramo (e.g. propiedades de la sección transversal, aforos de caudal líquido y sólido), información de calidad de agua (e.g. Variables Físicoquímicas, Variabilidad Estacional, Variabilidad Temporal, Propiedades Asimilativas), información hidrobiológica (e.g. algas, macroinvertebrados acuáticos, peces, Vegetación riparia y macrófitas) y aquella que permita la identificación de problemáticas y conflictos ambientales.

2.2.3.2. Nivel de estimación 1 – Fase 2: Estimación del caudal ambiental considerando el funcionamiento ecológico

Aunque la guía se encuentra mayormente explícita para sistemas loticos, ésta señala que *“Es importante mencionar que la variable fundamental para el caso de cuerpos de agua*

loticos es el caudal, mientras que para los cuerpos de agua lenticos es el nivel o volumen. Por lo tanto, una vez que se haga referencia a series de caudal, entiéndase que corresponde a arroyos, quebradas o ríos, mientras que las series de nivel o volumen hacen referencia a cuerpos de agua como lagos, lagunas, embalses, ciénagas o sistemas de agua con aguas relativamente quietas (lenticos) en general. No obstante, debe tenerse en cuenta que el análisis de los cuerpos de agua lenticos es integral, por lo que se deben considerar los principales cuerpos loticos aferentes (Yang y Mao, 2011)”.

PASO 0: Definir el objetivo ambiental o condición ecológica del cuerpo de agua

“El objetivo ambiental o condición ecológica del cuerpo de agua estará asociado a la prestación de algún (o algunos) servicio (s) ecosistémico (s) en particular. En el caso de servicios ecosistémicos de soporte o regulación, éstos se relacionan con estrategias ambientales para el logro de la preservación o restauración del régimen natural de flujo. En el caso de servicios ecosistémicos de aprovisionamiento o culturales, éstos se relacionan con los principales usos para el abastecimiento de las demandas de los diferentes sectores usuarios incluidos aquellos usos relacionados con la percepción, recreación, ritos o pagos” (MADS & IDEAM, 2019).

“Para el establecimiento del objetivo ambiental o condición ecológica del cuerpo de agua se deberán tener en cuenta los objetivos contenidos en instrumentos de planificación del recurso hídrico en los que se contemplen escenarios futuros para el cuerpo de agua. Particularmente, se deberán considerar los servicios ecosistémicos que se hayan priorizado en instrumentos de escala regional como los Planes Estratégicos de la Macrocuena, o los usos y objetivos de calidad establecidos para el corto, mediano o largo plazo en instrumentos como el PORH. En caso de no contar con ninguno de dichos instrumentos para un cuerpo de agua en particular, la Autoridad Ambiental deberá definir el objetivo ambiental a partir de los usos del agua actuales y potenciales” (MADS & IDEAM, 2019).

“Es importante aclarar que, si bien el objetivo ambiental o condición ecológica del cuerpo de agua estará asociado a la prestación de algún (o algunos) servicio (s) ecosistémico (s) en particular, dicho objetivo no implica la prohibición de la prestación de servicios ecosistémicos diferentes a los priorizados en cada tramo del cuerpo de agua. En otras palabras, la priorización de un servicio ecosistémico implica que el objetivo ambiental corresponde al mantenimiento del régimen de caudales requerido para la prestación del mismo, permitiendo la prestación de servicios ecosistémicos diferentes al priorizado en el tramo, siempre que dicha prestación no genere alteración en los atributos del régimen requeridos para el cumplimiento del objetivo definido” (MADS & IDEAM, 2019).

PASO 1: Caracterizar el régimen natural o actual de flujo

“El paso 1 consiste en realizar una caracterización de los principales atributos del régimen del flujo los cuales tienen particular influencia en la salud de los ecosistemas acuáticos (magnitud, duración, frecuencia, tasa de cambio, momento de aplicación o de ocurrencia)” (MADS & IDEAM, 2019). “El régimen de flujo a caracterizar como referencia dependerá del objetivo ambiental o condición ecológica del cuerpo de agua. Si dicho objetivo corresponde con la prestación de servicios ecosistémicos asociados a soporte o regulación, se deberá caracterizar el régimen natural de flujo, mientras que si dicho objetivo está asociado con

servicios ecosistémicos culturales o de aprovisionamiento, la caracterización se deberá realizar considerando la oferta hídrica total en condiciones actuales de alteración y las métricas corresponderán con los usos que se tengan como prioridades partiendo de lo más o lo menos restrictivo” (MADS & IDEAM, 2019).

Para lograr la caracterización del régimen (natural o actual) existen dos escenarios; el primero es el de disponibilidad de información hidrológica en el cual para el caso de caracterización del régimen natural de flujo permite identificar la alteración del régimen de flujo, posterior a esto se obtienen los caudales medios diarios y el régimen de caudales que permite realizar la caracterización del régimen anual de caudales. El segundo escenario es el de no disponibilidad de información hidrológica, en este escenario se debe construir una herramienta de simulación mediante la implementación de los protocolos estándar de modelación (e.g. modelo conceptual, modelo computacional, configuración del modelo, desempeño del modelo, calibración y validación), posterior al desarrollo de esta herramienta de simulación se obtienen los caudales medios diarios y el régimen de caudales que permite realizar la caracterización del régimen anual de caudales. De acuerdo a lo anterior el paso de caracterización del régimen natural o actual de flujo busca la estimación de caudales medios diarios con el fin de obtener los caudales medios mensuales multianuales. La diferencia entre las dos caracterizaciones (natural o actual) consiste en que en el caso del régimen natural se debe identificar la serie naturalizada de caudales. Igualmente, existe una diferencia entre escenarios de información hidrológica y el escenario de ausencia de información hidrológica; en el primero se utiliza la información disponible y en el segundo se construye herramientas de simulación.

PASO 2: Calcular métricas de interés

“En caso que el objetivo ambiental corresponda con la preservación del régimen requerido para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos existentes (por ejemplo, cuando el uso actual del agua corresponda con la preservación de flora y fauna, o cuando exista el interés de proteger alguna especie en riesgo de extinción, o relacionada con algún servicio ecosistémico de soporte o regulación), se deberán estimar métricas hidro-morfométricas de interés ecológico que serán utilizadas en pasos posteriores para la identificación y caracterización de eventos de interés ecológico del régimen natural e intervenido de caudales. En caso contrario, se deberán estimar umbrales relacionados con la prestación de los servicios ecosistémicos particulares asociados a los usos del agua actuales y proyectados, de forma que se garantice la prestación de dichos servicios luego del aprovechamiento” (MADS & IDEAM, 2019). Se sugieren cuatro métricas para el objetivo asociado a servicios ecosistémicos de soporte o regulación, estas son; caudal mínimo con periodo de retorno de 10 años, caudal máximo con periodo de retorno de 15 años, caudal de conectividad longitudinal (Q_{t-q}) y caudal de conectividad lateral (Q_b). Para el cálculo de las dos primeras métricas se sugiere el ajuste de las series de caudales máximos y mínimos a distribuciones de probabilidad que permitan el cálculo de caudales para diferentes periodos de retorno. Para las métricas (Q_{t-q}) y (Q_b) se requiere el uso de información hidrométrica a partir de modelos hidráulicos o secciones transversales. *“Para aquellos tramos del cuerpo de agua en los que no se tenga priorizado el mantenimiento o restauración de los atributos del régimen de caudales que permiten el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos, se deben establecer métricas que permitan mantener la prestación*

de los servicios ecosistémicos priorizados en el tramo, sin afectar los servicios ecosistémicos prestados por el cuerpo de agua en tramos localizados aguas abajo. Dicha priorización debe tener en cuenta las disposiciones normativas vigentes en la materia, incluyendo lo dispuesto en el artículo 2.2.3.2.7.6 del Decreto 1076 de 2015, así como los servicios públicos que hagan uso del recurso en cada tramo del cuerpo de agua, de acuerdo con las definiciones de la Ley 142 de 1994” (MADS & IDEAM, 2019).

PASO 3: Identificar y caracterizar los eventos de interés del régimen de referencia

“En caso que el objetivo ambiental corresponda con la preservación del régimen requerido para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos existentes, se deben caracterizar los eventos de interés de las series de caudal medio diario simuladas u observadas. Dicha caracterización debe incluir la estimación de la duración T , la magnitud D y la intensidad I de aquellos eventos que se encuentran por encima de la métrica Q_B y por debajo de la métrica Q_{max} $T_r = 15$ años; y por debajo de la métrica Q_{t-q} pero por encima de la métrica Q_{min} $T_r = 10$ años. El rango de valores se constituye entonces en la serie de caudales que probablemente mantendrían la sostenibilidad de dinámicas ecosistémicas similares a las establecidas históricamente, en escala ecológica, por el régimen de caudales del cuerpo de agua evaluado, considerando la variabilidad” (MADS & IDEAM, 2019). “Por su parte, para aquellos tramos del cuerpo de agua en los que no se tenga priorizado el sostenimiento de los atributos del régimen de caudales que permiten el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos, este paso de la metodología no aplica, y se debe proceder a la definición de la propuesta de aprovechamiento máximo de caudales” (MADS & IDEAM, 2019).

PASO 4: Generar la propuesta de aprovechamiento máximo de caudales

“Este paso consiste en establecer el límite de aprovechamiento que tendría el cuerpo de agua en cada tramo de análisis sin producir alteración significativa de los atributos de interés del régimen natural de flujo obtenidos en el paso anterior o sin afectar los servicios ecosistémicos prestados por el cuerpo de agua. Para ello, se propone un proceso iterativo a partir del cual es posible estimar mes a mes el porcentaje máximo de caudal que podría extraerse (captarse, desviarse, etc.) teniendo como referente el caudal medio mensual para cada mes” (MADS & IDEAM, 2019).

PASO 5: Identificar los eventos de interés para la serie alterada de caudales o niveles

“Partiendo de la serie de caudales obtenida aguas abajo, es posible aplicar nuevamente el proceso de identificación y caracterización de los estadísticos de los eventos de interés ecológico utilizando las mismas métricas del Paso 3, en caso que el objetivo ambiental corresponda con la preservación del régimen requerido para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos existentes” (MADS & IDEAM, 2019). “Por su parte, para aquellos tramos del cuerpo de agua en los que no se tenga priorizado el sostenimiento de los atributos del régimen de caudales que permiten el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos, se debe usar la serie de caudales obtenida aguas abajo para verificar que la regla de aprovechamiento definida no interfiere con los servicios ecosistémicos priorizados para cada tramo del cuerpo de agua, aguas abajo del tramo estudiado” (MADS & IDEAM, 2019).

PASO 6: Evaluar iterativamente la alteración del régimen de flujo a partir de los resultados de los pasos 3 y 5

*“En caso que el objetivo ambiental corresponda con la preservación del régimen requerido para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos existentes, la comparación entre las condiciones naturales y las posteriores al aprovechamiento puede hacerse mediante una prueba estadística t para muestras independientes, la cual se lleva a cabo mes a mes para cada uno de los eventos de interés ecológico de variación intra-anual identificados y sus atributos (duración, magnitud e intensidad). La prueba t a utilizar deberá ser de dos colas con un nivel de significancia de 0.05 y se deberá comprobar previamente para su aplicación que las varianzas sean idénticas o diferentes, mediante la aplicación de una prueba estadística F . De esta manera es posible definir para cada mes el máximo caudal aprovechable que no induce alteración del régimen hacia aguas abajo. En la **Error! Reference source not found.** se ilustra la comparación entre la variabilidad mensual de las duraciones de un evento en condiciones naturales (diagrama de cajas azules) y luego del aprovechamiento P (diagrama de cajas rojas) a partir de una prueba t de Student con varianzas idénticas” (MADS & IDEAM, 2019). “Por su parte, para aquellos tramos del cuerpo de agua en los que no se tenga priorizado el sostenimiento de los atributos del régimen de caudales que permiten el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos, este paso consiste en realizar el ajuste iterativo de la regla de aprovechamiento definida en el paso 4, hasta obtener una serie aguas abajo que no genere interferencia con los servicios ecosistémicos priorizados en los tramos localizados aguas abajo del cuerpo de agua” (MADS & IDEAM, 2019).*

PASO 7: Obtener la información hidrobiológica de línea base que servirá como referencia para el seguimiento a la implementación de los caudales ambientales

“Los atributos del régimen de caudales en un cuerpo de agua tienen repercusiones, no sólo sobre cambios físicos, sino también en la estructura, composición taxonómica y la funcionalidad de los ecosistemas acuáticos. Por lo tanto, las comunidades hidrobiológicas son fundamentales como bioindicadores en el manejo y monitoreo de los recursos hídricos, pues reflejan las modificaciones físicas y químicas generadas por cambios en el régimen de caudales presente en el cuerpo del agua” (MADS & IDEAM, 2019). La metodología propone cuatro indicadores: (1) Índices Ecológicos: Aborda la mirada clásica de cambios en la estructura y composición de la comunidad hidrobiológica, los cuales son evaluados usando índices ecológicos como riqueza y diversidad. (2) Estimación de idoneidad del hábitat para la comunidad íctica: Aborda la perspectiva de la evaluación de las condiciones de hábitat requerido o idóneo para el mantenimiento de comunidad íctica. (3) Desarrollo de indicadores ecológicos: Consiste en una metodología para determinar a mediano plazo los valores óptimos y de tolerancia de las comunidades hidrobiológicas, con el fin de tener argumentos que orienten a futuro la toma de decisiones relacionadas con modificaciones del régimen de caudal. (4) Evaluación funcional: Se realiza una evaluación sobre los aspectos funcionales a través de los rasgos biológicos, los cuales permiten evaluar de manera directa e integral la relación entre los procesos ligados a los regímenes de caudal y la funcionalidad, reflejada en el papel o rol que cumplen las especies, así como sus estrategias de vida.

2.2.3.3. Nivel de estimación 1 – Fase 3: Evaluación del régimen de caudal ambiental, considerando servicios ecosistémicos (calidad de agua y bienestar humano)

PASO 1: Determinar la capacidad de asimilación de los cuerpos de agua

“La modelación de calidad del agua debe realizarse siguiendo un protocolo estricto de modelación que permita calibrar y modelar un modelo predictivo a escala de tramo, que represente de manera adecuada los procesos y transformaciones que ocurren en los cuerpos de agua de interés. Para esto, deben priorizarse los tramos que permitan caracterizar las transformaciones de calidad más relevantes en el cuerpo de agua estudiado, es decir, aquellos tramos en los que se presenten los aportes de carga contaminante más significativos” (MADS & IDEAM, 2019). “Una vez definida la estrategia de simulación de calidad de agua en la escala de tramo, se procede con la extensión del modelo a la escala regional de tal forma que sea posible simular perfiles de calidad de agua a lo largo de los cuerpos de agua de interés en el área de estudio.” (MADS & IDEAM, 2019).

PASO 2: Simular escenarios críticos

“El objetivo de este paso es verificar si para diferentes condiciones críticas, no emergen problemáticas asociadas con la disponibilidad de agua o la calidad del agua en el área de estudio. Asimismo, este análisis apunta hacia la identificación de los condicionamientos que deben incluirse en los instrumentos de administración y planificación del recurso hídrico” (MADS & IDEAM, 2019).

PASO 3: Identificar problemáticas ambientales

“Las problemáticas ambientales son cambios operados en el medio ambiente o en alguno de sus componentes por la acción humana. Pueden referirse a los impactos sobre el entorno físico-biótico, que tienen que ver con los usos del agua para el aprovisionamiento y la disposición de aguas residuales en los cuerpos de agua superficial” (MADS & IDEAM, 2019).

PASO 4: Identificar conflictos ambientales

“Los conflictos ambientales son un tipo particular de conflicto social en los que la temática en disputa se refiere a aspectos ambientales. Los temas convocantes usualmente tienen que ver con la calidad de vida de las personas o las condiciones del ambiente, o de alguno de sus componentes: el agua, el suelo, la flora, la fauna, los derechos, etc.” (MADS & IDEAM, 2019).

PASO 5: Consolidar problemáticas y conflictos ambientales

“A partir de los resultados de la simulación de escenarios críticos descrita en el paso 2, y los resultados consolidados de los pasos 3 y 4, se debe identificar la tipología de medidas de gestión a implementar en el nivel 2 de la metodología, considerando principalmente las problemáticas y los conflictos asociados a la disponibilidad del recurso hídrico por cantidad y calidad. Este paso es fundamental para identificar los factores exógenos que afectan la prestación de los servicios ecosistémicos de los cuerpos de agua objeto de estudio, como por ejemplo demandas de usuarios mayores a la oferta hídrica total, o fuentes puntuales y difusas de contaminación que sobrepasan la capacidad de asimilación del cuerpo de agua. En tal sentido, se deberá identificar el instrumento que contribuya a la solución integral de tales problemáticas o conflictos.” (MADS & IDEAM, 2019).

2.2.3.4. Nivel de estimación 1 – Fase 4: Seguimiento a la implementación del régimen de caudales ambientales

“Esta fase consiste en las acciones de seguimiento que se deben realizar con posterioridad a la implementación del régimen de caudales ambientales, con el fin de verificar las hipótesis asumidas durante el proceso de estimación, así como evaluar el efecto de la implementación de dicho régimen sobre aspectos como la morfología del cuerpo de agua, la disponibilidad de hábitats, el componente hidrobiológico y la prestación de servicios ecosistémicos” (MADS & IDEAM, 2019).

2.3 PROPUESTA DE TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LA CONTRATACIÓN DE ESTUDIOS DE CAUDAL ECOLÓGICO

<u>SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE</u>
CONTRATO DE CONSULTORÍA
DESCRIPCIÓN DE LA NECESIDAD (Art. 2.2.1.1.2.1.1.Dec 1082 de 2015)

PROYECTO	7769- IMPLEMENTACIÓN DE INTERVENCIONES PARA LA RESTAURACIÓN Y MANTENIMIENTO DE ÁREAS DE LA ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL, CERROS ORIENTALES Y OTRAS ÁREAS DE INTERÉS AMBIENTAL DE BOGOTÁ
LÍNEA	IMPLEMENTAR INTERVENCIONES PARA LA RESTAURACIÓN Y MANTENIMIENTO ECOLÓGICO EN LA ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL, LA FRANJA DE ADECUACIÓN DE LOS CERROS ORIENTALES Y OTRAS ÁREAS DE INTERÉS AMBIENTAL EN EL D.C.
META	RESTAURAR, REHABILITAR O RECUPERAR A 370 NUEVAS HECTÁREAS DEGRADADAS EN LA ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL Y ÁREAS DE INTERÉS AMBIENTAL, CON 450.000 INDIVIDUOS.

OBJETIVOS JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE

Mediante el Decreto 109 de 2009, el cuál definió la estructura de la Secretaría Distrital de Ambiente y de manera específica, en su artículo 21 se establece que la Dirección de Gestión Ambiental, tiene por objeto dirigir la ejecución de los planes, programas y proyectos ambientales por medio de procesos técnicos para el cumplimiento de las políticas que en materia ambiental sean aplicables al Distrito, y que dentro de sus funciones se encuentra la de dirigir las acciones identificadas en los planes y programas para el fortalecimiento del sistema de áreas protegidas y la conservación de áreas de importancia ambiental urbana y rural del Distrito Capital.

En el mismo sentido, el Plan de Desarrollo Distrital 2020-2024 “*Un nuevo contrato social y ambiental para el siglo XXI*”, estableció el Programa 28, Bogotá protectora de sus recursos naturales como uno de los propósitos del Contrato Social y Ambiental para la Bogotá del siglo XXI, con el fin de proteger, preservar, restaurar y gestionar integralmente la estructura ecológica principal, que incluye el sistema de áreas protegidas del Distrito, los parques urbanos, los corredores ecológicos y el área de manejo especial del Río Bogotá, así como los ecosistemas estratégicos de páramos, humedales y bosques, y otras áreas de interés ambiental y suelos de protección (...).

Por esto, uno de los grandes retos para la Secretaría Distrital de Ambiente consiste en avanzar, con un enfoque integral, hacia la consolidación de los elementos que componen la Estructura Ecológica Principal (EEP) del Distrito y que actualmente enfrentan diferentes desafíos como la expansión urbana y los conflictos en el uso del suelo, que a menudo desconocen los valores ambientales de los ecosistemas para su conservación y manejo, así como del grado de conectividad ecológica entre los mismos.

Dentro del Sistema Distrital de Áreas Protegidas, bajo la categoría de Parques Ecológicos Distritales, se reconocen actualmente 15 humedales con una extensión de 719,86 hectáreas, de los cuales 12 de ellos fueron declarados mediante la adopción del Plan de Ordenamiento Territorial (2004) y los tres restantes a través de la expedición de acuerdos expedidos por el Concejo Distrital, sin embargo, los humedales son los ecosistemas más vulnerables a los procesos de urbanización y expansión de la ciudad, construcción y uso del territorio, que no siempre han reconocido la importancia de su biodiversidad y los servicios ambientales que prestan a la ciudad de Bogotá; por esto la Alcaldesa Claudia Lopez, suscribió en el año 2019 con la ciudadanía capitalina el “Pacto por los Humedales” así como la emisión de los “Mandamientos por los humedales”

Considerando lo anterior, y para cumplir con lo ordenado en el Plan de Desarrollo

Distrital 2020-2024 *Un nuevo Contrato Social y Ambiental para la Bogotá del siglo XXI*, propósito 02 *“Cambiar nuestros hábitos de vida para reverdecer a Bogotá y adaptarnos y mitigar la crisis climática en el marco del Programa 28 “Bogotá protectora de sus recursos naturales”*, la Secretaría Distrital de Ambiente formuló el proyecto de inversión 7769 relacionado con la *“Implementación de intervenciones para la restauración y mantenimiento de áreas de la Estructura Ecológica Principal, Cerros Orientales y otras áreas de interés ambiental de Bogotá”*, mediante el cual se adelantan las acciones que permitan implementar la meta *“Restaurar, rehabilitar o recuperar a 370 nuevas hectáreas degradadas en la estructura ecológica principal y áreas de interés ambiental, con 450.000 individuos vegetales.”*, la cual busca priorizar áreas de alto interés ecológico como áreas protegidas declaradas en el área urbana y rural, corredores ecológicos, zonas de protección de la biodiversidad, áreas estratégicas para la conectividad ecológica, áreas de alto riesgo no mitigable y otras áreas de interés ambiental o proyectos regionales, para ser intervenidas integralmente en el marco de la Política Nacional de Restauración, Política Distrital de Humedales, protocolos de restauración Distrital y de Humedales, manuales y guías técnicas de la Secretaría Distrital de Ambiente.

Con el fin de direccionar los resultados de las anteriores acciones estratégicas con elementos técnicos y de forma transparente con la ciudadanía, la Secretaría Distrital de Ambiente busca estimar los regímenes de caudal ambiental para los humedales del Distrito Capital con enfoque de servicios ecosistémicos y haciendo las siguientes consideraciones:

- Hacer referencia al concepto de caudal ambiental, y no al de caudal ecológico; reconociendo la definición que adopta la Guía del MADS según resolución 2130 del 2019. La normatividad ambiental colombiana reciente ha permitido avanzar hacia el concepto de Caudal Ambiental, el cual robustece la noción anterior de Caudal Ecológico. Este hecho, unido al Decreto específico de determinación de caudales ambientales para el Río Bogotá ofrecen para la Secretaría Distrital de Ambiente y la CAR de Cundinamarca una oportunidad para actualizar y armonizar varias de las herramientas que se emplean en la gestión integral de los humedales y en general de todo el sistema hídrico del Río Bogotá.
- Se requieren estudios de base científica y tecnológica con enfoque sistémico, prospectivo y participativo para estimación de Caudales ambientales para el Sistema Hídrico del Río Bogotá, incluyendo no sólo el cauce principal y los afluentes tributarios, sino también a los humedales que formen parte de este sistema según conectividad hidráulica y ecológica.
- Los estudios de determinación de Caudal Ambiental siguiendo la normatividad reciente y específica para el Río Bogotá, también harán las consideraciones del caso para la incorporación los lineamientos y orientaciones no sólo de la Guía de acotamiento de rondas hídricas (MADS, 2018), sino también de los objetivos específicos de conservación que se desprendan según el enfoque que reconoce la Política Distrital de Humedales como un sistema de áreas protegidas.

Los resultados y productos que se obtengan de los estudios de estimación de caudales ambientales con enfoque de servicios ecosistémicos y siguiendo la metodología reciente promulgada por el MADS (2019) para el Río Bogotá, representan no sólo una gran oportunidad de armonización y articulación de instrumentos y normas ambientales, sino

también un gran contribución para fortalecer los ejercicios de planificación y gestión de de estos ecosistemas estratégicos, a través de la formulación y propuesta de acciones que aporten a la restauración y mantenimiento de la calidad ambiental y por ende de la oferta de los servicios ecosistémicos que prestan estas áreas, teniendo en consideración general que la restauración de humedales destruidos o degradados representa una oportunidad valiosa y rentable para la sociedad de recuperar y mejorar los beneficios para la salud y el bienestar humano, y la capacidad para mitigar el cambio climático y adaptarse a él. Además, el valor total de los beneficios que se derivan de un humedal restaurado puede ser a menudo varias veces superior al costo de su restauración, cuando a ello se suma el valor de los beneficios perdidos por causa de la degradación.

El ejecutor del estudio tendrá como objetivos: (1) Definir la zona de estudio dependiendo de la conectividad hidráulica y ecológica del humedal; (2) Establecer los objetivos ecológicos o ambientales; (3) Identificar y evaluar los servicios ecosistémicos del humedal; (4) Establecer los regímenes de caudal ambiental según la metodología de estimación de caudales ambientales para el río Bogotá (MADS, IDEAM 2019); (5) En los artefactos de modelación que se empleen hacer consideraciones de cambio climático, variabilidad climática y de acuerdo a las que se generen por la declaratoria de emergencia climática (Concejo Distrital de Bogotá, 2020).

En este sentido, es necesario contar con el apoyo de una entidad idónea que como persona jurídica o en consorcio adelante los respectivos estudios para el logro de los objetivos planteados anteriormente. En consecuencia, de lo anterior y en razón a que en la planta de personal no existe el personal suficiente con los conocimientos para ejecutar la actividad señalada, se requiere contratar los servicios de una persona jurídica (o consorcio) que reúna los requisitos del capítulo denominado “CRITERIOS PARA SELECCIONAR AL CONTRATISTA”.

DESCRIPCION OBJETO A CONTRATAR, ESPECIFICACIONES E IDENTIFICACION DEL CONTRATO A CELEBRAR.

(Art. 2.2.1.1.2.1.1 Dec. 1082 de 2015)

A. Objeto.

El contrato que se pretende celebrar tendrá por objeto: DETERMINAR EL CAUDAL AMBIENTAL PARA EL HUMEDAL (AQUÍ EL NOMBRE DEL HUMEDAL) SEGÚN LO ESTABLECIDO EN LA RESOLUCIÓN 2130 DEL 18 DE DICIEMBRE 2019 DEL MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (MADS, 2019) “METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DEL CAUDAL AMBIENTAL EN EL RÍO BOGOTA”.

CRITERIOS PARA SELECCIONAR AL CONTRATISTA: Ley 1150 de 2007 Art. 2° Núm. 4° literal h), artículo 2.2.1.2.1.4.9 Decreto 1082 de 2015.

Se requiere contratar los servicios de una entidad con personería jurídica propia (o en consorcio) demuestre mediante soportes la experiencia, capacidades y disposición de recursos para llevar a cabo en forma exitosa los objetivos planteados. Algunos de los requisitos mínimos son: (1) Conformación de un equipo de profesionales especializados en

hidrología, hidráulica, geomorfología, ecología, limnología, biología, y geomática, entre otros. (2) Experiencia general en proyectos de modelación hidrología e hidráulica de 10 años para el director y algunos de los perfiles de profesionales señalados anteriormente. (3) Experiencia específica en la construcción y calibración de herramientas de modelación relacionados con hidrología, hidrodinámica, hidrosedimentología, y servicios ecosistémicos.

PLAZO DE EJECUCION DEL CONTRATO

(Art. 2.2.1.1.2.1.1 Dec. 1082 de 2015)

El plazo de ejecución del contrato es de **doce (12) MESES**, una vez cumplidos los requisitos de perfeccionamiento y ejecución del contrato.

CONDICIONES GENERALES DEL CONTRATO:

TIPO DE CONTRATO A CELEBRAR: Contrato de consultoría o convenio de cooperación entre la secretaria distrital de ambiente y otra entidad.

LUGAR DE EJECUCIÓN DEL CONTRATO: La ejecución se desarrollará en Bogotá D.C. en la sede de la SDA Av. Caracas No 54–38 o el lugar donde se desarrollen las actividades por parte de la SDA .

OBLIGACIONES GENERALES DEL CONTRATO: Estas obligaciones se encuentran contenidas en el formato de cláusulas comunes a los contratos de consultoría (o convenio) y hacen parte integral del contrato a celebrar.

OBLIGACIONES ESPECÍFICAS: 1. Apoyar a la Secretaria Distrital de Ambiente en la gestión integral de los humedales del Distrito en el marco del objeto contractual y con énfasis en la restauración, recuperación y gestión integral del recurso hídrico. 2. Identificar la zona de estudio para el humedal en cuestión considerando la conectividad hidráulica y ecológica de mismo 3. Establecer los tramos y zonas para las cuales se estimará el régimen de caudal y de volumen (sistemas lénticos) según la zona de estudio a considerar. 4. Identificar, evaluar y valorar los servicios ecosistémicos que se produzcan, fluyan y consuman en la zona de estudio del humedal en estudio. 5. Proponer el régimen de caudales ambientales (y de volúmenes para el sistema léntico) de acuerdo a la metodología establecida por el MADS y el IDEAM (2019). (6) Hacer recomendaciones sobre el sistema de monitoreo con una propuesta de indicadores y variables de observación para no sólo garantizar una línea base adecuada, sino también propender por procesos de evaluación y seguimiento futuros bajo enfoque prospectivo y participativo. (7) Las demás actividades complementarias que se requieran para el desarrollo del objeto contractual.

PRODUCTOS: Documentos técnicos por separada que contengan los resultados y actividades que se desarrollen y obtengan para cada uno de las obligaciones específicas así: (1) Identificación de la zona de estudio para el humedal en cuestión considerando la conectividad hidráulica y ecológica de mismo 2. Definición de los tramos y zonas para las cuales se estimará el régimen de caudal y de volumen (sistemas lénticos) según la

zona de estudio a considerar. 3. Identificación, evaluación y valoración los servicios ecosistémicos que se produzcan, fluyan y consuman en la zona de estudio del humedal en estudio. 4. Propuesta de régimen de caudales ambientales (y de volúmenes para el sistema léntico) de acuerdo a la metodología establecida por el MADS y el IDEAM (2019). (5) Recomendaciones sobre el sistema de monitoreo con una propuesta de indicadores y variables de observación para no sólo garantizar una línea base adecuada, sino también propender por procesos de evaluación y seguimiento futuros bajo enfoque prospectivo y participativo.

OBLIGACIONES DE LA SDA: Estas obligaciones se encuentran contenidas en el formato de cláusulas comunes a los contratos de consultoría (o convenio) y hacen parte integral del contrato a celebrar.

2.4 REFERENCIAS CLAVE

- (1) Minambiente - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Resolución No. 1869 de 2019 “Por medio de la cual se designa el área de la cascada del Salto de Tequendama como patrimonio natural de Colombia en cumplimiento de una orden judicial y se toman otras determinaciones” (2019). Bogotá D.C., Colombia. Retrieved from <https://www.minambiente.gov.co/index.php/normativa/resoluciones>
- (2) Minambiente - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Resolución No. 2130 de 2019 “Por la cual se expide la metodología para la estimación del caudal ambiental en el río Bogotá” (2019). Bogotá D.C., Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Retrieved from <https://www.minambiente.gov.co/index.php/normativa/resoluciones>
- (3) Minambiente - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, & IDEAM - Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. (2019a). Metodología para la Estimación del Caudal Ambiental en Colombia. Bogotá D.C., Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- (4) Minambiente - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, & IDEAM - Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. (2019b). Metodología para la Estimación del Caudal Ambiental en el Río Bogotá. Bogotá D.C., Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Retrieved from <https://www.minambiente.gov.co/index.php/normativa/resoluciones>

3 ALTERNATIVAS PARA LA DESCONTAMINACIÓN DE CADA UNO DE LOS HUMEDALES DEL DISTRITO Y EL MEJORAMIENTO DE SU CALIDAD AMBIENTAL PARA SU RECUPERACIÓN Y REHABILITACIÓN

3.1 DEFINICIONES BÁSICAS EN RELACIÓN CON LAS CONDICIONES BIOFÍSICAS DE UN HUMEDAL

- (1) La Biofísica es el campo científico que aplica las teorías y métodos de la Física para entender como los sistemas biológicos funcionan. Esta definición sistémica permite considerar una dinámica que incluye flujos (procesos) y almacenamientos (stocks) de materia, energía e información en los componentes del sistema biológico.
- (2) Las condiciones de funcionamiento de los humedales desde una perspectiva biofísica, comprende el entendimiento de no sólo las interacciones clima-suelo-biota, sino también de la función, estructura y biodiversidad propia de tales ecosistemas. Así, entender las dinámicas de peces y/o aves con una perspectiva biofísica, implicaría por ejemplo y entre otras consideraciones, emplear las leyes de conservación de la física (masa, *momentum* y energía) para la ocurrencia espacial y temporal de la biomasa (o número) de peces o aves que tiene lugar en un territorio dado.
- (3) La hidroingeniería y las hidrociencias se han aproximado a esta perspectiva (biofísica) desde el paradigma denominado ecohidrología (ecohidráulica) la cual incluye entre sus hipótesis de trabajo el entendimiento integrado de los ciclos biogeoquímicos tales como el hidrológico, el del carbono y los del nitrógeno y fósforo. Dicha concepción también ha permitido avanzar hacia un mayor y mejor entendimiento de las funciones ecosistémicas, las cuales a su vez facilitan dimensionar la producción, oferta y flujo de servicios ecosistémicos en un área determinada.
- (4) De igual forma la ecohidrología se armoniza con el enfoque de entender los humedales como sistemas socioecológicos. Por ejemplo algunos investigadores como Villardy (IAVH, 2014) señalan que *“Desde esta perspectiva sistémica, el ‘todo’ es siempre mucho más que la suma de las partes y los humedales como sistema complejo, no se podrán comprender, ni mucho menos gestionar eficientemente, si no se conocen las dinámicas de los flujos biofísicos, económicos y socioculturales que operan a distintas*

escalas y que vinculan sus diferentes componentes entre sí. Todo el sistema a su vez, está condicionado por las dinámicas de otros factores que se desarrollan a escalas superiores como el clima, la economía y los sistemas políticos (Anderies et al., 2004)”.

- (5) Teniendo en cuenta lo anterior, las condiciones biofísicas de un humedal se refieren a la condición de funcionamiento que se representa a través de variables de los sistemas, subsistemas y flujos que lo componen y que tienen lugar en el humedal, de tal forma que se propenda por el entendimiento de la ocurrencia espacial y temporal de la biota y sus condiciones de salud y calidad de vida.

3.2 REVISIÓN DEL CONCEPTO DE BIOFILTRACIÓN COMO TÉCNICA DE DESCONTAMINACIÓN EN HUMEDALES

La primera técnica a considerar en el contexto de la contaminación presente en los humedales corresponde a la prevención para que las aguas residuales no arriben a estos ecosistemas. Sin embargo, tal condición no se presenta para el caso de los humedales urbanos del distrito capital de Bogotá. Por consiguiente, resulta conveniente concebir medidas de mitigación que permitan descontaminar y reducir la carga contaminante, tales como los sistemas de tratamiento y remoción; entre estos los basados en la biofiltración. Un ejemplo, de implementación de esta técnica puede apreciarse en el humedal La Vaca ubicado en la localidad de Kennedy de la Ciudad de Bogotá. Existe amplia literatura de la técnica, por lo que se ha seleccionado para el propósito de este capítulo de revisión, una de ellas que resulta didáctica y concisa: <https://moksa.com.co/biofiltracion/> (Moksa, ingeniería verde, 2021). De esta forma, los siguientes apartes son extraídos de dicha referencia.

“Dentro de las formas de depuración llama la atención la capacidad de los humedales naturales en los que están inspirados los humedales artificiales para complementar un ciclo que permita una mejor depuración, estos humedales permiten un tratamiento que es mediado por plantas que se fijan en un sustrato de gravilla y hacen un proceso natural de depuración del agua. Los humedales construidos son sistemas artificiales con una función fundamental en el tratamiento de las aguas residuales, de ahí que sean incluidos entre los llamados sistemas naturales de tratamiento. Los procesos de biofiltración se han catalogado como adecuados para la remoción de algunos contaminantes en el agua, incluidos metales pesados; proceso natural que es emulado por medio de los humedales artificiales que se construyen con el fin de que cumpla las mismas funciones que un humedal natural en la extracción de contaminantes. Estos sistemas se conocen técnicamente como humedal construido de flujo subsuperficial o superficial, o biofiltro. Sirven para tratar en general aguas grises que provienen de nuestro quehacer diario en el hogar como del lavado de ropa, de la cocina y ducha, o como fase complementaria en el tratamiento del agua residuales industriales. Suele recomendarse que estas aguas tengan un tratamiento previo para facilitar el funcionamiento y hacer más eficiente el biofiltro. Se recomienda como tratamiento previo la instalación de una trampa de grasas, en el caso de las aguas residuales domésticas; de esta manera, las partículas más grandes se quedarán en esta primera etapa y no obstruirán el humedal artificial. Las dimensiones de un biofiltro van a depender del caudal de entrada de aguas grises, lo cual va a determinar a su vez el tiempo de retención o velocidad del paso a lo largo del lecho filtrante. En estas estructuras rectangulares el agua se puede mover tanto horizontal como verticalmente por toda la zona de las raíces de las plantas, las cuales tienen importantes funciones: Suministran oxígeno

a los microorganismos en la zona radicular; y Estabiliza e incrementa la conductividad hidráulica del suelo”. “Específicamente en los humedales artificiales de flujo subsuperficial, las plantas usadas son especies semiacuáticas, típicas de humedales naturales, que requieren agua estancada o con poca corriente y una fuerte iluminación. El medio es un lecho filtrante que está conformado por gravilla y rocas de diferentes tamaños que permiten intersticios o espacios por donde el agua fluya, además este lecho intercepta los sólidos y a su vez sirve como sustrato para el crecimiento de las plantas; allí se desarrollan los microorganismos que degradan de manera aeróbica y anaeróbica el contaminante. En este paso del agua se encuentran procesos como la sedimentación, la adsorción a las partículas del suelo, la asimilación por parte de las plantas y la transformación microbiana. Este espacio del biofiltro es confinado o impermeabilizado para impedir la percolación del agua a zonas más profundas y favorecer su movimiento a lo largo del biofiltro hasta llegar a su punto de salida. Por otro lado, el humedal artificial de flujo superficial está compuesto por plantas acuáticas que van a estar flotando en el agua estancada y no va a contar con un lecho de gravilla, es una columna de agua continua. Por esto, los sistemas de flujo subsuperficial tienen mayor capacidad de tratamiento y sobre todo hay una gran ventaja en la disminución de insectos y de posibles malos olores”. Citas dadas en el documento de referencia anterior pueden ser encontradas en la nota de pie de página 1².

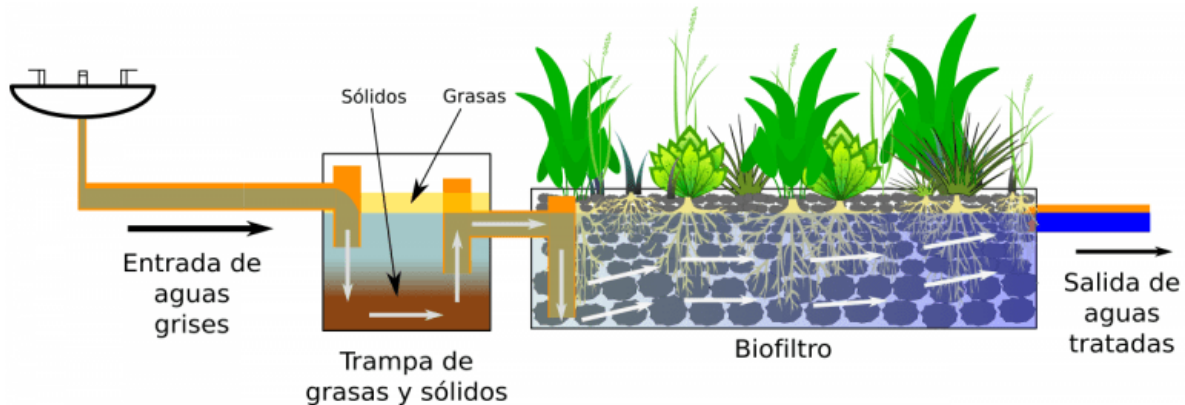


Figura. Esquema completo biofiltro, humedal contruido de flujo superficial para aguas grises domésticas. Tomado de DISIECO diseño de sistemas ecológicos (en Moksa, ingeniería verde, 2021)

² La bibliografía en las que se apoya y se encuentran en la referencia empleada para la anterior revisión son: (1) Diseño de sistemas ecológicos. (s.f.). Humedales contruidos para tratamiento de aguas residuales. DISIECO. Recuperado de <https://www.disieco.com/principal/servicios/biofiltros/> (2) González, J. (s.f.) Humedales artificiales para la depuración. Manual de fitodepuración, 79-89. Recuperado de <https://www.fundacionglobalnature.org/macrophytes/documentacion/Cap%EDtulos%20Manual/Cap%EDtulos%201%20a%202.pdf> (3) Plata-Prado, G. H. & Morales-Velasco, S. (2013). Fitodepuración de aguas residuales domésticas con Poaceas: Brachiara mutica, Pennisetum pupureum y Psnicum maximun en el municipio de Popayán, Cauca. Biotecnología e el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 11 (2), 57-65. (4) Rivera, D. (2015). Humedales de flujo subsuperficial como biofiltros de aguas residuales en Colombia. Cuaderno Activa, 7, 99-107. Recuperado de <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/251> (5) Water and Sanitation Program (WSP). (2006). Biofiltro: Una opción sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades.

3.3 LINEAMIENTOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA LA DESCONTAMINACIÓN Y EL MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES BIOFÍSICAS DE CADA UNO DE LOS HUMEDALES DEL DISTRITO

- Caracterizar cuantitativa y cualitativamente los regímenes de flujo de entrada y salida de agua a los humedales. Esto implica entre otros aspectos, revisión de información secundaria y el diseño e implementación de un sistema de campañas de monitoreo de calidad de agua. Las variables y parámetros a monitorear serán aquellos que defina el modelo conceptual de cada uno de los humedales. Fundamental recordar que la recomendación central del asesor es considerar los humedales como sistemas socioecológicos (SSE), y esto implica generar en las primeras instancias un modelo conceptual de los flujos y almacenamientos para los diferentes subsistemas que componen el SSE. En otras palabras, las variables y parámetros a monitorear serán aquellas que permitan entender el humedal como en sus interrelaciones desde la función, la estructura, la biodiversidad, con los servicios ecosistémicos y las implicaciones en el socioecosistema (ver en este mismo documento el capítulo de “Propuesta para el desarrollo de una monitoreo hidrológico e hidráulico en los humedales del Distrito en el seguimiento de la recuperación y restauración”).
- Determinar los regímenes de caudales (volumen, nivel) ambientales para cada uno de los humedales de acuerdo a la nueva guía establecida en la resolución 2130 del 2019 del MADS. Una vez se establezcan los regímenes de caudal, nivel y volumen ambientales para cada uno de los humedales se puede proceder con la identificar de sitios potenciales para la implementación de técnicas de mitigación vía sistemas de remoción. Existen humedales para los cuales el cual ecológico ha sido determinado (ejemplo H. de Córdoba), en cuyo caso se deberá considerar como un referente. Recordar que la guía reciente del MADS (2019) reconoce las diferencias entre caudal ecológico y caudal ambiental, animando a las autoridades ambientales a avanzar con la estimación de este último, dado la definición de régimen (no un solo caudal) y el enfoque de restauración y/o conservación de servicios ecosistémicos.
- En cada sitio potencial para la intervención se establecerán las alternativas vía sistemas de remoción de contaminantes, dando especial preponderancia a las biotecnias tales como la biofiltración por representar y generar menor disturbio en el funcionamiento y salud de los ecosistemas.
- Construir escenarios de descontaminación al combinar diferentes sitios potenciales y diferentes técnicas de remoción. Para cada uno de estos escenarios evaluar bajo enfoque de riesgo y costo beneficio las diferentes alternativas de remoción.
- Diseñar y seleccionar la mejor alternativa que sería identificada y seleccionada siguiendo enfoques participativos.
- Gestionar recursos para la construcción, mantenimiento y evaluación del o los sistemas construidos. Se recomienda buscar fuentes alternas a los dineros públicos

que incluyan entre otras las del sistema general de regalías y otros fondos de ciencia y tecnología.

- Diseñar un esquema de administración, evaluación y seguimiento que contemple varios actores claves, entre ellos, las entidades del distrito, la comunidad y las instituciones de educación superior y los colegios de formación primaria y secundaria.

NOTA IMPORTANTE: En el capítulo 9 del actual documento se presentan y describen las principales intervenciones y/o acciones en cada uno de los humedales.

4 LINEAMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE RECONFORMACIÓN HIDROGEOMORFOLÓGICA PARA CADA UNO DE LOS HUMEDALES DEL DISTRITO Y UNA PROPUESTA DE TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LA CONTRATACIÓN DE ESTUDIOS TÉCNICOS DE RECONFORMACIÓN, RECUPERACIÓN Y RESTAURACIÓN DE ESTOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

4.1 DOCUMENTO REFERENTE DE LA EAAB DE NATURALEZA TÉCNICA ASOCIADO A LA RECONFORMACIÓN HIDROGEOMORFOLÓGICA

- 4.1.1. Norma Técnica NS-118 (Vigente desde 30 noviembre 2020) “Requisitos mínimos para la elaboración de diseños detallados para la recuperación ecológica y manejo paisajístico de la zona de ronda y zona de manejo y**

preservación ambiental de los corredores ecológicos de ronda del distrito capital”

- (1) Se identifican dentro de esta norma los apartes de “Diagnóstico y línea base” y específicamente se resalta la sección 4.1.3 Componentes Hidrogeomorfológicos y Estructural con tres (3) subsecciones que se transcriben a continuación: **(1) Geología, geotecnia y geomorfología**. Se debe dar cumplimiento a lo establecido en la norma técnica “NS-010 Requisitos para la Elaboración y Presentación de Estudios Geotécnicos” vigente para este fin. Se debe llevar a cabo estudios actualizados de fotointerpretación, estudios geológicos locales y regionales, inspección visual, perforaciones, apiques, ensayos de laboratorio y otros. Al realizar dichos estudios, se debe incluir: (a) Tipo de cauce o de incisión de corredor ecológico de ronda con relación a la pendiente y al sustrato. (b) Análisis multitemporal que muestre cambios generados en el corredor ecológico de ronda por los procesos antrópicos en su cuenca. (c) Unidades geomorfológicas y sistemas de fallas geológicas. (d) Identificación georreferenciada de las áreas en las cuales se presenten o se puedan presentar fenómenos de remoción en masa, a partir de información secundaria, observaciones directas y análisis de estudio. (e) Revisión de conceptos, estudios y diseños elaborados por el Instituto Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático (IDIGER), relacionados con la cuenca en estudio. **(2) Obras de arte y estructuras en la zona de diagnóstico**: Identificación y caracterización de las diferentes obras de arte y estructuras que se encuentren en el área de estudio, tales como puentes, pontones, muros de contención, contenciones y demás que ameriten un análisis de estabilidad y/o patología estructural. **(3) Hidrología e hidráulica**: Análisis hidrológico, de tránsito de crecientes y de capacidad hidráulica del corredor ecológico de ronda para periodos de retorno de 5, 10, 20, 50 y 100 años, para caudales mínimos, medios y máximos. Identificación de eventos que haya generado impactos negativos en el río, quebrada o canal, relacionados con eventos de inundación o remoción en masa.
- (2) En la misma norma anterior (NS-118 del 2020) y los apartes de “4.3. Diseños Detallados” se encuentra la sección “4.3.2 Componente Hidrogeomorfológico” la cual a su vez se compone de nueve (9) subsecciones así: (1) Geología Geomorfología y Geotecnia. (2) Hidrología e Hidráulica. (3) Componente ecológico. (4) Componente paisajístico. (5) Componente de gestión social. (6) Planos y detalles constructivos. (7) Especificaciones técnicas de construcción. (8) Cantidades de obra y presupuesto. (9) Cronograma de construcción. (10) Plan de manejo ambiental y manual de funcionamiento. En el componente 2 de **Hidrología e Hidráulica** se señala que “Se deben diseñar las obras necesarias, para garantizar el tránsito de las crecientes máximas (para un periodo de retorno de 5,10, 20, 50,100 años). Se deben tener en cuenta posibles cambios en la hidrología local, debido a la viabilidad y al cambio climático global. Se debe tener en cuenta las recomendaciones del componente geotécnico (inestabilidad del suelo, movimientos y remoción en masa, estabilidad de taludes, estabilidad del cauce) y los reglamentos y normas constructivas que aplique. Se debe evitar al máximo recubrir el cauce de la quebrada con cualquier material. En caso de que la solución de adecuación hidráulica escogida incluya algún tipo de recubrimiento, deberá sustentarse la toma de esta decisión y adicionalmente deberá discutirse con la Gerencia Corporativa Ambiental y con la Autoridad Ambiental Competente. Se debe mantener o recuperar el cauce, en condiciones naturales,

siempre que esto sea posible, teniendo en cuenta lo establecido en la norma técnica “NS-085 Criterios de diseño de sistemas de Alcantarillado”. En lo posible deberá incorporarse dentro del diseño la implementación de soluciones de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) en la microcuenca de la quebrada; de tal manera que las condiciones de tránsito de creciente, sean similares a las que soportaba la quebrada en condiciones naturales”. Del **Componente Ecológico** se extrae literalmente lo siguiente “(a) Se deben precisar objetivos de recuperación ecológica. El manejo, introducción y reemplazo de coberturas vegetales debe fundamentarse en el análisis de las condiciones propias de las quebradas y su área de influencia. (b) Se debe buscar la mejora de las condiciones de oferta ambiental y de hábitat para la fauna y la reintroducción de especies de flora nativas propias del ecosistema. (c) Se debe detallar la estrategia de reemplazo completo de la vegetación exótica e invasora identificada durante el diagnóstico. (d) Los diseños propuestos deben procurar refugio, alimento, materiales y sitios de anidación, sitios de percha y de cotejo, así como corredores adecuados para la movilización de la fauna. a través de la cobertura vegetal, también deberán considerar requerimientos propios de cada especie de fauna, especialmente de avifauna. Así mismo, se debe proponer alternativas que permitan manejar especies de diversos estratos, desde el herbáceo hasta el arbóreo. (e) Se debe tener en cuenta las problemáticas sociales que señalen el diagnóstico, tales como lugares que representan inseguridad por robo, peligros para niños, espacios de intranquilidad para mujeres por agresión o amenazas, sitios que sirven para el ocultamiento o refugio de habitante de calle, expendio de drogas y otros que signifiquen riesgo social. (f) Elaborar de acuerdo con los resultados del inventario forestal, un plano debidamente georreferenciado que contemple los árboles y/o arbustos existentes y que serán integrados al diseño. (g) Basar la elección de la nueva arborización y la integración al diseño existente, en criterios ecológicos (capacidad de recuperación y/o conservación del suelo, protección de cuerpos de agua, alta capacidad de regeneración natural, oferta de hábitat y alimento para fauna, entre otros factores); paisajísticos (generar variadas texturas y colores para los diferentes espacios, ofreciendo identidad a cada uno) y urbanísticos (definir líneas de acompañamiento a los senderos y plazas, conformando lugares lúdico y contemplativos). (h) Conciliar las posiciones existentes, entre arborización urbana vs restauración ecológica, cumpliendo con las disposiciones del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis y la Secretaría Distrital de Ambiente”.

4.1.2. Norma Técnica NS-119 (Vigente desde 2 octubre 2019) “Requisitos mínimos para la elaboración del diseño detallado para la recuperación ecológica de los humedales y zonas de ronda del distrito capital

- (1) Se identifican dentro de esta norma la sección “4.2 DISEÑO DE RECONFORMACIÓN HIDROGEOMORFOLÓGICA” tres (3) subsecciones: (1) Marco General; (2) Diseño Hidráulico Conceptual; y (3) Diseño Hidráulico Detallado. En la primera de estas señala

que “Todos los diseños que se elaboren se deben ajustar al plan de manejo ambiental vigente del PEDH. El diseño detallado de reconformación hidrogeomorfológica del humedal se debe formular bajo un análisis multidisciplinario en el cual intervengan los resultados de los estudios que se realicen en el componente físico (suelos, topografía, batimetría, hídrico e hidrológico, etc.) y el componente biótico (fauna, flora, estado ecosistémico y zonificación ambiental, etc.) y debe buscar la restauración del régimen hidráulico. **El diseño detallado de reconformación hidrogeomorfológica, debe comprender las actividades necesarias para mejorar el funcionamiento del humedal como amortiguador de crecientes sin dejar de lado la protección del ecosistema**; así como las actividades que se requieran para establecer la estructura y composición del PEDH que induzcan a su restauración del componente biótico. Respecto a la restauración del componente biótico del PEDH, se debe establecer: (i) la diferenciación batimétrica transversal y longitudinal necesarias, para el establecimiento de las franjas concéntricas de vegetación (terrestre, semiacuática y acuática) y (ii) el efecto de borde necesario para aumentar los espacios tierra – agua y brindar así mayor número de hábitats para fauna y flora. También se deben hacer cálculos de evapotranspiración e infiltración, para reconocer las pérdidas de agua del ecosistema; con el fin de determinar el área de espejo de agua (incluyendo la lámina mínima de agua en época de estiaje) y la profundidad de columna de agua (incluyendo el nivel óptimo en época de estiaje), necesarios para garantizar el desarrollo de los procesos bióticos y ecosistémicos. Por último, se deben **identificar y analizar las necesidades de suministro de agua al humedal en los períodos de extrema sequía (época de estiaje), a través de balances hídricos para la condición actual y futura del humedal**”.

- (2) La norma desarrolla la subsección “4.2.2 Diseño Hidráulico Conceptual” así: *“Esta actividad debe proporcionar todas las bases conceptuales para desarrollar el diseño de restauración del régimen hidráulico de mayor viabilidad técnica, ambiental y económica para la EAAB - ESP; para lo cual se deben desarrollar las siguientes actividades: (a) Realizar el estudio hidrológico que establezca las características generales de la cuenca y defina las crecientes para 10, 25, 50 y 100 años de período de retorno para cada uno de los afluentes y el total de entrada al humedal. (b) Calcular el balance hídrico del humedal, para las condiciones actuales y futuras. (c) Determinar las curvas de capacidad del humedal e hidrogramas de crecientes. (d) Estudiar y analizar el funcionamiento hidráulico del sistema de alcantarillado de aguas residuales y del sistema de alcantarillado pluvial de la cuenca aferente al humedal; teniendo en cuenta, los estudios hidrológicos e hidráulicos existentes, las obras construidas y proyectadas por la EAAB -ESP. (e) Identificar la procedencia de los caudales afluentes al humedal, y los sitios de entrega. (f) Determinar la cota de inundación para la creciente de los 100 años de período de retorno, tanto para el humedal como para sus afluentes. (g) Definir el tipo de intervención requerida (excavaciones, remoción de basuras, dragados y/o estructura de control) en el humedal, para lograr la amortiguación hidráulica de crecientes y la restauración del componente biótico del ecosistema. (h) Actualizar la información si es del caso, para diseñar las estructuras de control, manejo, mantenimiento y demás, que garanticen el funcionamiento hidráulico y eco sistémico del humedal, así como la preservación de sus afluentes. (i) Identificar posibles vertimientos de los afluentes al humedal y establecer el manejo de saneamiento ambiental, que permita captar los caudales de dichas entradas al ecosistema. Esta actividad se debe coordinar con la Dirección Saneamiento Ambiental, las Gerencias de Zona y la Secretaría Distrital de Ambiente. (j) Calcular los caudales de aguas residuales que determinen el diseño de las obras hidráulicas y de restauración del componente biótico (k) Realizar el estudio sedimentológico (análisis de la sedimentación y transporte*

de arenas y materiales gruesos), con el fin de proyectar las estructuras necesarias para la remoción de sólidos antes de su ingreso al humedal. Las estructuras se definirán de acuerdo con la calidad del agua y el arrastre de sedimentos provenientes de la cuenca aferente, y tendrán como finalidad, disminuir la pérdida de capacidad hidráulica y batimétrica del humedal durante la etapa de operación de las obras. (l) Diseñar el sistema de drenaje para las obras de rehabilitación paisajística de la zona de manejo y preservación ambiental del humedal (definidas en el diseño de rehabilitación paisajística), como son senderos peatonales, senderos para bicicletas y plazoletas. El diseño conceptual para la restauración del régimen hidráulico del humedal, debe incluir como mínimo la presentación de los siguientes resultados: (a) Esquemas de las obras hidráulicas propuestas (excavaciones, dragados, estructuras de control, etc.); así como, un plano con las zonas de afectación predial y un registro fotográfico, donde se muestren los corredores de construcción propuestos. (b) Informe para revisión y aprobación por parte de la Empresa, con los diseños conceptuales, datos técnicos y planos respectivos. (c) Análisis detallado e integral (técnico, ambiental y económico) de las alternativas propuestas para la restauración del régimen hidráulico del humedal; que incluya la formulación y evaluación de las ventajas y desventajas de cada una de las obras requeridas. (d) Finalmente, se debe presentar a la EAAB – ESP la alternativa de mayor viabilidad técnica, ambiental, social y económica, para restablecer el funcionamiento hidráulico y la estructura ecológica del humedal”.

- (3) La norma desarrolla la subsección “4.2.3 Diseño Hidráulico Detallado” así: “Con el propósito de elaborar los documentos para licitación y construcción, se debe desarrollar el diseño detallado de las obras de restauración del régimen hidráulico del humedal, basados en el diseño conceptual seleccionado por sus ventajas técnicas, ambientales y económicas. El diseño hidráulico detallado, deben desarrollar como mínimo las siguientes actividades y presentar los respectivos resultados: (a) Definir las condiciones necesarias para restablecer la estructura física del PEDH, e inducir el proceso de restauración del componente biótico y definir: (i) Diversidad batimétrica transversal, que garantice los flujos de agua a través del vaso para la amortiguación de crecientes; (ii) Diversidad batimétrica longitudinal, que garantice el establecimiento de la estructura del ecosistema y las franjas concéntricas de vegetación. (iii) Nivel de la columna de agua (profundidades máxima, media y mínima de inundación) que garanticen el desarrollo de los procesos biológicos. (iv) Área del espejo de agua (incluyendo el nivel mínimo de la lámina de agua en época de estiaje), que garanticen el mantenimiento de la estructura y funciones del ecosistema. (v) Morfología del cuerpo de agua, que contemple el efecto de borde tierra – agua, con el fin de generar una forma orgánica al cuerpo de agua y por ende el aumento de hábitats para la fauna y flora. (b) Elaborar el diseño detallado de la estructura hidráulica de control, para manejar las crecientes (niveles máximos de inundación = profundidad máxima de la columna de agua); así como garantizar en época de estiaje, los niveles mínimos de inundación (profundidad mínima de la columna de agua) y área mínima del espejo de agua. (c) Elaborar el diseño detallado para el saneamiento ambiental del humedal, identificando afluentes contaminantes y el manejo de los mismos. Esta actividad se debe coordinar y armonizar con el plan de manejo y saneamiento de vertimientos – PSMV y el plan de identificación y corrección de conexiones erradas – PICCE de la EAAB. (d) Realizar el diseño detallado de la estructura de remoción de sólidos (desarenador, trampa de sedimentos y/o rejillas, entre otros) para prevenir la colmatación del humedal y la generación de procesos de terrificación. (e) Realizar el cálculo de los volúmenes totales de material de excavación y lodos a dragar; definir y georreferenciar las zonas propuestas para estas intervenciones en el cuerpo del humedal, así como la disposición final de estos materiales. (f) Los diseños detallados para excavaciones y dragados, deben incluir los

procedimientos constructivos, recursos técnicos, etapas de intervención y obras provisionales para el manejo ambiental de lodos, aguas, vegetación, fauna y demás elementos del componente físico y biótico, intervenidos. (g) Elaborar un cronograma en el cual se defina la intervención en el humedal, previendo la ejecución de obras por etapas, con el fin de minimizar los impactos socioambientales generados por este tipo de intervención. (h) Definir los procedimientos de operación de las obras (existentes y proyectadas) que están directamente relacionadas con el funcionamiento hidráulico y ecológico del humedal. (i) Definir los procedimientos de mantenimiento de las obras (existentes y proyectadas) acorde con el estudio sedimentológico y las estructuras de control definidas. Si el diseño hidráulico del humedal requiere elementos mecánicos como dispositivos metálicos, compuertas, válvulas, uniones flexibles, bombas, motores, etc., se deben realizar los respectivos diseños detallados. Adicionalmente, para cada una de las estructuras hidráulicas propuestas, se deben definir sus dimensiones, realizar el diseño detallado de la cimentación, anclajes, tipos de entibados, selección de materiales de relleno y realizar el respectivo diseño estructural. Con el propósito de finalizar los estudios y diseños detallados, se deben elaborar los documentos necesarios para iniciar el proceso de licitación y construcción, previendo todas las obras provisionales y definitivas que sean requeridas para la restauración del régimen hidráulico del humedal”.

4.2 DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS EN RELACIÓN A LA HIDROGEOMORFOLOGÍA

Esta sección se basa principalmente en el artículo publicado en la revista de “*Hydrological Processes*” (18, 507-602 2004) titulado “*Hydrogeomorphology: overview of an emerging science*” por Roy C, Sidle & Yuichi Onda.

- Los autores definen la hidrogeomorfología como “*una ciencia interdisciplinaria que se focaliza en la interacción y vínculo de los procesos hidrológicos con las geoformas o los materiales térreos y la interacción de procesos geomórficos con el agua superficial y subsuperficial en dimensiones temporales y espaciales*”.
- “*En el pasado los procesos hidrológicos y geomórficos que operan en las cuencas han sido típicamente estudiados separadamente, por lo que este nuevo concepto da fe de la necesidad de evaluar las interrelaciones de estos procesos a través de las escalas temporales y espaciales para direcciones procesos relevantes y aspectos de manejo*”.
- “*De acuerdo con nuestra definición de enlace de procesos de hidrogeomorfología, varias áreas focales son evidentes (...): procesos de escorrentía influenciados por la litología y la geomorfología; procesos de erosión de superficie y masa y vínculos con arroyos; Modelación de factores hidrológicos que afectan el inicio de los deslizamientos de tierra y evaluación de las propiedades hidrológicas del suelo asociadas; e interacción de la precipitación atmosférica con el suelo. Esta lista de áreas focales no está completa, pero representa algunos ejemplos claves de Investigación en hidrogeomorfología. Estos avances en hidrogeomorfología se pueden utilizar para mejorar o evaluar lo siguiente: desarrollo sostenible; impactos de las prácticas distribuidas de uso de la tierra en el suelo y los recursos hídricos; efectos acumulativos*

de las cuencas hidrográficas; peligros naturales y medidas de mitigación relacionadas; efectos del cambio climático global; y planificación del uso del suelo.”.

4.3 LINEAMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS HIDROGEOMORFOLÓGICAS PARA CADA UNO DE LOS HUMEDALES DEL DISTRITO

Los lineamientos generales que se presentan a continuación se orientan principalmente a **complementar** las normas 118 y 119 de la EAAB cuyos principales apartes fueron descritos en secciones anteriores del actual capítulo de este documento.

- (1) Construir un modelo conceptual hidrogeomorfológico el cual deberá evidenciar no sólo los principales fenómenos, flujos y subsistemas que tienen lugar en el humedal desde el punto de vista hidrológico, hidrogeológico e hidráulico, sino también las interrelaciones y vínculos con la fenomenología que afecte las geoformas asociadas. Esto incluye entre otros procesos, los de erosión hídrica y aporte de sedimentos al humedal, así como los procesos mismos de erosión y depositación.
- (2) Las diferentes herramientas de modelación hidrosedimentológica, no sólo deberán permitir estudiar las dinámicas de erosión y depositación, sino también deberán facilitar el estudio integral y acoplado con los procesos de transporte de sedimentos en suspensión y fondo, de tal forma que también se integre los resultados hidromorfológicos con los de calidad de agua.
- (3) Los modelos que se construyan deberán ser dinámicos, es decir la simulación no sólo deberá permitir eventos hidroclimatológicos de horas o días, sino también horizontes de simulación de meses y años de tal forma que se facilite la evaluación de impacto ex ante para varios escenarios y/o configuraciones de las obras.
- (4) El impacto que se evalúe no sólo permitirá establecer vínculos entre los eventos forzantes de naturaleza hidroclimatológicos y las geoformas, sino también deberán facilitar la evaluación del impacto en los recursos hidrobiológicos y la productividad primaria de los diferentes humedales. Para tales efectos se recomienda emplear herramientas que acoplan los procesos abióticos con los bióticos en diferentes dimensionalidades del dominio a estudiar (2D y 3D).
- (5) Lo anterior se direcciona a complementar las normas 118 y 119 de la EAAB que sin hacer referencia implican e imponen la necesidad de hacer un análisis (modelación) adecuado previo al diseño y construcción de las obras de reconfiguración hidrogeomorfológica. Entendiéndose modelación adecuada de no sólo desarrollar los modelos hidrológicos, hidráulicos, geomorfológicos, geotécnicos y ecológicos en forma separada sino integrada y acoplada, desde lo conceptual, lo matemático y lo computacional. Resulta fundamental que los diferentes modelos de simulación se enmarquen con el mismo enfoque de considerar los humedales como sistemas socioecológicos, ya que, de esta forma, se impone la necesidad de armonizar la identificación y evaluación de los servicios ecosistémicos con las herramientas a construir y calibrar.

4.4 PROPUESTA DE TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LA CONTRATACIÓN DE ESTUDIOS TÉCNICOS DE RECONFORMACIÓN, RECUPERACIÓN Y RESTAURACIÓN DE ESTOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

<u>SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE</u>	
CONTRATO DE CONSULTORÍA	
DESCRIPCIÓN DE LA NECESIDAD	
(Art. 2.2.1.1.2.1.1.Dec 1082 de 2015)	
PROYECTO	7769- IMPLEMENTACIÓN DE INTERVENCIONES PARA LA RESTAURACIÓN Y MANTENIMIENTO DE ÁREAS DE LA ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL, CERROS ORIENTALES Y OTRAS ÁREAS DE INTERÉS AMBIENTAL DE BOGOTÁ
LÍNEA	IMPLEMENTAR INTERVENCIONES PARA LA RESTAURACIÓN Y MANTENIMIENTO ECOLÓGICO EN LA ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL, LA FRANJA DE ADECUACIÓN DE LOS CERROS ORIENTALES Y OTRAS ÁREAS DE INTERÉS AMBIENTAL EN EL D.C.
META	RESTAURAR, REHABILITAR O RECUPERAR A 370 NUEVAS HECTÁREAS DEGRADADAS EN LA ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL Y ÁREAS DE INTERÉS AMBIENTAL, CON 450.000 INDIVIDUOS.
OBJETIVOS JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE	
<p>Mediante el Decreto 109 de 2009, el cuál definió la estructura de la Secretaría Distrital de Ambiente y de manera específica, en su artículo 21 se establece que la Dirección de Gestión Ambiental, tiene por objeto dirigir la ejecución de los planes, programas y proyectos ambientales por medio de procesos técnicos para el cumplimiento de las políticas que en materia ambiental sean aplicables al Distrito, y que dentro de sus funciones se encuentra la de dirigir las acciones identificadas en los planes y programas para el fortalecimiento del sistema de áreas protegidas y la conservación de áreas de importancia ambiental urbana y rural del Distrito Capital.</p> <p>En el mismo sentido, el Plan de Desarrollo Distrital 2020-2024 “<i>Un nuevo contrato social y ambiental para el siglo XXI</i>”, estableció el Programa 28, Bogotá protectora de sus recursos naturales como uno de los propósitos del Contrato Social y Ambiental para la Bogotá del siglo XXI, con el fin de proteger, preservar, restaurar y gestionar integralmente la estructura ecológica principal, que incluye el sistema de áreas protegidas del Distrito, los parques urbanos, los corredores ecológicos y el área de</p>	

manejo especial del Río Bogotá, así como los ecosistemas estratégicos de páramos, humedales y bosques, y otras áreas de interés ambiental y suelos de protección (...).

Por esto, uno de los grandes retos para la Secretaría Distrital de Ambiente consiste en avanzar, con un enfoque integral, hacia la consolidación de los elementos que componen la Estructura Ecológica Principal (EEP) del Distrito y que actualmente enfrentan diferentes desafíos como la expansión urbana y los conflictos en el uso del suelo, que a menudo desconocen los valores ambientales de los ecosistemas para su conservación y manejo, así como del grado de conectividad ecológica entre los mismos.

Dentro del Sistema Distrital de Áreas Protegidas, bajo la categoría de Parques Ecológicos Distritales, se reconocen actualmente 15 humedales con una extensión de 719,86 hectáreas, de los cuales 12 de ellos fueron declarados mediante la adopción del Plan de Ordenamiento Territorial (2004) y los tres restantes a través de la expedición de acuerdos expedidos por el Concejo Distrital, sin embargo, los humedales son los ecosistemas más vulnerables a los procesos de urbanización y expansión de la ciudad, construcción y uso del territorio, que no siempre han reconocido la importancia de su biodiversidad y los servicios ambientales que prestan a la ciudad de Bogotá; por esto la Alcaldesa Claudia Lopez, suscribió en el año 2019 con la ciudadanía capitalina el “Pacto por los Humedales “ así como la emisión de los “Mandamientos por los humedales”

Considerando lo anterior, y para cumplir con lo ordenado en el Plan de Desarrollo Distrital 2020-2024 *Un nuevo Contrato Social y Ambiental para la Bogotá del siglo XXI*, propósito 02 *“Cambiar nuestros hábitos de vida para reverdecer a Bogotá y adaptarnos y mitigar la crisis climática en el marco del Programa 28 “Bogotá protectora de sus recursos naturales”*, la Secretaría Distrital de Ambiente formuló el proyecto de inversión 7769 relacionado con la *“Implementación de intervenciones para la restauración y mantenimiento de áreas de la Estructura Ecológica Principal, Cerros Orientales y otras áreas de interés ambiental de Bogotá”*, mediante el cual se adelantan las acciones que permitan implementar la meta *“Restaurar, rehabilitar o recuperar a 370 nuevas hectáreas degradadas en la estructura ecológica principal y áreas de interés ambiental, con 450.000 individuos vegetales.”*, la cual busca priorizar áreas de alto interés ecológico como áreas protegidas declaradas en el área urbana y rural, corredores ecológicos, zonas de protección de la biodiversidad, áreas estratégicas para la conectividad ecológica, áreas de alto riesgo no mitigable y otras áreas de interés ambiental o proyectos regionales, para ser intervenidas integralmente en el marco de la Política Nacional de Restauración, Política Distrital de Humedales, protocolos de restauración Distrital y de Humedales, manuales y guías técnicas de la Secretaría Distrital de Ambiente.

Con el fin de direccionar los resultados de las anteriores acciones estratégicas con elementos técnicos y de forma transparente con la ciudadanía, la Secretaría Distrital de Ambiente busca desarrollar los estudios técnicos de reconfiguración, recuperación y restauración de los humedales del Distrito Capital, haciendo las siguientes consideraciones:

- La reconfiguración, recuperación y restauración de los humedales del Distrito Capital serán llevados a cabo con base en los resultados de los siguientes estudios: Determinación de regímenes de Caudal Ambiental y Patrones de comportamiento hidrosedimentológico no sólo para el humedal en cuestión, sino las corrientes y cuencas abastecedoras según conectividad hidráulica que corresponda.

- En relación a estudios de caudal ambiental, hacer referencia al concepto de caudal ambiental, y no al de caudal ecológico; reconociendo la definición que adopta la Guía del MADS según resolución 2130 del 2019. La normatividad ambiental colombiana reciente ha permitido avanzar hacia el concepto de Caudal Ambiental, el cual robustece la noción anterior de Caudal Ecológico. Este hecho, unido al Decreto específico de determinación de caudales ambientales para el Río Bogotá ofrecen para la Secretaría Distrital de Ambiente y la CAR de Cundinamarca una oportunidad para actualizar y armonizar varias de las herramientas que se emplean en la gestión integral de los humedales y en general de todo el sistema hídrico del Río Bogotá.
- Los estudios para la reconfiguración, recuperación y restauración de los humedales deben obedecer al enfoque prevalente de áreas protegidas, por lo que se deberá primero establecer los objetivos específicos ambientales que les son propios por esta condición.
- Una vez se establezcan los objetivos específicos de conservación, restauración, cualquier intervención (incluyendo la reconfiguración hidrogeomorfológicas) deberán estar basado en artefactos de modelación que permitan evaluar ex ante el impacto de tales intervenciones en los servicios ecosistémicos y en general en la integridad ecológica del área de influencia del humedal respectivo.

Los resultados y productos que se obtengan de los estudios técnicos para la reconfiguración, recuperación y restauración de los humedales del distrito representan una gran oportunidad para no sólo dar valor agregado al conocimiento biogeofísico y socioecológico que se dispone de cada uno de los humedales, sino también en soportar sobre conocimiento científico y aplicado el proceso de toma de decisiones que involucra la gestión integral de los humedales. La posibilidad para construir trayectorias posibles futuras mediante la generación y simulación de escenarios para las diferentes variables, índices e indicadores propios de considerar los humedales como sistemas socioecológicos, estable un marco robusto evaluar las posibles afectaciones e impactos potenciales de acciones e intervenciones tendientes a la restauración, recuperación y reconfiguración hidrogeomorfológica de los humedales

El ejecutor del estudio tendrá como objetivos: (1) Definir la zona de estudio dependiendo de la conectividad hidráulica y ecológica del humedal; (2) Establecer (o revisar) los objetivos ecológicos o ambientales para incorporarlos explícitamente en los protocolos de construcción de artefactos de modelación que se empleen en los estudios técnicos; (3) Para diferentes escenarios, evaluar el impacto sobre los servicios ecosistémicos del humedal debido a la implementación de acciones y/o intervenciones de restauración, conservación y reconfiguración hidrogeomorfológica; (4) En los artefactos de modelación que se empleen hacer consideraciones de caudal ambiental, cambio climático, variabilidad climática y de acuerdo a las que se generen por la declaratoria de emergencia climática (Concejo Distrital de Bogotá, 2020).

En este sentido, es necesario contar con el apoyo de una entidad idónea que como persona jurídica o en consorcio adelante los respectivos estudios para el logro de los objetivos planteados anteriormente. En consecuencia, de lo anterior y en razón a que en la planta de personal no existe el personal suficiente con los conocimientos para ejecutar la actividad señalada, se requiere contratar los servicios de una persona jurídica (o

consorcio) que reúna los requisitos del capítulo denominado “CRITERIOS PARA SELECCIONAR AL CONTRATISTA”.

DESCRIPCION OBJETO A CONTRATAR, ESPECIFICACIONES E IDENTIFICACION DEL CONTRATO A CELEBRAR.

(Art. 2.2.1.1.2.1.1 Dec. 1082 de 2015)

B. Objeto.

El contrato que se pretende celebrar tendrá por objeto: “ESTUDIOS TÉCNICOS DE RECONFORMACIÓN, RECUPERACIÓN Y RESTAURACIÓN DE ESTOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS”.

CRITERIOS PARA SELECCIONAR AL CONTRATISTA: Ley 1150 de 2007 Art. 2° Núm. 4° literal h), artículo 2.2.1.2.1.4.9 Decreto 1082 de 2015.

Se requiere contratar los servicios de una entidad con personería jurídica propia (o en consorcio) demuestre mediante soportes la experiencia, capacidades y disposición de recursos para llevar a cabo en forma exitosa los objetivos planteados. Algunos de los requisitos mínimos son: (1) Conformación de un equipo de profesionales especializados en hidrología, hidráulica, hidrosedimentología, geomorfología, ecología, limnología, biología, y geomática, entre otros. (2) Experiencia general en proyectos de modelación hidrología e hidráulica de 10 años para el director y algunos de los perfiles de profesionales señalados anteriormente. (3) Experiencia específica en la construcción y calibración de herramientas de modelación relacionados con hidrología, hidrodinámica, hidrosedimentología, y servicios ecosistémicos.

PLAZO DE EJECUCION DEL CONTRATO

(Art. 2.2.1.1.2.1.1 Dec. 1082 de 2015)

El plazo de ejecución del contrato es de **doce (12) MESES**, una vez cumplidos los requisitos de perfeccionamiento y ejecución del contrato.

CONDICIONES GENERALES DEL CONTRATO:

TIPO DE CONTRATO A CELEBRAR: Contrato de consultoría o convenio de cooperación entre la secretaria distrital de ambiente y otra entidad.

LUGAR DE EJECUCIÓN DEL CONTRATO: La ejecución se desarrollará en Bogotá D.C. en la sede de la SDA Av. Caracas No 54–38 o el lugar donde se desarrollen las actividades por parte de la SDA .

OBLIGACIONES GENERALES DEL CONTRATO: Estas obligaciones se encuentran contenidas en el formato de cláusulas comunes a los contratos de consultoría (o convenio) y hacen parte integral del contrato a celebrar.

OBLIGACIONES ESPECÍFICAS: 1. Apoyar a la Secretaría Distrital de Ambiente en la gestión integral de los humedales del Distrito en el marco del objeto contractual y con énfasis en la reconformación hidrogeomorfológica, restauración, recuperación y gestión integral del recurso hídrico. 2. Identificar la zona de estudio para el humedal en cuestión considerando la conectividad hidráulica y ecológica de mismo. 3. Proponer metodología para la construcción de herramientas y modelos hidrosedimentológicos que permitan el análisis del comportamiento hidrosedimentológico del humedal, con enfoque de servicios ecosistémicos asociados, enfoque de cuenca y de conectividad hidráulica y ecológica. 4. Desarrollar los sistemas de información, los modelos y herramientas propuestas en la metodología que permitan estudiar el comportamiento del humedal y ecosistemas asociados desde una perspectiva socioecológica y ante posible implementación de escenarios de acción/intervención forzamiento climático. Desde este punto de vista la metodología propuesta y el desarrollo de las herramientas deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones: Objetivos específicos de conservación de los humedales como áreas protegidas, definiciones y determinaciones de caudal ambiental, cambio climático, y variabilidad climática. 5. Diseñar y evaluar escenarios que permitan identificar alternativas y portafolios de acción/intervención sobre los humedales tendientes a reconformación, restauración y recuperación de los mismos. Los escenarios deben generarse a partir combinaciones de los siguientes aspectos: Cambios y usos del suelo en el entorno del humedal, forzamientos climáticos debido a la variabilidad y el cambio climático, e intervenciones estructurales y no estructurales. (6) Hacer recomendaciones sobre el sistema de monitoreo con una propuesta de indicadores y variables de observación para no sólo garantizar una línea base adecuada, sino también propender por procesos de evaluación y seguimiento futuros bajo enfoque prospectivo y participativo. (7) Las demás actividades complementarias que se requieran para el desarrollo del objeto contractual.

OBLIGACIONES DE LA SDA: Estas obligaciones se encuentran contenidas en el formato de cláusulas comunes a los contratos de consultoría (o convenio) y hacen parte integral del contrato a celebrar.

4.5 REFERENCIAS CLAVE

- (1) Ambiente y Desarrollo Sostenible & Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- (2) Minambiente - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, & IDEAM - Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. (2019b). Metodología para la Estimación del Caudal Ambiental en el Río Bogotá. Bogotá D.C., Colombia: Ministerio

de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Retrieved from
<https://www.minambiente.gov.co/index.php/normativa/resoluciones>

5 CRITERIOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA DE LOS HUMEDALES DEL DISTRITO DESDE EL COMPONENTE HIDROLÓGICO

5.1 DOCUMENTO REFERENTE DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE PROVISIÓN Y CULTURALES EN EL CONTEXTO DE LA DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES AMBIENTALES

Del documento “METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DEL CAUDAL AMBIENTAL EN EL RÍO BOGOTÁ” que soporta la resolución 2130 2019 del MADS por la cual se expide la metodología para la estimación del caudal ambiental en el río Bogotá se extraen los siguientes apartes (pág. 59):

- La información primaria y secundaria recopilada durante la Fase 1 (de la metodología de estimación de caudales ambientales) deberá ser consolidada por la Autoridad Ambiental, con el fin de **definir el objetivo ambiental o la condición ecológica** que se pretende alcanzar en el cuerpo de agua. Este paso es de especial interés para la aplicación del resto de la metodología, pues a partir del objetivo trazado se definirá la necesidad o no de estimar el régimen hidrológico en condiciones naturales, y se seleccionarán las métricas de interés más apropiadas para cada caso en particular.
- El **objetivo ambiental o condición ecológica del cuerpo de agua estará asociado a la prestación de algún (o algunos) servicio (s) ecosistémico (s)** en particular. En el caso de servicios ecosistémicos de soporte o regulación, éstos se relacionan con estrategias ambientales para el logro de la preservación o restauración del régimen natural de flujo. **En el caso de servicios ecosistémicos de aprovisionamiento o culturales, éstos se relacionan con los principales usos para el abastecimiento de las demandas de los diferentes sectores usuarios incluidos aquellos usos relacionados con la percepción, recreación, ritos o pagamentos.**
- Lo anterior se relaciona con los objetivos ambientales o la condición ecológica del cuerpo de agua definidos por la Autoridad Ambiental en el marco de los instrumentos de planificación o administración del recurso hídrico existentes, que tienen una intrínseca relación con los usos actuales y potenciales del agua, los cuales pueden ser la preservación de flora y fauna (preservando o restaurando los ciclos biológicos

de las especies acuáticas o de la ribera), agua para consumo humano y doméstico, agrícola, pecuario, recreativo, industrial, estético y demás usos percibidos por los humanos (al respecto ver artículos 2.2.3.2.7.1., 2.2.3.2.7.6. y 2.2.3.3.2.1. del Decreto 1076 de 2015).

- **Para el establecimiento del objetivo ambiental o condición ecológica del cuerpo de agua se deberán tener en cuenta los objetivos contenidos en instrumentos de planificación del recurso hídrico en los que se contemplen escenarios futuros para el cuerpo de agua.** Particularmente, se deberán considerar los servicios ecosistémicos que se hayan priorizado en instrumentos de escala regional como los Planes Estratégicos de la Macrocuenca, o los usos y objetivos de calidad establecidos para el corto, mediano o largo plazo en instrumentos como el PORH. En caso de no contar con ninguno de dichos instrumentos para un cuerpo de agua en particular, la Autoridad Ambiental deberá definir el objetivo ambiental a partir de los usos del agua actuales y potenciales. Se enfatiza el enfoque de áreas protegidas que el Distrito Capital ha dado a sus humedales, por lo que resulta fundamental establecer los objetivos específicos de conservación de los mismos para la noción de sistema de áreas protegidas.
- Es importante aclarar que, si bien el objetivo ambiental o condición ecológica del cuerpo de agua estará asociado a la prestación de algún (o algunos) servicio (s) ecosistémico (s) en particular, dicho objetivo no implica la prohibición de la prestación de servicios ecosistémicos diferentes a los priorizados en cada tramo del cuerpo de agua. En otras palabras, **la priorización de un servicio ecosistémico implica que el objetivo ambiental corresponde al mantenimiento del régimen de caudales requerido para la prestación del mismo, permitiendo la prestación de servicios ecosistémicos diferentes al priorizado en el tramo**, siempre que dicha prestación no genere alteración en los atributos del régimen requeridos para el cumplimiento del objetivo definido.

5.2 DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS EN RELACIÓN A LA CAPACIDAD DE CARGA DE UN HUMEDAL

- Capacidad de Carga: *“Estimación de la tolerancia de un ecosistema al uso de sus componentes, tal que no rebase su capacidad de recuperación en el corto plazo sin la aplicación de medidas de restauración o recuperación para restablecer el equilibrio ecológico”* (Ley Aguas Nacional Mexico, art 3 numeral X).
- Capacidad de Carga de un humedal: **Estimación de la tolerancia de un humedal cuando se aprovechan los servicios ecosistémicos principalmente de provisión y culturales, tal que no rebase su capacidad de recuperación en el corto plazo sin la aplicación de medidas de restauración o recuperación para restablecer el equilibrio ecológico** (Definición propuesta por el consultor).

5.3 IDENTIFICACIÓN Y PRESENTACIÓN DE LOS PRINCIPALES CRITERIOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA DE LOS HUMEDALES DEL DISTRITO, DESDE EL COMPONENTE HIDROLÓGICO

5.3.1. Determinación de capacidad de carga desde la perspectiva conceptual de los servicios ecosistémicos y los sistemas socioecológicos (SSE)

La evaluación y valoración de los servicios ecosistémicos de los humedales ofrece un marco de trabajo fundamental para avanzar hacia la determinación de la capacidad de carga. En este sentido, y como primera aproximación, se recomienda la referencia reciente de tipo normativo que ofrece la Resolución 2130 del 2019 del MADS para la determinación de caudales/volúmenes ambientales. De esta forma, para cada humedal y en forma integral con sus tributarios y efluentes la guía genera un reto y es la identificación y valoración de los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento, culturales, regulación y soporte, según las condiciones de funcionamiento y salud ecosistémica de los humedales del Distrito. A dicha evaluación le precede el conocimiento de la estructura, la biodiversidad y las funciones ecosistémicas del humedal. Así, conocidos la producción el flujo y uso de los servicios ecosistémicos viabiliza avanzar con el análisis de las interrelaciones y de las implicaciones en el territorio lo cual resulta fundamental para determinar la capacidad de carga. En otras palabras, los servicios ecosistémicos como enfoque interdisciplinar nos acerca a un criterio más general y robusto para la determinación de capacidad de carga, entendiendo los humedales no sólo como ecosistemas, sino también como sistemas socioecológicos de naturaleza compleja y adaptativa.

5.3.2. Determinación de capacidad de carga desde los instrumentos de manejo del humedal

Como criterio fundamental se propone la definición de los objetivos específicos de conservación que se establezcan en los Planes de Manejo de los humedales declarados como áreas protegidas, los cuales condicionan el análisis del humedal como sistema socioecológico y en forma particular, de los impactos y eventuales afectaciones a tales objetivos. La definición de métricas, índices e indicadores que dan cuenta del cumplimiento de los objetivos de conservación y su respectivo análisis espacio temporal (como serie de

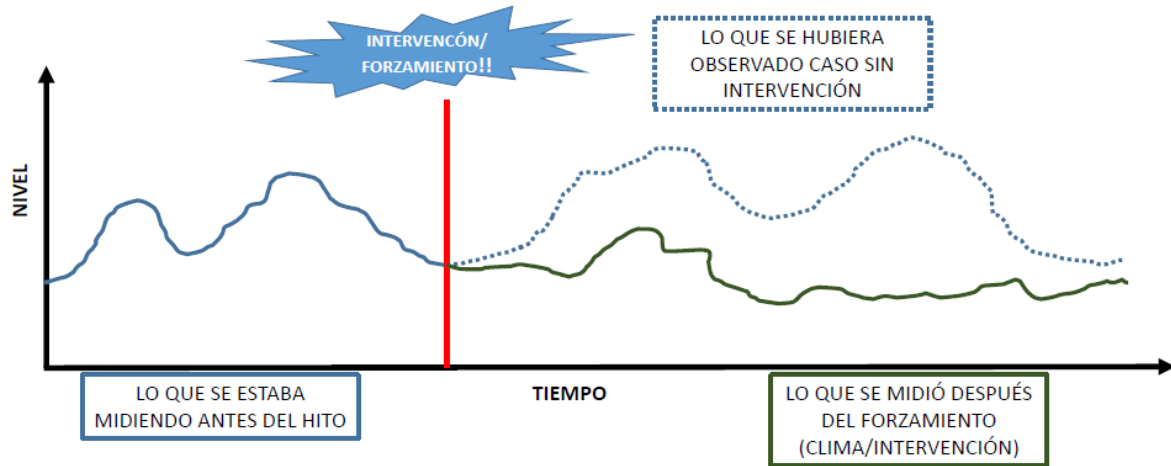
tiempo y campo espacial) representan la base para determinar la capacidad de carga tanto en modo *línea base de funcionamiento*, como para diferentes escenarios de manejo e intervención. Recordar que cada escenario se entiende compuesto por variaciones de: (1) Escenarios de cambio climático (series futuras del clima vía técnicas de *downscaling*); (2) Cambio en los usos y coberturas del suelo del entorno; e (3) Intervenciones en el humedal y su entorno.

5.3.3. Uso de herramientas de base científica y tecnológica para la determinación de la capacidad de carga de los humedales

Los sistemas de datos, información y conocimiento disponibles para la gestión integral de los humedales deben potenciarse con el uso de las herramientas de base científica y tecnológica. De esta forma, las métricas para evaluar la capacidad de recuperación y de resiliencia vistas como trayectorias en el tiempo pueden ser construidas a partir de sistemas de conocimiento que incluyen varias formas de conocimiento y varias tipologías de artefactos de modelación, entre otros insumos. En el capítulo de “Caja de Herramientas” del actual documento se presentan y describen las 7 herramientas de base científica y tecnológica que apoyarían las simulaciones y la generación de las trayectorias en el tiempo para los diferentes escenarios de que consideren. Tales trayectorias y los respectivos deltas de cambio entre escenarios de referencia representan la base para evaluar la resiliencia y capacidad de recuperación de los humedales.

La definición de trayectoria y de delta de cambio se puede realizar apoyado en la siguiente figura y con los siguientes descriptores: (1) Considere que se está observando una variable (índice o indicador) de interés que describe el comportamiento ecosistémico o socioeconómico del humedal (o su interrelación). En este caso el ejemplo es realizado con el registro de los niveles a resolución diaria en un humedal dado. (2) La línea vertical en rojo representa “el ahora”, es decir, el presente (t_0) y corresponde a la intención de realizar una intervención o de hacer un ejercicio de prospección para algún forzamiento dado (ejemplo cambio o variabilidad climática). (3) De esta forma, la trayectoria de color azul representa el registro del nivel, considerando que la línea punteada representaría la prospección de lo que se observaría si no se diera la intervención en el momento actual. (4) Mientras que la línea de color verde que aparece después de la intervención sería el valor que se observaría considerando que ya ocurrió la intervención en el tiempo presente. (5) Estas dos trayectorias serían la base para la evaluación de impacto *ex ante* y la intervención sería la construcción de obras civiles o reconfiguraciones hidrogeomorfológicas o cualquier otra configuración del terrero que genere escenarios de cambio. (6) Y las diferencias entre estas dos líneas representarían los DELTAS de cambio para evaluar el impacto y resultan claves para evaluar la RESILIENCIA y la capacidad de carga.

CONCEPTO DE TRAYECTORIA: EVALUACIÓN EXANTE (*escenarios de futuro*)



6 RECOMENDACIONES PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LA POLÍTICA DISTRITAL DE HUMEDALES, EN EL MARCO DEL OBJETO DEL CONTRATO

Tres recomendaciones:

- (1) Considerar a los humedales como sistemas socioecológicos
- (2) Armonizar y articular la política de humedales del distrito (2006) con las políticas nacionales de gestión integral como la del recurso hídrico y la de biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (que fueron posteriores a la política de humedales del distrito: 2010, 2012, respectivamente).
- (3) Enfatizar en el plan de acción el uso de herramientas de base científica y tecnológica que fueron propuestas por el grupo de la misión de humedales.

A continuación se amplían los descriptores y el contexto de las tres propuestas.

6.1 PROPUESTA DE RECOMENDACIÓN DESDE EL ENFOQUE CONCEPTUAL DE HUMEDAL COMO OBJETO EPISTÉMOLÓGICO (SISTEMA SOCIOECOLÓGICO)

Un primer referente técnico para esta recomendación corresponde al documento preparado por el IAVH en el marco del Convenio 13-014 (FA 005 de 2013) suscrito con el Fondo Adaptación (IAVH, 2014)³. De allí se reconoce la importancia de **llevar a cabo el proceso de delimitación previo al diseño, promulgación e implementación de los planes de gestión respectivos**. Esta misma referencia del IAVH (2014) añade que *“por lo tanto, para los ejercicios de delimitación se reconoce la limitación que tiene una definición formal como*

³ Citación Completa: Villardy, S., Jaramillo, Ú., Flórez, C., Cortés-Duque, J., Estupiñán, L., Rodríguez, J., Aponte, C. (2014). Principios y criterios para la delimitación de humedales continentales: una herramienta para fortalecer la resiliencia y la adaptación al cambio climático en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, 100 pág.

la de la Convención Ramsar y, por ende, se propone una adaptada que responde a entender elementos ecosistémicos y funcionales más detallados. Para este ejercicio un humedal es un tipo de ecosistema que debido a condiciones geomorfológicas e hidrológicas permite la acumulación de agua (temporal o permanentemente) y que da lugar a un tipo de característica de suelo y a organismos adaptados a estas condiciones. Estas características permiten identificar una historia de relaciones complejas entre los usos de los servicios ecosistémicos y el desarrollo de mecanismos de gestión, que le confieren una **identidad socioecológica**". Resulta importante señalar que la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE, 2012) "incorpora en su enfoque el concepto de sistemas socioecológicos proponiendo un marco de acción que permite generar un balance entre los diferentes intereses que tiene la sociedad frente a la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que esta genera (MADS, 2012)" (IAVH, 2014). En esta misma referencia se proponen los "criterios para la **delimitación de humedales**, a la luz de la PNGIBSE, la Política Nacional de Humedales Interiores de Colombia (MMA, 2002) así como de los procesos internacionales y orientaciones técnicas de la Convención Ramsar. Como resultado de este proceso se abordan los humedales como **sistemas socioecológicos**, y a la **delimitación como un proceso que hace parte de la gestión integral de estos ecosistemas**, para el cual es necesario tener en cuenta dos tipos de criterios: (1) Criterios para identificación del límite funcional del humedal, y (2) Criterios para el análisis de las implicaciones y la toma de decisiones".

El IAVH (2014) señala trece (13) principios para el proceso de delimitación de humedales, de los cuales se resalta el primero de ellos "los **humedales son sistemas socioecológicos resultado de un proceso histórico adaptativo en el que han existido múltiples interrelaciones entre los diferentes actores y los procesos y servicios que estos ecosistemas ofrecen. Esto implica que la delimitación debe tener presente las dinámicas históricas de uso y transformación, y considerar los actores sociales con todo el entramado de relaciones de poder que de ellos se deriva. Por lo tanto, la delimitación no puede estar orientada a separar de los ecosistemas, las profundas relaciones sociales y culturales que puedan existir. (...). Se entiende como sistemas socioecológicos, sistemas complejos adaptativos conformados por las interacciones entre los ecosistemas y la gente (Berkes y Folke, 1998), es decir, son los formados por unidades interdependientes (ecosistemas y sociedad) que funcionan como un todo y que presentan **propiedades emergentes** que nacen de las interacciones entre sus componentes (Levin, 1998). Para el caso de los humedales, los componentes ecológicos y sociales se acoplan e interactúan de manera dinámica" (Ilustración 1).**

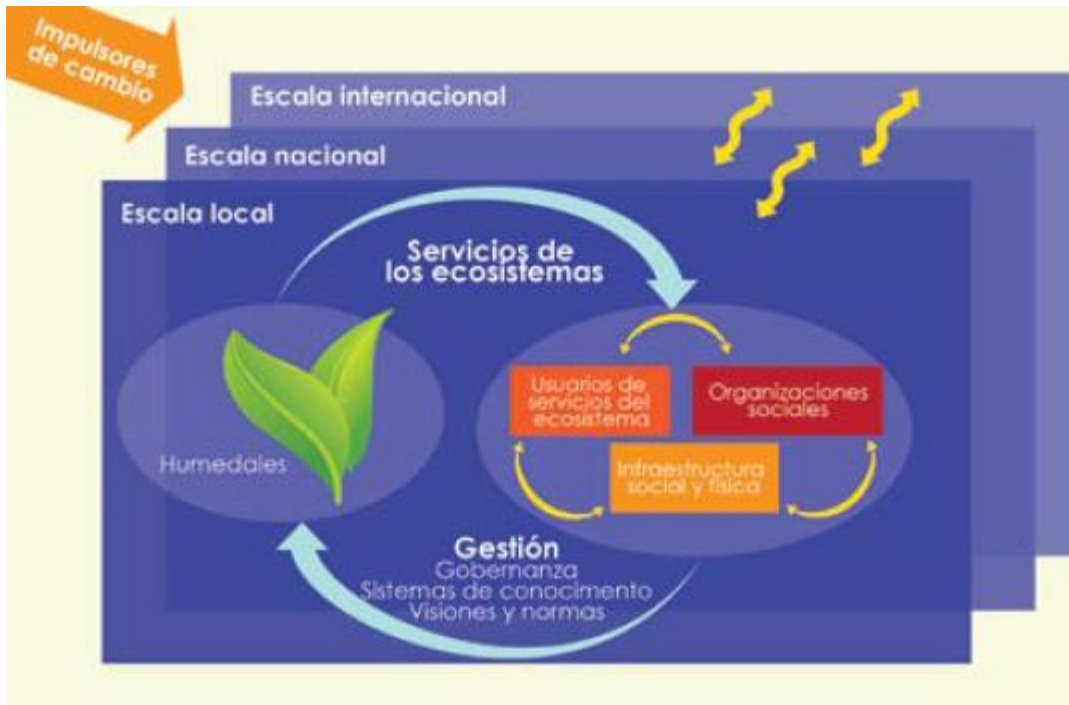


Ilustración 1. Modelo conceptual de un humedal como sistema socioecológico. Usado para describir su estructura e interacciones (Modificado de Anderies et al., 2004; Berkes et al., 2003; Villardy y Gonzalez, 2011). Fuente: IAVH, 2014).

El IAVH (2014) explica que “El componente ecológico se refiere a los ecosistemas, entendidos como comunidades autorreguladas de especies, que interactúan entre ellas y el medio físico. El componente social incluye a los habitantes y usuarios de los servicios de estos ecosistemas, su distribución en el territorio, las organizaciones e instituciones que lo conforman y las actividades que realizan. Ambos componentes establecen formas recíprocas de accionar y lógicas de funcionamiento independientes (Berkes y Folke, 1998). La integridad ecológica de los humedales depende en esencia de la conservación de su estructura y funcionamiento, lo que está determinado a su vez por la biodiversidad y el mantenimiento de procesos ecológicos esenciales como el ciclo del agua, los ciclos de nutrientes o la producción primaria (Junta de Andalucía, 2004). En este sentido, **el componente ecológico interactúa con el componente social por medio del flujo de servicios que ofrece y que contribuye no sólo a satisfacer las necesidades humanas sino a generar bienestar.** El componente social se relaciona con el componente ecológico de varias formas: (1) Mediante los aspectos relacionados con la gobernanza como los derechos de propiedad y el acceso a los recursos. (2) Los diferentes sistemas de conocimiento relacionados con las dinámicas del ambiente y el uso de los recursos. (3) Las diferentes visiones y éticas sobre las relaciones entre los humanos y la naturaleza (Berkes et al, 2003). **La dinámica del sistema social que envuelve los ecosistemas de humedal, se sostiene sobre diversos procesos culturales, sociopolíticos y económicos, mediados por actores que interactúan de forma compleja entre ellos y con el sistema natural, y que son comandados por el balance de poderes, el juego entre sus intereses materiales, las representaciones sociales y las herencias culturales en las**

cuales se mueven. Todas estas **relaciones son parcialmente independientes del funcionamiento de los ecosistemas**".

6.2 RECOMENDACIÓN DESDE LA ACTUALIZACIÓN EN EL MARCO NORMATIVO DE LA POLITICA DISTRITAL DE HUMEDALES

El proceso delimitación de humedales también puede ser considerado como complejo, así: *"(1) La complejidad del proceso de delimitación radica en entender las dinámicas y jerarquías espaciales y temporales de los componentes (biofísicos y socioculturales) y como se interrelacionan. Es espacialmente importante comprender que los vínculos entre los componentes interconectados contienen información oculta que es fundamental. (2) Los procesos clave del funcionamiento de los humedales se dan a diferentes escalas espaciales y temporales y se expresan en diferentes tipos y complejos de humedales. **La delimitación debe relacionarse con esos procesos funcionales, pero también con el ámbito de la planeación, y articularse a mayor escala con procesos de este tipo como lo son los POMCA, los planes/esquemas de ordenamiento territorial y otros a menor escala, como la definición de la ronda hídrica.** (3) Las dinámicas no lineales del funcionamiento de los humedales son conocidas solo por partes, en Colombia tenemos una gran debilidad en la información oficial; adicionalmente nos encontramos en una etapa de la historia marcada por grandes transformaciones. Reconocer la incertidumbre es un principio de realidad, el cual tiene un reconocimiento en los principios constitucionales como el de precaución y que debe animar a realizar ejercicios de planeación y gestión ambiental que fortalezcan el diálogo de conocimientos y resiliencia, centrándose en conocer los procesos clave"* (IAVH, 2014).

Tal como lo señala Ernesto Guhl N. (2012, 2013)⁴. *"La evolución de las formas de gestión del agua de la linealidad a la complejidad (Ilustración 2), ha estado impulsada por la necesidad de satisfacer las necesidades crecientes de las sociedades y al mismo tiempo tratar de frenar el deterioro de las condiciones naturales frente a la presión antrópica. (...) históricamente se ha evolucionado desde lo simple y lineal hasta lo más complejo y sistémico. Inicialmente se privilegiaban instrumentos de gestión lineales, priorizando inversiones en infraestructura física para garantizar la oferta mediante sistemas de captación, tratamiento/ adecuación, transporte y distribución hasta los usuarios finales. Posteriormente se introdujeron sistemas de incidencia sobre la demanda, uno de cuyos ejes centrales fue el establecimiento de sistemas de tarifas para incidir sobre la demanda, incentivando un uso más racional por parte de los usuarios finales, incluyendo sistemas de transferencia de los costos de operación y de inversión a través de la tarifa final a pagar por el usuario. Una concepción más desarrollada, y con mayores niveles de complejidad, es aquella que propende por una gestión integrada del recurso, incorporando mecanismos de gestión proactiva, con participación de los distintos actores y combinando distintos tipos de instrumentos de gestión (regulación directa, incentivos económicos y mecanismos de*

⁴ Se referencian dos publicaciones del Doctor Ernesto Guhl Nanneti: (1) La región hídrica de Bogotá (2013) Bogotá, R. Ciencias Naturales; y (2) "Nuestra Agua ¿de dónde viene y para dónde va?" obra propiedad de la EAB – ESP como resultado del producto del contrato de consultoría No. 2-02-12100-0649-2012 celebrado entre la EAB –ESP y el Instituto para el Desarrollo Sostenible – QUINAXI.

financiación). Finalmente, una visión todavía más integral, y en consecuencia más compleja y por tanto más exigente, es aquella que se propone aquí articular todos estos sistemas de gestión a estrategias consensuadas de ordenamiento del territorio, **asignando al agua un papel preponderante como eje articulador de dicho ordenamiento**".

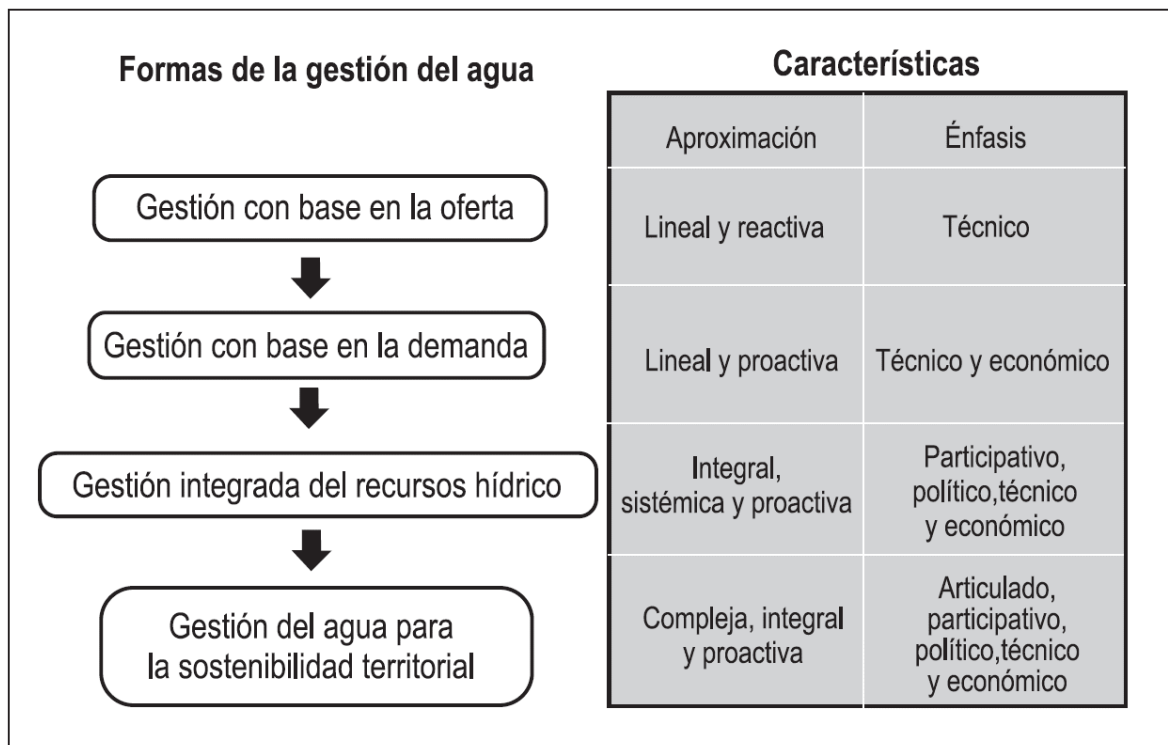


Ilustración 2. Evolución de la gestión del agua. Fuente: E. Guhl Nanneti (2012,2013)

En la primera década del siglo XXI, importantes avances en la definición de nuevos sistemas normativos fueron desarrollados. Se trata de las políticas de Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH) de 2010, la política nacional para la gestión integral ambiental del suelo (GIAS) de 2013 y la Política Nacional para la Gestión integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos PNGIBSE de 2012 entre algunas otras. Según la GWP, la gestión integrada del recurso hídrico –GIRH (IWRM, por sus siglas en inglés) es un proceso sistemático para el desarrollo sostenible y supervisión del recurso hídrico en el contexto de objetivos sociales, económicos y ambientales; la GIRH es un proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales (GWP 2000). Tal como lo señala el Doctor Guhl (2012) *“a pesar de la formulación de la GIRH y de la ampliación de la visión de la gestión del agua que conllevó, las dificultades prácticas de su aplicación tampoco han podido resolver la problemática del uso sostenible del agua. (...) Una de las dificultades más serias que presenta la gestión de los bienes y servicios ambientales caracterizados por la complejidad como es el caso del agua, es que a pesar de ser de interés de todos, su gestión integral no es responsabilidad de ningún actor en particular, sino que muchos actores tienen responsabilidades limitadas y desarticuladas que incluso pueden ser contradictorias y conflictivas. (...) La mayoría de los actores públicos y privados del*

desarrollo consideran que temas como la conservación de los ecosistemas, el respeto de los caudales ambientales o de las rondas de los ríos, la calidad del agua y la visión holística de largo plazo que son indispensables para la sostenibilidad territorial, son responsabilidad de las instituciones ambientales, pero que nada tienen que ver con su campo de acción definido por procesos de desarrollo que buscan la maximización de los ingresos en el corto plazo e ignoran la sostenibilidad. (...). Por estas razones, que en diversos países se ha dado el paso fundamental de buscar una nueva forma de planeación y gestión del agua, que, conservando los principios y objetivos de la GIRH, la articule con las estrategias de desarrollo territorial y sectorial, para contribuir al objetivo superior de generar territorios sostenibles. De esta manera, los temas ambientales y los relativos al agua en particular, pueden entrar a forma parte de los criterios directores de los instrumentos de planificación y de los recursos destinados a los planes de desarrollo territorial y sectorial. Cuando los temas relativos al agua, como la protección de los ecosistemas productores o el respeto y conservación de los espacios del agua, se incorporen en los instrumentos de planificación territoriales y sectoriales y los proyectos y acciones resultantes cuenten con recursos provenientes de los presupuestos de los entes territoriales y las empresas, se estará avanzando con posibilidades de éxito hacia la gestión sostenible del agua, como un elemento esencial y determinante de la sostenibilidad territorial”.

6.3 RECOMENDACIÓN EN RELACIÓN A LA BASE DE CONOCIMIENTO NECESARIA PARA LOS INSTRUMENTOS DE GESTION

- (1) Tres premisas fundamentales deben reconocerse para aproximarse a la identificación y definición de una base de conocimiento requerida para la gestión integral de los humedales y que se establecen por parte del IAVH (2014) así: “(1) **Los humedales como sistemas socioecológicos** son el resultado de la coevolución entre las características socioculturales de sus habitantes y estos ecosistemas, los cuales se adaptan hasta integrarse de manera completa. (2) La sociedad recibe beneficios de la naturaleza a través de los servicios que le prestan los ecosistemas. En su interacción con ella y al gestionar y apropiarse de la biodiversidad, las personas modifican directa o indirectamente el funcionamiento y la estructura de los ecosistemas. (3) **La clave para entender la integración entre los aspectos socioculturales y los humedales es identificar las relaciones que se establecen en sus flujos de materia, energía e información, a diferentes escalas y en ambas vías. (...).** Desde esta perspectiva sistémica, el “todo es siempre mucho más que la suma de las partes y **los humedales como sistema complejo, no se podrán comprender, si no se conocen las dinámicas de los flujos biofísicos, económicos y socioculturales que operan a distintas escalas y que vinculan sus diferentes componentes entre sí. Todo el sistema a su vez, está condicionado por la dinámicas de otros factores que desarrollan**

a escalas superiores como el clima, la economía y los sistemas políticos (Andereis et al., 2004)”⁵.

- (2) Las actividades desarrolladas por el consultor relacionadas también se concentraron en el propósito central de la misión de generar el documento de recomendaciones al POT y los documentos de caja de herramientas y portafolio de acciones/intervenciones. En esta obligación contractual y en el marco de los documentos mencionados anteriormente se avanzó en los siguientes temas que son la base para proponer las recomendaciones de actualización de política: (1) primera acción de la línea programática 4.1 de la Política Distrital de Humedales (PDH) *“El DAMA y la EAAB en coordinación con entidades académicas e institutos de investigación, con el apoyo del DAPD y la participación de redes y organizaciones sociales, definirán los criterios científicos-técnicos generales para la delimitación de áreas de humedal del Distrito Capital, de acuerdo a sus valores, funciones, productos y atributos”*. (2) El consultor propone dentro de las herramientas la construcción de una plataforma de integración tecnológica para la gestión integral de los humedales del Distrito Capital (PTI-GIHDC) la cual permitirá actualizar lo establecido por la PDH en la sección “1. Instrumentos científico técnicos” del capítulo “V. Instrumentos de Gestión”.
- (3) En la sección “Plataforma de integración tecnológica (PTI)” del capítulo de “Caja de Herramientas” del actual documento se explicita mayormente la PTI-GIHDC. A continuación, se incluyen los principales apartes: Descripción especial merece la séptima herramienta denominada Plataforma de Integración Tecnológica (PTI) para la GIHDC ya que está integraría todas las demás herramientas propuestas, por lo que se le considera como la aplicación (herramienta) ***maestra*** y el facilitador para soportar el proceso de decisiones. La PTI es un producto de innovación que busca integrar con enfoque de sistema socioecológico todos los datos, la información y el conocimiento de naturaleza biótica, abiótica y socioeconómica relacionados con la GIHDC. Permite a los usuarios: (1) Visualizar los resultados de los estudios, proyectos, programas y convenios ambientales. (2) Integrar información dispersa relacionada con estudios y proyectos anteriores y en curso. (3) Relacionar variables, índices e indicadores; y encontrar asociaciones entre distintas fuentes de datos. (4) Acceder en forma eficaz y eficiente a la información, los datos y el conocimiento de tal forma que se facilite el proceso para la generación de reportes, informes, ICAS, atención y respuesta a requerimientos de los actores, etc. (5) Tener acceso remoto a la información y al conocimiento. La PTI se desarrolla bajo estándares OGC y mayoritariamente con software libre, que facilitan la ***interoperabilidad*** de la plataforma y los sistemas que lo componen, es decir, que *habla y entiende* el lenguaje universal en transferencia de datos y aprovechamiento de otras fuentes. En este sentido se podría por ejemplo compartir información en la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales, de IDECA, del observatorio ambiental y de otros sistemas de información de la institucionalidad ambiental colombiana. (6) La PTI debe ser la “semilla” para otras iniciativas que

⁵ *Las características más importantes para entender a los humedales como sistemas complejos adaptativos son: (1) Presenta dinámicas no lineales que implican entender la presencia de umbrales de cambio-incertidumbre y procesos de retroalimentación. (2) Tienen propiedades emergentes. (3) Sus dinámicas están marcadas por jerarquías a múltiples escalas que pueden funcionar desde las superiores hasta las inferiores, pero también, al contrario. (4) Cuentan con capacidad de auto organización (son adaptativas) y, por lo tanto, capacidad de resiliencia, que es el atributo que permite absorber el cambio y adaptarse (Liu et al., 2007). Tomado de IAVH (2014).*

propendan por la “ciencia ciudadana” y en general por potenciar los procesos participativos que demanda la GIHDC. A manera de ejemplo se describen cuatro posibles módulos que la PTI pudiera contener.

- **Módulo de Conocimiento**: Todas aquellas fuentes de datos, la información y las formas de conocimiento relacionadas con la GIHDC, es decir, variables observadas vía monitoreo previo, las variables modeladas (con las demás herramientas descritas anteriormente), y las interrelaciones entre variables de estado, entre los índices e indicadores que dan cuenta del funcionamiento del Sistema socioecológico. Palabras claves: DATOS, INFORMACIÓN, TABLEROS, CONOCIMIENTO / MODELOS.
- **Módulo de Afectaciones/IMPACTO**: corresponde a un despliegue interactivo que facilitará al usuario tener vistas del sistema socioecológico. Una vista multidimensional, un mapa conceptual (causales) de como entendemos los humedales (individual y como complejo) y un esquema que nos muestra los principales actores en el área de estudio y los cambios experimentados por estos debidas a las intervenciones tanto estructurales, como no estructurales. En este módulo se incluyen submódulos que dan cuenta de la línea base y de los diferentes escenarios que han sido considerados desde el impacto y métricas establecidas para la evaluación y valoración de los servicios ecosistémicos y sus implicaciones. Palabras claves: AFECTACIÓN / IMPACTO / TRAYECTORIAS DE ESCENARIOS / EVALUACIÓN EXANTE.
- **Módulo de Toma de Decisiones**: corresponde a un componente integrador en el que se aportan elementos para la toma de decisiones socioecosistémicas. Mientras en el módulo anterior se evalúan los diferentes escenarios, en este se añaden análisis de valoración que no sólo pudieran incluir análisis costo beneficio, sino también enfoque de riesgo para las consecuencias indeseadas de cada uno de las obras y diseños particulares que se consideran en la combinación de los escenarios estudiada. En este módulo también se incluyen las estrategias de restauración y conservación e indicadores que buscan reflejar la salud del sistema según el escenario considerado. Palabras claves: DECISIONES, ESTRATEGIAS, RESTAURACIÓN, INDICADORES / PROCESOS PARTICIPATIVOS / CIENCIA CIUDADANA / CONOCIMIENTO EXPERTO.
- **Módulo de Biblioteca Digital y Gestión documental**: es un repositorio centralizado de documentos y anexos técnicos, en el que los usuarios pueden acceder a información detallada relacionada con los convenios ambientales del proyecto y demás información asociada.

7 PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE UN MONITOREO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO EN LOS HUMEDALES DEL DISTRITO EN EL SEGUIMIENTO DE LA RECUPERACIÓN Y RESTAURACIÓN

7.1 MODELOS CONCEPTUALES PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO PARA EL SEGUIMIENTO DE LA RECUPERACIÓN Y LA RESTAURACIÓN

- (1) El Manual 18 Ramsar (pp 11) “4. Se prevé que las Partes Contratantes administren sus Sitios Ramsar de forma de mantener las características ecológicas de cada uno de ellos y, de esa manera, mantener las funciones ecológicas e hidrológicas esenciales que redundan en última instancia en sus productos, funciones y atributos. Las características ecológicas son pues un indicador de la ‘salud’ del humedal y se prevé que en el momento de la designación las Partes Contratantes describan el sitio empleando la Ficha Informativa Ramsar aprobada (véase la sección B), de forma lo bastante detallada como para que sirva de base para el **monitoreo** ulterior a fin de detectar cualesquiera cambios en estos atributos ecológicos e hidrológicos. Los cambios en las características ecológicas distintos de las variaciones naturales pueden señalar que los usos de los sitios o los impactos de origen externo en ellos no son sostenibles y pueden redundar en la degradación de los procesos naturales y por ende y en última instancia en la desarticulación del funcionamiento ecológico, biológico e hidrológico del humedal”.
- (2) Manual 18 Ramsar: Marcos para manejar Humedales de Importancia Internacional y otros humedales. “Los indicadores elegidos se corresponden con el orden de jerarquía de las otras decisiones que los administradores necesitan tomar a la hora de establecer programas de monitoreo de la salud del ecosistema. Por tanto, una vez determinada la cuestión objeto de preocupación o posible preocupación y los valores ambientales que se han de proteger, los administradores deben consagrarse a identificar los objetivos de evaluación para proteger el humedal. Lo que sigue puede servir de ejemplo: (a) Detección temprana de cambios severos y crónicos, lo que aporta información que permite prevenir impactos importantes en el medio ambiente; y (b) Evaluación de la importancia ecológica del impacto mediante la medición de la biodiversidad, el estado de conservación y/o la respuesta a nivel de la población, la comunidad o el ecosistema”.

- (3) B. Descripción de las “características ecológicas” de un humedal’ (Manual 18 Ramsar pp 11). iv). Los “**modelos conceptuales**” sencillos pueden ser un instrumento poderoso. La elaboración de “modelos conceptuales” sencillos de dos o tres dimensiones junto con descripciones resumidas de rasgos importantes, de procesos y del funcionamiento pueden ser un instrumento poderoso que dé apoyo a la descripción de las características ecológicas. El Grupo de Examen Científico y Técnico elaborará nuevas orientaciones sobre enfoques para desarrollar esos modelos conceptuales. Un ejemplo de este enfoque en relación con un Sitio Ramsar puede consultarse en Davis, J. & Brock, M. (2008) “Detecting unacceptable change in the ecological character of Ramsar Wetlands”, *Ecological Management & Restoration*, vol. 9 (1): 26-32.
- (4) El primer esquema conceptual para el caso de la conservación de la avifauna puede ser revisado de la siguiente referencia “*Environmental Watering for Waterbirds in The Living Murray Icon Sites. A literature review and identification of research priorities relevant to the environmental watering actions of flow enhancement and retaining floodwater on floodplains*” de la *MDBA Publication No. 09/12 Brandis, K., Roshier, D. and Kingsford, R.T. 2009*. Como puede notarse se resaltan las consideraciones de escala y dentro de la más fina a nivel de humedal la presencia de otros modelos conceptuales que se presentan a continuación.

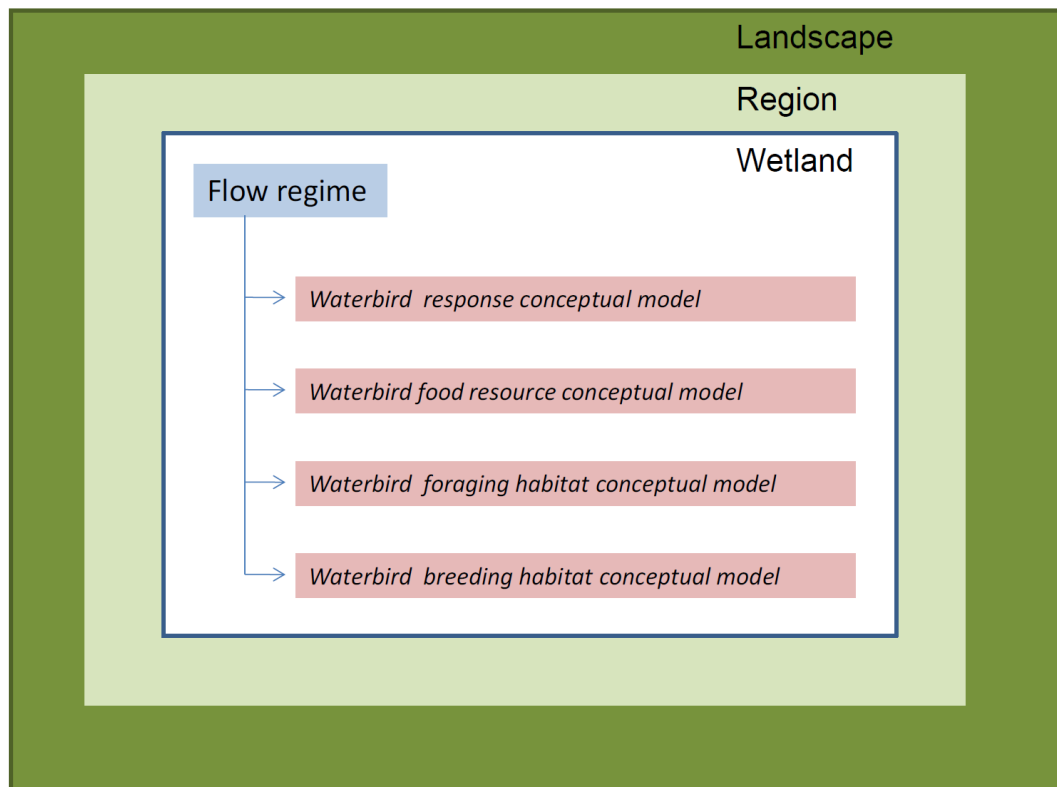


Figure 3: Flow and waterbird ecological triggers conceptual model

Fuente: MDBA Publication No. 09/12 Brandis, K., Roshier, D. and Kingsford, R.T. 2009

- (5) El segundo modelo conceptual se relaciona con el modelo de respuesta de la avifauna, el cual a su vez referencia otros tres modelos conceptuales: recursos de alimentación,

hábitat de forrajeo, y hábitat de reproducción. Se resalta la inclusión de variables que describen los regímenes de flujo.

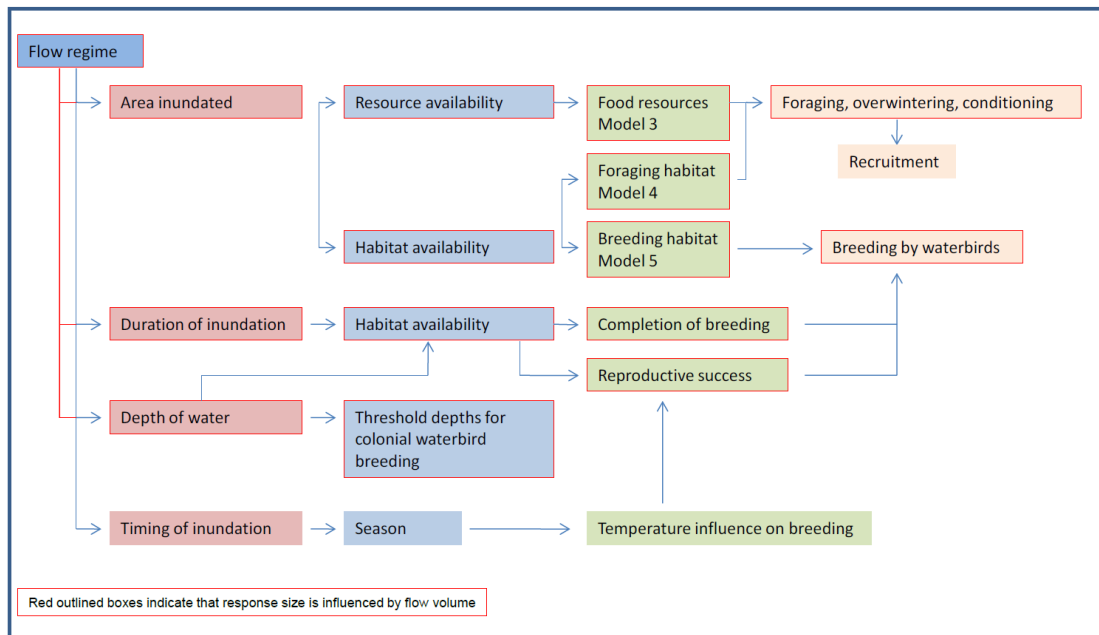


Figure 4: Waterbird response conceptual model

Fuente: MDBA Publication No. 09/12 Brandis, K., Roshier, D. and Kingsford, R.T. 2009

- (6) El tercer modelo conceptual se relaciona con los recursos de alimentación por especie. Se resalta la inclusión de variables que describen los regímenes de flujo, de nutrientes y de niveles tróficos inferiores.

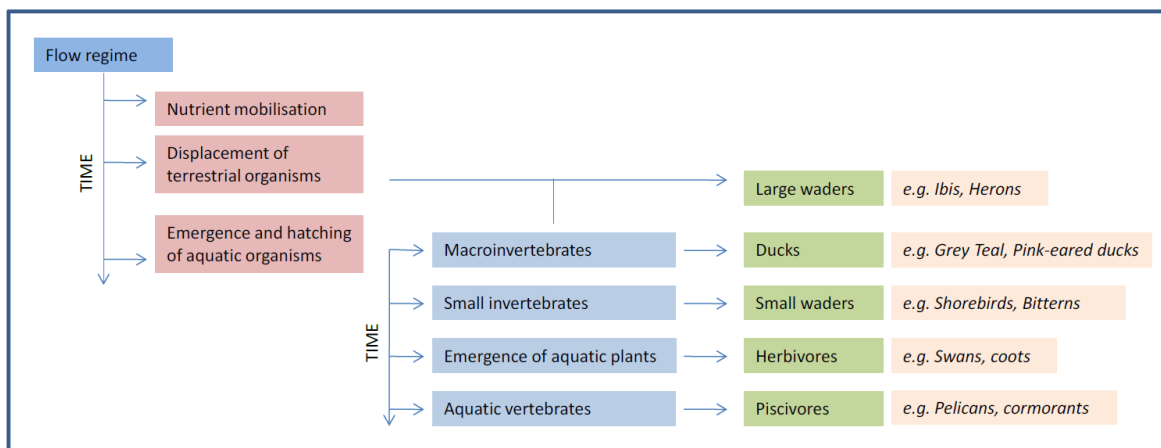


Figure 5: Waterbird food resources conceptual model

Fuente: MDBA Publication No. 09/12 Brandis, K., Roshier, D. and Kingsford, R.T. 2009

(7) El cuarto modelo conceptual se relaciona con el hábitat de forrajeo por especie. Se resalta la inclusión de variables que describen los regímenes de flujo, y de zonas características de describen y componen un ecosistema desde el punto de vista físico.

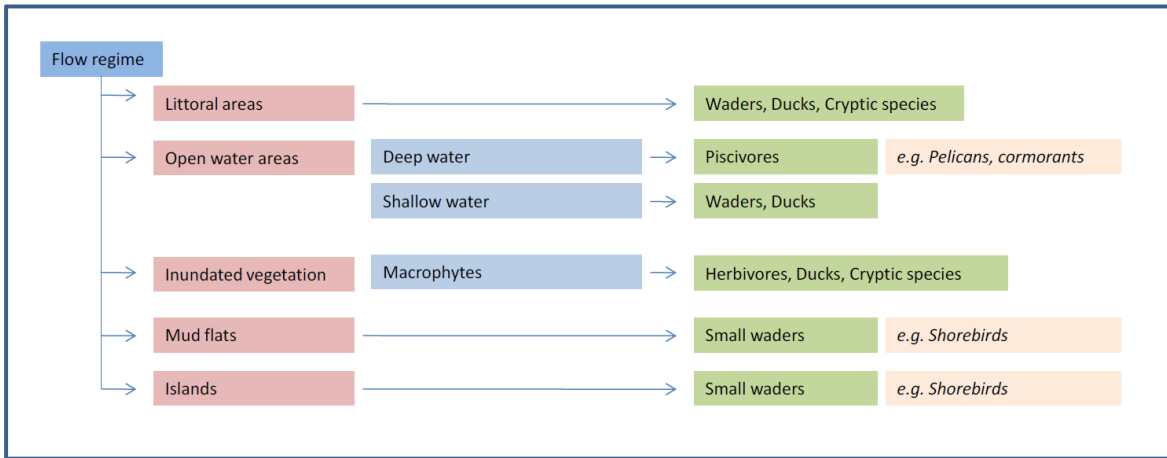
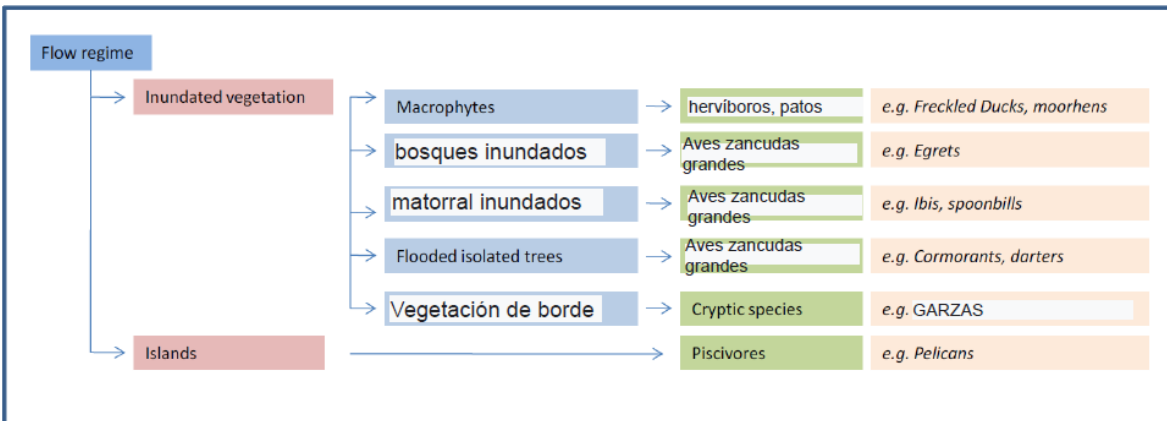


Figure 6: Waterbird foraging habitat conceptual model

Fuente: MDBA Publication No. 09/12 Brandis, K., Roshier, D. and Kingsford, R.T. 2009

(8) El quinto modelo conceptual se relaciona con el hábitat de reproducción por especie. Se resalta la inclusión de variables que describen los regímenes de flujo, y de zonas características que describen y componen un ecosistema desde el punto de vista físico como área de isla o vegetación inundada.



Fuente: Adaptado de MDBA Publication No. 09/12 Brandis, K., Roshier, D. and Kingsford, R.T. 2009

7.2 PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE UN MONITOREO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO EN LOS HUMEDALES DEL DISTRITO, EN EL SEGUIMIENTO DE LA RECUPERACIÓN Y LA RESTAURACIÓN

- (1) Dentro de la caja de herramientas de base científica y tecnológica que propone el consultor se proyecta revisar el sistema/programa de monitoreo actual para robustecerlo y potenciarlo (ver subsección “Herramientas asociadas al monitoreo de humedales” del capítulo subsiguiente de ‘Caja de Herramientas”). En este sentido, se hará un diseño y una reingeniería del monitoreo. Deberán definirse con claridad y precisión, la calidad, cantidad y frecuencia de los datos, y su conversión a información y conocimiento aplicado, bajo las consideraciones y enfoques presentados de gestión adaptativa, conocimiento del funcionamiento del sistema socioecológico, y de trayectorias de escenarios observados y simulados. De esta forma, la tipología de variables, índices e indicadores no sólo será de tipo biogeofísico, sino también de naturaleza socioeconómica. Finalmente, lo observable y estimable será la base para la construcción y calibración de las diferentes herramientas de modelación expuestas anteriormente, para las cuales se espera desarrollar análisis de incertidumbre tal y como se considera en los ciclos del gerenciamiento adaptativo. Es decir, en cada ciclo se espera revisar y mejorar el sistema de indicadores y la frecuencia y espacialización para generarlos.
- (2) Las herramientas de base científica y tecnológica que se proponen en el capítulo de “Caja de Herramientas” del reporte actual se emplean en entornos complejos, por lo que el enfoque para construir las se inspira en los 6 pasos cíclicos del **gerenciamiento adaptativo de recursos naturales**, el cual cada vez cobra más vigencia y uso entre las diferentes autoridades ambientales y actores del SINA. Se resaltan las “implementaciones” (paso 4) consideradas como intervenciones (estructurales y no estructurales) a las cuales les antecede y se apoya en una base de conocimiento actual y disponible (paso 2) y en los respectivos análisis de incertidumbre dado el carácter incierto de los datos, la información y el conocimiento aplicado (paso 3). De igual forma, una vez realizada la implementación/intervención, se avanza con el monitoreo (índices, indicadores, variables) (paso 5) y su respectiva evaluación (paso 6). El paso 6 de evaluación contempla dos posibilidades: la evaluación *expost* y la evaluación *exante*. De esta forma el monitoreo también se incluye en el ciclo del gerenciamiento adaptativo (paso 5) el cual deberá ser revisado y ajustado frecuentemente y sobre todo con los análisis de incertidumbre respectivo que sugiere el paso 3 del gerenciamiento adaptativo.
- (3) El monitoreo deberá estar regido por el seguimiento de la recuperación y restauración, los cuales a su vez se enmarcan en los objetivos ambientales o condición ecológica del humedal, que estarán **asociados a la prestación de algún (o algunos) servicio (s) ecosistémico (s)** en particular. “En el caso de servicios ecosistémicos de soporte o regulación, éstos se relacionan con estrategias ambientales para el logro de la preservación o restauración del régimen natural de flujo. **En el caso de servicios ecosistémicos de aprovisionamiento o culturales, éstos se relacionan con los principales usos para el abastecimiento de las demandas de los diferentes**

sectores usuarios incluidos aquello usos relacionados con la percepción, recreación, ritos o pagamentos”. (MADS, 2019). Esta misma referencia señala que

“Lo anterior se relaciona con los objetivos ambientales o la condición ecológica del cuerpo de agua definidos por la Autoridad Ambiental en el marco de los instrumentos de planificación o administración del recurso hídrico existentes, que tienen una intrínseca relación con los usos actuales y potenciales del agua, los cuales pueden ser la preservación de flora y fauna (preservando o restaurando los ciclos biológicos de las especies acuáticas o de la ribera), agua para consumo humano y doméstico, agrícola, pecuario, recreativo, industrial, estético y demás usos percibidos por los humanos (al respecto ver artículos 2.2.3.2.7.1., 2.2.3.2.7.6. y 2.2.3.3.2.1. del Decreto 1076 de 2015)”.

- (4) Tal y como lo describen los modelos conceptuales para la avifauna de humedales presentados en el capítulo anterior del actual documento se podrían pensar en observar variables que den cuenta de los componentes incluidos en tales diagramas conceptuales, siempre y cuando se procure por una identificación de las principales que robustezcan el monitoreo y a la vez mantengan una relación costo-beneficio adecuada. Esto sugiere que se pueden diseñar campañas de monitoreo sistemáticas para la observación de las aves y de otros rasgos físicos y biológicos de su hábitat para reproducción, alimentación y forrajeo. La Secretaría Distrital de Ambiente (Grupo de Monitoreo) estableció el protocolo de monitoreo de flora y fauna el cual representa el punto de partida como referente para su complementariedad. Resulta importante señalar que uno de los usos fundamentales que se espera de los monitoreos realizados bajo este protocolo es la idoneidad para construir y calibrar herramientas de simulación de acoplamiento entre lo abiótico (ciclos biogeoquímicos del agua, del carbono, nitrógeno y fósforo) con los flujos y almacenamientos bióticos que en primera instancia suponen observaciones de biomasa, especiación y de otros procesos de la biodiversidad acuática y terrestre (ver por ejemplo herramientas que se comentan en el numeral 7 de esta sección). En otras palabras, más allá que exista o no el protocolo, son los valores agregados que se dan a los datos y la información que representan estos observables, entre los cuales se tienen la construcción y calibración de artefactos de modelación ecohidráulica.
- (5) En cualquier instancia y en todo caso el programa de monitoreo deben dar cuenta de los regímenes de flujo, ya que todos estos modelos conceptuales de hábitat y presencia de especies se condicionan desde este tipo de variables hidrológicas e hidráulicas. Entre ellas se destacan los niveles del humedal que deben ser observados diariamente. Además de esta variable de régimen de flujo resulta fundamental controlar las entradas y salidas de cantidad de agua con estructuras de aforo y medición de caudal. De igual forma, las batimetrías deberán realizarse regularmente, en lo posible con base anual o cada cinco años si existen restricciones que imposibiliten una frecuencia más fina.
- (6) El monitoreo debe ser acompañado del modelo hidrodinámico del humedal, el cual se espera sea construido en 2 Dimensiones. Es decir, herramientas que en un soporte bidimensional construido sobre un modelo de elevación digital del terreno (DTM) continuo permita conocer las dos componentes de la velocidad y la profundidad en cualquiera de los puntos del dominio computacional. El monitoreo sistemática y la construcción y actualización en paralelo de modelos hidrodinámicos, no sólo permitirá asimilar los registros obtenidos, sino también realizar estudios de incertidumbre para así realizar recomendaciones sobre la frecuencia y espacialización del monitoreo. La construcción de un modelo hidrodinámico 2D de cada humedal deberá ser un propósito central para la autoridad ambiental y para aquellos que están a cargo del monitoreo de las variables hidráulicas. Se trata también de avanzar más allá de los modelos de balance a resolución mensual o anual para poder disponer de los flujos hidrológicos a

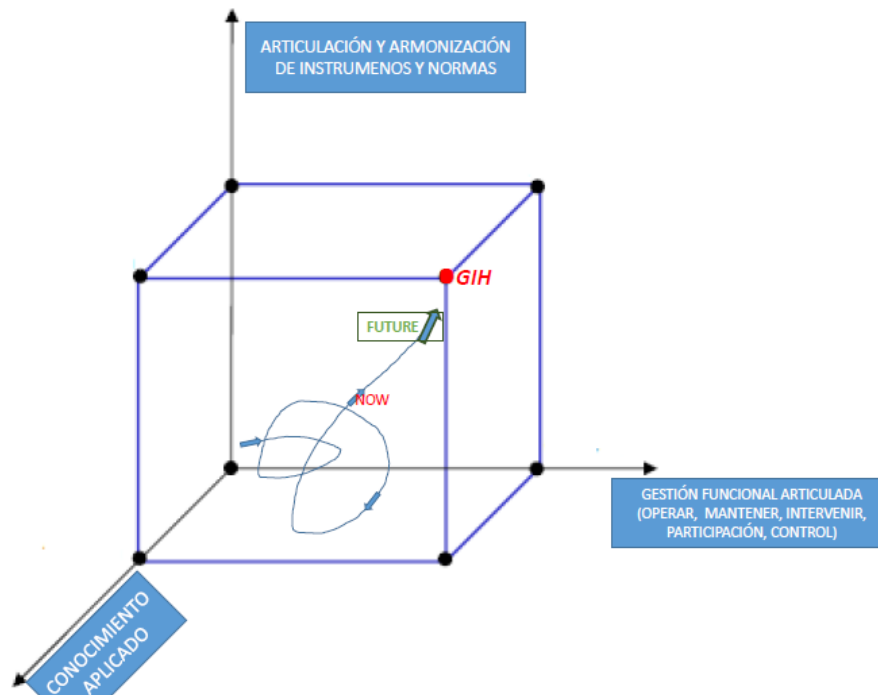
resolución mas final propias de las escalas características de los fenómenos que se desean estudiar.

- (7) Una vez se cuente con el modelo hidrodinámico 2D se deberá proceder a desarrollar la siguiente herramienta fundamental que corresponde al modelo hidrosedimentológico, geomorfológico e hidrogeomorfológico. Para luego seguir avanzando con el acople de otros ciclos biogeoquímicos como el nitrógeno y fósforo y así poder desarrollar herramientas para gestionar la calidad del agua del humedal. Este tipo de herramientas de lo abiótica se espera se desarrollen en paralelo con modelos ecológicos que posteriormente pueden ser acoplados con los primeros vía protocolos de modelamiento ecohidráulico (modelación integrada y acoplada). Dentro de los modelos ecológicos existen posibilidades en dos sentidos: desde la aproximación basada en cadenas tróficas y grupos funcionales (ejemplo: ecopath, ecosim, ecospace), hasta aquellos de productividad primaria que ya se encuentren acoplados en herramientas libres de modelamiento hidrosedimentológico 2D (ejemplo telemac). Estos desarrollos ya han sido implementados en varios casos de estudio de sistemas lénticos y ha sido clave para aprovechar y mejorar no sólo el sistema de monitoreo, sino soportar todo el proceso de toma de decisiones al poder generar trayectorias y deltas de cambio ante posibles escenarios de intervención estructural.
- (8) Se encuentra en desarrollo la exploración para poder observar aves aprovechando la tecnología de radar meteorológico y en forma particular, el radar banda x que el Distrito posee y que administra actualmente el IDEAM bajo convenio con el IDIGER. Esto será reportado más adelante. De igual forma, se viene desarrollando en el país esquemas de monitoreo de la salud de los ecosistemas de humedal, que incluyen propuestas de monitoreo ecohidráulico, los cuales serán incorporados a este documento, una vez se encuentren disponibles.

8 RECOMENDACIONES PARA GENERAR UNA CAJA DE HERRAMIENTAS PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS HUMEDALES, EN EL MARCO DEL OBJETO DEL CONTRATO

8.1 MARCO CONCEPTUAL PARA LA PROPUESTA DE PORTAFOLIO DE INTERVENCIONES Y DE GENERACIÓN DE CAJA DE HERRAMIENTAS

El siguiente esquema permite presentar la “idea fuerza” para los siguientes desarrollos asociados a este producto. (1) Se entendería la gestión integral de los humedales como una trayectoria en el tiempo que puede ser visualizado en tres ejes o componentes representados en el cubo: (1) Articulación y Armonización de instrumentos y normas; (2) Dimensión operativa o de gestión y administración; y (3) el conocimiento aplicado necesario para la Gestión integral de los humedales (GIH).



La trayectoria representa el camino recorrido desde el inicio (flecha azul) pasando por la situación actual (*now*) y dirigida hacia el vértice más externo en donde se lograría la GIH. La erraticidad de la trayectoria (como un alambre) refleja que se han obtenido grandes avances en los tres componentes, así como la necesidad de seguir avanzando en estos tres grandes ejes, de tal forma que se asegure el camino hacia la GIH (vértice más externo). Pueden existir varias trayectorias o caminos hacia el GIH, la que sigamos esperamos que sea aquella que en forma eficaz y eficiente nos permita recuperar, conservar y preservar los humedales del distrito capital. En el camino existen barreras que habrá que eliminar y mover para poder seguir avanzando. Por esta razón se introduce el término de caja de herramientas que apoyen la GIH. En el marco del objeto contractual del contratista, las herramientas estarán principalmente en el eje del conocimiento aplicado.

Una forma operativa de integrar las cajas de herramientas para la gestión puede ser visto desde los denominados sistemas hidroeinformáticos considerados como sistemas de soporte para la toma de decisiones. Concepto que ha evolucionado hoy por hoy a la noción de PLATAFORMA DE INTEGRACIÓN TECNOLÓGICA. En esa se incorporan y entran en diálogos los diferentes modos y subsistemas de conocimiento, así como los datos, la información y el conocimiento aplicado para soportar la toma de decisiones. Contemplan visores, bases de datos, modelos, procesos en tiempo real, pero sobre todo permiten desarrollar *analitics* para optimizar todas las formas de conocimiento disponible que se tengan de los ecosistemas de humedal y del complejo de humedales.

8.2 GENERALIDADES Y ENFOQUES DE LAS HERRAMIENTAS DE BASE CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

- (1) Los procesos relacionados con el uso, manejo y conservación de recursos naturales y los ejercicios de ordenación y planificación territorial alrededor de la Gestión Integral de los Humedales del Distrito Capital (GIHDC) se potencian con la concepción, desarrollo e implementación de herramientas de base científica y tecnológica. Se enmarcan dentro de los denominados **Sistemas hidroeinformáticos** (SHI), considerados éstos como Sistemas de Soporte a la toma de decisiones (**DSS**, por sus siglas en inglés “*Decision Support Systems*”). Tales SHI comprenden y posibilitan la construcción e implementación de tres grandes tipologías de artefactos de modelación: (1) Modelos Basados en la (Bio) Física; (2) Modelos Guiados por Datos; y (3) Modelos Basados en el conocimiento.
- (2) Las herramientas propuestas en esta sección por parte de la Misión contemplan las tres categorías anteriores. La primera tipología que en la literatura también son conocidas como “**Modelos de Caja Blanca**”; se basan en principios y/o leyes universales de las ciencias naturales (Física, Química y Biología) los cuales a su vez representan principios de conservación de masa (y biomasa), de *momentum* y de energía. Esto permite trabajar bajo una de las grandes hipótesis de trabajo de la **Ecología**, como lo es el estudio acoplado de los ciclos biogeoquímicos tales como el del agua, el nitrógeno, fósforo y carbono, entre otros, lo cual a su vez no sólo permite apoyar la gestión de la cantidad y la calidad del agua, sino también los procesos de evaluación y valoración de servicios ecosistémicos.
- (3) La **segunda tipología de modelación dentro de los SHI se basa en el conocimiento experto** (profesionales, comunidad, actores claves), se explicita a través de los modelos de gobernanza que se construyen y son la base para la modelación integrada de los sistemas socioecológicos (SSE). Finalmente, el tercer tipo de modelación denominada “guiada por datos”, resulta ser transversal, toda vez que ésta se apoya en aproximación de tipo estadístico-probabilista. Un ejemplo de esto último son los modelos desarrollados a partir de datos espacializados (mapas, cartografía, álgebra de mapas) y también aquellos con el propósito generador de escenarios de intervención con enfoque prospectivo.
- (4) La gestión integral de los recursos naturales implica **modelación integrada**, la cual se supone acoplada. Por consiguiente, se debe propender para que los artefactos de modelación no sólo contemplen dinámica, sino también se ejecuten (“*corran*”) en modo sincrónico o cuasi-sincrónico. De esta forma se acoplan los sistemas, subsistemas y flujos de materia, energía asociados a lo abiótico, lo biótico y lo socioeconómico. Lo abiótico corresponde a la modelación de los ciclos biogeoquímicos, incluyendo sedimentos, mientras que lo biótico, incluye un enfoque predominante de grupos tróficos y grupos funcionales, y enfoques como el de predador-presa apoyado en principios de bioconservación funcional. Se acoplan todos estos componentes con la modelación socioecosistémica, la cual se apoya fundamentalmente en las interacciones que han sido identificadas en la construcción de los modelos conceptuales de los humedales vistos éstos como sistemas socioecológicos.
- (5) Las herramientas propuestas se emplean en entornos complejos, por lo que el enfoque para construirlas se inspira en los 6 pasos cíclicos del **gerenciamiento adaptativo de**

recursos naturales, el cual cada vez cobra más vigencia y uso entre las diferentes autoridades ambientales y actores del SINA. Se resaltan las “implementaciones” (paso 4) consideradas como intervenciones (estructurales y no estructurales) a las cuales les antecede y se apoya en una base de conocimiento actual y disponible (paso 2) y en los respectivos análisis de incertidumbre dado el carácter incierto de los datos, la información y el conocimiento aplicado (paso 3). De igual forma, una vez realizada la implementación/intervención, se avanza con el monitoreo (índices, indicadores, variables) (paso 5) y su respectiva evaluación (paso 6). El paso 6 de evaluación contempla dos posibilidades: la evaluación *ex post* y la evaluación *ex ante*. El conjunto de herramientas de base científica y tecnológica que se proponen en el marco de la Misión permiten apoyar las evaluaciones *ex post* de impacto. Es decir, cuando la intervención está construida. De igual forma, un gran valor agregado de las herramientas se encuentra en que éstas permiten también evaluación *ex ante*, ya que no sólo tienen el propósito de evaluación y valoración servicios ecosistémicos, sino también de permitir el estudio prospectivo de la dinámica de variables de estado, índices e indicadores en su estructura espacio-temporal y para los diferentes escenarios a considerar. Cada escenario se entiende compuesto por variaciones de: (1) Escenarios de cambio climático (series futuras del clima vía técnicas de *downscaling*); (2) Cambio en los usos y coberturas del suelo; y (3) Intervenciones en el humedal y su entorno. De esta forma, el proceso de toma de decisiones presente en la GIHD se robustece con las herramientas propuestas ya que la estructura de estas no sólo permite concebir diferentes escenarios vía combinación de los tres componentes anteriores (clima, cobertura, diseño de la obra), sino también avanzar hacia la correspondiente evaluación *ex ante* de cada uno de ellos.

- (6) En abril 2021 el asesor explica los aspectos más importantes del gerenciamiento adaptativo a través de una presentación sintética que se transcribe a continuación (en donde también se incluye la referencia fuente de la presentación:



Copyright © 2013 by the author(s). Published here under license by the Resilience Alliance.
Rist, L., A. Felton, L. Samuelsson, C. Sandström, and O. Rosvall. 2013. A new paradigm for adaptive
management. *Ecology and Society* 18(4): 63. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-06183-180463>



Insight

A New Paradigm for Adaptive Management

ARTÍCULO BASE

Lucy Rist¹, Adam Felton², Lars Samuelsson³, Camilla Sandström⁴ and Ola Rosvall⁵

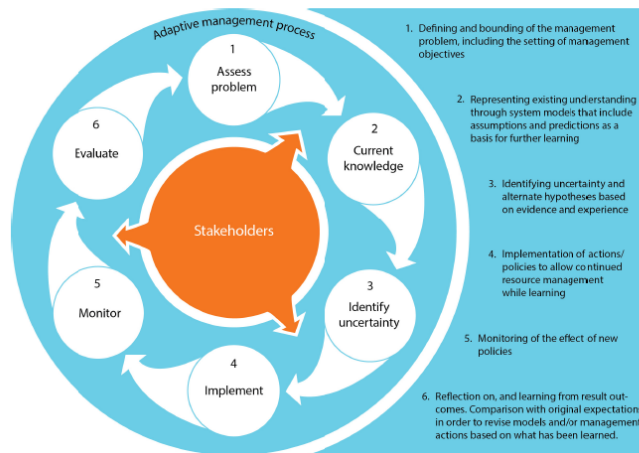
ABSTRACT. Uncertainty is a pervasive feature in natural resource management. Adaptive management, an approach that focuses on identifying critical uncertainties to be reduced via diagnostic management experiments, is one favored approach for tackling this reality. While adaptive management is identified as a key method in the environmental management toolbox, there remains a lack of clarity over when its use is appropriate or feasible. Its implementation is often viewed as suitable only in a limited set of circumstances. Here we restructure some of the ideas supporting this view, and show why much of the pessimism around AM may be unwarranted. We present a new framework for deciding when AM is appropriate, feasible, and subsequently successful. We thus present a new paradigm for adaptive management that shows that there are no categorical limitations to its appropriate use, the boundaries of application being defined by problem conception and the resources available to managers. In doing so we also separate adaptive management as a management tool, from the burden of failures that result from the complex policy, social, and institutional environment within which management occurs.

Key Words: *Experimental management; experimentation; management; natural resource; participation; stakeholder; uncertainty*

Table 1. AM-related concepts that have developed to emphasise a focus on participation or democracy in natural resource management

Term	Definition
Adaptive management	Natural resource management conducted in a manner that purposely and explicitly aims at increasing knowledge and reducing uncertainty (Holling 1978, Walters 1986).
Adaptive comanagement	Merges the principles and practices of comanagement and adaptive management and explicitly links learning (experiential and experimental) and collaboration to facilitate effective governance (Armitage et al. 2009).
Adaptive governance	Adaptive governance refers to the dynamic structures and processes by which societies share power, and shape individual and collective actions regarding the management of natural resources (Folke et al. 2005, Ostrom 2008). Adaptive governance thus includes the political nature of decision-making which influences management, as well as the steering and accountability mechanisms between a governing and management body (Brunner et al. 2005)

Fig. 1. The adaptive management process (based on Walters [1986:9] and Holling [1978:20]). Stakeholder participation is considered central to the process and to achievement of successful natural resource management.



INTRODUCTION

Adaptive management (Holling 1978, Walters 1986) has been put forward as a way of managing natural resources in the face of uncertainty. Developed by C.S. Holling and Carl Walters, and originally termed Adaptive Environmental Assessment and Management (AEAM), this approach emphasizes the identification of critical uncertainties regarding natural resource dynamics and the design of diagnostic management experiments to reduce these uncertainties (Walters 2007). The AM process is a learning cycle that can be distilled down to six stages (Fig. 1). Aside from these six stages, Holling and Walters also emphasized participation of those outside the management institution in the process in order to manage conflict and increase the pool of contributions to potential management solutions (Holling 1978, Walters 1986). This emphasis acknowledged the broader social structure within which management is embedded and is an element of adaptive management that has continued to evolve producing related concepts emphasizing this focus (Table 1). Nevertheless, reduction of ecological uncertainty remains the key objective of AM specifically (Walters 2007), and it is this original meaning that is the focus of this paper.

8.3 HERRAMIENTAS DE BASE CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA PARA LA GIHDC

En esta sección se proponen las herramientas de base científica y tecnológica para la Gestión Integral de los Humedales del Distrito Capital (GIHDC), las cuales se proyectan no sólo para mejorar, robustecer y modernizar el proceso de toma de decisiones actual, sino también para optimizar los recursos, herramientas, modelos y sistemas de información que actualmente disponen las entidades del Distrito Capital.

8.3.1. Herramientas para la evaluación y valoración de los servicios ecosistémicos de regulación

Comprende modelos o artefactos de modelación que integren la modelación hidrológica, hidráulica y sedimentológico con las diferentes herramientas para el modelamiento ecológico (ejemplo: ecopath, ecosim, ecospace), procurando así generar herramientas de base ecohidráulica. Una vez establecidos los objetivos de conservación u objetivos ambientales específicos se deberán identificar los servicios ecosistémicos de regulación preponderantes tales como el de regulación de la función hídrica por inundaciones, la captura de dióxido de carbono, la regulación climática en el entorno del humedal y su rol para el confort climático.

8.3.2. Herramientas para la evaluación y valoración de los servicios ecosistémicos de soporte

Lograr herramientas de naturaleza ecohidráulica como las mencionadas anteriormente (8.3.1) y que facilitan la evaluación de las variables, los índices e indicadores de modo dinámico de los ciclos biogeoquímicos representan la base para la construcción de las herramientas y modelos para la evaluación y valoración de los servicios ecosistémicos de soporte para la biodiversidad. Existen modelos conceptuales que permiten asociar y modelar el hábitat de la avifauna y de otras especies con variables de regímenes hidrológicos e hidráulicos que tienen lugar en los humedales.

8.3.3. Herramientas para la evaluación y valoración de los servicios ecosistémicos culturales

Inicia con la identificación de los servicios más preponderantes tales como la belleza escénica y los que se desprenden del potencial para educación e investigación y del patrimonio arqueológico identificado. Gran reto representa la valoración de este tipo de servicios por lo cual se anticipa un gran componente perceptual de la sociedad y de los actores claves.

8.3.4. Herramientas para la evaluación y valoración integral de los servicios ecosistémicos

Las herramientas anteriores se esperan, definan variables de estado, índices, indicadores que puedan ser generados en forma de serie de tiempo, conservando su estructura espacial (cuando aplique por las heterogeneidades). Tales trayectorias simuladas deberán no sólo ser comparadas con las históricas para legitimar y/o calibrar las herramientas, sino también generarse para los diferentes escenarios prospectivos a considerar, los cuales incluyen los tres componentes mencionados anteriormente: escenarios de cambio climático (por lo menos al 2050), escenarios por cambios en los usos y coberturas y por los diferentes diseños de las obras o intervenciones a considerar. Con este enfoque el análisis de los cuatro tipos de servicios ecosistémicos deberá realizarse en forma integral y las herramientas en su construcción deberán prever esta consideración. Además, se proyecta que las herramientas no sólo faciliten el estudio de cada humedal por separado, sino también del mismo complejo de humedales del Distrito, por lo que deberán contemplar el humedal como sistemas socioecológico, así como el sistema humedal-río, río-cuenca hidrográfica.

8.3.5. Herramientas asociadas al monitoreo de humedales

Se proyecta revisar el sistema/programa de monitoreo actual para robustecerlo y potenciarlo. En este sentido, se hará un diseño y una reingeniería del monitoreo. Deberán definirse con claridad y precisión, la calidad, cantidad y frecuencia de los datos, y su conversión a información y conocimiento aplicado, bajo las consideraciones y enfoques resaltados anteriormente de gestión adaptativa, conocimiento del funcionamiento del sistema socioecológico, y de trayectorias de escenarios observados y simulados. De esta forma, la tipología de variables, índices e indicadores no sólo será de tipo biogeofísico, sino

también de naturaleza socioeconómica. Finalmente, lo observable y estimable será la base para la construcción y calibración de las diferentes herramientas de modelación expuestas anteriormente, para las cuales se espera desarrollar análisis de incertidumbre tal y como se considera en los ciclos del gerenciamiento adaptativo. Es decir, en cada ciclo se espera revisar y mejorar el sistema de indicadores y la frecuencia y espacialización para generarlos.

El monitoreo deberá estar regido por el seguimiento de la recuperación y restauración, los cuales a su vez se enmarcan en los objetivos ambientales o condición ecológica del humedal, que estarán **asociados a la prestación de algún (o algunos) servicio (s) ecosistémico (s)** en particular. “En el caso de servicios ecosistémicos de soporte o regulación, éstos se relacionan con estrategias ambientales para el logro de la preservación o restauración del régimen natural de flujo. **En el caso de servicios ecosistémicos de aprovisionamiento o culturales, éstos se relacionan con los principales usos para el abastecimiento de las demandas de los diferentes sectores usuarios incluidos aquello usos relacionados con la percepción, recreación, ritos o pagos**” (MADS, 2019). Esta misma referencia señala que “Lo anterior se relaciona con los objetivos ambientales o la condición ecológica del cuerpo de agua definidos por la Autoridad Ambiental en el marco de los instrumentos de planificación o administración del recurso hídrico existentes, que tienen una intrínseca relación con los usos actuales y potenciales del agua, los cuales pueden ser la preservación de flora y fauna (preservando o restaurando los ciclos biológicos de las especies acuáticas o de la ribera), agua para consumo humano y doméstico, agrícola, pecuario, recreativo, industrial, estético y demás usos percibidos por los humanos (al respecto ver artículos 2.2.3.2.7.1., 2.2.3.2.7.6. y 2.2.3.3.2.1. del Decreto 1076 de 2015)”.

Tal y como lo describen los modelos conceptuales para la avifauna de humedales se podría pensar en observar variables que den cuenta de los componentes incluidos en tales diagramas conceptuales, siempre y cuando se procure por una identificación de las principales que robustezcan el monitoreo y a la vez mantengan una relación costo-beneficio adecuada. Esto sugiere que se pueden diseñar campañas de monitoreo sistemáticas para la observación de las aves y de otros rasgos físicos y biológicos de su hábitat para reproducción, alimentación y forrajeo. En cualquier instancia y en todo caso el programa de monitoreo debe dar cuenta de los regímenes de flujo, ya que todos estos modelos conceptuales de hábitat y presencia de especies se condicionan desde este tipo de variables hidrológicas e hidráulicas. Entre ellas se destacan los niveles del humedal que deben ser observados diariamente. Además de esta variable de régimen de flujo resulta fundamental controlar las entradas y salidas de cantidad de agua con estructuras de aforo y medición de caudal. De igual forma, las batimetrías deberán realizarse regularmente, en lo posible con base anual o cada cinco años si existen restricciones que imposibiliten una frecuencia más fina.

El monitoreo debe ser acompañado del modelo hidrodinámico del humedal, el cual se espera sea construido en 2 Dimensiones. Es decir, herramientas que en un soporte bidimensional construido sobre un modelo de elevación digital del terreno (DTM) continuo permita conocer las dos componentes de la velocidad y la profundidad en cualquiera de los puntos del dominio computacional. El monitoreo sistemático y la construcción y actualización en paralelo de modelos hidrodinámicos, no sólo permitirá asimilar los registros obtenidos, sino también realizar estudios de incertidumbre para así realizar recomendaciones sobre la frecuencia y espacialización del monitoreo. La construcción de un modelo hidrodinámico 2D de cada humedal deberá ser un propósito central para la

autoridad ambiental y para aquellos que están a cargo del monitoreo de las variables hidráulicas. Se trata también de avanzar más allá de los modelos de balance a resolución mensual o anual para poder disponer de los flujos hidrológicos a resolución más fina propia de las escalas características de los fenómenos que se desean estudiar.

Una vez se cuente con el modelo hidrodinámico 2D se deberá desarrollar la siguiente herramienta fundamental que corresponde al modelo hidrosedimentológico, geomorfológico e hidrogeomorfológico. Para luego seguir avanzando con el acople de otros ciclos biogeoquímicos como el nitrógeno y fósforo y así poder desarrollar herramientas para gestionar la calidad del agua del humedal. Este tipo de herramientas de lo abiótica se espera se desarrollen en paralelo con modelos ecológicos que posteriormente pueden ser acoplados con los primeros vía protocolos de modelamiento ecohidráulico (modelación integrada y acoplada). Dentro de los modelos ecológicos existen posibilidades en dos sentidos: desde la aproximación basada en cadenas tróficas y grupos funcionales (ejemplo ecopath, ecosim, ecospace), hasta aquellos de productividad primaria que ya se encuentren acoplados en herramientas libres de modelamiento hidrosedimentológico 2D (ejemplo telemac). Estos desarrollos ya han sido implementados en varios casos de estudio de sistemas lénticos y ha sido clave para aprovechar y mejorar no sólo el sistema de monitoreo, sino soportar todo el proceso de toma de decisiones al poder generar trayectorias y deltas de cambio ante posibles escenarios de intervención estructural.

8.3.6. Herramientas para apoyar la delimitación de rondas hídricas y la estimación de los regímenes de caudales ambientales en el Río Bogotá

Existen instrumentos normativos recientes por parte del Ministerio de Ambiente para estas acciones, las cuales contemplan enfoque de servicios ecosistémicos. Por esta razón las herramientas anteriormente expuestas para la evaluación y valoración de los servicios ecosistémicos serán la base para adelantar proceso de delimitación, redelimitación y de establecimiento de regímenes de caudales y volúmenes ambientales.

DE LA DELIMITACIÓN DE RONDAS HÍDRICAS

El consultor considera tres premisas fundamentales: (1) La gestión integral de los humedales reconoce la importancia del proceso de delimitación de los humedales dentro de la fase de caracterización o evaluación (o incluso dentro de la primera fase de inventario); (2) la delimitación es un proceso previo a la tercera fase de manejo (que incluye los planes respectivos); y (3) el **acotamiento de rondas hídricas debe articularse dentro del proceso de delimitación de humedales**. (4). La determinación de regímenes de caudal

ambiental deberá apoyar los procesos de delimitación y redelimitación de humedales. En relación a esta última recientemente el MADS promulgó la Resolución No. 0957 del 31 de mayo de 2018 por la cual se **“Adopta la guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas** en Colombia y se dictan otras disposiciones. Dos consideraciones relevantes de esta Resolución 0957: (1) el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 (PND) establece que, a las CAR, los grandes centros urbanos y los establecimientos públicos ambientales les compete el acotamiento de la ronda hídrica que comprende: (a) Faja paralela a los cuerpos de agua (Art. 83 del Decreto Ley 2811 de 1974); y (b) Área de protección o conservación aferente. (2) El decreto 2245 de 2017 reglamentó lo anterior y adicionó al Decreto 1076 de 2015 que la **ronda hídrica comprende la faja paralela a la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos, hasta de 30 m de ancho, así como el área de protección o conservación aferente** conforme lo disponga la GUÍA TÉCNICA DE CRITERIOS PARA EL ACOTAMIENTO DE RONDAS HÍDRICAS EN COLOMBIA. Un gran documento referente técnico corresponde al documento preparado por el IAVH en el marco del Convenio 13-014 (FA 005 de 2013) suscrito con el Fondo Adaptación (IAVH, 2014) ⁶. De allí se reconoce la importancia de **llevar a cabo el proceso de delimitación previo al diseño, promulgación e implementación de los planes de gestión respectivos**. *“Las orientaciones técnicas de la Convención Ramsar sugieren diferentes fases para la conservación y uso racional de los humedales de un país. La primera fase es la realización del inventario nacional de humedales, en donde se reúne la información base para la evaluación o caracterización y el monitoreo. Posteriormente se realiza la fase de evaluación o caracterización que permite identificar el valor estado y amenazas de los humedales identificados en el inventario y reúne la información para el manejo. Finalmente se realiza la fase de manejo basado en hipótesis derivadas de la evaluación, en la que se da la toma de decisiones y se ejecutan acciones para la conservación. La delimitación propuesta por el Gobierno de Colombia operativamente se encontraría entre las fases de inventario y caracterización, pero debido al trasfondo jurídico y del régimen de usos, tiene repercusiones para la gestión posterior”* (IAVH, 2014).

DE LA ESTIMACIÓN DE REGÍMENES DE CAUDAL PARA EL RÍO BOGOTÁ

Recientemente, el río Bogotá y su cuenca han recibido amplia atención. El 2 de abril de 2019, las tres Corporaciones Autónomas Regionales de la cuenca, mediante Resolución 957 de 2019, aprobaron el ajuste y la actualización del Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCA) del río Bogotá. Por medio de la cual se obliga a los municipios en la cuenca a ajustar o adoptar los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) para que se alineen con los objetivos que el POMCA establece (CAR, Corpoguvio, & Corporinoquia, 2019). El 19 de noviembre de este mismo año, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), como resultado de una acción popular y la consecuente sentencia legal, aprobó la Resolución 1869 de 2019 “por medio de la cual se designa el

⁶ Citación Completa: Villardy, S., Jaramillo, Ú., Flórez, C., Cortés-Duque, J., Estupiñán, L., Rodríguez, J., Aponte, C. (2014). Principios y criterios para la delimitación de humedales continentales: una herramienta para fortalecer la resiliencia y la adaptación al cambio climático en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, 100 pág.

área de la cascada del Salto de Tequendama como patrimonio natural de Colombia”, resaltando la gran importancia histórica y cultural del mismo (MADS, 2019a). Para este mismo año MADS y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) publicaron la ‘Metodología para la Estimación del Caudal Ambiental en Colombia’ (MADS & IDEAM, 2019a), y el 18 de diciembre de ese año, MADS expidió mediante la Resolución 2130 la ‘Metodología para la Estimación del Caudal Ambiental en el Río Bogotá’ (MADS & IDEAM, 2019b). Estas dos metodologías establecen, para el territorio nacional y la cuenca del río Bogotá respectivamente, “un enfoque metodológico y los criterios mínimos para la estimación y evaluación de caudales ambientales” (MADS & IDEAM, 2019a, 2019b, p.4), para poder calcular la oferta hídrica disponible a escala regional, y en el caso de proyectos que requieren licencia ambiental. “La estructura metodológica para la estimación del caudal ambiental a escala regional por parte de la autoridad ambiental competente está constituida por dos niveles de implementación, los cuales se han denominado como Estimación y Gestión”. El Nivel 1 de la guía se orienta a la determinación de los regímenes de caudal ambiental se enmarca en el nivel de ‘Estimación’ que destaca la importancia de considerar no solamente el funcionamiento ecológico de un cuerpo de agua y su cuenca para la determinación de estos regímenes, sino también los servicios ecosistémicos que estos prestan (MADS & IDEAM, 2019a). De la misma fuente anterior se cita “*El nivel 2 de Gestión se desarrolla a partir de los resultados obtenidos en el nivel 1 durante la fase de evaluación de servicios ecosistémicos, con lo cual se determinan los lineamientos para la gestión ambiental que deben ser considerados en los instrumentos de planificación y administración de los recursos naturales renovables que involucran el recurso hídrico superficial*”.

8.4 PLATAFORMA DE INTEGRACIÓN TECNOLÓGICA (PTI) PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS HUMEDALES DEL DISTRITO CAPITAL (PTI-GIHDC)

Descripción especial merece la séptima herramienta denominada Plataforma de Integración Tecnológica (PTI) para la GIHDC ya que está integraría todas las demás herramientas propuestas, por lo que se le considera como la aplicación (herramienta) ***maestra*** y el facilitador para soportar el proceso de decisiones. La PTI es un producto de innovación que busca integrar con enfoque de sistema socioecológico todos los datos, la información y el conocimiento de naturaleza biótica, abiótica y socioeconómica relacionados con la GIHDC. Permite a los usuarios: (1) Visualizar los resultados de los estudios, proyectos, programas y convenios ambientales. (2) Integrar información dispersa relacionada con estudios y proyectos anteriores y en curso. (3) Relacionar variables, índices e indicadores; y encontrar asociaciones entre distintas fuentes de datos. (4) Acceder en forma eficaz y eficiente a la información, los datos y el conocimiento de tal forma que se facilite el proceso para la generación de reportes, informes, ICAS, atención y respuesta a requerimientos de los actores, etc. (5) Tener acceso remoto a la información y al conocimiento. La PTI se desarrolla bajo estándares OGC y mayoritariamente con software libre, que facilitan la ***interoperabilidad*** de la plataforma y los sistemas que lo componen, es decir, que *habla y*

entiende el lenguaje universal en transferencia de datos y aprovechamiento de otras fuentes. En este sentido se podría por ejemplo compartir información en la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales, de IDECA, del observatorio ambiental y de otros sistemas de información de la institucionalidad ambiental colombiana. (6) La PTI debe ser la “semilla” para otras iniciativas que propendan por la “ciencia ciudadana” y en general por potenciar los procesos participativos que demanda la GIHDC. A manera de ejemplo se describen cuatro posibles módulos que la PTI pudiera contener.

(1) **Módulo de Conocimiento:** Todas aquellas fuentes de datos, la información y las formas de conocimiento relacionadas con la GIHDC, es decir, variables observadas vía monitoreo previo, las variables modeladas (con las demás herramientas descritas anteriormente), y las interrelaciones entre variables de estado, entre los índices e indicadores que dan cuenta del funcionamiento del Sistema socioecológico. Palabras claves: DATOS, INFORMACIÓN, TABLEROS, CONOCIMIENTO / MODELOS.

(2) **Módulo de Afectaciones/IMPACTO:** corresponde a un despliegue interactivo que facilitará al usuario tener vistas del sistema socioecológico. Una vista multidimensional, un mapa conceptual (causales) de como entendemos los humedales (individual y como complejo) y un esquema que nos muestra los principales actores en el área de estudio y los cambios experimentados por estos debidas a las intervenciones tanto estructurales, como no estructurales. En este módulo se incluyen submódulos que dan cuenta de la línea base y de los diferentes escenarios que han sido considerados desde el impacto y métricas establecidas para la evaluación y valoración de los servicios ecosistémicos y sus implicaciones. Palabras claves: AFECTACIÓN / IMPACTO / TRAYECTORIAS DE ESCENARIOS / EVALUACIÓN EXANTE.

(3) **Módulo de Toma de Decisiones:** corresponde a un componente integrador en el que se aportan elementos para la toma de decisiones socioecosistémicas. Mientras en el módulo anterior se evalúan los diferentes escenarios, en este se añaden análisis de valoración que no sólo pudieran incluir análisis costo beneficio, sino también enfoque de riesgo para las consecuencias indeseadas de cada uno de las obras y diseños particulares que se consideran en la combinación de los escenarios estudiada. En este módulo también se incluyen las estrategias de restauración y conservación e indicadores que buscan reflejar la salud del sistema según el escenario consdierado. Palabras claves: DECISIONES, ESTRATEGIAS, RESTAURACIÓN, INDICADORES / PROCESOS PARTICIPATIVOS / CIENCIA CIUDADANA / CONOCIMIENTO EXPERTO.

(4) **Módulo de Biblioteca Digital y Gestión documental:** es un repositorio centralizado de documentos y anexos técnicos, en el que los usuarios pueden acceder a información detallada relacionada con los convenios ambientales del proyecto y demás información asociada.

8.5 HOJA DE RUTA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE BASE CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

Siendo herramientas de base científica y tecnológica se propone seguir el concepto CDIO (“Concebir/Diseñar/Implementar/Operar”).

- (1) **CONCEBIR.** Se propone una financiación apoyada mayoritariamente en fondos de ciencia y tecnología (CyT) y en forma particular vía exploración del Sistema General de Regalías y la asignación que establece el Distrito Capital para estos fines. Considérese el Plan Bienal de convocatorias públicas, abiertas y competitivas 2021 – 2022 de la Asignación para la Ciencia, Tecnología e Innovación (ASCTel), Sistema General de Regalías (SGR). Y en forma particular la Convocatoria “INNOVACIÓN” mecanismo “2. Propuestas de proyectos de desarrollo tecnológico y transferencia de conocimiento y/o tecnología para la innovación”, con duración máxima de proyectos de 48 meses y monto mínimo de mil millones de pesos hasta monto indicativo (\$ 5,979,000,000.00). Las características establecidas por MINCIENCIAS sugieren una alianza entre una Institución de Educación Superior (IES) y una entidad distrital, que para este caso se recomendaría fuese la SDA. El proceso de construcción de la propuesta se basa en la metodológica de marco lógico y deberá prever los recursos y tiempos establecidos tanto por la IES, como por MINCIENCIAS. Esta ruta de trabajo, sugiere entonces como primer paso avanzar en la identificación de la IES y en el trabajo conjunto para estructurar la propuesta.
- (2) **DISEÑAR.** En lo concerniente a la construcción de los artefactos de modelación que componen las diferentes herramientas para la evaluación y valoración de los servicios ecosistémicos, se propone seguir los protocolos y guías aceptados por la comunidad científica y tecnológica y por aquellos manuales e instrumentos establecidos para tal fin por parte de la Institucionalidad ambiental colombiana. A manera de ejemplo, la mayoría de modelos que componen las herramientas para la evaluación y valoración de servicios ecosistémicos de regulación siguen un protocolo que comprende al menos las siguientes etapas: Sistema de información (datos, información y conocimiento), construcción del modelo conceptual, modelo matemático, aplicativo computacional (software), calibrar, validar, análisis de sensibilidad e incertidumbre, crear escenarios y simular. Las herramientas para apoyar el sistema de monitoreo deben considerar las variables de estado, los índices e indicadores que den cuenta de las interacciones, los subsistemas y todos los componentes del humedal visto como sistemas socioecológico. Por lo que se espera que se desarrollen modelos conceptuales para poder lograr un diseño robusto del sistema de monitoreo, no sólo al definir lo observable, lo estimable, sino también en las escalas y frecuencias de funcionamiento y medición.
- (3) **IMPLEMENTAR Y OPERAR.** La implementación se hará en simultánea con el desarrollo de las herramientas. Por ejemplo, si la fuente de financiación es el sistema general de regalías y el modo es innovación, se deberá proyectar estrategias y acciones para la transferencia y apropiación de los productos por parte de los funcionarios que designe la SDA. Se establecerá un manual y guía de operación con jornadas de capacitación. También se proyectarán jornadas de mantenimiento y actualización por lo menos cada tres años.

9 PORTAFOLIO DE ACCIONES/INTERVENCIONES PARA LA RECUPERACIÓN HIDROLÓGICA, HIDRÁULICA E HIDROGEOMORFOLÓGICA DE LOS HUMEDALES DEL DISTRITO

9.1 PROPUESTAS DE ACCIÓN/INTERVENCIÓN

Para cada uno de los humedales se analizaron cinco (5) diferentes propuestas a manera de acción/intervención agrupadas en dos categorías (o síntesis problemáticas) para las cuales se asocian las tipologías de barreras identificadas y presentadas anteriormente

2. Síntesis problemática	3. Barreras que soluciona	4. Propuesta
Restauración del Ciclo Hidrológico y Reconformación Hidrogeomorfológica	Débil gestión del conocimiento de los humedales	1. Estudio hidrosedimentológico con enfoque ecohidráulico y orientado al manejo adaptativo y participativo
Restauración del Ciclo Hidrológico y Reconformación Hidrogeomorfológica	Débil planificación, Ordenamiento y Manejo de Humedales	2. Mantenimiento de estructuras hidráulicas y conexión hidráulica (caudal ambiental, vertimientos y captaciones)
Restauración del Ciclo Hidrológico y Reconformación Hidrogeomorfológica	Débil planificación, Ordenamiento y Manejo de Humedales	3. Manejo de sedimentos y reconformación hidrogeomorfológica
Gestión de la calidad del agua y control de la contaminación	Débil gestión del conocimiento de los humedales	4. Estudio para evaluar el comportamiento dinámico de la calidad del agua con enfoque participativo y bajo diferentes escenarios de manejo e intervención
Gestión de la calidad del agua y control de la contaminación	Débil planificación, Ordenamiento y Manejo de Humedales	5. Evaluación de los sistemas de tratamiento actuales y construcción de nuevas soluciones basadas en la naturaleza (e.g. biofiltros)

9.2 CAJA DE HERRAMIENTAS ASOCIADAS A LAS ACCIONES/INTERVENCIONES PROPUESTAS

Las herramientas son de base científica y tecnológica y corresponden a aquellas descritas en el capítulo anterior que implican generación de conocimiento a través de sistemas de datos, de información y de conocimiento, así como de herramientas de modelación. La naturaleza de la problemática, las barreras que aproxima y acción/intervención misma imponen la necesidad de disponer de este tipo de herramientas ya que son requeridas para para la fase de concepción, como de diseño, implementación y seguimiento.

2. Síntesis problemática	3. Barreras que soluciona	4. Propuesta	6. Herramientas relacionadas
Restauración del Ciclo Hidrológico y Reconfiguración Hidrogeomorfológica	Débil gestión del conocimiento de los humedales	1. Estudio hidrosedimentológico con enfoque ecohidráulico y orientado al manejo adaptativo y participativo	(4) H. para la Evaluación y Valoración integral de los Servicios Ecosistémicos. (5) H. asociadas al Monitoreo de los Humedales. (6) H. para apoyar la delimitación de rondas hídricas y la estimación de los regímenes de caudales ambientales. (7) Plataforma de I. T.
Restauración del Ciclo Hidrológico y Reconfiguración Hidrogeomorfológica	Débil planificación, Ordenamiento y Manejo de Humedales	2. Mantenimiento de estructuras hidráulicas y conexión hidráulica (caudal ambiental, vertimientos y captaciones)	(4) H. para la Evaluación y Valoración integral de los Servicios Ecosistémicos. (5) H. asociadas al Monitoreo de los Humedales. (6) H. para apoyar la delimitación de rondas hídricas y la estimación de los regímenes de caudales ambientales. (7) Plataforma de I. T.
Restauración del Ciclo Hidrológico y Reconfiguración Hidrogeomorfológica	Débil planificación, Ordenamiento y Manejo de Humedales	3. Manejo de sedimentos y reconfiguración hidrogeomorfológica	(4) H. para la Evaluación y Valoración integral de los Servicios Ecosistémicos. (5) H. asociadas al Monitoreo de los Humedales. (6) H. para apoyar la delimitación de rondas hídricas y la estimación de los regímenes de caudales ambientales. (7) Plataforma de I. T.
Gestión de la calidad del agua y control de la contaminación	Débil gestión del conocimiento de los humedales	4. Estudio para evaluar el comportamiento dinámico de la calidad del agua con enfoque participativo y bajo diferentes escenarios de manejo e intervención	(4) H. para la Evaluación y Valoración integral de los Servicios Ecosistémicos. (5) H. asociadas al Monitoreo de los Humedales. (6) H. para apoyar la delimitación de rondas hídricas y la estimación de los regímenes de caudales ambientales. (7) Plataforma de I. T.
Gestión de la calidad del agua y control de la contaminación	Débil planificación, Ordenamiento y Manejo de Humedales	5. Evaluación de los sistemas de tratamiento actuales y construcción de nuevas soluciones basadas en la naturaleza (e.g. biofiltros)	(4) H. para la Evaluación y Valoración integral de los Servicios Ecosistémicos. (5) H. asociadas al Monitoreo de los Humedales. (6) H. para apoyar la delimitación de rondas hídricas y la estimación de los regímenes de caudales ambientales. (7) Plataforma de I. T.

9.3 PRIORIZACIÓN DE LAS ACCIONES/INTERVENCIONES

Humedal/ Área	1. Nombre de la acción o intervención			
	2. Síntesis problemática	3. Barreras que soluciona	4. Propuesta	5. Semáforo
RH El Burro	Restauración del Ciclo Hidrológico y Reconfiguración Hidrogeomorfológica	Débil planificación, Ordenamiento y Manejo de Humedales	3. Manejo de sedimentos y reconfiguración hidrogeomorfológica	
	Gestión de la calidad del agua y control de la contaminación	Débil planificación, Ordenamiento y Manejo de Humedales	5. Evaluación de los sistemas de tratamiento actuales y construcción de nuevas soluciones basadas en la naturaleza (e.g. biofiltros)	
RH Torca – Guaymaral	Restauración del Ciclo Hidrológico y Reconfiguración Hidrogeomorfológica	Débil gestión del conocimiento de los humedales	1. Estudio hidro sedimentológico con enfoque ecohidráulico y orientado al manejo adaptativo y participativo	
	Restauración del Ciclo Hidrológico y Reconfiguración Hidrogeomorfológica	Débil planificación, Ordenamiento y Manejo de Humedales	3. Manejo de sedimentos y reconfiguración hidrogeomorfológica	
RH Jaboque	Restauración del Ciclo Hidrológico y Reconfiguración Hidrogeomorfológica	Débil planificación, Ordenamiento y Manejo de Humedales	2. Mantenimiento de estructuras hidráulicas y conexión hidráulica (caudal ambiental, vertimientos y captaciones)	
	Restauración del Ciclo Hidrológico y Reconfiguración Hidrogeomorfológica	Débil planificación, Ordenamiento y Manejo de Humedales	3. Manejo de sedimentos y reconfiguración hidrogeomorfológica	
RH Techo	Restauración del Ciclo Hidrológico y Reconfiguración Hidrogeomorfológica	Débil planificación, Ordenamiento y Manejo de Humedales	2. Mantenimiento de estructuras hidráulicas y conexión hidráulica (caudal ambiental, vertimientos y captaciones)	
	Restauración del Ciclo Hidrológico y Reconfiguración Hidrogeomorfológica	Débil planificación, Ordenamiento y Manejo de Humedales	3. Manejo de sedimentos y reconfiguración hidrogeomorfológica	
RH Capellania	Gestión de la calidad del agua y control de la contaminación	Débil planificación, Ordenamiento y Manejo de Humedales	5. Evaluación de los sistemas de tratamiento actuales y construcción de nuevas soluciones basadas en la naturaleza (e.g. biofiltros)	
RH La Isla	Restauración del Ciclo Hidrológico y Reconfiguración Hidrogeomorfológica	Débil planificación, Ordenamiento y Manejo de Humedales	3. Manejo de sedimentos y reconfiguración hidrogeomorfológica	
RH Meandro del Say	Restauración del Ciclo Hidrológico y Reconfiguración Hidrogeomorfológica	Débil gestión del conocimiento de los humedales	1. Estudio hidro sedimentológico con enfoque ecohidráulico y orientado al manejo adaptativo y participativo	
	Restauración del Ciclo Hidrológico y Reconfiguración Hidrogeomorfológica	Débil planificación, Ordenamiento y Manejo de Humedales	2. Mantenimiento de estructuras hidráulicas y conexión hidráulica (caudal ambiental, vertimientos y captaciones)	
RH Tibanica	Restauración del Ciclo Hidrológico y Reconfiguración Hidrogeomorfológica	Débil gestión del conocimiento de los humedales	1. Estudio hidro sedimentológico con enfoque ecohidráulico y orientado al manejo adaptativo y participativo	
	Gestión de la calidad del agua y control de la contaminación	Débil gestión del conocimiento de los humedales	4. Estudio para evaluar el comportamiento dinámico de la calidad del agua con enfoque participativo y bajo diferentes escenarios de manejo e intervención	
H La Conejera	Gestión de la calidad del agua y control de la contaminación	Débil planificación, Ordenamiento y Manejo de Humedales	5. Evaluación de los sistemas de tratamiento actuales y construcción de nuevas soluciones basadas en la naturaleza (e.g. biofiltros)	
RH La Vaca	Restauración del Ciclo Hidrológico y Reconfiguración Hidrogeomorfológica	Débil planificación, Ordenamiento y Manejo de Humedales	2. Mantenimiento de estructuras hidráulicas y conexión hidráulica (caudal ambiental, vertimientos y captaciones)	
	Gestión de la calidad del agua y control de la contaminación	Débil planificación, Ordenamiento y Manejo de Humedales	5. Evaluación de los sistemas de tratamiento actuales y construcción de nuevas soluciones basadas en la naturaleza (e.g. biofiltros)	
RH El Salitre	Restauración del Ciclo Hidrológico y Reconfiguración Hidrogeomorfológica	Débil gestión del conocimiento de los humedales	1. Estudio hidro sedimentológico con enfoque ecohidráulico y orientado al manejo adaptativo y participativo	
	Gestión de la calidad del agua y control de la contaminación	Débil gestión del conocimiento de los humedales	4. Estudio para evaluar el comportamiento dinámico de la calidad del agua con enfoque participativo y bajo diferentes escenarios de manejo e intervención	
RH El Tunjo	Restauración del Ciclo Hidrológico y Reconfiguración Hidrogeomorfológica	Débil gestión del conocimiento de los humedales	1. Estudio hidro sedimentológico con enfoque ecohidráulico y orientado al manejo adaptativo y participativo	
	Restauración del Ciclo Hidrológico y Reconfiguración Hidrogeomorfológica	Débil planificación, Ordenamiento y Manejo de Humedales	3. Manejo de sedimentos y reconfiguración hidrogeomorfológica	
RH Córdoba	Restauración del Ciclo Hidrológico y Reconfiguración Hidrogeomorfológica	Débil planificación, Ordenamiento y Manejo de Humedales	2. Mantenimiento de estructuras hidráulicas y conexión hidráulica (caudal ambiental, vertimientos y captaciones)	
	Gestión de la calidad del agua y control de la contaminación	Débil planificación, Ordenamiento y Manejo de Humedales	5. Evaluación de los sistemas de tratamiento actuales y construcción de nuevas soluciones basadas en la naturaleza (e.g. biofiltros)	
RH Tibabuyes Juan Amarillo	Restauración del Ciclo Hidrológico y Reconfiguración Hidrogeomorfológica	Débil gestión del conocimiento de los humedales	1. Estudio hidro sedimentológico con enfoque ecohidráulico y orientado al manejo adaptativo y participativo	
	Restauración del Ciclo Hidrológico y Reconfiguración Hidrogeomorfológica	Débil planificación, Ordenamiento y Manejo de Humedales	2. Mantenimiento de estructuras hidráulicas y conexión hidráulica (caudal ambiental, vertimientos y captaciones)	
	Restauración del Ciclo Hidrológico y Reconfiguración Hidrogeomorfológica	Débil planificación, Ordenamiento y Manejo de Humedales	3. Manejo de sedimentos y reconfiguración hidrogeomorfológica	
RH "El Escritorio" nuevo	Restauración del Ciclo Hidrológico y Reconfiguración Hidrogeomorfológica	Débil gestión del conocimiento de los humedales	1. Estudio hidro sedimentológico con enfoque ecohidráulico y orientado al manejo adaptativo y participativo	
RH Tingua Azul nuevo	Restauración del Ciclo Hidrológico y Reconfiguración Hidrogeomorfológica	Débil gestión del conocimiento de los humedales	1. Estudio hidro sedimentológico con enfoque ecohidráulico y orientado al manejo adaptativo y participativo	
No declarados urbanos y rurales	Restauración del Ciclo Hidrológico y Reconfiguración Hidrogeomorfológica	Débil gestión del conocimiento de los humedales	1. Estudio hidro sedimentológico con enfoque ecohidráulico y orientado al manejo adaptativo y participativo	
	Gestión de la calidad del agua y control de la contaminación	Débil gestión del conocimiento de los humedales	4. Estudio para evaluar el comportamiento dinámico de la calidad del agua con enfoque participativo y bajo diferentes escenarios de manejo e intervención	
Región	Restauración del Ciclo Hidrológico y Reconfiguración Hidrogeomorfológica	Débil gestión del conocimiento de los humedales	1. Estudio hidro sedimentológico con enfoque ecohidráulico y orientado al manejo adaptativo y participativo	
	Gestión de la calidad del agua y control de la contaminación	Débil gestión del conocimiento de los humedales	4. Estudio para evaluar el comportamiento dinámico de la calidad del agua con enfoque participativo y bajo diferentes escenarios de manejo e intervención	

9.3.1. Acción/Intervención 1: Estudio hidrosedimentológico con enfoque ecohidráulico y orientado al manejo adaptativo y participativo

- (1) Priorizado en diez (10) humedales. Para la mayoría de estos humedales con “semáforo de color rojo” indicando la “urgencia” para llevar a cabo la acción/intervención.
- (2) No resulta posible hacer intervenciones de tipo estructural y/o reconformaciones de cauce sin conocer los impactos que se pueden generar en los servicios ecosistémicos asociados a los sedimentos. Es de recordar que al conocimiento de estos regímenes les antecede el conocimiento de los patrones hidrodinámicos al menos de 2 dimensiones del dominio de estudio. De igual forma, tal y como se mencionó en el capítulo 4 de este documento, la hidrogeomorfología involucra también el estudio del origen de los sedimentos a nivel de cuenca enfatizando los procesos de generación, transporte, erosión y depositación de los mismos.
- (3) El enfoque ecohidráulico permite imponer condiciones a los modelos a construirse y calibrarse, ya que se deberán acoplar los componentes bióticos, con los abióticos. De igual forma, el enfoque participativo y adaptativo permite no sólo incorporar varios sistemas de conocimiento, sino también enfatizar los análisis de incertidumbre y los ciclos de mejoramiento de las herramientas a medida que mejoran los sistemas de datos e información.

9.3.2. Acción/Intervención 2: Mantenimiento de estructuras y conexión hidráulicas (caudal ambiental, vertimientos y captaciones)

- (1) Priorizado en seis (6) humedales con “semáforo rojo” indicando la urgencia para actuar de inmediato.
- (2) El levantamiento detallado de los puntos de control en la conectividad hidráulica resulta fundamental para poder avanzar en el mejoramiento de los programas de mantenimiento; entendiéndose como “punto de control” aquellos sitios que afectan el balance hídrico, tales como entradas de caudal al humedal por conexiones con cauces y con vertimientos de aguas. De igual forma, salidas del sistema por estructuras efluentes y por captaciones.
- (3) La información de la conectividad hidráulica resulta fundamental no sólo para los programas de mantenimiento y control de vertimientos, sino también para su

consideración en los protocolos de modelación de las herramientas para la evaluación de servicios ecosistémicos de regulación hídrica.

- (4) Las estructuras hidráulicas de sistemas de tratamiento y aquellas de conducción (e.g. alcantarillas, *box-culverts*, sifones) deberán también ser inventariadas no sólo en cantidad, sino también en cuanto a su estado de funcionalidad y vulnerabilidad.
- (5) Las anteriores consideraciones permitirán mejorar la estimación de caudales ecológicos, en particular en la recomendación central dada por el contratista de avanzar hacia la estimación de regímenes de caudales (volúmenes) ambientales con enfoque de servicios ecosistémicos tal y como lo impone la resolución de metodología de estimación de caudal ambiental para el río Bogotá del MADS e IDEAM (2019).

9.3.3. Acción/Intervención 3: Manejo de sedimentos y reconfiguración hidrogeomorfológica

- (1) Priorizado en siete (7) humedales. Los niveles de priorización (colores del “semáforo” según sección anterior del actual capítulo) varían dependiendo del humedal.
- (2) Los procesos de depositación en estructuras hidráulica restringen el funcionamiento para los cuales fueron concebidos, de ahí la importancia de actuar con urgencia en aquellas estructuras que lo ameriten.
- (3) A la reconfiguración hidrogeomorfológica le antecede la evaluación de impacto que esta generaría en la oferta y flujo de servicios ecosistémicos, no solo en el humedal mismo, sino también en corredores fluviales aguas abajo según conectividad hidráulica. Por este motivo y en cualquier instancia se recomienda revisar los estudios de dinámica hidrosedimentológica existentes para evaluar su idoneidad, y eventualmente para avanzar hacia complementos y/o nuevos estudios.

9.3.4. Acción/Intervención 4: Estudios para evaluar el comportamiento dinámico de la calidad del agua con enfoque participativo y bajo diferentes escenarios de manejo e intervención

- (1) Priorizado en cuatro (4) humedales con colores amarillo y verde (en el “semáforo de la sección anterior). Indicando la necesidad de ir avanzando de acuerdo a la cantidad y calidad de la información disponible.
- (2) En el enfoque adaptativo las herramientas dinámicas permiten generar trayectorias en el tiempo bajo diferentes escenarios, aun siendo construidos y

calibrados con información limitada o escasa. Esto resulta posible, ya que las salidas de los modelos son reportadas bajo un análisis de incertidumbre adecuado, el cual a su vez permite mejorar los programas de monitoreo tanto de parámetros físicos, químicos, fisicoquímicos, como hidrobiológicos y de biodiversidad en general.

- (3) La ecohidráulica en una de sus hipótesis enfatiza la necesidad de acoplar varios ciclos biogeoquímicos en las herramientas de tal forma que los regímenes hídricos se estudian en simultánea con los regímenes de Fósforo y Nitrógeno, permitiendo generar y simular el comportamiento de la calidad del agua bajo diferentes escenarios de forzamiento climático, de cambios en los usos y coberturas del entorno y de las posibles intervenciones que potencialmente afecten la calidad del agua.
- (4) En cualquier instancia los estudios de calidad del agua deben hacer consideraciones en otros desarrollos y estudios tales como el de caudales ambientales y deberán ser condicionados por los objetivos específicos de conservación y restauración que defina la autoridad ambiental.

9.3.5. Acción/Intervención 5: Evaluación de los sistemas de tratamiento actuales y construcción de nuevas soluciones basadas en la naturaleza (e.g. biofiltros)

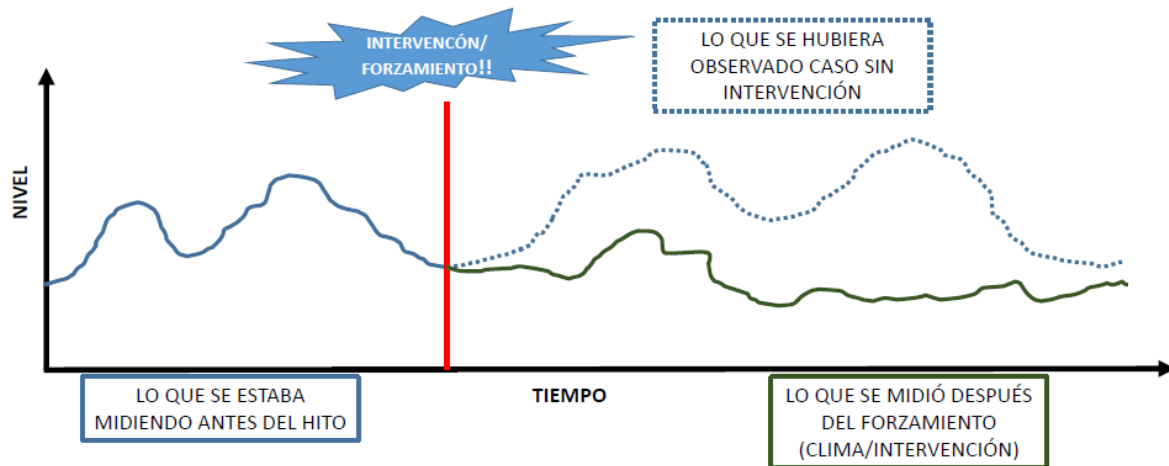
- (1) Priorizado en cinco (5) humedales.
- (2) El enfoque de soluciones basadas en la naturaleza para potenciar la oferta y conservación de los servicios ecosistémicos resulta atrayente para el caso de los humedales del distrito capital, ya que prevalecen servicios ambientales de regulación (control de inundaciones) de soportes y culturales. Así, la premisa bajo estas interrelaciones es que soluciones “amigables” con la naturaleza deberán ofrecer el marco de trabajo para evitar e incluso eliminar conflictos que pudieran estar generándose por el aprovechamiento y conservación de servicios ecosistémicos del humedal.
- (3) Para el caso de acciones/intervenciones relacionadas con la remoción de contaminantes para el mejoramiento de la calidad se recomiendan las biotecnias como los biofiltros expuestos en el capítulo 3 del actual documento.
- (4) Dado que algunos humedales ya cuentan con este tipo de biotecnias se recomienda en esta acción hacer la evaluación de su funcionamiento con propósitos no sólo de intervención para mejorar su funcionamiento, sino también para potenciar la replicabilidad en otros humedales.

10 RECOMENDACIONES PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS, OBRAS Y ACTIVIDADES QUE AFECTEN A LOS HUMEDALES DEL DISTRITO, EN EL MARCO DEL CONTRATO

10.1 CONCEPTO DE TRAYECTORIA PARA LAS RECOMENDACIONES DE EVALUACIÓN DE IMPACTO

La definición de trayectoria y de delta de cambio se puede realizar apoyado en la siguiente figura y con los siguientes descriptores: (1) Considere que se está observando una variable (índice o indicador) de interés que describe el comportamiento ecosistémico o socioeconómico del humedal (o su interrelación). En este caso el ejemplo es realizado con el registro de los niveles a resolución diaria en un humedal dado. (2) La línea vertical en rojo representa el ahora, es decir, el presente (t_0) y corresponde a la decisión de realizar una intervención o de hacer un ejercicio de prospección para algún forzamiento dado (ejemplo cambio o variabilidad climática). (3) De esta forma, la trayectoria de color azul representa el registro del nivel, considerando que la línea punteada representaría la prospección de lo que se observaría si no se diera la intervención en el momento actual. (4) Mientras que la línea de color verde que aparece después de la intervención sería el valor que se observaría considerando que ya ocurrió la intervención en el tiempo presente. (5) Estas dos trayectorias serían la base para la evaluación de impacto ex ante y la intervención sería la construcción de obras civiles o reconfiguraciones hidrogeomorfológicas o cualquier otra configuración del terreno que genere escenarios de cambio. (6) Y las diferencias entre estas dos líneas representarían los DELTAS de cambio para evaluar el impacto.

CONCEPTO DE TRAYECTORIA: EVALUACIÓN EX ANTE (*escenarios de futuro*)



10.2 CONCEPTO DE ESCENARIO

El desarrollo científico y tecnológico actual permite generar visiones de futuro para la sociedad. Por ejemplo, las dinámicas de uso y cobertura del suelo son analizadas no solamente desde la retrospectiva que el sensoramiento remoto lo permiten, sino también en modo tendencial o de escenarios a partir de las diferentes herramientas y aproximaciones dinámicas que se encuentran en la literatura especializada. El mismo concepto de escenario ha sido revisado y ampliado, ya que no solamente implica configuraciones del uso del suelo y de las coberturas, sino también los diferentes forzamientos menos controlables por la humanidad, como lo es clima. Al respecto, las posibilidades de acceder y analizar trayectorias futuras de las principales variables climáticas tales como la precipitación, la temperatura y la humedad relativa, las cuales mediante técnicas de “*downscaling*” son puestas a escala de cuenca y microcuenca para facilitar el modelamiento de las consecuencias de los eventos que tienen lugar en el territorio y particularmente en el SSE PHI. Estos forzamientos climáticos generan a su vez los denominados forzamientos hidrológicos que son empleados para la evaluación ex ante de impactos por impacto variabilidad y cambio climático. De esta forma, la noción de escenario considerado en este estudio se amplía, ya que no sólo considera el evento iniciador y los trenes de impacto, sino también las diferentes configuraciones de operación de infraestructura, y de usos y coberturas de suelo en el territorio.

10.3 RECOMENDACIONES PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS, OBRAS Y ACTIVIDADES QUE AFECTEN A LOS HUMEDALES DEL DISTRITO

- (1) Construir artefactos de modelación dinámica con enfoque prospectivo que incorpore el concepto de trayectoria y de delta de cambio bajo evaluación de impacto ex ante, tal y como se explicitó en el capítulo anterior.
- (2) Los artefactos de modelación deben procurar seguir el siguiente desarrollo: Modelo hidroclimatológico, modelo hidrológico, modelo hidráulico (hidrodinámico 2D), modelo hidrosedimentológico e hidrogeomorfológico, modelo de calidad de aguas, modelos ecológicos de grupos funcionales y cadenas tróficas, modelos de dinámicas socioeconómicas (medios de vida, capitales del territorio, modelos de gobernanza). El desarrollo será gradual, cada vez actualizando con la información disponible y desarrollando análisis de incertidumbre para incorporarla en los procesos de toma de decisiones. Ver sección 3 del capítulo “caja de herramientas” del actual documento.
- (3) La evaluación de impacto de las obras, proyectos y actividades, deberá ser pensada en los protocolos de modelación de los diferentes proyectos y estudios que se desarrollan en el marco de la gestión de los humedales. Se recomendaría que estos se iniciaran a construir en el marco de los estudios de determinación de caudal ambiental de los humedales.
- (4) La construcción de trayectorias y deltas de cambio con las herramientas de modelación deberá permitir considerar varias alternativas de las obras, en el contexto de la definición que se ha dado a la construcción de escenarios. También deberá facilitar desarrollar aproximaciones con enfoque de riesgo, particularmente desde una perspectiva de gestión del riesgo por impacto de la variabilidad y el cambio climático. De esta forma, una posibilidad para armonizar los mandatos de la emergencia climática decretada para Bogotá en diciembre 2020 con la proyección de obras de infraestructura civil podría ser estudiados desde los enfoques de riesgo.
- (5) Las especificaciones de los términos de referencia de los estudios de proyección de obra civil con potencial de impacto sobre los humedales deberán garantizar por parte del consultor que este emplee la batería de herramientas de modelación que existan y que estén basadas en modelación dinámica acoplada, trayectorias, escenarios, y deltas de cambio. Otra posibilidad sería hacer los desarrollos específicos con apoyo de la academia y así procurar un modelo de gestión, uso y mantenimiento de tales herramientas. Esto impone en forma anticipada una adecuada articulación de funciones y competencias de tres actores fundamentales: la EAAB, IDIGER y la secretaría distrital de ambiente.
- (6) El Grupo de la Misión es consciente que la mayoría de las intervenciones sobre los humedales no son objeto de licenciamiento, sino de Permisos menores, en cuyo caso la pregunta fundamental a resolver es ¿Cuál sería la herramienta para la implementación de la evaluación del impacto? Al respecto el Grupo de la Misión aborda esta pregunta incorporando los elementos de respuesta fundamentales en el documento titulado “Misión para la Gestión Integral de los Humedales del D.C. Documento borrador: Avances para el Consejo Asesor Estratégico. 17 Agosto 2021”.

De dicho documento se extraen algunos apartes que dan cuenta del enfoque y las herramientas por parte de la Misión:

7.3.10 Herramienta 10. Instrumento de evaluación previa de actividades permitidas

Enfoque

En virtud de la competencia de la SDA como administradora de las áreas protegidas, se plantea el desarrollo de un mecanismo de evaluación y el procedimiento para que se surta por parte de las ejecutoras (en especial EAAB) y la autoridad ambiental, previniendo la afectación de los objetivos de conservación.

Por lo tanto, se propone que el Concejo de la ciudad, en ejercicio de su facultad normativa, establezca un instrumento de evaluación previa al que deba someterse mediante un procedimiento, todo proyecto u obra (implica construcción de infraestructura) que las entidades, establecimientos públicos o empresas distritales pretendan realizar en las áreas del Sistema Distrital de Áreas Protegidas, a la evaluación integral ex ante para la SDA. En ninguna circunstancia se podrá atentar contra los objetivos de conservación ni contra la finalidad del área protegida.

Aunque en la propuesta de revisión del POT (sección 7.2, págs. 21-46) se incluyen unos usos permitidos para las Reservas Distritales de Humedal y que se cuenta con planes de manejo para varias de estas áreas, los procedimientos desarrollados hasta ahora como permisos de ocupación no han conllevado una evaluación integral de los impactos.

Dentro de las barreras identificadas por la Misión que soportan esta herramienta, se encuentran: P16. “Débil alineación conceptual, normativa y técnica sobre el manejo de obras de intervención, hidráulicas y recreativas, en los humedales declarados” (pág. 18), P12. “Vacío de instrumentos de evaluación integral previa y control de proyectos, obras o actividades que pueden producir impactos ambientales significativos en las áreas protegidas distritales” (pág. 17) y P15. “Escasos mecanismos para solucionar los conflictos con reservas viales que mitiguen el impacto de las necesidades urbanas sobre el valor y funciones de los humedales” (pág. 18).

Las áreas protegidas se delimitan y designan para alcanzar unos objetivos específicos de conservación, de allí que sólo sean permitidas las actividades que no los contraríen o pongan en riesgo. Asegurarse de que esto se evalúe previamente, no desde el punto de vista del tipo de proyecto, sino en consideración al lugar donde se realiza, es decir, un área protegida, es absolutamente indispensable, más allá de los permisos, concesiones y autorizaciones que son requeridos para el uso o aprovechamiento de un recurso natural. Sin embargo, el enfoque ecosistémico aplicable en estas áreas no hace parte normalmente de las evaluaciones que se hacen en estos trámites, lo que pone en riesgo los objetivos de conservación del área protegida.

7.3.11 Herramienta 11. Instrumento para decisiones de ciudad sobre cruces de estructuras POT.

Enfoque

La función pública de regular los usos del suelo, así como la atribución de velar por la protección del patrimonio ecológico local, han sido radicadas por la Constitución Política de 1991 en el Concejo Distrital. De allí que a este le corresponda, en virtud de la Ley 388 de 1997 aprobar el Plan de Ordenamiento Territorial, y dentro de este definir los suelos de protección dentro de los cuales se encuentran las áreas que se delimiten y reserven para la conservación del medio ambiente. No obstante, resultado del proceso

de planeación y desarrollo urbanos, se presentan cruces entre la estructura de movilidad, con suelos de protección, sin que exista en las normas ambientales nacionales un instrumento que sujete a evaluación previa los efectos que esta superposición puede tener sobre los propósitos del suelo de protección.

Hay que señalar que la decisión adoptada por el Concejo de la ciudad en el POT, de definir un suelo de protección, no puede ser posteriormente modificada por la administración distrital (por ejemplo, realizando una sustracción), puesto que la asignación de este tipo de suelo es exclusiva del Concejo, ya sea en el POT o en declaratorios particulares.

Por lo anterior se hace necesario diseñar un mecanismo que habilite, previa evaluación de impacto integral ex ante de las alternativas del proyecto cuando este cruce o límite con áreas protegidas, a la administración distrital para escoger la alternativa que permita la coexistencia armónica de las dos estructuras, manteniendo los objetivos específicos de conservación del área y en caso contrario, la necesidad de que sea el mismo Concejo el que tome la decisión definitiva de excluir o sustraer parte del área declarada, la cual además para el caso de los humedales incluidos en la lista de RAMSAR, debe cumplir con lo establecido por la Convención RAMSAR, como por ejemplo la inclusión en el Registro de Montreux¹⁷.

Vale indicar que la presente propuesta de herramienta complementa las recomendaciones realizadas por la misión para la revisión del POT de Bogotá, en donde se propusieron también previsiones normativas como: identificar tales cruces de manera expresa en el POT, incorporar la obligación de análisis prospectivo por escenarios dentro de la planeación de obras, evaluación por parte de la SDA y trámite específico en el Concejo, ya sea caso a caso o mediante una regla general.