

# ENFOQUE CONCEPTUAL Y METODOLÓGICO PARA LA IDENTIFICACIÓN Y MONITOREO DE COMPLEJOS DE HUMEDALES A ESCALA 1:100.000 Y 1:25.000, DESDE UNA PERSPECTIVA FUNCIONAL Y DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS – PROPUESTA TÉCNICA

Contrato de prestación No. 13-13-014-212PS Instituto Humboldt – Luisa Fernanda Ricaurte

Objeto: Prestar los servicios profesionales para la elaboración de una propuesta técnica de un marco conceptual y metodológico para la identificación y monitoreo de humedales, desde una perspectiva funcional y de servicios ecosistémicos, así como para la elaboración de la cartografía de la oferta potencial de servicios ecosistémicos y motores de cambio de los complejos de humedales a escalas 1:100.000 y 1:25.000 en el territorio nacional conforme a lo establecido en el marco del convenio 13 – 014 (específicamente en lo referente a la actividad 4 de la meta 3.7, y a la actividad 3 de la meta 3.8) y conforme a los criterios definidos por el supervisor del contrato.



Convenio interadministrativo 13-014 (FA 005 de 2013) Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt - Fondo Adaptación

Subdirección de Servicios Científicos y Proyectos Especiales  
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt  
Bogotá, D.C., 2015

PROYECTO: INSUMOS TÉCNICOS PARA LA DELIMITACIÓN DE  
ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS PRIORIZADOS (PÁRAMOS Y  
HUMEDALES)

**Enfoque conceptual y metodológico para la  
identificación y monitoreo de complejos de  
humedales a escala 1:100.000 y 1:25.000, desde  
una perspectiva funcional y de servicios  
ecosistémicos – propuesta técnica**

Luisa Fernanda Ricaurte, María Helena Olaya, Jhonatan Gutiérrez y Juliana  
Cepeda

Centro de Análisis y Síntesis (CAS) - Laboratorio de Análisis Espaciales

Programa de Gestión de Información y Conocimiento

Instituto Humboldt

Febrero de 2014





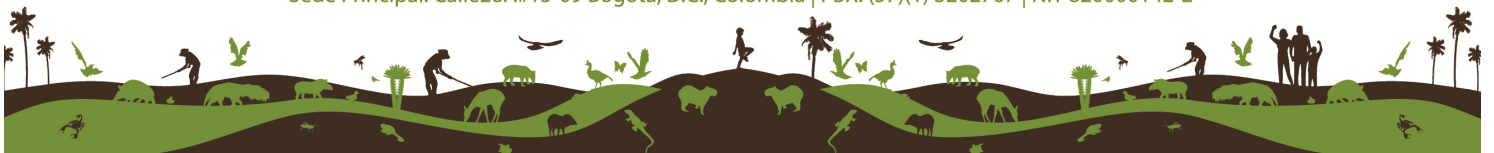
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos  
Alexander von Humboldt

Contrato No. 13-13-014-212PS, entre el Instituto de Investigación  
de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Luisa Fernanda  
Ricaurte

Propuesta Técnica

**Enfoque conceptual y metodológico para la identificación y  
monitoreo de complejos de humedales a escala 1:100.000 y 1:25.000,  
desde una perspectiva funcional y de servicios ecosistémicos**

Bogotá, Febrero 2014



## Contenido

Contenido .....	3
Resumen ejecutivo .....	6
Introducción .....	9
Definiciones utilizadas en esta propuesta .....	13
Marco Conceptual .....	16
Los humedales como sistemas socio-ecológicos (SSE) .....	16
El enfoque genético-funcional para la identificación de humedales .....	19
Tipología de humedales .....	22
La diversidad funcional como enfoque para la identificación y caracterización de humedales .....	27
Tipología de funciones ecosistémicas de los humedales .....	29
Humedales y Servicios Ecosistémicos (SE) .....	31
El concepto de oferta potencial de servicios ecosistémicos .....	34
¿Para qué se mapean servicios ecosistémicos? .....	36
Tipología de servicios ecosistémicos de los humedales .....	37
Monitoreo de humedales .....	41
Niveles de análisis de la información .....	44
Marco Metodológico .....	50
Recomendaciones para la validación y calibración de la propuesta conceptual y metodológica .....	54
Bibliografía .....	55



**LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Las 18 clases de cobertura de la tierra asociadas a humedales y ecosistemas acuáticos seleccionadas del mapa de Cobertura de la Tierra de Colombia a escala 1:100.000, el cual fue realizado con base en el sistema de clasificación CORINE Land Cover (IDEAM 2010). .....23

Tabla 2. Funciones ecosistémicas identificadas para los humedales seleccionadas a partir de (de Groot et al. 2002, Finlayson et al. 2005, de Groot et al. 2010, Petter et al. 2013) .....29

Tabla 3. Revisión de las definiciones o aproximaciones al concepto de oferta potencial de SE. ....35

Tabla 4. Revisión de las razones dadas por varios autores para mapear SE.....36

Tabla 5. Servicios ecosistémicos de los humedales de Colombia.....38

Tabla 6. Tipo de variables requeridas para la identificación y caracterización de humedales a escala 1:100.000 y 1:25.000. ....47

Tabla 7. Lista de indicadores del estado de los humedales para la escala 1:100.000 y 1:25.000. Propuesta adaptada del “Plan de Monitoreo y Valoración de Humedales de Rhode Island” (RI-DEM 2006). .....48

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Marco conceptual para el Sistema Socio-Ecológico del presente proyecto. Fuente: Elaboración propia.....19

Figura 2. Diferentes enfoques empleados para el estudio de los humedales. Fuente: Elaboración propia. ....20

Figura 3. El número de artículos publicados sobre funciones ecosistémicas de los humedales ha aumentado en la última década, sin embargo aún es muy escaso el conocimiento especialmente en los trópicos. Datos extraídos de ISI Web of Knowledge para la última década, desde 2002 hasta 2013, palabra clave wetland\* ecosystem-functions (320 publicaciones). .....28

Figura 4. El número de publicaciones sobre servicios ecosistémicos ha aumentado de manera importante en la última década, desde 2002 hasta 2013, tal y como se puede observar, al consultar en ISI Web of Knowledge. Palabra clave wetland\* ecosystem-functions (630 publicaciones). .....33



Figura 5. Marco de trabajo para el mapeo de SE considerando tanto la capacidad ecológica para entregar los servicios (lado de la provisión) como el uso y valor dado por los actores (lado de la demanda). Tomado de (García-Nieto et al., 2013). .....34

Figura 6. Fuente Convención de Ramsar (2010). Relaciones entre las distintas herramientas para la evaluación de humedales que ofrece la Convención. ....43

Figura 7. Marco conceptual referente al análisis espacial.....45

Figura 8. Las escalas de representación cartográfica propuestas para el proyecto de humedales del Fondo de Adaptación y para la presente propuesta conceptual y metodológica.....46

Figura 9. Marco metodológico para la identificación y monitoreo de humedales desde una perspectiva funcional y de servicios ecosistémicos bajo el enfoque de los sistemas socio-ecológicos. Fuente: Elaboración propia.....51



## Resumen ejecutivo

### **Contexto**

La presente propuesta técnica hace parte del Convenio No 13-014 firmado entre el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y el Fondo de Adaptación, cuyo objeto es aunar esfuerzos económicos, técnicos y administrativos para elaborar los insumos técnicos y una recomendación para la delimitación de ecosistemas estratégicos priorizados (páramos y humedales) en el marco del convenio No. 008 de 2012 (cuencas hidrográficas afectadas por el Fenómeno de la Niña 2010-2011).

### **Objetivo**

Establecer el marco conceptual y metodológico que oriente la identificación y monitoreo de humedales a escala 1:100.000 y 1:25.000, bajo una perspectiva funcional y de servicios ecosistémicos para Colombia. Por tanto, este documento complementa además el proyecto general de humedales y se integra a los temas relacionados con delimitación, clasificación, aspectos socioeconómicos, culturales y de política.

### **Enfoque conceptual**

Esta propuesta técnica se basa conceptualmente en los sistemas socio-ecológicos, teniendo en cuenta que este enfoque es el que soporta la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos de Colombia (PNGIBSE). Bajo este enfoque, los humedales se consideran como sistemas socio-ecológicos, teniendo en cuenta la compleja e histórica relación co-evolutiva y co-adaptativa existente entre la sociedad y los humedales en distintos niveles y escalas espaciales y temporales. Por tanto, los humanos y los humedales se convierten en un sistema integrado de humanos en la naturaleza, cuyas interrelaciones se dan primero, a través de los servicios ecosistémicos que benefician al sistema social; segundo, por medio de las intervenciones humanas que



modifican la estructura<sup>1</sup> y funcionamiento de los sistemas ecológicos. En este sentido, esta propuesta integra los conceptos de estructura, funciones y servicios ecosistémicos como parte del conocimiento y manejo integral de los humedales de Colombia.

### **Contenido**

La primera parte de este documento, presenta la introducción con los antecedentes que justifican la necesidad de considerar a los humedales como sistemas socio-ecológicos; la segunda parte, desarrolla el marco conceptual donde se provee los contextos teóricos referentes a las temáticas que deben incluirse en esta propuesta integral e interdisciplinaria; y la tercera parte, presenta el marco metodológico, en el cual se describen los pasos requeridos para identificar y monitorear los humedales, teniendo en cuenta las funciones y la generación de servicios y bienes como elementos clave. Al final se hacen recomendaciones para la validación y calibración de la metodología propuesta.

---

<sup>1</sup> Estructura del ecosistema se define como “*red de interacciones entre los componentes del sistema*”. Los componentes de los sistemas pueden variar desde las especies hasta las unidades de paisaje como ríos, lagos, bosques u otras características de las ecoregiones y paisajes (Gollet 2000).





## MENSAJES CLAVE

- El marco conceptual y metodológico para el estudio y la gestión de los humedales se basa en el enfoque de los sistemas socio-ecológicos, debido a que la sociedad y los humedales conforman un sistema integrado. Entre la sociedad y los humedales se producen procesos de co-evolución (cambio simultáneo) y co-adaptación (ajuste entre uno y el otro), en distintos niveles y escalas espaciales y temporales.
- El enfoque genético-funcional es la base para la identificación y monitoreo de humedales.
- Cambios en la estructura de los humedales, produce una cascada de reacciones fisicoquímicas y ecológicas que modifican sus funciones, alterando el suministro de servicios.
- Los servicios ecosistémicos derivados de los humedales son fundamentales para el bienestar humano.
- La degradación y pérdida de humedales tiene graves consecuencias en el mantenimiento del suministro de servicios ecosistémicos vitales para la biodiversidad y la sociedad.
- La estabilidad social de una gran parte de la sociedad colombiana depende de los servicios ecosistémicos de los humedales.
- Los humedales son ecosistemas estratégicos y únicos: altamente productivos, multifuncionales y en riesgo de extinción.
- En esta propuesta se integran los conceptos de estructura, funciones y servicios ecosistémicos como parte del conocimiento y manejo integral de los humedales de Colombia.



## Introducción

La identificación y monitoreo de humedales son herramientas fundamentales para su conocimiento y conservación (Davidson and Finlayson 2007), ya que a través de ellas se obtiene información sobre su distribución, funcionalidad, diversidad y estado. Tener información actualizada sobre los humedales de un país, en forma de listas o inventarios, se considera un requisito para los países contratantes de la Convención de Ramsar, puesto que esta información representa la línea base para la toma de decisiones concernientes al uso racional y a la formulación de políticas. Para el caso colombiano, además los humedales junto a los páramos han sido identificados como ecosistemas estratégicos (MADS 2012), por lo cual su delimitación e inventario, es una prioridad nacional para redefinir la normatividad que propende su planeación y protección, teniendo en cuenta otras políticas sectoriales.

A pesar de reconocer el carácter multi-funcional de los humedales y su importancia socio-económica y cultural, por la amplia serie de beneficios que ofrecen a la sociedad (Mitsch and Gosselink 2000), de manera unánime se ha reconocido que la información existente no es suficiente ni consistente para mitigar y contrarrestar las transformaciones que están rápida e intensivamente sucediendo sobre los mismos (Rebelo et al. 2009). En este sentido, el aumento de la población mundial, la expansión urbana y agroindustrial, y la variabilidad climática, se consideran las principales amenazas para el mantenimiento y preservación de los humedales. El descontrolado e inevitable incremento exponencial en el consumo del agua así como en el cambio del uso del suelo (Vörösmarty et al. 2010), ha aumentado la presión sobre las áreas de humedales remanentes en el planeta (Finlayson et al. 2005), lo cual ha generado drásticos impactos en su estructura y funcionamiento, con serias consecuencias a nivel social y económico, principalmente para las comunidades locales, cuyos medios de vida (p.e. agricultura, pesca y artesanías) dependen en gran parte de los servicios ecosistémicos (SE) de los humedales. Por tanto, al ser estos grupos sociales altamente dependientes de los SE de los humedales, su bienestar y capacidad de existencia o de reproducción social, se ve seriamente comprometida, puesto que sus territorios y medios de vida no pueden ser fácilmente reemplazados por otros. Por tanto, la falta de información representa igualmente una importante causa de pérdida de



humedales, así como un obstáculo para su adecuada gestión (Adger and Luttrell 2000, Ricaurte et al. 2012), la cual incluso cobra mayor significancia ante la necesidad de determinar la real capacidad de los humedales en su estado actual y futuro, para adaptarse al cambio climático (Jenkins et al. 2012) y para mantener los servicios ecosistémicos que contribuyen a la seguridad alimentaria, a la generación de empleo y a una mejor calidad de vida en los ámbitos regional y local (Finlayson et al. 2005).

A nivel mundial los humedales se han identificado bajo el enfoque genético-funcional, en donde se combinan atributos relacionados con el clima, la hidrología, la geomorfología y la vegetación, cuya interrelación determina la gran diversidad de humedales presentes en el Planeta (Cowardin et al. 1979, Brinson 1993, Semeniuk and Semeniuk 1995, Zoltai and Vitt 1995). Este enfoque a pesar de ser muy efectivo para la cartografía de humedales, no incluye aspectos relacionados con funcionalidad ni con servicios ecosistémicos, como atributos que delimiten o identifiquen los humedales, como unidades homogéneas de paisaje con representación espacial. Básicamente la identificación y delimitación de humedales se basa en criterios físicos, los cuales se refieren a los componentes estructurales de los ecosistemas, i.e. geología, geoforma, suelos, agua y biota. Por tanto, la funcionamiento (objeto de la ecología) y los servicios ecosistémicos (objeto transdisciplinar de las ciencias biológicas, sociales y económicas), son características que hasta la fecha se han asociado a los tipos de ecosistemas y que por tanto sirven de soporte para la toma de decisiones.

De la misma manera, la biodiversidad a nivel de especies, no se ha empleado como un criterio de delimitación de humedales, ni de procesamiento de imágenes de satélite cuando se mapean humedales. Aquí la biodiversidad, entendida como la variedad de plantas y animales, se ha tenido en cuenta principalmente como una característica asociada a los diferentes tipos de humedales, para lo cual se utilizan listados y mapas de distribución de especies de flora y fauna, relegando su importancia a un rol meramente descriptivo. No obstante, la vegetación como un tipo de cobertura de la Tierra sí se ha empleado como atributo de identificación de humedales y de definición de sus tipos. Para esto se determina la fisonomía predominante de la vegetación a partir de la composición florística y estructural de las especies presentes en los hábitats de humedales, mediante la medición en campo de rasgos de las plantas acuáticas y su posterior determinación taxonómica (Cowardin et al. 1979, Ricaurte et al. 2012). En Sur América, la vegetación como atributo de identificación y clasificación de humedales, se ha estudiado por ejemplo



en la Patagonia en Chile (Clausen et al. 2006), en la media y baja Amazonia (Junk et al. 2011), en el Pantanal brasileiro (Nunes da Cunha and Junk 2011), en el Piedemonte amazónico en Colombia (Ricaurte et al. 2012) y en Brasil (Junk et al. 2013).

Con base en lo anterior, se puede concluir que la potencialidad de la vegetación y de las especies que la componen, como criterio de identificación y monitoreo no ha sido lo suficientemente explorada; pues los rasgos de las plantas acuáticas aún no se han asociado claramente a las tipologías de humedales (Ricaurte et al. 2012) ni se han integrado claramente con sus funciones (Bello et al. 2010). Se podría decir que este enfoque proporcionaría información clave respecto a la oferta potencial e importancia de los distintos tipos de humedales para suministrar servicios ecosistémicos.

Hasta hace poco, la biodiversidad en el estudio de los ecosistemas se había considerado solo como resultado de complejos procesos químicos y físicos. Sin embargo, recientes estudios han resaltado la importancia de cambiar este paradigma, por cuanto se ha demostrado que la biodiversidad es un componente clave en la resiliencia de los ecosistemas (Holling 1973), dado que la variedad y cantidad de organismos vivos de plantas y animales en todos los niveles tróficos, regulan directamente el funcionamiento y la formación de los ecosistemas (Loreau et al. 2001, Wright et al. 2006, Cardinale et al. 2011). En general, se considera que cuanto mayor es la biodiversidad de un ecosistema mayor será la probabilidad de que un organismo pueda realizar una función ecológica diferente cuando el ecosistema se encuentra bajo presión y así adaptarse a las nuevas condiciones ecológicas (Wohl et al. 2004). En este sentido, la relación “funcionamiento de ecosistemas – biodiversidad”, representa uno de los mayores retos en la ecología, al quedar expuesta la necesidad de abordar su estudio de manera integral en vez de forma independiente (Naeem 2002).

Lo anterior confirma y justifica la necesidad de tener un marco conceptual y metodológico holístico y transdisciplinario, en donde se combinen el humedal (como sistema ecológico) y la sociedad (como sistema social) bajo el enfoque de los Sistemas Socio-Ecológicos (Berkes and Folke 1998, Ostrom 2009). Este enfoque permite mantener la atención sobre las distintas relaciones que determinan y regulan las funciones de los humedales y no solo sobre sus beneficios, es decir los servicios ecosistémicos, tal y como lo comentan Mitsch y Gosselink (2000) y Montes (2007), quienes opinan que los humedales a pesar de ser ecosistemas fundamentales por ejemplo para la regulación climática e hidrológica y para el soporte de la biodiversidad acuática y también de algunas especies terrestres, se han



## Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

considerado actualmente como ecosistemas focales para la conservación principalmente por los beneficios económicos que brindan a la sociedad, restándole importancia a su rol ecológico y poniendo en peligro su mantenimiento como tal. Por tanto, en esta propuesta se integran los conceptos estructura, funciones y servicios ecosistémicos como parte del conocimiento y manejo integral de los humedales de Colombia. Para la formulación de esta propuesta se adoptan los lineamientos, conceptos y enfoques contenidos en la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MA 2005), en el Proyecto de la Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad (TEEB) (Russi et al. 2013), en la Clasificación Internacional Común de Servicios Ecosistémicos (CICES) (Haines-Young and Potschin 2013) y en la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos de Colombia (PNGIBSE) (MADS 2012).





**Identificación de humedales:** Proceso mediante el cual se establece la localización y los límites físicos de un humedal.

**Impulsores de cambio:** Desde la Política nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (PNGIBSE) (MADS 2012), se definen como “Procesos que afectan la biodiversidad, las funciones y los servicios de los ecosistemas en su ocurrencia espacial en un territorio específico”. En la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MA 2005) se definieron como impulsores directos, a aquellos que inequívocamente influyen los procesos ecosistémicos; e impulsores indirectos, los que operarían de forma difusa alterando uno o más de los impulsores directos.

**Monitoreo de humedales:** Proceso mediante el cual a través del tiempo se evalúa la integridad ecológica de los humedales, la cual es medida por medio de un conjunto de indicadores que determina el estado de sus componentes.

**Definición de monitoreo según la Convención de Ramsar (Convención Ramsar 2010):** “Reunión de información específica con fines de monitoreo atendiendo a hipótesis derivadas de actividades de evaluación, y aplicación de estos resultados de monitoreo a las actividades de gestión. La reunión de información en series temporales no impulsada por hipótesis sobre la evaluación se califica aquí de reconocimiento en lugar de monitoreo (tal como se indica en la Resolución VI.1)”.

**Oferta potencial de servicios ecosistémicos:** Integración de la estructura, los procesos y las funciones de uno o varios ecosistemas en un área determinada de estudio, para la generación máxima hipotética de uno o varios servicios seleccionados. Esto constituye la base ecológica y de biodiversidad para la evaluación integral de los SE.

**Rasgo funcional:** “Característica de un organismo por medio de la cual se define su rol ecológico. El rasgo funcional determina la forma de responder el organismo a los tensores ambientales (rasgo de respuesta), así como sus efectos sobre los procesos y servicios de los ecosistemas (rasgo de efecto)” (Bello et al. 2010).

**Resiliencia:** La capacidad de un sistema para volver al estado original después de una perturbación, manteniendo sus características esenciales de composición taxonómica, estructuras, funciones ecosistémicas y procesos (Holling 1973). Según PNGIBSE (MADS 2012), resiliencia ecológica es la habilidad de un sistema para absorber las perturbaciones, mantener su identidad (estructura básica y maneras de funcionar), y continuar proporcionando servicios ecosistémicos en magnitud y frecuencia necesarias para proporcionar los servicios ecosistémicos que sustentan las necesidades humanas y los



procesos ecológicos de los sistemas biofísicos. La resiliencia depende de la dinámica ecológica, así como de la organización y capacidad institucional para comprender, gestionar y responder a esta dinámica (MA 2005).

**Servicio ecosistémico (SE):** Beneficio que la gente obtiene de los ecosistemas (MA 2005). Incluye servicios de provisión, regulación y culturales (Haines-Young and Potschin 2013). Según PNGIBSE (MADS 2012), los SE son “aquellos procesos y funciones de los ecosistemas que son percibidos por el humano como un beneficio (de tipo ecológico, cultural o económico) directo o indirecto”.

**Sistema Socio-Ecológico:** “Sistema integrado de ecosistemas y sociedad humana con retroalimentaciones recíprocas e interdependencias. El concepto hace énfasis en la perspectiva humanos en la naturaleza. Es el sistema en el que interactúan los componentes culturales, políticos, sociales, económicos, ecológicos, tecnológicos, entre otros” (PNGIBSE) (MADS 2012). Los sistemas socio-ecológicos (SSE) son sistemas ecológicos estrechamente relacionados con y afectados por uno o más procesos sociales; se caracterizan por ser holísticos, complejos, adaptativos y por involucrar múltiples subsistemas con distintos grados de dependencia y organización jerárquica (Anderies et al. 2004).





## Marco Conceptual

### Los humedales como sistemas socio-ecológicos (SSE)

Los humedales son ecosistemas que han estado estrechamente relacionados con el desarrollo de la humanidad. A través de los ríos, caños y costas fueron colonizados territorios remotos y sobre sus planos de inundación y áreas costeras se crearon los primeros asentamientos humanos que dieron origen a las ciudades actuales, cuya localización estratégica fue determinada ante todo por el acceso a los servicios ecosistémicos de abastecimiento, fundamentales para la sobrevivencia como alimento, forraje, combustible, materiales de construcción y sustancias medicinales. En sí, los humedales han cumplido un papel fundamental en el suministro de múltiples servicios ecosistémicos, que abarcan también la regulación del ciclo hidrológico, el control y amortiguación de inundaciones y de tormentas, la retención y exportación de nutrientes y sedimentos, y la oferta de espacios para el turismo y la educación ambiental, entre otros. La importancia de los humedales es tal, que el valor de sus servicios ecosistémicos se ha estimado en US\$ 14 trillones al año (De Groot et al. 2006). Por ejemplo, para muchas comunidades locales en los trópicos, los humedales hacen parte de sus sistemas productivos y medios de vida (p.e. pesca, madera, carne, pieles, frutos, cereales, etc.), siendo en muchos casos la principal fuente de los ingresos económicos y el principal soporte de las economías regionales (Vilardy et al. 2011, Ricaurte et al. 2013). Por tanto, estas comunidades al depender altamente de los recursos naturales, al mismo tiempo son altamente vulnerables ante cualquier tipo de cambio negativo, al verse comprometida su capacidad de resiliencia de forma negativa. Esta interdependencia entre la sociedad y los humedales fue claramente planteada desde la creación de la Convención de Ramsar y analizada detalladamente en la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio a través del enfoque de los servicios ecosistémicos, mediante la identificación de los principales valores de los humedales así como de los principales impulsores de cambio que han afectado la integridad ecológica de estos ecosistemas (Finlayson et al. 2005).



Esta relación de interdependencia “sociedad-naturaleza”, implica entonces reconocer a la sociedad como una parte inherente de los humedales, a través de los servicios ecosistémicos, que garantizan su sostenibilidad y como un generador de cambios que afectan su estructura y funciones (Martín-López and Montes 2011). No obstante, no todas las formas de aprovechamiento de los recursos naturales y de sus servicios son negativas. Existen pueblos indígenas y campesinos que han logrado tradicionalmente desarrollar prácticas compatibles con las propiedades de los ecosistemas, las cuales no han necesariamente implicado la degradación y pérdida de los ecosistemas (Balvanera et al. 2011). Así mismo, el uso efectivo que hace la sociedad de los ecosistemas se encuentra condicionado por relaciones de fuerza dadas entre diferentes sectores sociales que se confrontan por su apropiación en un tiempo y un espacio determinado. De esta manera es importante reconocer que no todos los actores sociales se benefician por igual de los ecosistemas (Silvetti, 2011).

Por tanto, para conocer y gestionar los humedales, es necesario considerar a los ecosistemas y a los seres humanos como un sistema integrado, es decir, como un sistema socio-ecológico (SSE) (Berkes and Folke 1998, Ostrom 2009). Según Anderies et al. (2004) los SSE son sistemas ecológicos estrechamente relacionados con y afectados por uno o más sistemas sociales; se caracterizan por ser holísticos, complejos, adaptativos y por involucrar múltiples subsistemas con distintos grados de dependencia y organización jerárquica. Esta interrelación implica que se den procesos de co-evolución (cambio simultáneo) y co-adaptación (ajuste entre uno y el otro) entre los sistemas natural y social, en donde el sistema social afecta el medio biofísico y este a su vez afecta el desarrollo del sistema social; proceso definido por Kallis and Norgaard (2010) como co-evolución socio-ecológica. Bajo este marco teórico, los sistemas naturales se adaptan a las diferentes intervenciones humanas a través de respuestas o ajustes que absorben dichas perturbaciones para tratar de mantener su funcionamiento, por medio de su capacidad de resiliencia ecológica (Holling 1973), pero también la sociedad se adapta a las condiciones de los ecosistemas, a través de su capacidad de recomponerse, reorganizarse y de crear nuevas formas de manejo (Berkes et al. 2003), lo cual se ha denominado como resiliencia socio-ecológica (Folke 2006).

Para entender la relación “sociedad-humedal” en el contexto de Colombia, se plantea un sistema socio-ecológico conformado por la organización social y los medios de vida, como el sistema social y por el humedal, como el sistema ecológico (Fig. 1). Cada uno de los



sistemas sociales se caracteriza por dinámicas regionales específicas dominadas por factores socioeconómicos, políticos, tecnológicos, culturales e institucionales, que determinan primero, las formas del uso del suelo y del aprovechamiento de los recursos naturales y segundo, el tipo e intensidad de los impulsores de cambio y pérdida de estos ecosistemas en los ámbitos local, regional y nacional; re-configurando así la distribución y composición espacial de los humedales junto con su entorno (territorio). Además determina los tipos de usuarios y de organizaciones sociales que se benefician directa o indirectamente de los servicios ecosistémicos, a través de las ventajas comparativas de sus ecosistemas, como por ejemplo la materia prima que se exporta para su transformación a otros países. Por tanto, los humedales tienen distintas manifestaciones en el paisaje como por ejemplo a nivel de hábitat predominan humedales de tamaño pequeño ( $\leq 1$  ha), dispersos y desconectados, especialmente localizados en paisajes urbanos y agropecuarios consolidados y altamente fragmentados, donde cumplen un importante papel en la conectividad ecológica (stepping stones) y en el suministro de servicios como peces ornamentales, caimán para carne y piel, plantas medicinales y materiales para elaborar artesanías. En otros escenarios, todavía un poco distantes de la frontera agropecuaria, aún se encuentran grandes complejos de humedales ( $\geq 2000$  ha), con una alta oferta y estabilidad ecológica pero igualmente gravemente amenazados ante el desarrollo de megaproyectos de infraestructura y desarrollo agrícola y minero (Ricaurte et al. 2012, Ricaurte et al. 2013).



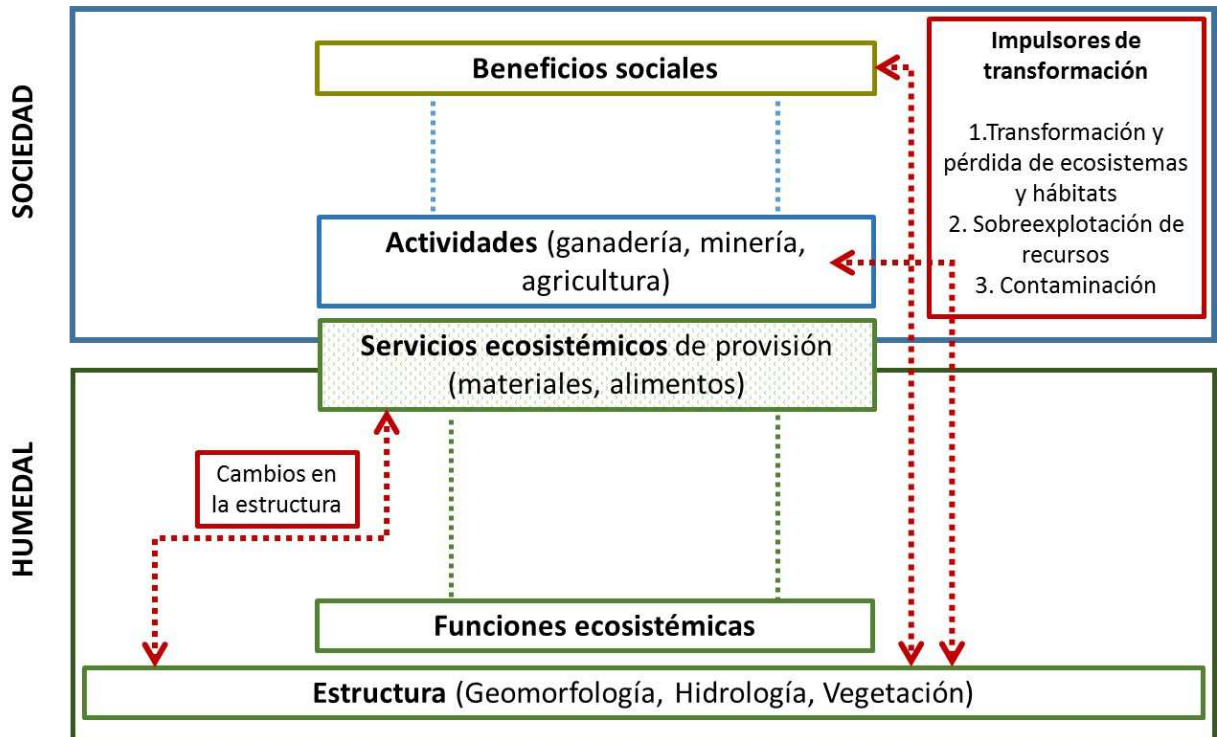


Figura 1. Marco conceptual para el Sistema Socio-Ecológico del presente proyecto. Fuente: Elaboración propia.

#### El enfoque genético-funcional para la identificación de humedales

La identificación de humedales es el proceso mediante el cual se establece la localización y los límites físicos de un humedal. Tradicionalmente los humedales se han identificado y monitoreado a partir del análisis de sus componentes básicos: la geoforma, el agua, el suelo y la vegetación, bajo diferentes enfoques conceptuales. Básicamente, se distinguen dos grandes enfoques a nivel mundial. Primero, el hidrogeomórfico, el cual se basa en las características de las geoformas donde se forman los humedales, así como de las fuentes de agua, su flujo y transporte hacia y desde el humedal (Brinson 1993, Semeniuk and Semeniuk 1995). Segundo, un enfoque mucho más ecológico, el cual hace énfasis en la estructura y composición de las plantas de humedales a nivel de paisajes (Cowardin et al. 1979, Zoltai and Vitt 1995) (Fig. 2). La combinación de estos enfoques ha dado origen al



enfoque genético-funcional, el cual resulta ser altamente acertado para la gestión de los humedales a nivel local y regional, tal y como lo plantea Minotti et al. (2013) bajo una perspectiva hidroecogeomórfica para la regionalización del Corredor Fluvial Paraná-Paraguay. Este mismo enfoque fue aplicado para la identificación y clasificación de hábitats de humedales en el Piedemonte Amazónico de Colombia (Ricaurte et al. 2012), en donde además se integraron fundamentos teóricos de los paisajes fisiográficos (Villota 1992) y del enfoque paisajístico (Bedford 1996).

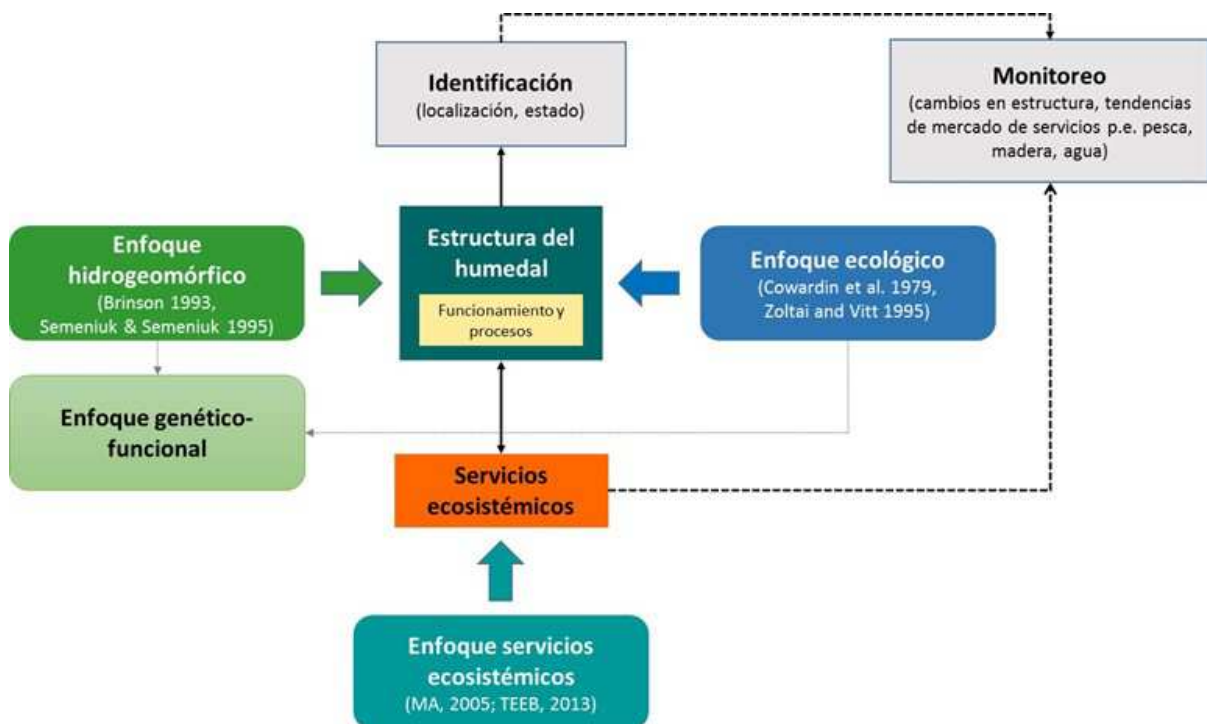


Figura 2. Diferentes enfoques empleados para el estudio de los humedales. Fuente: Elaboración propia.

Las fuentes de información para la identificación de humedales principalmente son cartografía secundaria, fotografías aéreas e imágenes de satélite. Sin embargo, en la actualidad las imágenes de satélite de las plataformas LANDSAT, SPOT, MODIS, NOAA, RADAR, GeoEye, y LIDAR, entre otras, representan el principal insumo para el estudio de



los humedales (Ozesmi and Bauer 2002, Jensen 2007). Su resolución espacial y espectral mejoradas junto a técnicas de procesamiento ampliamente aplicadas (e.g. tasseled cap, índices de vegetación - NDVI y density slicing), permiten con gran precisión separar los humedales de otros tipos de ecosistemas y además, determinar su estado (área y tipo) y tendencias de cambio (monitoreo) en diferentes escalas temporales y espaciales. Por ejemplo, la identificación de humedales a nivel global (Global Lakes and Wetlands Database, GLWD) (Lehner and Döll 2004), se basa en la combinación de las mejores bases de datos disponibles sobre lagos y humedales a escala global (1:1 a 1:3 millones de resolución). A nivel continental se destacan cuatro importantes iniciativas: el inventario de humedales de Asia (Finlayson et al. 2002), el inventario de humedales del Pan-Mediterráneo (Tomàs-Vives 2008), el inventario de humedales de Estados Unidos (Dahl 2011) y el inventario de humedales de Canadá (Fournier et al. 2007), los cuales han adoptado múltiples niveles de análisis desde la cuenca hidrográfica (> 1:500.000) hasta el hábitat (< 1:25.000).

El procesamiento de imágenes, ya sea visual o automático, se basa en la presencia de por lo menos uno de los atributos clave que definen los humedales: 1) presencia de agua temporal o permanente, 2) presencia de suelos adaptados a condiciones húmedas (suelos hidromórficos) y c) presencia de vegetación hidrofítica (plantas adaptadas a la vida acuática) (Cowardin et al. 1979). El procesamiento visual consiste en la interpretación de elementos de las imágenes de satélite como tono/color, forma, textura y patrones espaciales; mientras que el procesamiento automático radica en agrupar píxeles con similitud radiométrica por cada banda espectral por medio de algoritmos, los cuales posteriormente son asociados a un tipo de cobertura de la tierra real (Jensen 2007). Entonces, este procesamiento analiza las características físicas de los atributos geoforma, agua, suelo y vegetación, así como su comportamiento bajo factores que generan diferentes respuestas radiométricas, como puede ser por la influencia del clima o del hombre, este último para el caso de las modificaciones morfológicas de los ríos, lagos y cuencas hidrográficas.

El nivel de análisis resulta ser una limitación importante en la identificación de humedales, la cual está directamente relacionada con la escala de representación objeto del proyecto, el tamaño del pixel de la imagen de satélite fuente de información y el método de procesamiento a emplear. Por ejemplo, la definición de las unidades geomorfológicas en donde ocurren los humedales puede variar desde grandes unidades fisiográficas (planos



inundables) hasta hábitats individuales de 1 ha (lagunas, lagos); la hidrología igualmente puede tener diferentes representaciones teniendo en cuenta el orden de los drenajes, desde los drenajes mayores como los ríos Orinoco, Amazonas y Magdalena, hasta los drenajes de primer orden en las nacientes de los ríos. Así mismo, cambia la definición de las clases de vegetación asociadas a humedales. Utilizando procesamiento visual de imágenes de satélite con tamaño de pixel de 30 x 30 m (Landsat TM, ETM) se distinguen dos clases, arbustiva-herbácea y herbácea-arbórea (Ricaurte et al. 2012), mientras que, empleando imágenes de alta resolución (LIDAR, SAR, IKONOS) (Parmuchi et al. 2002, Castañeda and Ducrot 2009, Maxa and Bolstad 2009), se identifica claramente una mayor diversidad de clases como herbácea, arbustiva y arbórea, y de manera especial los tapetes de macrófitas (aquatic beds).

#### Tipología de humedales

El amplio conjunto de características que poseen los atributos hidrológicos, geomorfológicos y bióticos que conforman los humedales, se refleja en una gran variedad de tipos de hábitats de humedales que están presentes en casi todos los rincones de la Tierra. Como parte de las políticas de gestión y manejo de humedales se ha desarrollado un importante avance en su clasificación como un requisito previo para su inventario. Los sistemas de clasificación más utilizados a nivel mundial son los propuestos por Cowardin et al. (1979) y por Scott (1989). Este último se conoce como el sistema de clasificación de humedales de la Convención de Ramsar. Por otra parte, existen otros sistemas de clasificación basados en especificidades biofísicas regionales que han permitido aumentar el conocimiento global sobre los humedales de manera importante (Gopal and Sah 1995, Zoltai and Vitt 1995, Junk et al. 2011, Junk et al. 2013).

El objetivo de la clasificación de humedales es reducir la variabilidad de características físicas y ecológicas de los humedales, agrupándolas en clases únicas, que permitan hacer comparaciones entre sí. Por tanto, obtener un sistema de clasificación de humedales para Colombia, es un proceso delicado y riguroso, teniendo en cuenta la dimensión del país y la complejidad de las condiciones climáticas, altitudinales, geomorfológicas y ecológicas que caracterizan la geografía nacional y que como resultado determinan una gran diversidad



de humedales como lagunas, lagos, cochas, chuquias, salados, pantanos arbolados, pantanos herbáceos, complejos inundables, arroyos, quebradas, ríos, manglares, arrecifes coralinos, entre otros. Teniendo en cuenta que el mapa de humedales de Colombia a escala 1:100.000 junto con el respectivo sistema de clasificación se encuentra en desarrollo y que representa el producto principal del proyecto general sobre delimitación de ecosistemas estratégicos priorizados de Colombia, se propone para el desarrollo de este marco conceptual y metodológico, trabajar con base en el mapa de Cobertura de la Tierra de Colombia a escala 1:100.000 (IDEAM 2010), cuya clases fueron definidas a partir de la metodología CORINE Land Cover. En este sentido, el mapa potencial de humedales de Colombia está conformado por 20 tipos de coberturas que hacen referencia a áreas húmedas y ecosistemas acuáticos naturales y de origen antrópico, como se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. Las 18 clases de cobertura de la tierra asociadas a humedales y ecosistemas acuáticos seleccionadas del mapa de Cobertura de la Tierra de Colombia a escala 1:100.000, el cual fue realizado con base en el sistema de clasificación CORINE Land Cover (IDEAM 2010).

SISTEMA	TIPO DE HUMEDAL	DESCRIPCION
<b>Costero</b>	Lagunas costeras	Superficies de agua salada o salobre, separadas del mar por tierras sobresalientes u otras topografías similares. Pueden tener comunicación con el mar de manera permanente o temporal a través de canales, barras de arena y zonas de pantanos costeros.
	Salitrales	Esta cobertura comprende los territorios planos costeros donde se presenta la formación de depósitos de minerales evaporíticos en forma natural, los cuales por la acción del viento pueden estar acompañados de arcillas, limos, arenas y lodos, conformando costras que recubren el suelo, que pueden estar asociados a procesos de acumulación de sales por infiltración y evaporación, así como por ascenso por capilaridad. Estos terrenos se caracterizan por estar generalmente desprovistos de vegetación, presentando en raras ocasiones desarrollos de vegetación gramínea baja y rala. Generalmente están asociados con los bordes de las marismas costeras, terrazas marinas bajas y antiguos planos de inundación marina.
	Sedimentos expuestos en bajamar	Comprende las áreas constituidas por planicies litorales mareales que quedan descubiertas de agua durante los períodos de bajamar. Están compuestos por depósitos de lodo y cieno principalmente, pero también incluyen los bordes litorales compuestos por acumulaciones de arena y rocas. Estas superficies se





SISTEMA	TIPO DE HUMEDAL	DESCRIPCION
		caracterizan por estar desprovistas de vegetación y en muy raras ocasiones, pueden presentar el desarrollo de pequeños parches de herbáceas. En Colombia, se encuentran principalmente en el litoral de la costa pacífica.
	Pantanos costeros	Son áreas costeras bajas cubiertas por vegetación herbácea y arbustiva rala, adaptada a los ambientes salobres, las cuales están bajo la influencia de la marea. Se localizan en zonas asociadas con deltas, estuarios, lagunas costeras y planicies marinas de inundación, generalmente ocupando espacios cóncavos detrás de la barra de playa. Son susceptibles a la inundación durante períodos de nivel alto del mar, tormentas y oleaje fuerte. Se encuentran colonizadas por plantas halófilas diferentes al mangle.
	Manglares	Los manglares son comunidades caracterizadas por la dominancia de especies de plantas leñosas muy tolerantes a la sal que se desarrollan en lagunas, riberas y en costas tropicales protegidas del oleaje que ocupan la zona intermareal cercana a las desembocaduras de cursos de agua dulce. En Colombia se localizan en las dos costas, caribe y pacífica.
	Playas costeras	Son terrenos bajos y planos constituidos principalmente por suelos arenosos y pedregosos, por lo general desprovistos de vegetación o cubiertos por una vegetación de arbustal ralo y bajo. Se encuentran conformando playas litorales, playas de ríos, bancos de arena de los ríos y campos de dunas. También se incluyen las superficies conformadas por terrenos cubiertos por arenas, limos o guijarros ubicados en zonas planas de los ambientes litoral y continental, que actualmente no están asociadas con la actividad de los ríos, el mar o el viento. En Colombia, la unidad se encuentra principalmente localizada en los dos litorales, asociada con playas y deltas de los ríos, y con cauces de los ríos grandes y medianos. También se localiza en áreas planas de las regiones Caribe y Orinoquía, en la forma de campos de dunas como los existentes en La Guajira y Arauca.
Interior	Bosques inundables	Corresponde a las áreas con vegetación de tipo arbóreo caracterizada por un estrato más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, con altura del dosel superior a 15 metros y que se encuentra localizada en las franjas adyacentes a los cuerpos de agua (loticos), las cuales corresponden principalmente a las vegas de divagación y llanuras de desborde con procesos de inundación periódicos con una duración mayor a dos meses.
	Palmares	Los morichales o cananguchales son comunidades caracterizadas por la dominancia de palma moriche ( <i>Mauritia flexuosa L.f.</i> ), con alturas hasta de 18 m, que ocupan las depresiones y áreas inundadas principalmente en la Orinoquía y Amazonia colombiana. Los naidizales son comunidades dominadas por la especie <i>Euterpe oleracea Mart.</i> , comúnmente conocida como palma <i>Naidi</i> , localizados principalmente en áreas pantanosas de la costa pacífica



SISTEMA	TIPO DE HUMEDAL	DESCRIPCION
		colombiana.
Bosques de galería y ripario		Se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Este tipo de cobertura está limitada por su amplitud, ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales. Cuando la presencia de estas franjas de bosques ocurre en regiones de sabanas se conoce como bosque de galería o cañadas, las otras franjas de bosque en cursos de agua de zonas andinas son conocidas como bosque ripario.
Herbazales inundables arbolados	densos no	Corresponde a aquellas superficies dominadas por vegetación natural herbácea con cobertura mayor a 70% del área total de la unidad, en suelos permanentemente sobresaturados, que durante los periodos de lluvia (4-8 meses al año en la temporada de lluvias de abril a noviembre) pueden estar cubiertos por una lámina de agua. Puede presentar algunos elementos arbóreos en forma de parches o matas de monte y áreas con comunidades de palmas o 'morichales', dispersos, que en ningún caso superan el 2%, y que pueden estar rodeados de áreas de bosques riparios. En las sabanas de la Orinoquía colombiana, se destaca como elemento fisiográfico asociado con este tipo de cobertura, el denominado escarceo, el cual constituye un microrrelieve en camellones de 40 a 60 cm de altura, que es fácilmente identificable en imágenes de sensores remotos.
Herbazales inundables arbolados	densos	Corresponde a superficies dominadas por vegetación natural herbácea con presencia de elementos arbóreos y/o arbustivos dispersos que ocupan de 2% a 30% del área total de la unidad, en suelos que permanecen inundados o encharcados la mayor parte del año.
Playas ríos		Son terrenos bajos y planos constituidos principalmente por suelos arenosos y pedregosos, por lo general desprovistos de vegetación o cubiertos por una vegetación de arbustal ralo y bajo. Se encuentran conformando playas litorales, playas de ríos, bancos de arena de los ríos y campos de dunas. También se incluyen las superficies conformadas por terrenos cubiertos por arenas, limos o guijarros ubicados en zonas planas de los ambientes litoral y continental, que actualmente no están asociadas con la actividad de los ríos, el mar o el viento. En Colombia, la unidad se encuentra principalmente localizada en los dos litorales, asociada con playas y deltas de los ríos, y con cauces de los ríos grandes y medianos. También se localiza en áreas planas de las regiones Caribe y Orinoquía, en la forma de campos de dunas como los existentes en La Guajira y Arauca.



SISTEMA	TIPO DE HUMEDAL	DESCRIPCION
	Zonas Pantanosas	Esta cobertura comprende las tierras bajas, que generalmente permanecen inundadas durante la mayor parte del año, pueden estar constituidas por zonas de divagación de cursos de agua, llanuras de inundación, antiguas vegas de divagación y depresiones naturales donde la capa freática aflora de manera permanente o estacional. Comprenden hondonadas donde se recogen y naturalmente se detienen las aguas, con fondos más o menos cenagosos. Dentro de los pantanos se pueden encontrar cuerpos de agua, algunos con cobertura parcial de vegetación acuática, con tamaño menor a 25 ha, y que en total representan menos de 30% del área total del pantano.
	Turberas	Son terrenos bajos de tipo pantanoso, de textura esponjosa, cuyo suelo está compuesto principalmente por musgos y materias vegetales descompuestas. Se encuentran frecuentemente en áreas andinas en terrenos situados por encima de los 3.200 msnm.
	Ríos (50 m)	Un río es una corriente natural de agua que fluye con continuidad, posee un caudal considerable y desemboca en el mar, en un lago o en otro río. Se considera como unidad mínima cartografiable aquellos ríos que presenten un ancho del cauce mayor o igual a 50 metros.
	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	Superficies o depósitos de agua naturales de carácter abierto o cerrado, dulce o salobre, que pueden estar conectadas o no con un río o con el mar. En la zona andina hay cuerpos de agua (lagos y lagunas) situados en alta montaña que constituyen las áreas de nacimiento de ríos. En las planicies aluviales se forman cuerpos de agua denominados ciénagas, que están asociadas con las áreas de desborde de los grandes ríos. Las ciénagas pueden contener pequeños islotes arenosos y lodosos, de formas irregulares alargadas y fragmentadas, de pequeña área, los cuales quedan incluidos en el cuerpo de agua siempre que no representen más de 30% del área del cuerpo de agua.
<b>Artificial</b>	Cuerpos de agua artificiales (incluye canales, embalses, lagunas de oxidación, campos de arroz y estanques para acuicultura)	Esta cobertura comprende los cuerpos de agua de carácter artificial, que fueron creados por el hombre para almacenar agua usualmente con el propósito de generación de electricidad y el abastecimiento de acueductos, aunque también para prestar otros servicios tales como control de caudales, inundaciones, abastecimiento de agua, riego y con fines turísticos y recreativos.
	Estanques para acuicultura marina	Cuerpos de agua artificial destinados a la cría de crustáceos y peces. Se ubican, generalmente, en las regiones adyacentes al mar.



## La diversidad funcional como enfoque para la identificación y caracterización de humedales

Los humedales se distinguen de otros ecosistemas por albergar un alto número de especies de animales y plantas y por ofrecer una alta variedad de servicios a la sociedad. Recientes estudios han llamado la atención sobre esta relación, al confirmar que la biodiversidad tiene un rol fundamental en la provisión de servicios, sobre la base que algunas características o rasgos funcionales específicos de los organismos controlan determinados procesos ecológicos y características del ecosistema (Hooper et al. 2005, Balvanera et al. 2006, Bello et al. 2010, Cardinale et al. 2011). La variedad de múltiples rasgos funcionales de las plantas y animales, se refiere a la diversidad funcional, la cual es igualmente responsable del funcionamiento de los ecosistemas. Por ejemplo, la forma de crecimiento y el área de las hojas de las macrófitas y demás plantas acuáticas determinan la capacidad de retención de la escorrentía y de la evapotranspiración de la vegetación que regula el agua en los humedales (Bello et al. 2010). Por otra parte, la biodiversidad, especialmente de las plantas, tiene un importante rol en la formación de los ecosistemas y ha sido uno de los atributos fundamentales para la identificación de humedales a nivel mundial.

A pesar de existir un importante avance en este campo de investigación, se ha encontrado que los humedales han sido relativamente poco estudiados (Bello et al. 2010, Cardinale et al. 2011). Esta conclusión igualmente se obtuvo del análisis de información llevado a cabo para la elaboración del presente trabajo. Se consultó la literatura científica relativa al uso de los rasgos funcionales para el mapeo de ecosistemas/humedales disponible en el portal científico ISI Web of Knowledge, usando varias palabras clave: trait-based\* wetland identification (1), trait-based\* ecosystem identification (6), trait-based\* remote sensing mapping (0), trait-based\* ecosystem mapping (7), trait-based\* wetland mapping (0), trait-based\* wetland functions (2), trait-based\* ecosystem functions (75).

El estado del arte sobre la utilización de los rasgos funcionales en procesos de cartografía de ecosistemas indica que este es un tema en donde hay mucho por explorar, especialmente en el ámbito de los humedales tropicales y por tanto, se propone como un tema de alta importancia en el presente marco conceptual y metodológico. Sin embargo,



su desarrollo quedará sujeto al grupo de Ecología Funcional del Centro de Análisis y Síntesis (CAS) del GIC, para que más adelante se articule a los avances que se logren en el proyecto de humedales de Colombia, con énfasis en el estudio de las plantas acuáticas asociadas a las clases de humedales.

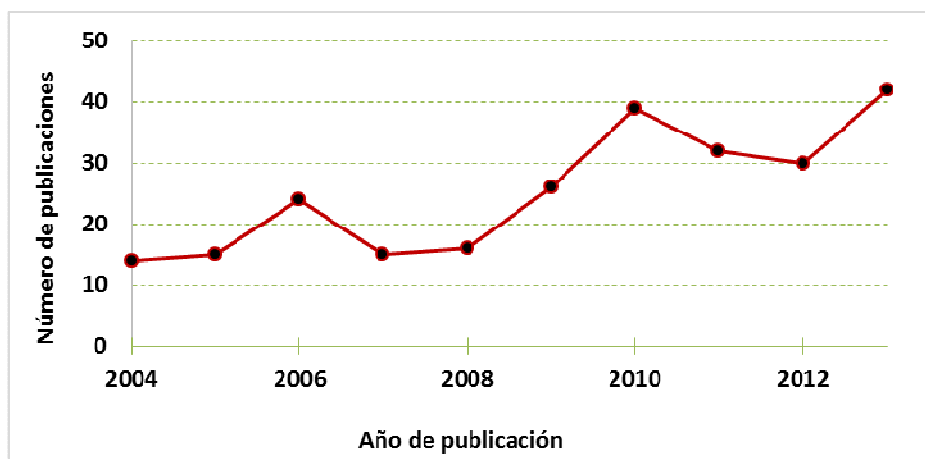


Figura 3. El número de artículos publicados sobre funciones ecosistémicas de los humedales ha aumentado en la última década, sin embargo aún es muy escaso el conocimiento especialmente en los trópicos. Datos extraídos de ISI Web of Knowledge para la última década, desde 2002 hasta 2013, palabra clave wetland\* ecosystem-functions (320 publicaciones).



Tipología de funciones ecosistémicas de los humedales

Tabla 2. Funciones ecosistémicas identificadas para los humedales seleccionadas a partir de (de Groot et al. 2002, Finlayson et al. 2005, de Groot et al. 2010, Petter et al. 2013)

Categoría de la función	Funciones Ecosistémicas	Descripción de la función
Regulación	Regulación atmosférica	Se relaciona con la influencia de sistemas naturales y manejados sobre los procesos biogeoquímicos que incluyen gases de efecto invernadero, contaminación foto-química ( <i>smog</i> ) y compuestos orgánicos volátiles (COVs).
	Regulación climática	Influencia de la cobertura de la tierra y los procesos biológicos en la regulación de los procesos atmosféricos y los patrones del clima que crean los microclimas en los que todos los seres viven y funcionan.
	Amortiguación de desastres naturales	Capacidad de los suelos y la vegetación para amortiguar los efectos del viento, el agua y las olas a través del almacenamiento de agua y energía y de la resistencia de la superficie (el perfil del suelo almacena agua y reduce el caudal; la vegetación ayuda a la infiltración y provee resistencia a la superficie).
	Regulación hidrológica	Influencia de la cobertura del suelo, topografía, suelos y condiciones hidrológicas en la distribución espacial y temporal del agua a través de la atmósfera, los suelos, acuíferos, ríos, lagos y humedales.
	Disponibilidad hídrica	Papel de los ecosistemas en la provisión de agua mediante la captura de sedimentos, infiltración, disolución, precipitación y difusión.
	Retención y estabilización del suelo	Disminución máxima de la pérdida de suelo al tener cobertura de vegetación adecuada, biomasa de raíces y biota del suelo.
	Formación del suelo	Facilitación de los procesos de formación del suelo, que incluyen el desgaste químico de las rocas y el transporte y acumulación de materia orgánica e inorgánica.
	Regulación de nutrientes	Papel de los ecosistemas en el transporte, almacenamiento y reciclado de nutrientes.
	Transformación y degradación de	Medida en que los ecosistemas son capaces de transportar, almacenar y reciclar ciertos excesos de desperdicios orgánicos e inorgánicos mediante



	residuos	la distribución, asimilación, transporte y recomposición química.
	Polinización	Hace referencia a la interacción entre plantas y vectores bióticos y abióticos para el movimiento de los gametos masculinos en la reproducción de las plantas. Esta función es crítica para la reproducción de la mayoría de plantas silvestres y la producción de alimento para consumo de animales y humanos, y está ligada a la dispersión de semillas.
	Control biológico	Interacciones dentro de las comunidades bióticas que actúan como fuerzas de restricción para el control de poblaciones de potenciales plagas y vectores de enfermedades.
Hábitat	Función de refugio	Preservación de ecosistemas naturales y seminaturales como espacios adecuados para que habiten comunidades de especies silvestres de plantas y animales.
	Criadero	Preservación de ecosistemas naturales y seminaturales como espacios adecuados para ser hábitats de reproducción de especies silvestres de plantas y animales.
Producción	Alimento	Biomasa que provee energía y nutrición, mayormente derivados de la fotosíntesis y consumidores primarios (producción primaria y producción secundaria).
	Materias primas	Biomasa que es usada para cualquier propósito que no sea alimento (excluyendo recursos mineros).
	Recursos genéticos	Mantenimiento de la diversidad de los organismos generados en el tiempo evolutivo (capaces de continuar en cambio), medible a nivel de especies, sub-especies y molecular. Estos procesos están en paralelo cada vez más con la intervención humana.
	Recursos medicinales	Materiales naturales que son o pueden ser usados por otros organismos para mantener, restaurar o mejorar la salud (patrones naturales pueden ser copiados por humanos para productos sintéticos).
	Recursos ornamentales	Características de color, formas y otros atributos de las especies animales y vegetales que ofrecen la opción de uso para fines comerciales, en forma de mascotas y otros productos decorativos.
Información	Información estética	Características atractivas del paisaje (contemplación).



Recreativa	Variedad de oportunidades del paisaje con usos potenciales de recreación.
Información cultural	Variedad de características del paisaje con valores culturales y artísticos (inspiración para autores de libros, películas, pintores, etc.).
Información histórica	Variedad de características del paisaje con valores históricos.
Información espiritual	Variedad de características del paisaje con valores espirituales.
Educación, ciencia y saberes locales	Variedad de características del paisaje con valores en la educación, la ciencia y los saberes locales de las comunidades.

#### Humedales y Servicios Ecosistémicos (SE)

La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MA 2005) define los servicios ecosistémicos como los beneficios que la gente obtiene de los ecosistemas. En este sentido, los humedales se han distinguido por ser ecosistemas que ofrecen una alta variedad de servicios, algunos de ellos de particular importancia para toda la humanidad, como la provisión de agua y la regulación climática. Los humedales generan una gran variedad de productos que van desde el alimento como el arroz y el pescado, hasta madera para la construcción de viviendas y producción de combustible, aceite vegetal, sal, medicinas, alimento para el ganado y artesanías (Ramsar Convention 2013). De acuerdo con la FAO (2012), se estima que el pescado proporciona el 15% de la ingesta de proteína animal a más de 4300 millones de personas en el mundo, y la pesca y la acuicultura son también la fuente de ingresos para aproximadamente 55 millones de personas.

Por tanto, los servicios ecosistémicos representan la conexión entre los humedales y la sociedad. El bienestar humano de muchos grupos de personas que habitan cerca y en los humedales depende en cierta proporción de la provisión de estos servicios, lo cual hace a estos pueblos tremendamente dependientes y vulnerables, ante cualquier cambio originado por factores naturales o antrópicos. La seguridad alimentaria, la salud humana y las fuentes de trabajo son parte de los beneficios más importantes de los humedales a nivel local y regional, pero también son servicios que se mantienen en constante riesgo de pérdida o degradación por causa de distintos factores. El aumento de la ocurrencia de





fenómenos naturales como huracanes, inundaciones e incendios, así como la imposición de proyectos macroeconómicos están generando drásticos cambios en el uso del suelo que están rápidamente transformando los humedales en tierras arables y urbanas e incorporando a los pueblos locales (campesinos e indígenas) en los sistemas de producción industrial, ocasionando igualmente una pérdida de prácticas tradicionales sostenibles, amigables con el medio ambiente y socialmente más equitativas. Al respecto se observa que, en regiones altamente ricas en recursos pesqueros, especialmente las comunidades de pescadores vive bajo condiciones de extrema pobreza, altos índices de desnutrición, baja escolaridad y no cubrimiento de necesidades básicas, dejando entredicho que entre mayor sea la provisión de SE mayor es el bienestar humano. Por tanto, el bienestar humano entendido solo desde el punto de vista económico, desvirtúa el beneficio, como se expuso en el ejemplo de la comunidad de pescadores, quienes viven en una permanente vulnerabilidad social, p.e. en la región de la Mojana en Colombia.

La salud de los ecosistemas es fundamental para que existan los servicios de los ecosistemas y se generen los beneficios directos e indirectos a la sociedad, en forma de productos comercializables o en forma de beneficios intangibles que proporcionan bienestar como por ejemplo mejores condiciones ambientales para tener una mejor salud humana (Horwitz et al. 2012). Esta visión antropocéntrica de los ecosistemas como medios de producción de bienes y servicios ha sido conceptualizada desde la economía ecológica bajo el concepto de capital natural (Martín-López and Montes 2011), definido como “el stock de materiales o información que existe en un momento determinado” (Costanza et al. 1997). A su vez, entre los componentes del capital natural suceden procesos e interrelaciones (funcionamiento), que determinan la estabilidad ecológica de los ecosistemas, la cual está directamente relacionada con su resiliencia y sustentabilidad (Gómez-Baggethun and de Groot 2007).

No obstante el paso del SE al beneficio real se encuentra condicionado por las relaciones de fuerza entre diferentes sectores sociales. Así no todos se benefician por igual de los ecosistemas y sus SE, sino que muchas veces son los grupos con mayor poder los que crean las condiciones para acceder y controlarlos en detrimento de otros grupos. Así además de la salud de los ecosistemas la forma en que los grupos sociales presentes conforman y solucionan estas relaciones de poder es clave para analizar la problemática sobre la provisión de SE

Para poder generar iniciativas para la conservación de los humedales, se propone trabajar sobre la base del concepto de los Servicios Ecosistémicos. Este término surge en la década



de 1970 a partir del movimiento ambientalista en Estados Unidos, en vista de la continua degradación de la naturaleza y la imposibilidad de contrarrestarla a tiempo los medios que hasta el momento se habían propuesto desde la ciencia. En este sentido, el enfoque de los SE ha venido en aumento en el campo científico (Fig. 4) y se sugiere como una alternativa para mostrar que la conservación de los ecosistemas no es sólo una aspiración ética de la sociedad sino también una necesidad estrechamente ligada a la satisfacción de las necesidades básicas de la vida humana (Daily 1997, MEA 2003). Sin embargo, el uso del término fuera de contexto, sin enfatizar la fundamental necesidad de mantener ecosistemas sanos y diversos para asegurar su capacidad de generar beneficios a las sociedades, ha llevado a una caricatura del término (Balvanera et al., 2011). Llevada al extremo, la visión de los SE podría llevar a considerar a los ecosistemas única y exclusivamente por su utilidad directa a las sociedades, poniéndose en peligro el mantenimiento de los ecosistemas en su conjunto (Montes 2007).

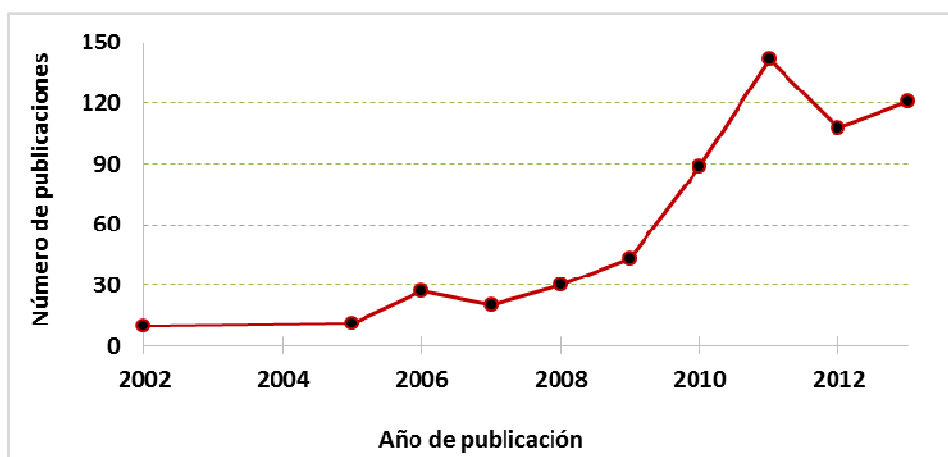


Figura 4. El número de publicaciones sobre servicios ecosistémicos ha aumentado de manera importante en la última década, desde 2002 hasta 2013, tal y como se puede observar, al consultar en ISI Web of Knowledge. Palabra clave wetland\* ecosystem-functions (630 publicaciones).

Es importante recordar que si bien el marco de análisis de SE permite entender la construcción de acciones “razonables” o configuración estratégica de prácticas que posibilite a las comunidades acceder y apropiarse de los SE críticos para su supervivencia (Silvetti 2011), estas no se encuentran desligadas de las dinámicas sociales y no se pueden ser tratadas en los términos ingenuos de la conservación, “ya que el ser humano solo



*protegerá a la naturaleza en la medida en que sea protegido por la sociedad ” (Silvetti 2011).*

El concepto de oferta potencial de servicios ecosistémicos

En los ejercicios de evaluación de SE se han descrito varios marcos de trabajo o esquemas conceptuales, lo cuales, aunque difieren en forma, coinciden en que existen dos unidades de trabajo: 1) la provisión del servicio por parte de los ecosistemas (nivel biofísico del área de estudio) y la demanda por parte de los beneficiarios del servicio (sistema social donde se valoran y manejan los servicios). Es entre estas dos unidades es que se generan los servicios ecosistémicos (Bastian et al., 2013; García-Nieto et al., 2013; Haines-Young & Potschin, 2010; Maes et al., 2012) (Fig. 5).



Figura 5. Marco de trabajo para el mapeo de SE considerando tanto la capacidad ecológica para entregar los servicios (lado de la provisión) como el uso y valor dado por los actores (lado de la demanda). Tomado de (García-Nieto et al., 2013).

En este contexto, el primer análisis que se debe llevar a cabo para definir los servicios ecosistémicos en un sitio dado, es el de las propiedades de los ecosistemas – la base



analítica-científica – para el entendimiento de los principios funcionales de la naturaleza. Dependiendo de sus propiedades, un ecosistema está en la capacidad de proveer servicios, es decir, tiene potenciales particulares para esto. Esta capacidad de proveer servicios o potenciales (representadas en las funciones ecosistémicas) se refiere a la posibilidad de uso de los servicios, lo cual se diferencia del uso actual que es una expresión del servicio real. Solamente las necesidades humanas o la demanda real convierte un servicio potencial en uno real (Bastian et al., 2012; Bastian et al., 2013; Petter et al., 2013). Esta cascada conceptual también ayuda a enfatizar la importancia de la resiliencia, en la medida en que las funciones ecosistémicas son un paso crucial en la oferta potencial de SE, junto con características de la biodiversidad como genes, especies y hábitats (Maes et al., 2012).

Siguiendo a varios autores (Tabla 3), podemos definir la oferta potencial de SE como la integración de la estructura, los procesos y las funciones de uno o varios ecosistemas en un área determinada de estudio, para la generación máxima hipotética de uno o varios servicios seleccionados. Esto constituye la base ecológica y de biodiversidad para la evaluación integral de los SE.

Tabla 3. Revisión de las definiciones o aproximaciones al concepto de oferta potencial de SE.

Aproximaciones al concepto de oferta potencial de SE	Autores
La integración de procesos geo-biofísicos y evaluación de la estructura provee conocimientos sobre la oferta actual de servicios ecosistémicos y la base ecológica y de biodiversidad (funciones de los ecosistemas).	(Burkhard, Crossman, Nedkov, Petz, & Alkemade, 2013)
Suministro u oferta de servicios ecosistémicos: se refiere a la capacidad de un área particular para proveer un grupo específico de bienes y servicios dentro de un periodo de tiempo dado. Depende de diferentes conjuntos de propiedades del paisaje que influyen en el nivel de suministro del o los servicios.	(Burkhard et al., 2012; Willemen et al., 2012)
Unidad proveedora de servicios (UPS): estructura y procesos de los ecosistemas que proveen un servicio ecosistémico específico a una escala espacial particular.	(Harrington et al., 2010; Luck et al., 2009)
Propiedades de los ecosistemas (objetos individuales, partes de objetos e incluso complejos de ecosistemas complejos), estructuras y procesos que forman la base para todos los servicios ecosistémicos, y más aún, para la existencia de la sociedad humana en general.	(Bastian et al., 2013)
Propiedades de los ecosistemas: conjunto de condiciones ecológicas,	(van Oudenhoven et al.,



estructuras y procesos que determinan si un servicio ecosistémico puede ser provisto.	(2012)
Los potenciales pueden ser observados y cuantificados como stocks de servicios ecosistémicos, mientras que los servicios en sí mismos representan los flujos reales.	(Haines-Young et al., 2012)
Oferta potencial de SE: producción máxima hipotética de un servicio optimizado previamente seleccionado	(Burkhard et al., 2012)
Los ecosistemas proveen la estructura y los procesos necesarios para dar lugar a las funciones de los ecosistemas, las cuales se definen como la capacidad o potencial para entregar servicios.	(Maes et al., 2012)

### ¿Para qué se mapean servicios ecosistémicos?

En los trabajos publicados sobre mapeo de servicios ecosistémicos, los servicios que más se han trabajado son los de regulación, seguidos de los de provisión y culturales. En la parte de servicios de provisión, los más estudiados desde el enfoque de mapeo se relacionan con alimento (cultivos), agua y materias primas (madera, caucho, aceites, etc.). De estos estudios, tres provienen de Sur y Centroamérica (Crossman et al., 2013; Egoh et al., 2012; Martínez-Harms & Balvanera, 2012). En este sentido, es importante resaltar que el trabajo en mapeo de SE en Latinoamérica es una línea de investigación que se encuentra aún en desarrollo y que requiere muchos esfuerzos desde el punto de vista de la biodiversidad, puesto que los servicios con los que se ha desarrollado más avances metodológicos han sido de otro tipo, como por ejemplo los de regulación.

Para iniciar el mapeo de SE, es necesario que primero se establezca de forma clara para qué va a servir este ejercicio (Lattera, 2013). En este sentido, en la tabla 4, se observa una revisión de las razones que varios autores han dado para llevar a cabo la cuantificación y el mapeo de los SE.

Tabla 4. Revisión de las razones dadas por varios autores para mapear SE.

Razón para mapear SE	Autores
Para entender dónde y cuáles servicios son provistos por una porción dada del territorio, paisaje, región, estado, etc., de tal forma que sea posible monitorear la implementación de políticas y el manejo del suministro y	(Crossman et al., 2013; García-Nieto et al., 2013;



demanda de uno o varios bienes y servicios de los ecosistemas a través de escalas espaciales y temporales.	(Mubareka et al., 2013)
Los mapas asignan el suministro y demanda de los servicios de los ecosistemas a unidades biofísicas espacialmente explícitas para generar información sobre la localización y distribución espacial de los servicios ecosistémicos.	(Burkhard et al., 2013)
Los mapas son representaciones valiosas de las condiciones reales y herramientas poderosas para comunicar datos complejos e información.	(Hauck et al., 2013; Kandziora et al., 2013)
<b>El mapeo es útil para ilustrar y</b> cuantificar el desajuste espacial entre la entrega y demanda de los servicios ecosistémicos que puede ser utilizado luego para comunicar y soportar la toma de decisiones.	(Crossman et al., 2013)
Los mapas, como herramienta de visualización de los SE, pueden ser usados por los tomadores de decisiones para el soporte de evaluaciones de sostenibilidad del paisaje.	(Swetnam et al., 2011)
La cuantificación explícita y el mapeo de SE se consideran uno de los principales requerimientos para la implementación del concepto de SE en las instituciones ambientales y la toma de decisiones.	(Daily & Matson, 2008)
La información basada en ejercicios de mapeo y modelamiento han sido empleados para analizar la distribución espacial de múltiples SE a escalas local, regional, y global. Las razones para mapear varían fuertemente entre los estudios e incluyen: evaluación de la congruencia espacial con la biodiversidad, análisis de sinergias y trade-offs entre diferentes SE, análisis de tendencias en SE, comparaciones de oferta de SE con demanda, o la priorización de áreas en la planificación espacial y el manejo.	(Maes et al., 2012)
La cuantificación y mapeo de los SE provee información clave al identificar: a) áreas que suministran un alto nivel de servicios que requieren protección o manejo para mantener servicios de provisión; b) áreas que proveen funciones ecosistémicas específicas o servicios y c) cambios en la provisión de SE en el tiempo.	(Maynard et al., 2010)

#### Tipología de servicios ecosistémicos de los humedales

Con base en Maes et al. 2013, a nivel internacional existen tres sistemas de clasificación de servicios ecosistémicos: MA, TEEB y CICES. Cada uno de estos sistemas tiene puntos particulares, pero tienen en común que incluyen los tres grupos básicos de servicios de los



ecosistemas: provisión, regulación y culturales. El sistema de clasificación de los servicios de los ecosistemas definido en la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MA 2005), representa el marco conceptual principal y de referencia que se adoptó a nivel mundial y que fue revisado recientemente por el Proyecto de la Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad (TEEB) (Russi et al. 2013). El cambio fundamental que hizo TEEB, consistió en eliminar la categoría de servicios de soporte y agregarla a la categoría de regulación; además, el servicio de hábitat se identificó como una categoría única, con el objetivo de resaltar la importancia de los ecosistemas como sitios de refugio y hábitat para las especies migratorias y como sitios vitales para el patrimonio genético (gene pools). La presente propuesta conceptual abarca los tres sistemas de clasificación MAE, TEEB y CICES (Haines-Young and Potschin 2013) (Tabla 5).

Tabla 5. Servicios ecosistémicos de los humedales de Colombia.

Categoría	Servicio ecosistémico	Definición	Ejemplos
Abastecimiento	Agricultura	Productos derivados de la biodiversidad de interés alimentario.	Cereales, frutas, carne (ganado, avícola, porcina, pescado).
	Ganadería		
	Acuicultura		
	Pesca/recolección de marisco		
	Caza		
	Producción de forraje y fertilizantes	Productos utilizados en la alimentación animal y abonos o fertilizantes.	Krill, hojarasca.
Agua dulce superficial	Agua dulce de calidad derivada de flujos superficiales.	Agua superficial para consumo humano, agrícola, e industrial.	
Agua dulce subterránea	Agua dulce de calidad derivada de flujos subterráneos	Agua subterránea para consumo humano, agrícola, e industrial.	
Materias para la construcción y manufactura	Materiales procedentes de la producción orgánica para elaborar bienes de consumo.	Madera, celulosa, fibra, textil, etc.	



Categoría	Servicio ecosistémico	Definición	Ejemplos
	Plantas para combustible y energía	Productos vegetales utilizados para la producción de energía	Leña, biocombustibles, paja, etc.
	Sal	Sales para elaborar bienes de consumo.	Sal para su consumo
	Recursos medicinales	Principios activos para industria farmacéutica y medicinas tradicionales.	Ungüentos, aceites, ácidos vegetales, alcaloides, etc.
	Recursos ornamentales	Productos utilizados para decoración o como mascotas.	Flores, loros, peces, etc.
Regulación	Regulación micro-climática	Capacidad vegetal para absorber CO <sub>2</sub> , efectos mesoclimáticos de intercepción, ralentización hídrica, amortiguación térmica, etc.	Captura y almacenamiento de carbono. Papel mesoclimático de bosques y riberas. Régimen termopluviométrico regional.
	Purificación de aire	Capacidad de retener gases o partículas contaminantes del aire, regulación térmica.	Retención de contaminantes por vegetales y microorganismos edáficos, regulación térmica.
	Depuración del agua	Procesos autodepurativos del agua.	Determinados organismos y sustratos depuran contaminantes
	Regulación hídrica	Capacidad de ralentización hídrica.	Suelos permeables facilitan la recarga de acuíferos. La vegetación disminuye la velocidad de la corriente.
	Control de la erosión	Control de la erosión por la vegetación y debido a la estructura edáfica.	Limitación de deslizamientos de suelo y de colmatación de ríos y humedales.
	Regulación de sedimentos	Amortiguación y atenuación de flujos de sedimentos.	Trasporte y almacenamiento de sedimentos por los ríos, lagos, etc.
	Fertilidad del suelo	Mantenimiento de la humedad y capacidad catiónica del suelo.	Ralentización del ciclo de nutrientes, disponibilidad de materia orgánica y





Categoría	Servicio ecosistémico	Definición	Ejemplos
			humus.
	Amortiguación de perturbaciones	Amortiguación de perturbaciones naturales, fundamentalmente ligadas al clima como tormentas e inundaciones.	Llanuras de inundación y otros humedales que amortiguan las inundaciones
	Control biológico	Capacidad de regulación de plagas y vectores patógenos de humanos, cosechas y ganado.	Ciertos organismos depredan otros que son plagas.
	Polinización	Simbiosis entre ciertos organismos con resultado de transporte de polen y reproducción.	Los insectos son el principal polinizador de cultivos agrícolas y de plantas aromáticas o medicinales.
	Hábitat para especies	Mantenimiento de hábitat para especies de especial relevancia	Conservación de hábitat de especies importantes
Culturales	Conocimiento científico	Los humedales son un laboratorio de experimentación y desarrollo del conocimiento.	Conocimiento científico de componentes y procesos ecológicos esenciales
	Conocimiento ecológico local	Experiencias de base empírica, prácticas, creencias y costumbres transmitidos generacionalmente.	Habilidades tradicionales agro-silvo-pastorales.
	Educación ambiental	Formación sobre el funcionamiento de los procesos ecológicos y su función social.	Aulas de la naturaleza, centros de interpretación, museos de naturaleza, etc. Transmisión de hábitos de uso y consumo responsables.
	Actividades recreativas y turismo de naturaleza	Lugares y sitios que son escenario de actividades lúdicas o deportivas al aire libre que proporcionan salud y relajación.	Camping, picnic, senderismo, ciclismo, paseos a caballo, caza o pesca recreativas, etc.
	Valor estético de los paisajes	Apreciación de lugares, sitios que generan satisfacción y placidez por su estética o inspiración creativa o espiritual.	Exposiciones de fotografía, audiovisuales, documentales, cuadros. Admiración de un paisaje.



Categoría	Servicio ecosistémico	Definición	Ejemplos
	Disfrute espiritual y religioso	Uso no material de los humedales y sus elementos, frecuentemente ligados al ocio y recreo, a veces con componentes de creencias, dogmas o divinidades.	Lugares y elementos venerados, sitios arqueológicos de valor.
	Identidad cultural y sentido de pertenencia	Sentimiento patrimonial de humedales (asociados a las propias interacciones y conocimientos humanos).	Actividades que favorecen la identidad cultural (festivales, fiestas, costumbres que reúnen a la gente en el humedal).
	Valor de existencia	Satisfacción moral al conocer que determinadas especies y ecosistemas existen	Satisfacción individual ética al conocer que especies en peligro de extinción, endémicas o carismáticas existen.

#### Monitoreo de humedales

El monitoreo de humedales es un proceso mediante el cual a través del tiempo se evalúa la integridad ecológica de los humedales, la cual es medida por medio de un conjunto de indicadores que determina el estado de sus componentes. Igualmente el monitoreo es una herramienta básica para la conservación y gestión integral de los humedales, que acompaña los procesos de inventario y evaluación de los mismos, en distintas escalas temporales y espaciales. Existe una gran cantidad de métodos para implementar sistemas de monitoreo de humedales, que se han desarrollado principalmente en Norte América y Europa. Por tanto, en orden de tener procedimientos estandarizados que permitan hacer análisis comparativos entre regiones y países, la Convención de Ramsar (2010) ha propuesto un “Marco integrado para el inventario, la evaluación y el monitoreo de humedales”, cuya importancia radica en (*sensu* Convención de Ramsar, 2010):

- a) Establecer la ubicación y las características ecológicas de los humedales (inventario de referencia);
- b) Evaluar el estado y las tendencias de los humedales y las amenazas a los mismos (evaluación);



- c) Monitorear el estado y las tendencias, incluida la identificación de disminuciones en las amenazas existentes y la aparición de nuevas amenazas (monitoreo); y
- d) Empezar acciones (tanto in situ como ex situ) para corregir los cambios que provocan o pueden provocar cambios en las características ecológicas (manejo).

Hay una serie de requisitos que se deben establecer para lograr un eficiente sistema de monitoreo, los cuales están relacionados con el tipo de variables, datos y escala de análisis. Aunque el monitoreo es un paso que acompaña el inventario de humedales, la información que se recopila no es la misma para los dos pasos. En el inventario se reúne la información base que permite llevar a cabo la evaluación y monitoreo, pero hacer inventarios en distintos periodos de tiempo, no significa como tal hacer monitoreo (Davidson and Finlayson 2007). Por consiguiente, se deben seleccionar o construir los indicadores que permiten rápidamente detectar cambios y definir escenarios, teniendo en cuenta variables de línea base biofísicas y ecológicas junto a los factores que provocan la pérdida y transformación del estado de los humedales y de sus recursos, los cuales pueden ser de origen natural o antrópico, llamados impulsores de cambio. Entonces, se ha establecido que el inventario, la evaluación y el monitoreo son elementos interrelacionados y complementarios para la planificación de los humedales (Convención Ramsar 2010).

Con base en la revisión de métodos utilizados para evaluar humedales elaborada por la Convención de Ramsar (2010) (Fig. 6), se sugiere para una primera etapa de la presente propuesta conceptual y metodológica, revisar dos métodos que estarían acorde con los objetivos del proyecto general de humedales y con el tipo de información disponible actualmente:

- 1) Evaluación del cambio, referente al estado y tendencias
- 2) Evaluación de recursos, en términos de las funciones y oferta potencial de los SE



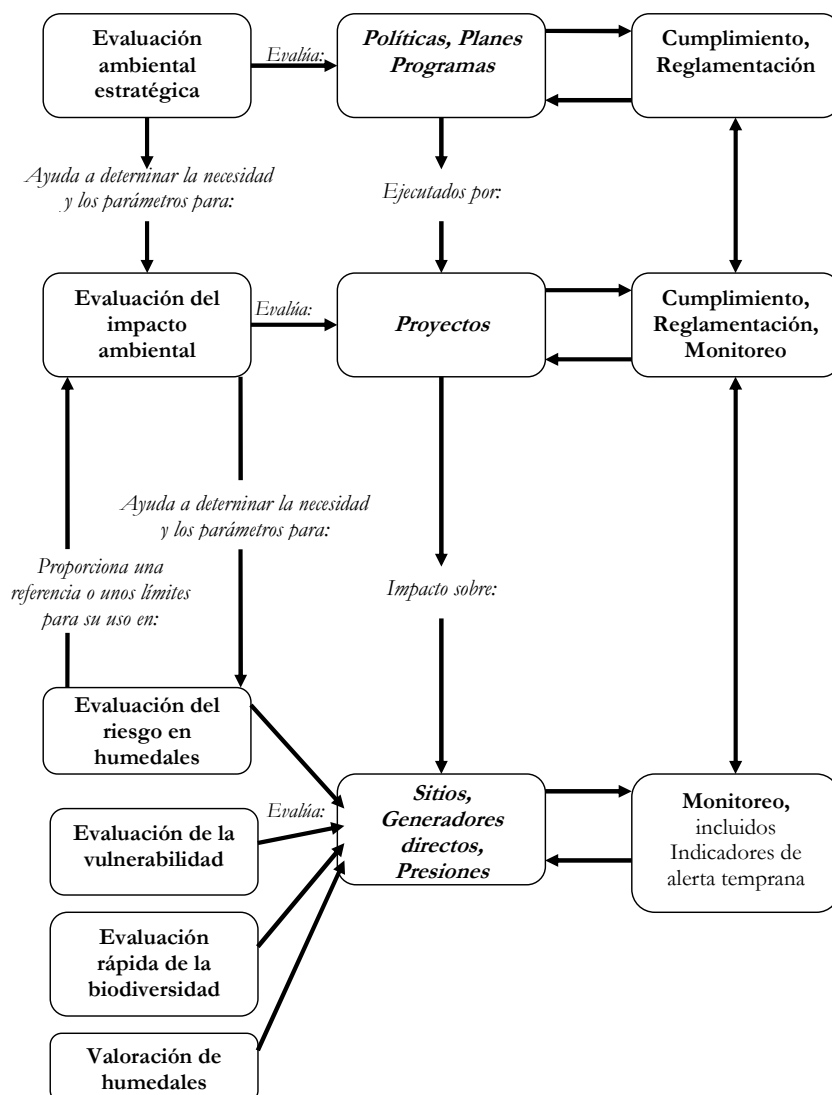


Figura 6. Fuente Convención de Ramsar (2010). Relaciones entre las distintas herramientas para la evaluación de humedales que ofrece la Convención.



#### Niveles de análisis de la información

El abordaje real del espacio geográfico, conlleva a confrontar el problema del tamaño, que varía de lo local a lo planetario. Sin embargo, el tema cartográfico, referente a reducir la escala de tamaño presupone un problema al representar los objetos, que pueden variar teóricamente desde escala 1:1 hasta una reducción que permita colocar el mundo en una pequeña hoja. El empirismo en la geografía llevó a asociar la escala geográfica a la cartográfica, integrando analíticamente problemas independientes como niveles de análisis, niveles de conceptualización, niveles de intervención y niveles de realidad a la noción de escala. Todo se reducía y se solucionaba en las diferentes representaciones cartográficas, confundándose la escala fracción con la escala extensión, abordando el mapa como si fuese el terreno (Castro, 2010).

Por lo tanto, la representación difiere del nivel de análisis de los objetos del espacio y en esa medida es importante identificar cada nivel y luego analizar de forma conceptual la escala a representar cartográficamente porque el nivel de detalle y de representación de cada uno de estos, es en vías contrarias (Fig. 7), lo cual sugiere tener claridad con el objeto a analizar, la relación espacial con los otros objetos importantes en el estudio, el tamaño del objeto y la información disponible para realizar estos análisis (Gutierrez 2011).



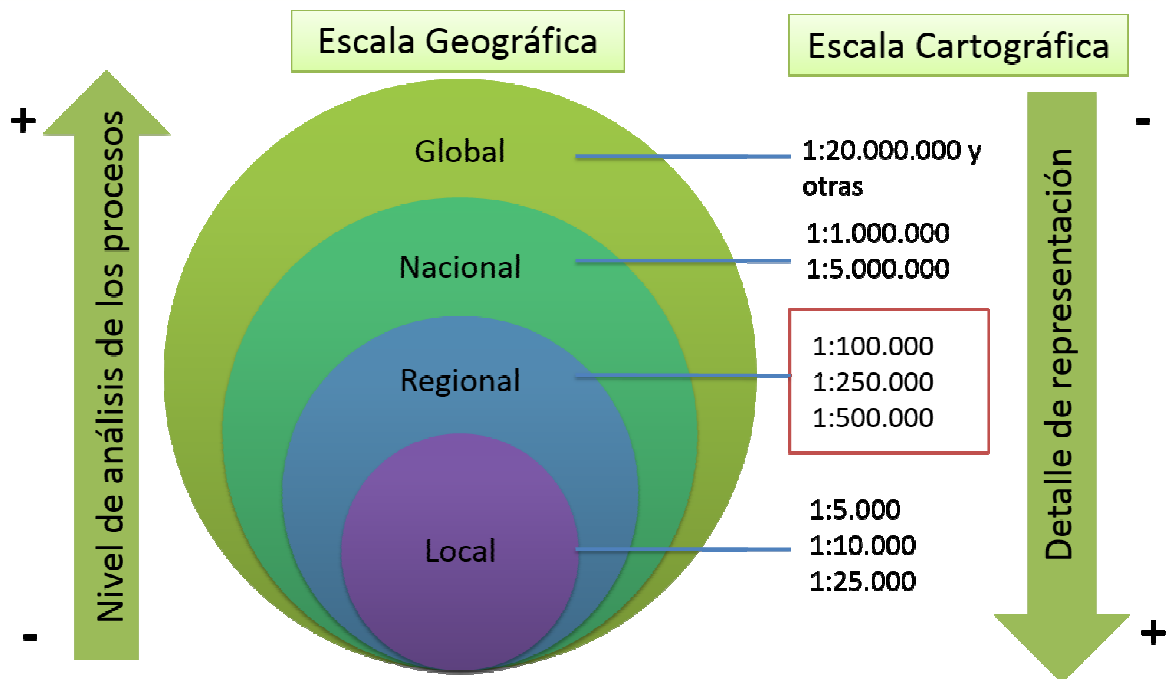


Figura 7. Marco conceptual referente al análisis espacial.

Los humedales son expresiones de la Tierra que se pueden representar cartográficamente en diferentes escalas de representación, los cuales determinan el grado de detalle de la información contenida en las salidas gráficas o mapas. La selección de los niveles de análisis para esta propuesta, se ha hecho a partir de los objetivos planteados en el proyecto general sobre la delimitación de ecosistemas estratégicos prioritarios (páramos y humedales), en el cual se parte de un análisis regional a un segundo nivel más detallado. Los niveles de análisis son (Fig. 8):

- Nivel 1.** Comprende todos los complejos de humedales que se puedan representar a una escala mínima de 1:100.000, asociados a unidades de paisaje geomorfológicas con características homogéneas de clima, relieve, hidrología y cobertura/vegetación. Por lo general en este nivel se agrupan extensos pantanos con diferentes tipos de vegetación sobre planos inundables asociados a grandes ríos (drenajes iguales o mayores a 6<sup>to</sup> orden) así como sabanas, llanuras y deltas,

45



con diferentes regímenes hidrológicos, desde temporal hasta permanentemente inundados.

- **Nivel 2.** Comprende todos los hábitats de humedales activos que se puedan representar a escalas inferiores a 1:100.000, los cuales están asociados a geformas menores e individuales como madre viejas, depresiones y vallecitos, que se encuentran inmersas dentro de unidades fisiográficas mayores, como las descritas en el nivel 1. También incluye los sistemas loticos hasta el 5<sup>to</sup> orden. Ejemplos de estos hábitats de humedales son los lagos, lagunas, chuquias, morichales, manglares y bosques riparios. En este nivel de análisis se analiza información detalladas sobre aspectos físico-químicos y biológicos y se evalúan los servicios ecosistémicos, las amenazas e información relacionada con la tenencia de la tierra, el uso y el manejo.

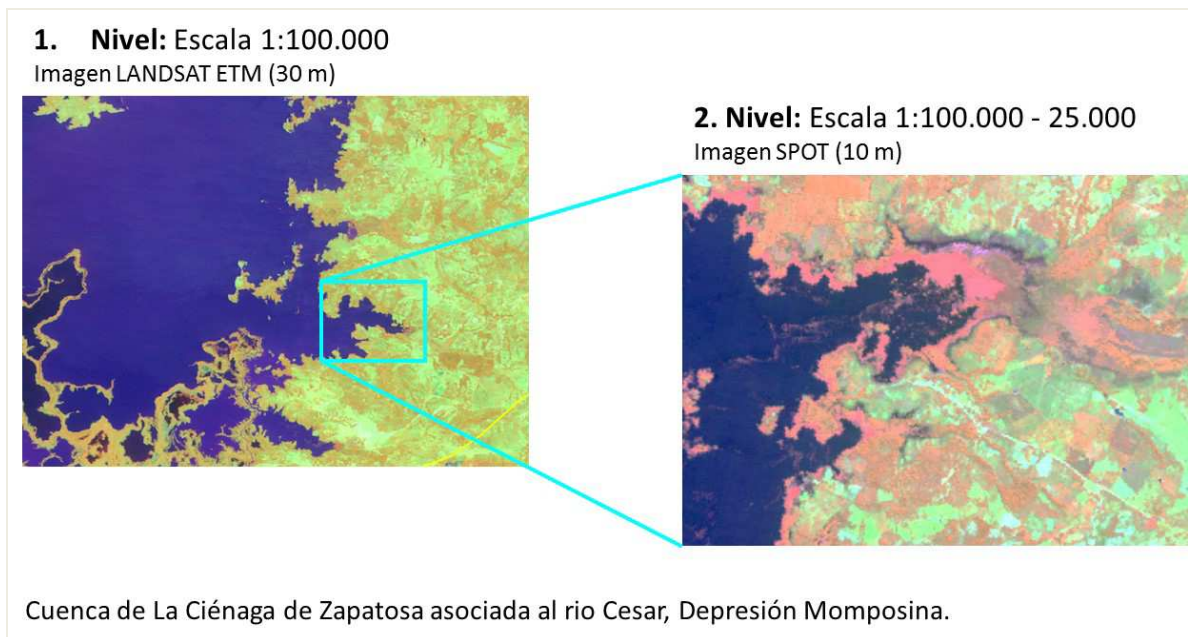


Figura 8. Las escalas de representación cartográfica propuestas para el proyecto de humedales del Fondo de Adaptación y para la presente propuesta conceptual y metodológica.



El detalle de información requerida para cada nivel de análisis, se presenta en la tabla 6, para la identificación y caracterización de humedales; y en la tabla 7, para monitorear las condiciones de estado y tendencias de los humedales (RI-DEM 2006). Es necesario tener en cuenta que cada una de las salidas cartográficas está orientada a propósitos de gestión diferente, a) regional/nacional y b) local, en diversas escalas de representación cartográfica. Las variables propuestas pueden variar, de acuerdo a la disponibilidad de información secundaria y a la posibilidad de realizar trabajo de campo en donde se busca llevar a cabo diagnósticos ecológicos y talleres participativos con las comunidades locales e integrar las instituciones, gremios y otros sectores de la sociedad que deben estar involucrados en la gestión de los humedales. Las variables, indicadores y datos finales que deben integrar el modelo de datos para la identificación y monitoreo de humedales se revisará con expertos en una reunión técnica.

Tabla 6. Tipo de variables requeridas para la identificación y caracterización de humedales a escala 1:100.000 y 1:25.000.

Escalas de representación cartográfica	Tipo de información y procesamiento	Atributo	Tipo de datos
<b>Nivel 1</b>	Imágenes de satélite	Clima	Temperatura, precipitación
<b>Escala 1:100.000</b>	DEM		
	Cartografía temática secundaria	Unidad fisiográficas	Geología, relieve, suelos
	Datos de clima (precipitación)	Procesos activos	Erosión, sedimentación, deforestación, inundaciones
	Modelos de inundación	Hidrología	Régimen hidrológico: temporalmente inundable, permanentemente inundado; series históricas para caudales y niveles; patrón y densidad de drenaje
	Trabajo de laboratorio con verificación basada en sensores remotos u otros insumos. La verificación en campo	Cobertura	Tipo de cobertura: herbácea, arbustiva, arbórea
	División administrativa del territorio	político del	Departamentos, municipios





es opcional	Estado legal del territorio	Parques nacionales, resguardos indígenas, áreas de reserva, etc.	
	Servicios ecosistémicos	Medios de vida y otros SE identificados por la gente	
	Usos del suelo	Agricultura, ganadería, forestal, acuicultura, etc.	
	Impulsores de cambio	Contaminación, demanda hídrica, pérdida de hábitats	
	Localización	Coordenadas x, y, área	
<b>Nivel 2</b>	Imágenes de satélite	Geoforma/hábitat	Aspectos geomorfológicos, geología, suelos
<b>Escala 1:25.000</b>	Fotografías aéreas	Localización	Coordenadas x, y, área, departamento, municipio
	Información secundaria: suelos, vegetación, fauna, química del agua	Vegetación	Aspectos ecológicos de la vegetación predominante y de las plantas acuáticas asociadas
		Agua	Aspectos físico-químicos y biológicos de las aguas
		Fauna	Aspectos ecológicos de las especies asociadas
		Trabajo de laboratorio;	Servicios ecosistémicos
Verificación en campo requerido, talleres participativos	Usos del suelo	Agricultura, ganadería, forestal, acuicultura, etc.	
	Tenencia de la tierra	Tipo	
	Amenazas	Diferentes causas de pérdida/detrimento	

Tabla 7. Lista de indicadores del estado de los humedales para la escala 1:100.000 y 1:25.000. Propuesta adaptada del “Plan de Monitoreo y Valoración de Humedales de Rhode Island” (RI-DEM 2006).



Escala de representación cartográfica	Indicador potencial del estado del humedal
<b>Nivel 1</b>	Fragmentación (métricas del paisaje, por definir)
<b>Escala 1:100.000</b>	Ancho y composición de la zona de amortiguamiento
	% de cobertura de natural en la cuenca
	Densidad de vías y distancia a los humedales
	Densidad de uso del suelo urbano y proximidad a los humedales
<b>Nivel 2</b>	Número y tipo de Impulsores de cambio
<b>Escala 1:25.000</b>	% de cobertura compuesta por especies vegetales introducidas/invasoras
	Composición, diversidad y riqueza de especies
	Presencia/ausencia de especies raras, endémicas, protegidas, amenazadas



## Marco Metodológico

La metodología que se presenta a continuación, se construyó a partir de los conceptos y elementos que componen el marco conceptual planteado para esta propuesta técnica (Fig. 9). Los pasos que conforman el método pueden ser aplicados en los dos niveles de análisis y que para el correspondiente estudio se enfocara en las escalas 1:100.000 y 1:25.000 de representación cartográfica, pero se considera especialmente válido para el estudio de los humedales a nivel de análisis regional, dado que requiere de la participación de los beneficiarios y demás actores involucrados con los humedales, lo cual es factible con esas escalas de representación. Este marco metodológico representa un importante soporte para la toma de decisiones referentes a la planificación integral de los humedales en Colombia. El producto de este proceso debe proporcionar información actualizada a los diferentes usuarios como comunidades locales, tomadores de decisión, manejadores del medio ambiente, científicos y políticos.



Figura 9. Marco metodológico para la identificación y monitoreo de humedales desde una perspectiva funcional y de servicios ecosistémicos bajo el enfoque de los sistemas socio-ecológicos. Fuente: Elaboración propia.

### **Descripción de los pasos:**

#### *1. Identificación y cartografía de humedales*

Consiste en la elaboración de la cartografía de humedales (mapa de humedales), con base en el enfoque genético-funcional, el cual se basa en la interpretación y análisis de atributos geomorfológicos, hidrológicos y de vegetación, cuyas especificidades se agrupan en clases para definir los tipos de humedales. La información requerida consiste en cartografía temática, imágenes de satélite, modelos de elevación del terreno e información secundaria complementaria. La información se integra por medio de herramientas SIG en una base de datos geográfica (geodatabase), la cual permite la administración, edición y consulta de la información tanto en forma de textos, gráficas y mapas, estos últimos en distintas escalas espaciales.

Los tipos de humedales se determinan a partir de las características geomorfológicas, hidrológicas, pedológicas, geológicas y bióticas de los paisajes de Colombia, con base en las cuales también se definen los atributos y las clases que conforman el sistema de clasificación de humedales. El mapa de humedales obtenido en el paso anterior se integra a la clasificación de humedales, mediante la asignación de las clases a los polígonos delimitados. Cada clase de humedal contiene una descripción de las principales características biofísicas, químicas y ecológicas específicas a nivel regional.

#### *2. Evaluación y cartografía de funciones ecosistémicas (FE)*

La identificación y selección de las funciones ecosistémicas de los humedales se hace con base en los atributos analizados y tenidos en cuenta para la identificación y clasificación de humedales. Precisamente el enfoque genético-funcional además de permitir la identificación de humedales, tiene por objetivo determinar aspectos relacionados con las funciones de los humedales a partir del análisis de los componentes básicos de su estructura, como (a) Geomorfología: patrones de drenaje, tipos de cauces aluviales, morfogénesis y dinámica, medidas de la cubeta, etc.; (b) Hidrología: pulsos de inundación, formas de llenado y vaciado; y (c) Vegetación: área basal, altura, DAP, perímetro de la copa, ancho de la hoja, etc.



Posteriormente las funciones de los humedales identificadas y seleccionadas se validan con base en el conocimiento experto de científicos (escala 1:100.000) y comunidades locales (escala 1:25.000), a través de reuniones técnicas y talleres participativos. Como producto, se obtiene una priorización de las funciones de regulación, hábitat, producción e información, asociadas a las clases de humedales.

### *3. Evaluación y cartografía de la oferta potencial de servicios ecosistémicos (SE)*

La cartografía de los servicios ecosistémicos de abastecimiento, regulación y culturales, se realiza teniendo en cuenta el producto obtenido del paso 2, referente a las funciones ecosistémicas, y además, a partir de su evaluación mediante el conocimiento experto de científicos, validado en un taller participativo, para la escala 1:100.000. En un nivel de detalle mayor, a escala 1:25.000, la identificación de los servicios de los humedales se hace mediante talleres participativos con las comunidades locales, en las ventanas seleccionadas por el proyecto.

### *4. Evaluación y cartografía de impulsores de cambio (IC)*

Se identifican los motores de cambio directos que están afectando los humedales a nivel nacional y regional (1:100.000) y a nivel local (escala 1:25.000). En la evaluación de los motores de cambio se determina como estos interactúan con los humedales, y por tanto, se establecen las consecuencias que tienen en el estado y capacidad de generar servicios ecosistémicos. Para el análisis se asocian los motores de cambio a los tipos de humedales definidos en el paso 1. Además se tienen en cuenta las funciones y los servicios ecosistémicos, verificados en los pasos 2 y 3.

### *5. Toma de decisiones*

Los productos obtenidos de este proceso deben permitir la toma de decisiones referentes a:

- Revisión y actualización del marco normativo que regula los humedales
- Actualización y/o elaboración de nuevos planes de manejo
- Identificación de humedales de referencia para la investigación
- Identificación de humedales prioritarios para la conservación
- Identificación de prácticas de manejo sostenibles en áreas de humedales



- Identificación de medios de vida a partir de los recursos de los humedales, que permitan hacer un manejo participativo de áreas estratégicas de humedales
- Identificación de vacíos de información, como de falta de capacidades técnicas e institucionales que van en detrimento del estado de los humedales
- Identificación de los motores de transformación de los humedales
- Identificación de mecanismos de seguimiento del estado de los humedales
- Entre otros.

#### 6. Monitoreo

En este paso se evalúan los criterios propuestos en la tabla 7 (Propuesta preliminar que requiere una mayor discusión y revisión), para evaluar el estado de los humedales así como las tendencias de estado y calidad de los servicios ecosistémicos.



## Recomendaciones para la validación y calibración de la propuesta conceptual y metodológica

El marco conceptual y metodológico propuesto en este documento debe ser evaluado y sometido a prueba para asegurarse de que los resultados que se obtiene son válidos y coherentes con los objetivos previstos en el proyecto. Para la validación se recomienda seleccionar dos áreas piloto, una para el nivel 1, escala 1:100.000, y otra para el nivel 2, escala 1:25.000.

En cada una de estas áreas se debe tener en cuenta:

- Calcular la exactitud temática y precisión de los mapas de humedales mediante el uso de matrices de error y el cálculo de estadísticas multivariadas (índice kappa, error de omisión, error de comisión), a partir de la verificación basada en sensores remotos para el nivel 1 y en verificación en campo para el nivel 2.
- Análisis estadísticos: descriptivos, de correlación, multivariada, etc., para el tema de servicios ecosistémicos.
- Validación de resultados a través de talleres participativos y conocimiento experto
- Revisión de productos finales con pares académicos



## Bibliografía

- Adger, W. N. and C. Luttrell. 2000. Property rights and the utilisation of wetlands. *Ecological Economics* **35**:75-89.
- Anderies, J. M., M. A. Janssen, and E. Ostrom. 2004. A Framework to Analyze the Robustness of Social-ecological Systems from an Institutional Perspective. *Ecology and Society* **9**.
- Balvanera, P., A. Castillo, E. Lazos-Chavero, K. Caballero, S. Quijas, A. Flores, and J. Y. Sarukhán. 2011. Marcos conceptuales interdisciplinarios para el estudio de los servicios ecosistémicos en América Latina. Pages 39-68 in P. Littera, E. G. Jobbágy, and J. M. Paruelo, editors. *Valoración de los Servicios Ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*. Ediciones INTA, Buenos Aires.
- Balvanera, P., A. B. Pfisterer, N. Buchmann, J.-S. He, T. Nakashizuka, D. Raffaelli, and B. Schmid. 2006. Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. *Ecology Letters* **9**:1146-1156.
- Bedford, B. L. 1996. The Need to Define Hydrologic Equivalence at the Landscape Scale for Freshwater Wetland Mitigation. *Ecological Applications* **6**:57-68.
- Bello, F., S. Lavorel, S. Díaz, R. Harrington, J. C. Cornelissen, R. Bardgett, M. Berg, P. Cipriotti, C. Feld, D. Hering, P. Martins da Silva, S. Potts, L. Sandin, J. Sousa, J. Storkey, D. Wardle, and P. Harrison. 2010. Towards an assessment of multiple ecosystem processes and services via functional traits. *Biodiversity and Conservation* **19**:2873-2893.
- Berkes, F., J. Colding, and C. Folke, editors. 2003. *Navigating Social-Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Berkes, F. and C. Folke, editors. 1998. *Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Brinson, M. M. 1993. A hydrogeomorphic classification for wetlands. Technical Report WRP-DE-4 U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi, USA.
- Cardinale, B. J., K. L. Matulich, D. U. Hooper, J. E. Byrnes, E. Duffy, L. Gamfeldt, P. Balvanera, M. I. O'Connor, and A. Gonzalez. 2011. The functional role of producer diversity in ecosystems. *American Journal of Botany* **98**:572-592.
- Castañeda, C. and D. Ducrot. 2009. Land cover mapping of wetland areas in an agricultural landscape using SAR and Landsat imagery. *Journal of Environmental Management* **90**:2270-2277.
- Castro, I. (2010). O problema da escala. En I. Castro, P. Gomes, & R. Correa, *Geografia: conceitos e temas* (págs. 117-139). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Clausen, J. C., I. M. Ortega, C. M. Glaude, R. A. Relyea, G. Garay, and O. Guineo. 2006. Classification of Wetlands in a Patagonian National Park, Chile. *Wetlands* **26**:217-229.
- Convención Ramsar. 2010. *Inventario, evaluación y monitoreo: Marco Integrado para el inventario, la evaluación y el monitoreo de humedales*. Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales, 4ª edición, vol. 13. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza.





- Convención Ramsar. 2013. Convención de Ramsar sobre los Humedales, [http://www.ramsar.org/cda/es/ramsar-about-sites-classification-system/main/ramsar/1-36-55%5E21235\\_4000\\_2](http://www.ramsar.org/cda/es/ramsar-about-sites-classification-system/main/ramsar/1-36-55%5E21235_4000_2).
- Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, S. Naeem, K. Limburg, J. Paruelo, and R. V. O'Neill. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* **387**:253-260.
- Cowardin, L. M., V. Carter, F. C. Golet, and E. T. LaRoe. 1979. Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States., U. S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, D.C., Washington, DC, USA. FWS/OBS -79/31.
- Dahl, T. E. 2011. Status and trends of wetlands in the conterminous United States 2004 to 2009. U.S. Department of the Interior; Fish and Wildlife Service, Washington, D.C.
- Davidson, N. C. and C. M. Finlayson. 2007. Earth observation for wetland inventory, assessment and monitoring. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **17**:219-228.
- de Groot, R. S., R. Alkemade, L. Braat, L. Hein, and L. Willemen. 2010. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity* **7**:260-272.
- De Groot, R. S., M. A. M. Stuij, C. M. Finlayson, and N. Davidson. 2006. Valuing wetlands: guidance for valuing the benefits derived from wetland ecosystem services, Ramsar Technical Report No. 3/CDB Technical Series No. 27. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland & Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Canada. ISBN 2-940073-31-7.
- de Groot, R. S., M. A. Wilson, and R. M. J. Boumans. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* **41**:393-408.
- FAO. 2012. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, Roma, Italia.
- Finlayson, C. M., G. W. Begg, J. Howes, J. Davies, K. Tagi, and J. Lowry. 2002. A Manual for an Inventory of Asian Wetlands: Version 1.0., Wetlands International Global Series 10, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Finlayson, C. M., R. D'Cruz, and N. C. Davidson. 2005. Ecosystems and human well-being: wetlands and water. Synthesis Millenium Ecosystem Assessment. World Resources Institute, Washington, DC.
- Folke, C. 2006. Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Global Environmental Change* **16**:253-267.
- Fournier, R. A., M. Grenier, A. Lavoie, and R. Hélie. 2007. Towards a strategy to implement the Canadian Wetland Inventory using satellite remote sensing. *Canadian Journal of Remote Sensing* **33**:S1-S16.
- Gómez-Baggethun, E. and R. de Groot. 2007. Capital natural y funciones de los ecosistemas: explorando las bases ecológicas de la economía. *Ecosistemas* **16**.
- Gopal, B. and M. Sah. 1995. Inventory and classification of wetlands in India. *Plant Ecology* **118**:39-48.
- Gutierrez, J. 2011. Transformacoes dos espacios rurais no Piemonte amazonico colombiano. O caso do vale do rio San Pedro no municipio de Florencia-Caquetá, no periodo 1990 - 2010. Dissertacao de mestrado em Geografia: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.



- Haines-Young, R. and M. Potschin. 2013. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012. EEA Framework Contract No EEA/IEA/09/003 (Download at [www.cices.eu](http://www.cices.eu) or [www.nottingham.ac.uk/cem](http://www.nottingham.ac.uk/cem)).
- Holling, C. S. 1973. Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* **4**:1-23.
- Hooper, D. U., F. S. Chapin, J. J. Ewel, A. Hector, P. Inchausti, S. Lavorel, J. H. Lawton, D. M. Lodge, M. Loreau, S. Naeem, B. Schmid, H. Setälä, A. J. Symstad, J. Vandermeer, and D. A. Wardle. 2005. EFFECTS OF BIODIVERSITY ON ECOSYSTEM FUNCTIONING: A CONSENSUS OF CURRENT KNOWLEDGE. *Ecological Monographs* **75**:3-35.
- Horwitz, P., M. Finlayson, and P. Weinstein. 2012. Healthy wetlands, healthy people: a review of wetlands and human health interactions. Ramsar Technical Report No. 6. Secretariat of the Ramsar Convention on Wetlands, Gland, Switzerland, & The World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- IDEAM. 2010. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogotá, D. C.
- Jenkins, K. M., R. T. Kingsford, B. J. Wolfenden, S. Whitten, H. Parris, C. Sives, R. Rolls, and S. Hay. 2012. Limits to climate change adaptation in floodplain wetlands: The Macquarie Marshes. National Climate Change Adaptation Research Facility, Gold Coast.
- Jensen, J. R. 2007. Remote sensing of the environment: an earth resource perspective 2nd ed. Pearson Prentice Hall Inc.
- Junk, W. J., M. T. F. Piedade, R. Lourival, F. Wittmann, P. Kandus, L. D. Lacerda, R. L. Bozelli, F. A. Esteves, C. Nunes da Cunha, L. Maltchik, J. Schöngart, Y. Schaeffer-Novelli, and A. A. Agostinho. 2013. Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*:n/a-n/a.
- Junk, W. J., M. T. F. Piedade, J. Schöngart, M. Cohn-Haft, J. Adeney, and F. Wittmann. 2011. A Classification of Major Naturally-Occurring Amazonian Lowland Wetlands. *Wetlands* **31**:623-640.
- Kallis, G. and R. B. Norgaard. 2010. Coevolutionary ecological economics. *Ecological Economics* **69**:690-699.
- Lehner, B. and P. Döll. 2004. Development and validation of a global database of lakes, reservoirs and wetlands. *Journal of Hydrology* **296**:1-22.
- Loreau, M., S. Naeem, P. Inchausti, J. Bengtsson, J. P. Grime, A. Hector, D. U. Hooper, M. A. Huston, D. Raffaelli, B. Schmid, D. Tilman, and D. A. Wardle. 2001. Biodiversity and Ecosystem Functioning: Current Knowledge and Future Challenges. *Science* **294**:804-808.
- MA. 2005. Ecosystems and human well-being: a framework for assessment. Millenium Ecosystem Assessment, Island Press, Washington D.C. ([www.millenumassessment.org](http://www.millenumassessment.org)).
- MADS. 2012. Política nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (PNGIBSE). Page 124 p. *in* I. d. I. A. v. Humboldt, editor. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá, Colombia.





- Ricaurte, L., K. Wantzen, E. Agudelo, B. Betancourt, and J. Jokela. 2013. Participatory rural appraisal of ecosystem services of wetlands in the Amazonian Piedmont of Colombia: elements for a sustainable management concept. *Wetlands Ecology and Management*:1-19.
- Ricaurte, L. F. 2000. Los humedales de la Amazonia colombiana, Conocimiento para su conservación. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi; Convención Ramsar, Bogotá, Colombia.
- Ricaurte, L. F., J. Jokela, A. Siqueira, M. Núñez-Avellaneda, C. Marin, A. Velázquez-Valencia, and K. Wantzen. 2012. Wetland Habitat Diversity in the Amazonian Piedmont of Colombia. *Wetlands* **32**:1189-1202.
- Russi, D., P. ten Brink, A. Farmer, T. Badura, D. Coates, J. Förster, R. Kumar, and N. Davidson. 2013. The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Water and Wetlands. IEEP, London and Brussels; Ramsar Secretariat, Gland.
- Scott, D. A. 1989. Design of Wetland Data Sheet for Database on Ramsar Sites. Photocopied report to Ramsar Bureau. Gland, Switzerland.
- Semeniuk, C. A. and V. Semeniuk. 1995. A geomorphic approach to global classification for inland wetlands. *Plant Ecology* **118**:103-124.
- Tomàs-Vives, P. 2008. Inventory, assessment and monitoring of Mediterranean wetlands: The Pan-Mediterranean Wetland Inventory Module. TdV. MedWet publication. (Scientific reviewer Nick J Riddiford).
- Vilardy, S. P., J. A. González, B. Martín-López, and C. Montes. 2011. Relationships between hydrological regime and ecosystem services supply in a Caribbean coastal wetland: a social-ecological approach. *Hydrological Sciences Journal* **56**:1423-1435.
- Villota, H. 1992. El sistema CIAF de clasificación fisiográfica del terreno. *Revista CIAF* **13**:55 - 70.
- Vörösmarty, C. J., P. B. McIntyre, M. O. Gessner, D. Dudgeon, A. Prusevich, P. Green, S. Glidden, S. E. Bunn, C. A. Sullivan, C. R. Liermann, and P. M. Davies. 2010. Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature* **467**:555-561.
- Wohl, D. L., S. Arora, and J. R. Gladstone. 2004. Functional Redundancy Supports Biodiversity and Ecosystem Function in a Closed and Constant Environment. *Ecology* **85**:1534-1540.
- Wright, J. P., S. Naeem, A. Hector, C. Lehman, P. B. Reich, B. Schmid, and D. Tilman. 2006. Conventional functional classification schemes underestimate the relationship with ecosystem functioning. *Ecology Letters* **9**:111-120.
- Zoltai, S. C. and D. H. Vitt. 1995. Canadian wetlands: Environmental gradients and classification. *Plant Ecology* **118**:131-137.

