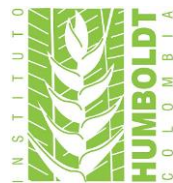


DESARROLLO CONCEPTUAL DEL MAPA DE OFERTA POTENCIAL DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS PRIORIZADOS PARA LOS COMPLEJOS DE HUMEDALES DE COLOMBIA ESCALA 1:100.000

PROGRAMA DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN Y EL
CONOCIMIENTO (GIC)
Centro de Análisis y Síntesis (CAS)
Laboratorio de Modelamiento Socio - Ecosistémico

Este muestra el proceso de mapeo de servicios ecosistémicos se desarrolla desde una perspectiva conceptual de los sistemas socioecológicos, donde dentro de los ecosistemas o los paisajes se dan una serie de procesos y funciones ecosistémicas que en su interacción dan lugar a servicios ecosistémicos, los cuales son tomados como beneficios por las comunidades humanas.



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., 2014



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS

ALEXANDER VON HUMBOLDT



**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER
VON HUMBOLDT**



**PRODUCTO 3. DESARROLLO CONCEPTUAL DEL MAPA DE OFERTA
POTENCIAL DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS PRIORIZADOS PARA LOS
COMPLEJOS DE HUMEDALES DE COLOMBIA ESCALA 1:100.000**

Preparado por:

**PROGRAMA DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN Y EL CONOCIMIENTO (GIC)
Centro de Análisis y Síntesis (CAS)
Laboratorio de Modelamiento Socio-Ecosistémico**

Bogotá, Colombia

Contratistas que colaboran con la elaboración del documento: Alexi Cusva Verdugo y María Helena Olaya Rodríguez



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	3
MAPEO DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN HUMEDALES	5
DELIMITACIÓN DE ZONAS POTENCIALES DE COMPLEJOS DE HUMEDALES	15
METODOLOGÍA GENERAL	16
CLASIFICACIONES DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS	17
CRITERIOS DE LA DELIMITACIÓN DEL ÁREA POTENCIAL DE COMPLEJOS DE HUMEDAL.....	18
<i>Criterios de condiciones hídricas</i>	19
<i>Criterios relacionados con la cobertura vegetal</i>	21
PROCESO DE INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL ÁREA POTENCIAL DE COMPLEJOS DE HUMEDAL A ESCALA 1:100.000	24
LITERATURA CITADA	32



INTRODUCCIÓN¹

Los servicios ecosistémicos son un marco conceptual que busca contribuir a la armonización entre desarrollo y conservación, enfocándose en los beneficios que provee la naturaleza a la sociedad. Este marco toma gran auge a partir de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio -MEA-, el cual documenta la importancia de los servicios ecosistémicos para el bienestar humano y muestra que las dos terceras partes de los primeros están disminuyendo a escala planetaria (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Desde entonces, la visión del MEA sobre los servicios ecosistémicos ha sido utilizada como aproximación para mejorar las decisiones que se toman sobre la naturaleza (Daily et al., 2011). En la actualidad, el MEA trabaja tres tipos de servicios ecosistémicos: provisión, regulación y culturales. La oferta de estos servicios se ha venido viendo afectada por varios motores como son por ejemplo los cambios en los usos del suelo, los eventos de cambio climático, la contaminación, etc.

Un ejemplo de esta situación se presenta en el ecosistema de humedales de Colombia, considerado uno de los más amenazados debido al deterioro en los procesos naturales como consecuencia de la agricultura y la ganadería, la urbanización, la contaminación, la construcción de represas, la adecuación de tierras para infraestructura turística, la desecación y otras formas de intervención en el sistema ecológico e hidrológico, así como la caza y la pesca indiscriminadas y los eventos de cambio climático, como fue el caso del fenómeno de “La Niña” durante los años 2010 y 2011. Esta situación ha generado la pérdida o disminución en la provisión de servicios ecosistémicos tales como la recarga y descarga de acuíferos, el control de inundaciones, almacenamiento de agua, retención de sedimentos y sustancias tóxicas, retención de nutrientes, estabilización de microclimas, transporte por agua y ecoturismo, abastecimiento de agua, recursos forestales, forrajes, recursos agrícolas, recursos pesqueros, hábitat de fauna y flora y servicios culturales (Fondo FEN Colombia, 1998). En este sentido, los humedales interiores del país, son de gran importancia no sólo desde el punto de vista ecológico sino también socioeconómico, por sus múltiples funciones, valores y atributos, los cuales son esenciales para la sociedad en su conjunto. La alteración de su equilibrio natural por actividades antrópicas tiene un costo económico, social y ecológico muy elevado, lo cual demanda estrategias de planificación y manejo de carácter integral.

Para apoyar estas estrategias de planificación y manejo se ha propuesto la generación del mapa de oferta potencial de servicios ecosistémicos priorizados para los complejos de

¹ El presente producto se construyó utilizando como insumos el producto dos del contrato No. 13-13-119-169PS elaborado por Jaime Burbano Girón, los productos uno y dos del contrato No. 13-13-014-111PS elaborados por Fernando Remolina Angarita, Pasantía de Diana Milena Lara, Geógrafa y estudiante de la Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo de la Universidad Nacional de Colombia y los aportes realizados por los miembros del Laboratorio de Análisis Espacial que trabajan en la línea de mapeo de servicios ecosistémicos.

humedales de Colombia escala 1:100.000, que será un insumo para la caracterización de este ecosistema estratégico. Es importante resaltar que el proceso de mapeo de servicios ecosistémicos se desarrolla desde una perspectiva conceptual de los sistemas socio-ecológicos, donde dentro de los ecosistemas o los paisajes se dan una serie de procesos y funciones ecosistémicas que en su interacción dan lugar a servicios ecosistémicos, los cuales son tomados como beneficios por las comunidades humanas (Fig. 1) .

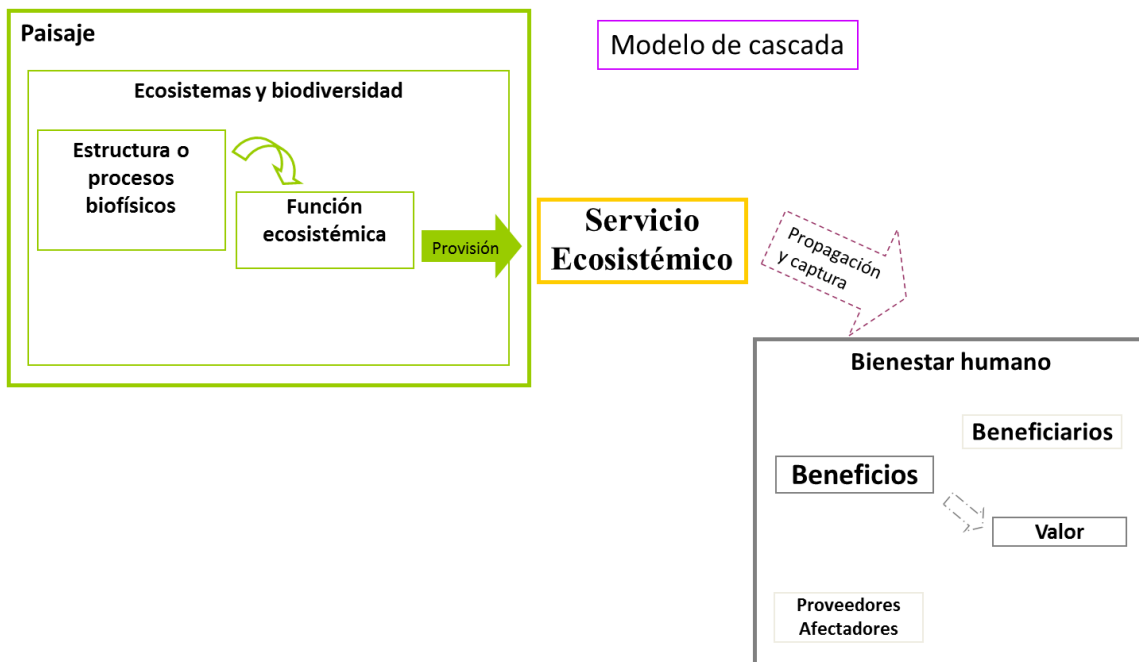


Figura 1. Modelo conceptual en cascada de los sistemas socio-ecológicos. Adaptado de (Haines-Young & Potschin, 2010).

Con este enfoque en mente, a continuación se expone el desarrollo conceptual para la creación de un mapa de oferta potencial de servicios ecosistémicos priorizados para los complejos de humedales de Colombia a escala 1:100.000. Posteriormente se especifica el proceso metodológico para identificar de áreas potenciales de complejos de humedal a escala 1:100.000 localizados en el país, los cuales servirán como áreas de análisis para la identificación, caracterización y mapeo de servicios ecosistémicos. Lo anterior se argumenta con la importancia de delimitar los complejo de humedal como parte del proceso, para luego mapear servicios potenciales como el servicio de provisión de recursos pesqueros.



MAPEO DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN HUMEDALES

El mapeo de los servicios ecosistémicos ha sido catalogado como uno de los elementos clave para la inclusión de los servicios de los ecosistemas en el ámbito institucional y en la toma de decisiones (Daily & Matson, 2008; Daily et al., 2009). Diversos enfoques se han utilizado para el mapeo, concentrándose en servicios relacionados con la oferta y regulación hídrica, el secuestro de carbono, o la retención de suelos, entre otros (p. ej. Naidoo *et al.* 2008; Nelson *et al.* 2009; Kareiva *et al.* 2011; Maes *et al.* 2012; García-Nieto *et al.* 2013; Mubareka *et al.* 2013; Schägner *et al.* 2013; Tardieu, Roussel & Salles 2013). Estos enfoques varían considerablemente en la escala, el alcance del análisis, y el método de evaluación de la oferta de bienes y servicios, principalmente por la escasez de datos directos sobre la mayoría de los servicios ecosistémicos, lo que hace difícil su comparación (Burkhard, Kroll, & Müller, 2009).

La mayoría de aproximaciones al mapeo de servicios ecosistémicos se basan en enfoques que usan la cobertura/uso de la tierra como asociación indirecta y espacialmente explícita de la oferta de los servicios (p. ej. Burkhard *et al.* 2012, 2013; Kandziora, Burkhard & Müller 2013). Eigenbrod *et al.* (2010), muestran que estas aproximaciones proporcionan un mal ajuste con respecto a información de tipo primario para la biodiversidad, la recreación y el almacenamiento de carbono en Inglaterra; y que las correlaciones entre los servicios de los ecosistemas cambian en función de las fuentes de información (primaria o con base en variables sustitutas) que se utilizan para los análisis. Este resultado fue consistente cuando se usaron puntos críticos de un solo servicio ecosistémicos, y se encontró una coincidencia espacial muy baja entre las fuentes primarias y las variables sustitutas de cobertura usadas cuando se sobrepusieron múltiples servicios ecosistémicos. Así, los enfoques basados en aproximaciones de cobertura/uso de la tierra pueden ser inadecuados para la identificación de puntos críticos o áreas prioritarias para múltiples servicios.

Otros estudios que identifican, caracterizan y mapean servicios ecosistémicos en humedales se resumen en la Tabla 1, la cual muestra que la mayoría de las fuentes bibliográficas revisadas identifican servicios ecosistémicos de humedales sin dar detalles técnicos y hacen referencia a otras fuentes bibliográficas donde son reportados. De otra parte, las fuentes bibliográficas que caracterizan estos servicios muestran que no todos los tipos de humedales proveen los mismos servicios ecosistémicos ni en la misma magnitud (de Groot *et al.*, 2007) ya que cada uno de ellos tiene características hidrogeomorfológicas y ecológicas diferentes. Es por esto que Turner *et al.* (2008) proponen que la primera etapa para identificar servicios ecosistémicos en humedales sea la identificación del tipo de humedal seguida de la caracterización de sus funciones ecológicas.

Achkar *et al.* (2012) cartografiaban los servicios ecosistémicos en Uruguay, en donde los humedales se encuentran bajo la categoría de “cuerpos de agua”. En este trabajo no se



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS

ALEXANDER VON HUMBOLDT



hace un estudio específico sobre servicios ecosistémicos de humedales sino sobre los servicios ecosistémicos provistos por ecosistemas presentes en Uruguay. La cartografía de los servicios ecosistémicos se basa en una ponderación por parte de expertos sobre la magnitud en que los servicios ecosistémicos son producidos por los diferentes ecosistemas. Esta ponderación cualitativa toma valores de cero (0) a cinco (5); el valor cero (0) se da cuando el servicio ecosistémico no tiene lugar en el ecosistema, mientras que el valor cinco (5) se da cuando la magnitud del servicio ecosistémico es máxima en relación a un ecosistema en particular. El resultado cartográfico es una valoración de la magnitud del servicio ecosistémico asociado a cada ecosistema.



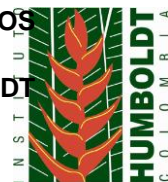
Tabla 1. Estudios de identificación, caracterización y mapeo de oferta potencial de servicios ecosistémicos en humedales.

Tipo de SE	SE	Identificación	Caracterización	Mapeo
Regulación	Control de inundaciones	Daily, 1997; Zedler and Kercher, 2005; Vandewalle et al., n.d.; de Groot, et al., 2007	Tong et al., 2007; Maltby and Acreman, 2011; Brauman et al., 2007; Turner et al., 2008	Achkar et al., 2012
	Mejoramiento de la calidad del agua	Daily, 1997; Zedler and Kercher, 2005; Tong et al., 2007; de Groot, et al., 2007	Hansson et al., 2005; García et al., 2011; Maltby and Acreman, 2011; Brauman et al., 2007; Turner et al., 2008	Achkar et al., 2012
	Secuestro de carbono	Zedler and Kercher, 2005; de Groot, et al., 2007	Maltby and Acreman, 2011	Achkar et al., 2012
	Formación de suelo		García et al., 2011	Achkar et al., 2012
	Captura de sedimentos	Vandewalle et al., n.d.		Achkar et al., 2012
	Regulación climática	Vandewalle et al., n.d.; de Groot, et al., 2007	Turner et al., 2008	Achkar et al., 2012
	Regulación de plagas	de Groot, et al., 2007		Achkar et al., 2012



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS

ALEXANDER VON HUMBOLDT

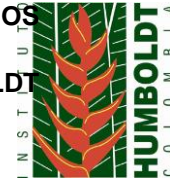


Tipo de SE	SE	Identificación	Caracterización	Mapeo
Provisión	Pesca	Daily, 1997; Zedler and Kercher, 2005; Vandewalle et al., n.d.; de Groot, et al., 2007	Turner et al., 2008	Achkar et al., 2012
	Caza	Daily, 1997		
	Agua para abastecimiento humano	Daily, 1997; Zedler and Kercher, 2005; Hansson et al., 2005; Tong et al., 2007; Vandewalle et al., n.d.; de Groot, et al., 2007	Maltby and Acreman, 2011; Turner et al., 2008	Achkar et al., 2012
	Irrigación	Daily, 1997; Vandewalle et al., n.d.; de Groot, et al., 2007		
	Medio de transporte	Daily, 1997		
	Energía hidroeléctrica	Daily, 1997; Vandewalle et al., n.d.		
	Provisión de materias primas	Zedler and Kercher, 2005; Hansson et al., 2005; Vandewalle et al., n.d.; de Groot, et al., 2007	García et al., 2011	Achkar et al., 2012



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS

ALEXANDER VON HUMBOLDT

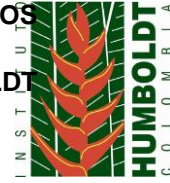


Tipo de SE	SE	Identificación	Caracterización	Mapeo
	Alimento para ganado		García et al., 2011	
	Especies ornamentales	de Groot et al., 2007		
	(Eco)turismo	Daily, 1997; Vandewalle et al., n.d.; de Groot, et al., 2007		
	Observación de aves	Daily, 1997		
	Disfrute del paisaje	Daily, 1997; de Groot, et al., 2007		
	Inspiración artística y cultural	Daily, 1997; Zedler and Kercher, 2005; de Groot, et al., 2007		
	Actividades recreativas	Daily, 1997; Zedler and Kercher, 2005; Hansson et al., 2005; Vandewalle et al., n.d.		
Cultural	Objeto de estudios técnicos y científicos	Daily, 1997; de Groot, et al., 2007		



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS

ALEXANDER VON HUMBOLDT



Tipo de SE	SE	Identificación	Caracterización	Mapeo
	Sentido de pertenencia	Vandewalle et al., n.d.		

Con el fin de relacionar funcionamiento de los humedales con oferta de servicios ecosistémicos, Turner et al. (2008) categoriza los servicios ecosistémicos en hidrológicos, biogeoquímicos y ecológicos. García-Llorente et al. (2011) asocia servicios ecosistémicos de humedales con rasgos funcionales de plantas acuáticas. Maltby & Acreman (2011) asocian procesos y funciones biofísicas de humedales con servicios ecosistémicos que proveen los humedales. Algunos de los procesos y funciones ecosistémicos identificados en los humedales que están asociados a la generación de servicios ecosistémicos se observan en la Tabla 2.

Tabla 2. Procesos y funciones de humedales asociados a servicios ecosistémicos.

Proceso	Función	Fuente bibliográfica
Denitrificación y otras transformaciones de nutrientes en plantas.	Absorción de agua y nutrientes por parte de plantas	Turner et al., 2008; Maltby & Acreman, 2011
Movimiento de agua por gravedad desde el humedal a capas por debajo de él.	Recarga de acuíferos	Maltby & Acreman, 2011; Turner et al., 2008.
Filtración hacia arriba de agua subterránea a través de la superficie del humedal.	Descarga de acuíferos	Turner et al., 2008.
Movimiento de agua desde ríos para inundar el plano de inundación, llenar depresiones y saturar el suelo.	Almacenamiento de agua de inundaciones	de Groot et al., 2007; Turner et al., 2008; Maltby & Acreman, 2011
Producción de turbera a partir de material vegetal muerto bajo condiciones anaeróbicas.	Almacenamiento de carbono	Maltby & Acreman, 2011; Turner et al., 2008.
Almacenamiento de sedimentos finos llevados en suspensión durante inundaciones.	Retención de sedimentos	Turner et al., 2008.



Proceso	Función	Fuente bibliográfica
Almacenamiento de elementos traza por medio de procesos biológicos, bioquímicos o físicos en los minerales del suelo del humedal.	Almacenamiento y exportación de elementos traza	Turner et al., 2008.
Micro-sitios para fauna	Provisión de hábitat para nacimiento de fauna	de Groot et al., 2007. Turner et al., 2008.
Producción de biomasa	Sostenimiento de redes tróficas	de Groot et al., 2007. Turner et al., 2008
Rasgos funcionales vegetales	Reproducción sexual y vegetativa de plantas; almacenamiento de agua.	García et al., 2011

Este tipo de acercamientos hacia el mapeo de servicios ecosistémicos en humedales desde las funciones ecosistémicas se puede resumir en el esquema metodológico de la Figura 2.

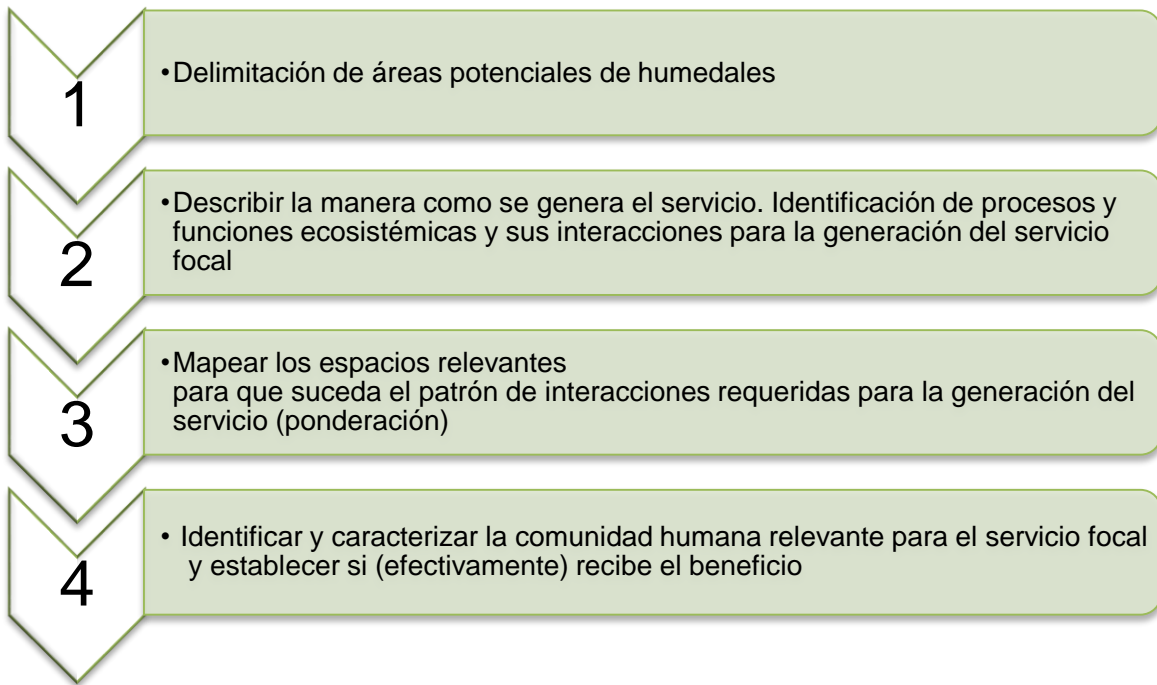


Figura 2. Flujo de trabajo para el mapeo del servicio de provisión de recursos pesqueros (servicio focal) en complejos de humedales. Adaptado de (Franco-Vidal, 2013).

En este flujo de trabajo, se plantea que la etapa inicial consiste en la delimitación de zonas potenciales de humedales, la cual será explicada con más detalle en la siguiente sección. Posteriormente, el objetivo es lograr identificar los procesos y funciones de los ecosistemas que hacen posible la generación del servicio de provisión de recursos pesqueros en los complejos de humedales delimitados. En este punto es muy importante aclarar que la fuente de datos de entrada para el mapeo del servicio es el Catálogo de Recursos Pesqueros Continentales de Colombia (Lasso et al., 2011), que contiene tanto datos de las especies de peces identificadas como recurso pesquero, como datos de los usos y aspectos pesqueros.

Una vez se organice y sistematice toda la información del catálogo, el gran reto consiste en espacializar estas funciones mediante modelos e índices que integren la información. A estas funciones ecosistémicas identificadas, se les asignará una ponderación sobre la relación que tiene con el servicio focal, como se muestra a manera de ejemplo en la figura 3. Durante este proceso se acudirá a opinión de un grupo de expertos para validar la información del producto cartográfico.

	Servicios ecosistémicos →		Funciones ecosistémicas ↓		1- Regulación climática	2- Amortiguación de inundaciones	3- Provisión y purificación de aguas superficiales	4- Provisión y purificación de aguas subterráneas	5- Producción de agrícola	6- Producción ganadera	7- Producción forestal	8- Potencial de recreación	n- ...
1- Almacenamiento de carbono orgánico en el suelo	1												
2- Almacenamiento y secuestro de carbono por biomasa	1												
3- Control de la erosión								0.6					
4- Capacidad de almacenamiento de agua por humedales		1											
5- Infiltración y escurrimiento superficial de agua		1											
6- Protección de acuíferos por cobertura				1									
7- Retención de contaminantes por vegetación ribereña			1	0.5									
8- Retención de contaminantes por humedales			1	0.5									
8- Capacidad productiva de los suelos								1					
n- ...													

Figura 3. Ejemplo de integración de la información sobre funciones y servicios ecosistémicos. Tomado de (Barral, 2013).

Una vez se generen mapas a partir de esta información, es necesario espacializar igualmente la información sobre los beneficiarios potenciales del servicio de provisión de recursos pesqueros en complejos de humedales, para lo cual, es necesario integrar información socioeconómica sobre municipios pesqueros, usos de la pesca (ornamentales, comercio, autoconsumo o deportiva) y datos de desembarco (toneladas al año), los cuales se encuentran dentro del Catálogo de Recursos Pesqueros Continentales de Colombia (Lasso et al., 2011).



DELIMITACIÓN DE ZONAS POTENCIALES DE COMPLEJOS DE HUMEDALES

Como se mencionó al inicio de este documento se expondrá a continuación, la metodología general para la identificación de áreas potenciales de complejos de humedal a escala 1:100.000, las cuales deben ser identificadas con antelación para luego identificar, caracterizar y mapear servicios ecosistémicos. Para ello se expondrá como esta área potencial, es determinante en la identificación de servicios como el de provisión de recursos pesqueros, uno de los servicios más importantes para el país.

En Colombia, de acuerdo al mapa de ecosistemas continentales de 2007 a escala 1:500.000, se localizan aproximadamente de 166.023 km² de Helobiotomas o áreas con mal drenaje, encharcamiento permanente o prolongado, en los que se localizan ecosistemas acuáticos o ecosistemas de humedal², los cuales cubren un área aproximada del 15% del territorio continental del país (IDEAM et al., 2007).

Un complejo de humedal, “es un conjunto de humedales, que pueden ser de diferente tipo, pero que se encuentran en un espacio geográfico dado de tal suerte que comparten sus características biogeográficas generales y están integrados entre sí funcionalmente. La ubicación geográfica de estos sistemas en la forma más general, se presenta asociándolos con las Ecorregiones de Agua Dulce, que fueron definidas por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) y Wetlands International, las cuales corresponden en un sentido amplio con los cinco grandes drenajes hidrográficos del país, a los cuales se denominarán en lo sucesivo como Regiones, y que se aproximan a la zonificación hidrográfica del país y a las denominadas “áreas inundables” del informe sobre el estado del medio ambiente de Colombia” (Naranjo et al., 1999). De acuerdo con el anterior autor se pueden reconocer en Colombia a escala nacional (1:1.500.000) 27 complejos de humedales naturales interiores³.

No obstante los estudios referentes al análisis de los humedales, evidencian que actualmente el país no cuenta con un mapa de ecosistemas acuáticos que permita identificar complejos de humedales a escala 1:100.000, en el cual se pueda realizar análisis regionales o nacionales del espacio ecológico, funcional de estos ecosistemas estratégicos, y establecer otros análisis, como las interacciones con las prácticas espaciales, sociales, económicas políticas y culturales que se desarrollan en los complejos de humedal localizados en el país.

² Los humedales se definen como: " las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros, como las islas o extensiones de agua marina de una profundidad superior a los seis metros en marea baja, cuando se encuentren dentro del humedal" (Ramsar, Irán, 1971).

³ Esta clasificación hace alusión a los humedales relacionados con los afluentes más importantes del país localizados en las siguientes regiones: Caribe (complejos del río Sinú, Atrato, Depresión Momposina, Río Magdalena, etc.); Pacífica (complejos que incluye solamente las lagunas de La Tola y El Trueno en el andén Pacífico del Departamento de Nariño); Montaña (complejos de humedal localizados en las cordilleras y montañas); Orinoquia (complejos de los ríos Meta, Arauca, Guaviare, Tomo, Vichada etc.); Amazonia (ríos Apaporis, Caguan, Caquetá, Putumayo, Amazonas, etc.); Catatumbo (río Catatumbo, ciénagas permanentes, madre viejas y planos inundables).



En este contexto, la ausencia de la identificación geográfica específica de los ecosistemas acuáticos nacionales a una mayor escala cartográfica dificulta: tener conocimiento concreto del estado de conservación de los elementos biofísicos constitutivos de los ecosistemas acuáticos a escala nacional; analizar procesos históricos y actores sociales, rurales y urbanos que los afectan; definir la localización de oferta y demanda potencial de servicios ecosistémicos, al igual que su demanda y distribución geográfica diferencial en los humedales de Colombia; evaluar los impactos ambientales tanto locales, regionales y nacionales que los afectan, o frente a procesos globales como el cambio climático; e identificar áreas prioritarias para su conservación, recuperación y manejo integral.

Igualmente la identificación y caracterización del área potencial de humedales, es de importancia para la toma de decisiones y análisis territorial, en el marco normativo de un ordenamiento territorial sostenible, entre otras consideraciones de importancia para la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos.

De acuerdo a lo anterior, el presente aparte, expone una propuesta metodológica preliminar que *tiene como objeto la generación de una cobertura cartográfica para la identificación del área potencial de complejos de humedal, fundamentada en la información disponible a escala 1:100.000 que cubre en su totalidad el territorio nacional.* Esto se justifica en la *necesidad de identificar, zonas geográficamente explícitas* de la localización potencial de dichos complejos en las cuencas hidrográficas nacionales. Lo anterior es *fundamental para definir áreas de análisis* dirigido a: la identificación, caracterización y mapeo de servicios ecosistémicos como el de provisión de recursos pesqueros.

Lo anterior es posible integrando elementos biofísicos del hábitat de las especies de peces como tipos de vegetación, afluentes y cuerpos de agua entre otros. Igualmente esta cobertura sirve de insumo para la identificación y análisis de motores de cambio relacionados con actividades productivas rurales y urbanas que afectan la biodiversidad de estos ecosistemas estratégicos.

Metodología general

La definición del área potencial dirigida a la identificación de complejos de humedal, para la caracterización y mapeo de servicios ecosistémicos de provisión como el de recurso pesquero, se fundamentó en la revisión de criterios para la delimitación y clasificación de ecosistemas acuáticos realizados en Colombia⁴ y países como México, Chile, Venezuela,

⁴ Se analizaron documentos tales como: Mapa de Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, 2007; Ecosistemas de los Andes Colombianos 2007; Ecosistemas de los Andes Colombianos 2004; Lineamientos y protocolos Ramsar.; Documento del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible denominado "Criterios para la priorización de los humedales objeto de delimitación 1:100.000 y 25.000" 2010; y notas de la mesas del taller de expertos titulado "Aspectos Físicos Asociados a la Delimitación de Humedales" realizado en Bogotá 26 y 27 de Agosto de 2013 y el "Simposio Criterios para la delimitación de Humedales en Colombia: Una construcción científica colectiva" realizado en Barranquilla los días 18, 19 y 20 de septiembre de 2013, estos dos últimos realizados por el Instituto Humboldt.



Argentina y Brasil. De igual forma, se evaluó la información pertinente disponible en el país a escala 1:100.000, para definir los alcances y limitaciones del área potencial de complejos de humedal.

De acuerdo a los criterios de clasificación y delimitación de ecosistemas acuáticos continentales se determina la identificación de variables biofísicas centrales como: la geopedología⁵, hidrogeología, geomorfología, zonificación climática, cotas máximas o límites de áreas de inundación y coberturas de la tierra (ver figura 4). Esta información de atributos de los ecosistemas acuáticos se debe integrar posteriormente a través de procesos de análisis espacial con el uso de sistemas de información geográfica, para la obtención de la correspondiente delimitación de los ecosistemas (Armenteras & Rodríguez, 2007; IAVH, 2004; IDEAM, et al., 2007).

Clasificaciones de ecosistemas acuáticos

Las características centrales para la delimitación de ecosistemas acuáticos continentales están determinada por clasificaciones y tipologías que los diferencia, como por ejemplo con relación a la dinámica hídrica: ecosistemas acuáticos lóticos (fuentes de agua en movimiento como los ríos) y ecosistemas lénticos (cuerpos de agua con dinámica de flujo horizontal y vertical como las lagunas). Otras clasificaciones se vinculan con características del origen de los ecosistemas acuáticos o morfogenéticas (origen asociados a variables de ambientes geomorfológicos, contextos climáticos y biogeográficos a través del tiempo), o clasificaciones basadas en características físicas y/biológicas de los humedales.

Para la presente metodología se toman en cuenta variables fácilmente identificables para delimitar y describir áreas potenciales de localización de humedales, relacionadas con áreas de inundación y coberturas naturales asociadas a ecosistemas acuáticos, en los que se localiza el hábitat de especies acuáticas. Lo anterior se justifica, dado que actualmente el país no cuenta con la información pertinente para desarrollar unidades de ecosistemas acuáticos, ligada a un sistema taxonómico multicategorico y jerárquico, resultado de integrar las variables biofísicas que se especifican en la figura 4.

⁵ La geopedología es una relación de las características geomorfológicas y edafológicas agregadas en unidades que sirven como variable delimitadora de los ecosistemas (IGAC, 2007, et al).

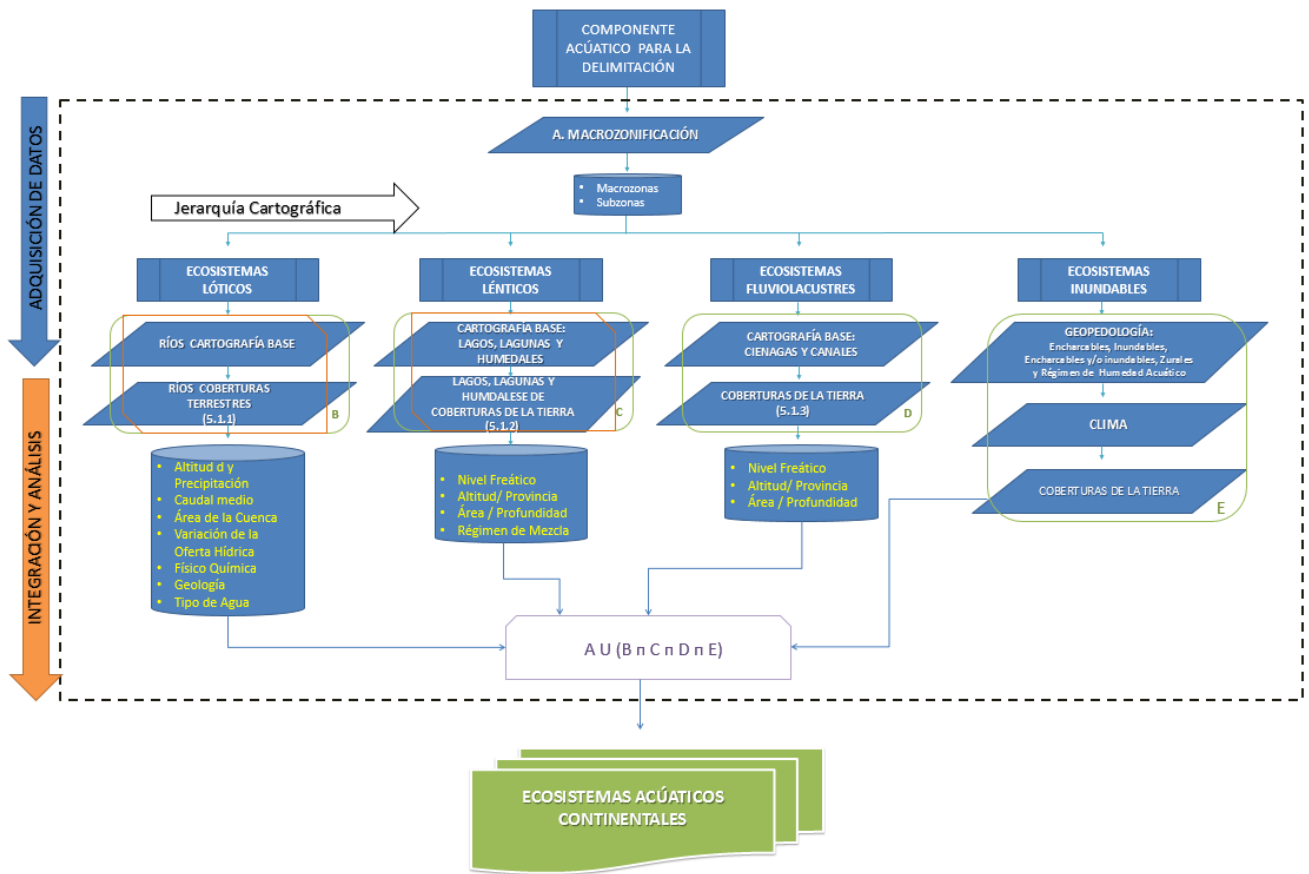


Figura 4. Ecosistemas acuáticos. Fuente: Comité Técnico del Mapa Nacional de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos, a escala 1:100.000. Mesa Gestión de Información: MADS, IGAC, IDEAM, PPNN, IAvH, 2011.

Criterios de la delimitación del área potencial de complejos de humedal

Los criterios que permiten identificar y caracterizar a los complejos de humedal, específicamente se centran en características hídricas, relacionadas a su vez por su interrelación con factores geomorfológicos (modelado de la superficie de la tierra⁶) climáticos, edafológicos (centralmente suelos con características hidromórficas), geológicos e hidrogeológicos. Igualmente con características de áreas de inundación

⁶ El modelado de la superficie terrestre “se entiende como el conjunto de formas y de formaciones superficiales resultantes de los procesos ligados a la dinámica externa. Las formaciones superficiales deben entenderse como correlativas de los procesos que las generaron. Muchos son los modelados estudiados en Colombia: Ej.: las superficies de aplanamiento y pedimentos elaboradas en el Terciario Medio a Superior, depósitos aluviales y aluviotorrenciales en forma de conos, conoterrazas, diques, llanuras aluviales; modelados eólicos heredados como los de La Guajira y los Llanos Orientales, el modelado glaciar heredado de las glaciaciones, el modelado de disección profunda con sus cañones, los piedemontes, los depósitos fluviolacustres de los altiplanos entre otros” (IDEAM, 2010).



asociadas a cuerpos de agua (sujetos a regímenes hídricos específicos) y a la localización de los humedales respecto a la cuenca y su origen (en los que influye la morfometría, hidrografía de cuencas y ambientes morfogénicos).

La presente metodología, profundiza de manera preliminar, en dos variables delimitadoras específicas de ecosistemas acuáticos, criterios hidrológicos y criterios de flora o vegetación, las cuales se especifican a continuación.

Criterios de condiciones hídricas

La importancia de las condiciones hídricas, residen en cuatro criterios centrales para la delimitación de complejos de humedal (SADSN, 2013; SEMARNAT, 2008):

1. Las condiciones de humedad y áreas de inundación o saturación de la superficie terrestre de forma permanente o temporal, originan factores y procesos que originan suelos con características hidromórficas; las condiciones anaeróbicas de estos procesos ocasionan una reducción química en el suelo influyendo en el desarrollo de tipos de plantas relacionados con ecosistemas acuáticos.

2. Las condiciones hídricas relacionadas con la regulación de caudales y áreas de inundación generados por los hidroperiodos, producen áreas identificables para la delimitación de ecosistemas acuáticos. Estos límites de áreas inundables o Zona de Transición Acuático Terrestre ZTAT⁷ (Junk, 1989), están asociados directamente a los sistemas morfogénicos⁸ que han originado la geomorfología fluvial y lacustre como las llanuras aluviales en los que se localizan los complejos de humedal⁹, por tanto son determinantes para la delimitación de ecosistemas acuáticos (IDEAM et al., 2007).

En este sentido, la combinación de geomorfología, variabilidad del régimen hídrico y de temperatura en distintas épocas del año genera diferentes condiciones de habitabilidad

⁷ La planicie aluvial alterna fases terrestres y acuáticas constantemente. Durante el estiaje (niveles hídricos bajos de los cauces), "las aguas lóaticas están desconectadas de las lénticas, mientras que en aguas altas, ambientes acuáticos y de humedal están conectados entre sí y con el curso principal. Durante el inicio de la creciente, las lagunas reciben agua directamente de los cursos o por lluvias, y luego desbordan inundando áreas internas de la planicie. En condiciones de crecientes extraordinarias, los valles y paleovalles pueden llenarse completamente y por lo tanto pueden ser considerados ZTAT" (SADSN, 2013:42).

⁸ "Un sistema morfogénico (concepto tomado de Tricart, 1977) es un conjunto de procesos interdependientes que generan un modelado específico en un espacio determinado. Los procesos que funcionan en un espacio definido y que integran el sistema morfogénico están condicionados por factores (atributos) como la estructura geológica (litología y tectónica), las condiciones bioclimáticas, la pendiente, los modelados heredados y las formas de ocupación antrópica" (IDEAM 2010).

⁹ Las llanuras aluviales son parte del sistema de transferencia (transporte y deposición de sedimentos), "constituyen la respuesta a los procesos morfogénicos de la montaña y a los propios procesos generados en la llanura. Se definen como sistemas de agradación (por sedimentación) resultante de la deposición de los sedimentos procedentes de los sistemas montañosos y, secundariamente, de los sedimentos erodados de las formaciones epicontinentales dentro de las depresiones mismas (IDEAM, 2010). Las geoformas más resaltantes de las llanuras de inundación en Colombia son: Valles coluvio-aluviales; Valles aluviales; Sistema de terrazas aluviales bajo condiciones secas en vía de degradación; Llanura aluvial con drenaje estacional; Llanuras de desborde sin ciénagas; Llanura de desborde con ciénagas; Conos-terrazas altos en vía de degradación; y las superficies de aplanamiento no disectadas.

para las especies acuáticas, tanto para migratorias como para endémicas y residentes (SADSN, 2013).



Figura 5. Elementos asociados a complejos de humedal relacionados con la llanura de inundación. Fuente, Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales. Wetlands International (Baigún, 2013; Bailly et al., 1974).

Una relación bien conocida entre las condiciones hídricas y las llanuras de inundación es que el rendimiento pesquero potencial aumenta cuanto mayor es el área de la llanura de inundación, el área de la superficie de la cuenca de drenaje y la longitud del cauce principal (Welcomme, 2001).

3. La aparición de vegetación hidrófila, que se desarrolla en el agua o en sustratos que al menos periódicamente, presentan condiciones anaeróbicas por un exceso de agua. También se considera la presencia de vegetación riparia y de freatofitas, que se desarrollan principalmente a lo largo del curso de una corriente de agua.

4. La presencia de suelos hídricos y transicionales o con características hidromórficas relacionadas con sus cualidades internas (estructura, textura, nivel freático, régimen hídrico, etc.), los cuales son de importancia para la delimitación de humedales.

Es necesario resaltar que en la presente metodología se toman los límites de inundaciones máximas del territorio nacional, no solamente las llanuras de inundación, las cuales sirven de ejemplo para caracterizar las áreas con condiciones hídricas fluviales, lacustres, glaciares y demás sistemas morfogénicos en los que se localiza los complejos de humedal,



los cuales son insumo para la delimitación potencial de complejos de humedal y la identificación de servicios de provisión como el de recursos pesqueros.

Criterios relacionados con la cobertura vegetal

Las coberturas del suelo como expresiones de interacciones edafológicas, geológicas, geomorfológicas, climáticas e interrelaciones biológicas de especies, es considerada como componente integrador del funcionamiento del ecosistema e indicador del estado de conservación (IAVH, 2004). La cobertura natural también se puede describir de manera puntual como aquella unidad delimitable que surge a partir de un análisis de sus características fisonómicas y ambientales, diferenciables con respecto a unidades próximas (IDEAM et al., 2007). Por los anteriores criterios la cobertura vegetal es fundamental para la identificación, delimitación, caracterización de ecosistemas acuáticos y por ende para determinar los servicios ecosistémicos relacionados.

La vegetación asociada a la geomorfología de ambientes aluviales o lacustres, junto a condiciones biogeográficas, posibilitan el desarrollo de hábitats que sufren transformaciones constantes, vinculados a los pulsos de crecida de caudales que proveen hábitats para el desarrollo, refugio, crecimiento y alimentación de un variado número de especies acuáticas, condicionando en gran medida la composición de las mismas (Neiff, J.J., 2009). Igualmente la vegetación acuática es un elemento decisivo en conformar la complejidad estructural de las planicies de inundación, aportando a la generación de dichos hábitats (Baigún, 2013).

El desarrollo y evolución de la biodiversidad de los complejos de humedal está estrechamente ligado tanto a las características de los hábitats, relacionados con el régimen hidrológico, a la estacionalidad térmica, lo cual influye en los ciclos de vida de los peces y adaptaciones en un sistema altamente variable como son los ecosistemas acuáticos (Minotti et al., 2013) y por ende en la oferta potencial del recurso pesquero. Tal como lo ilustra la figura 6, la dinámica hídrica está directamente vinculada con las consideraciones anteriormente mencionadas entre pulsos de inundación y vegetación acuática que favorecen el desarrollo de las especies acuáticas en periodos de altos niveles y bajos niveles hídricos. En la figura 6, se evidencia con una flecha azul la dirección de flujo en estiaje y con una flecha roja cuando el humedal está en sus máximos niveles de inundación.

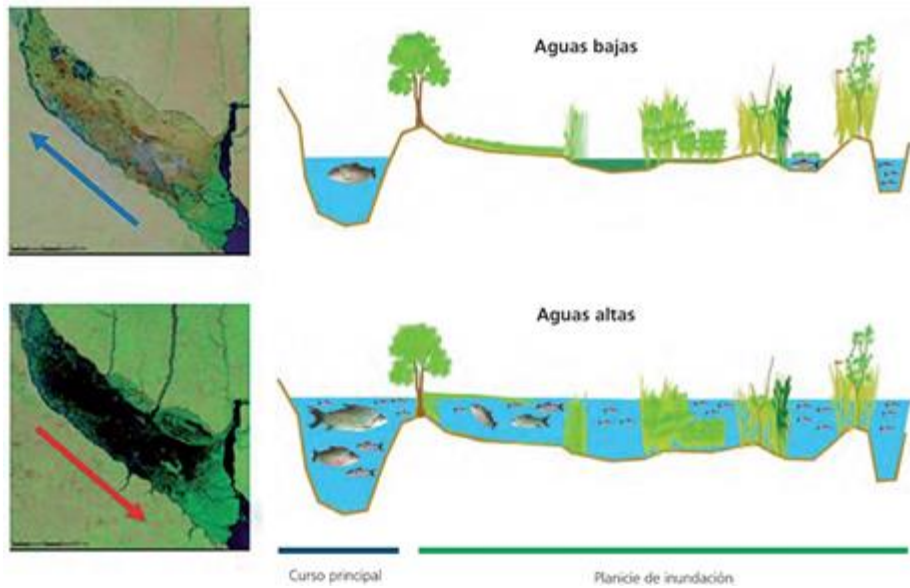


Figura 6. Relación de la dinámica hidrológica, geomorfológica fluvial, vegetación acuática y habitas para la especies acuáticas en complejos de humedal. Fuente Baigún (2013).

La vegetación de los complejos de humedal también manifiesta pulsos de biomasa asociados a los eventos de inundación ligados al régimen climático y acoplados al fotoperíodo, brindando áreas de sombra y remanso para las especies acuáticas. “Estas áreas vegetadas funcionan como refugios de predadores y de disturbios por acciones de las corrientes, oleaje o flujos de sedimentos, pero también se constituyen en trampas con déficits marcados de oxígeno y bajo pH” (SADSN, 2013:38).

En consecuencia con lo anterior, Los criterios de condiciones hídricas y de cobertura vegetales se convierten en factores de identificación, caracterización y delimitación espacialmente explícitos de los ecosistemas acuáticos, y los complejos de humedal (Baigún, 2013). De esta manera, los criterios metodológicos de la delimitación del área potencial de complejos de humedal a escala 1: 100.000, planteada en el presente documento, siguió el respectivo flujo de trabajo (Figura 7), en donde se consideró la información biofísica a escala 1:100.000 que cubrieran el territorio nacional.

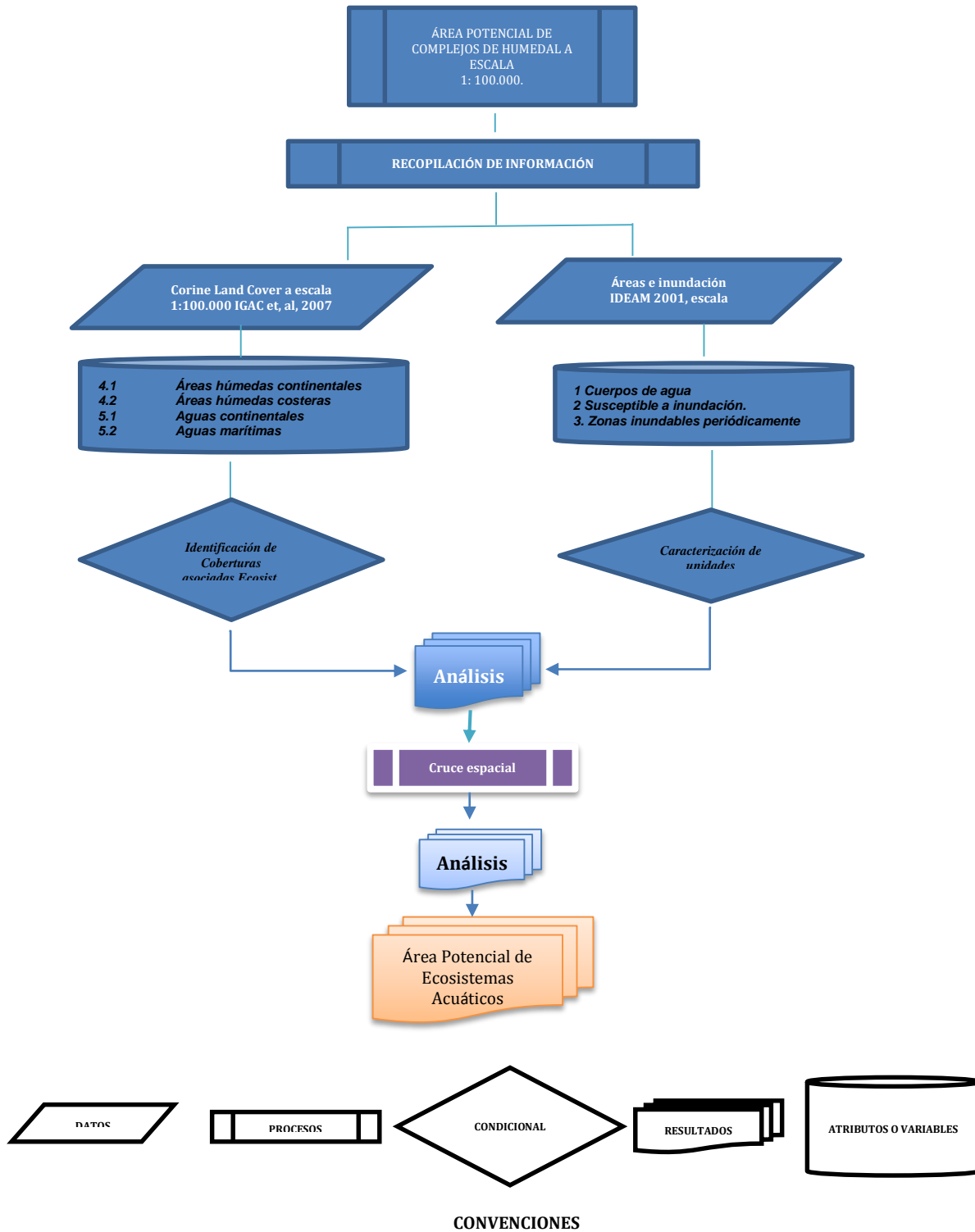




Figura 7. Diagrama metodológico.

De esta forma, la presente metodología da relevancia a las áreas de inundación y frecuencia de las mismas, junto a la coberturas asociada a ecosistema acuáticos, las cuales son recurrentes en todas la clasificaciones de ecosistemas acuáticos identificación de complejos de humedal (SADSN, 2013).

Proceso de Integración de la información para la obtención del área potencial de complejos de humedal a escala 1:100.000

La integración de la información se realizó posteriormente de analizar cada uno de los atributos y características técnicas de la información de las coberturas seleccionadas: en este caso Corine Land Cover para Colombia a escala 1:100.000 (IDEAM et al., 2007) y las áreas e inundación escala 1:100.000.

Las Coberturas Corine Land Cover se construyeron con el fin de tener una la leyenda nacional de las coberturas de la tierra homogéneas para del país a escala 1:100.000, se desarrolló como un nuevo paso en el proceso de consolidación de una propuesta metodológica para realizar la caracterización de las coberturas naturales y antropizadas, existentes en el territorio nacional. Igualmente son insumo central para la identificación y delimitación de ecosistemas. La clasificación permite también unificar los criterios, conceptos y métodos para conocer cuáles son las características y estado de las coberturas de la tierra del país. Está clasificación se realizó a partir de la adaptación realizada de la metodología europea CORINE Land Cover al entorno geográficos del país¹⁰ (IDEAM et al., 2010).

La clasificación Corine Land Cover en sus 5 niveles de información permite determinar áreas potenciales de humedales continentales (Tabla 3). De acuerdo a la Convención Ramsar (ratificada en Colombia por la Ley 357 de 1997), se entiende por humedales “aquellas extensiones de marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros” (Andrade et al., 2002). Esta definición constituye un conjunto muy heterogéneo de ecosistemas naturales y artificiales, no obstante en la tabla 3¹¹, se definen aquella que

¹⁰ “La leyenda nacional fue estructurada de manera jerárquica, derivando las unidades de coberturas de la tierra con base en criterios fisonómicos de altura y densidad (mediante la interpretación de imágenes satelitales de diferente resolución espacial y temporal), claramente definidos y aplicables a todas las unidades consideradas para un grupo de coberturas del mismo tipo. De esta manera, se garantiza que sea posible la inclusión de nuevas unidades o la definición de nuevos niveles de unidades para estudios más detallados, permitiendo su ubicación y definición rápidamente” (IDEAM 2010:9).

¹¹ Esta selección se realizó con la bibliografía relacionada con la definición de tipologías de cobertura naturales de ecosistemas acuáticos, y la consideraciones de los investigadores tomadas de los resúmenes de la mesas del taller de expertos titulado “Aspectos Físicos Asociados a la Delimitación de Humedales” realizado en Bogotá 26 y 27 de Agosto de 2013 y el “Simposio Criterios para la

están asociados directamente con ecosistemas acuáticos naturales, incluyendo embalses, los cuales están contemplados en la Política Nacional de Humedales Interiores de Colombia, como áreas de importancia hídrica y natural (Figura 8)¹².

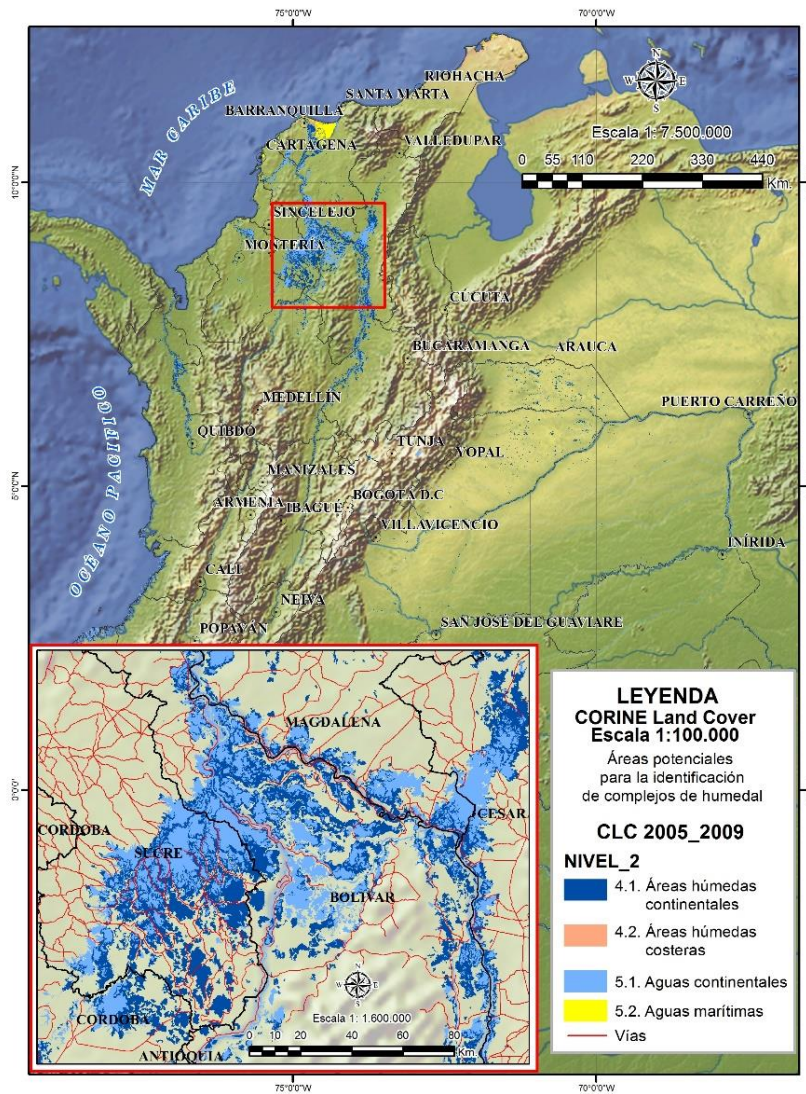


Figura 8. Coberturas Asociadas a Complejos e humedal a escala 1:100.00. Elaboración propia.

delimitación de Humedales en Colombia: Una construcción científica colectiva” realizado en Barranquilla los días 18, 19 y 20 de septiembre de 2013, eventos realizado por el Instituto Humboldt.

¹² Selección resultando de la actividad de pasantía de Diana Milena Lara, Geógrafa y estudiante de la Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo de la Universidad Nacional de Colombia, proceso dirigido por Alexi Cusva Verdugo Investigador Instituto Humboldt.

Tabla 3. Coberturas de la tierra Corine Land Cover 2007 de Colombia a Escala 1:100.000, niveles seleccionados para identificar áreas potenciales de complejos de humedal.

Coberturas Asociadas a Complejos de humedal				
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
3. Bosques y áreas seminaturales	3.1. Bosque	3.1.1. Bosque denso	3.1.1.1. Bosque denso alto	3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable
			3.1.1.2. Bosque denso bajo	3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable
		3.1.2. Bosque abierto	3.1.2.1. Bosque abierto alto	3.1.2.1.2. Bosque abierto alto inundable
			3.1.2.2. Bosque abierto bajo	3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable
	3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.2.1. Herbazal	3.2.1.1. Herbazal denso	3.2.1.1.2. Herbazal denso inundable
4. Áreas Húmedas	4.1. Áreas Húmedas Continentales	4.1.1. Zonas Pantanosas		
		4.1.2. Turberas		



		4.1.3. Vegetación Acuática Sobre Cuerpos de Agua		
	4.2. Áreas Húmedas Costeras	4.2.1. Pantanos Costeros		
		4.2.2. Salitral		
		4.2.3. Sedimentos Expuestos en Bajamar		
5. Superficies de Agua	5.1. Aguas Continentales	5.1.1. Ríos		
		5.1.2. Lagunas, Lagos y Ciénagas		
	5.2. Aguas Marítimas	5.2.1. Lagunas Costeras		

La Cobertura de Zonas susceptibles a Inundación (Línea base 2001) ¹³ se obtuvieron mediante el análisis de imágenes satelitales ópticas y de radar de diferente resolución espacial y temporal, igualmente con modelos digitales de elevación. De esta forma se delimitaron áreas de Cuerpos de agua, Zonas susceptibles a inundación y Zonas inundables periódicamente. Estas categorías se vinculan con una de las funciones más importantes que ofrecen los ecosistemas acuáticos, la amortiguación de las dinámicas del sistema hídrico de las cuencas hidrográficas. Estos límites de áreas inundables o Zona de Transición Acuático Terrestre ZTAT (Junk, 1989), son determinantes para la delimitación de ecosistemas acuáticos (IDEAM et al., 2007).

¹³ Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM entregó al Instituto Humboldt la capa en formato *shapefile* de información geográfica de las Zonas susceptibles a Inundación (Línea base 2001) Escala 1:100.000. Entrega a los 4 días del mes de febrero de 2013.



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS

ALEXANDER VON HUMBOLDT



Esta información fue comparada con la coberturas de áreas de inundación Reporte número 5 de áreas afectadas por inundaciones 2010 – 2011, a escala 1:100.000¹⁴ (relacionado con la intensificación del fenómeno de La Niña que afectó a gran parte del país) lo cual permitió calibrar la precisión espacial de las categorías de las Zonas susceptibles a Inundación de la Línea base 2001 (Figura 9).

¹⁴ En Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) el marco de la ICDE y el cumplimiento de la Política Nacional de Información Geográfica, entregó al Instituto Humboldt la capa en formato *shapefile* de información geográfica de las zonas afectadas por la inundación 2010-2011, escala 1:100.000, fecha junio 06 de 2011 con licencia de uso de número 143.

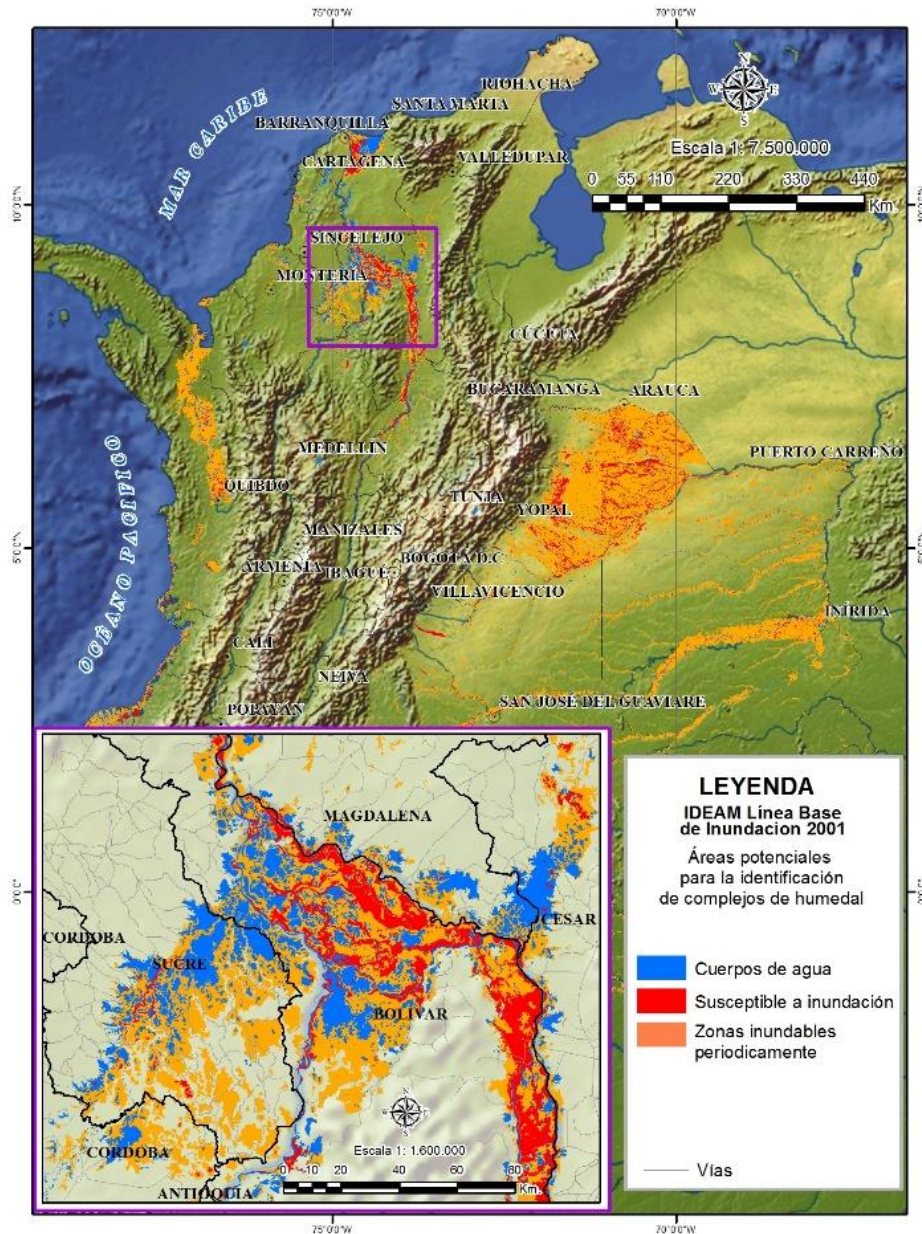


Figura 9. Cobertura de Zonas susceptibles a Inundación Línea base 2001 para la identificación de áreas potenciales de complejos de humedal. Elaboración propia.

Finalmente se integró la información en mención, para identificar el área potencial de complejos de humedal a escala 1:100.000. En las figuras 10 y 11, se ilustra a manera de ejemplo de proceso general que se realizó para el Magdalena Medio.

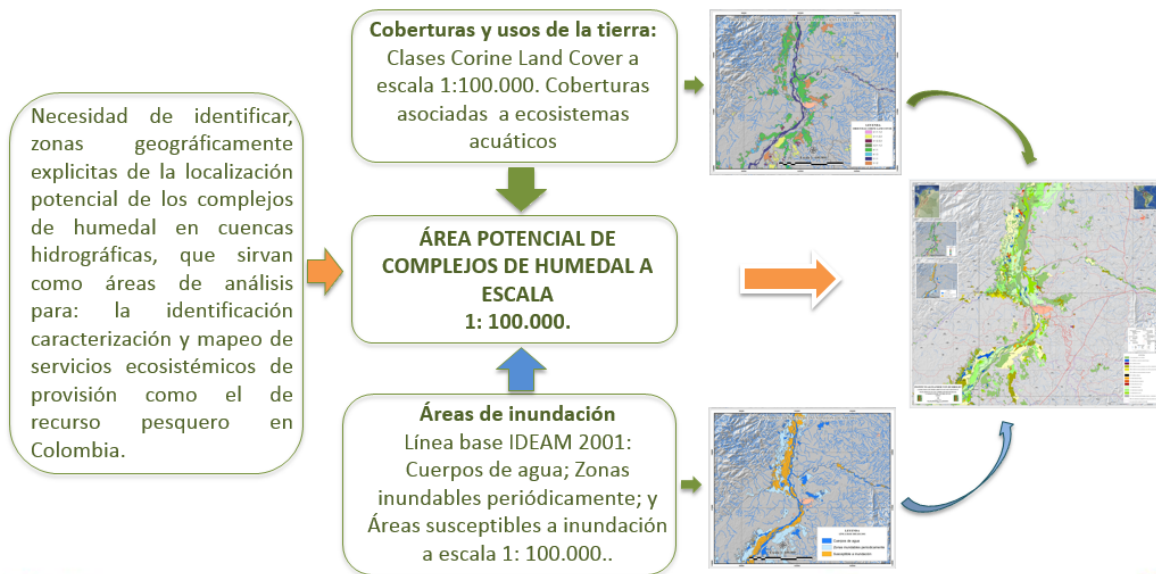


Figura 10. Integración final de la información. Obtención del área potencial de humedales. Elaboración propia.

El resultado de este proceso permite obtener áreas identificables geográficamente explícitas de la localización potencial de los complejos de humedal en cuencas hidrográficas, que sirvan como áreas de análisis para la identificación y caracterización mediante expertos y para mapear servicios ecosistémicos como el de provisión de recursos pesqueros en Colombia.

No obstante es necesario aclarar que actualmente se está buscando información para mejora la precisión y exactitud de la cobertura potencial desarrollada con esta metodología, introduciendo variables fundamentales como las unidades edafológicas de suelos con características hidromórficas escala 1:100.000, y el índice de humedad del terreno con resolución de 30 metros, homologable a la escala 1:100.000. De esta manera se obtendrá mayor certeza frente a la delimitación de variables biofísicas de los complejos de humedal y sus ecosistemas acuáticos, base fundamental para determinar los servicios ecosistémicos asociados a estos ecosistemas estratégicos.

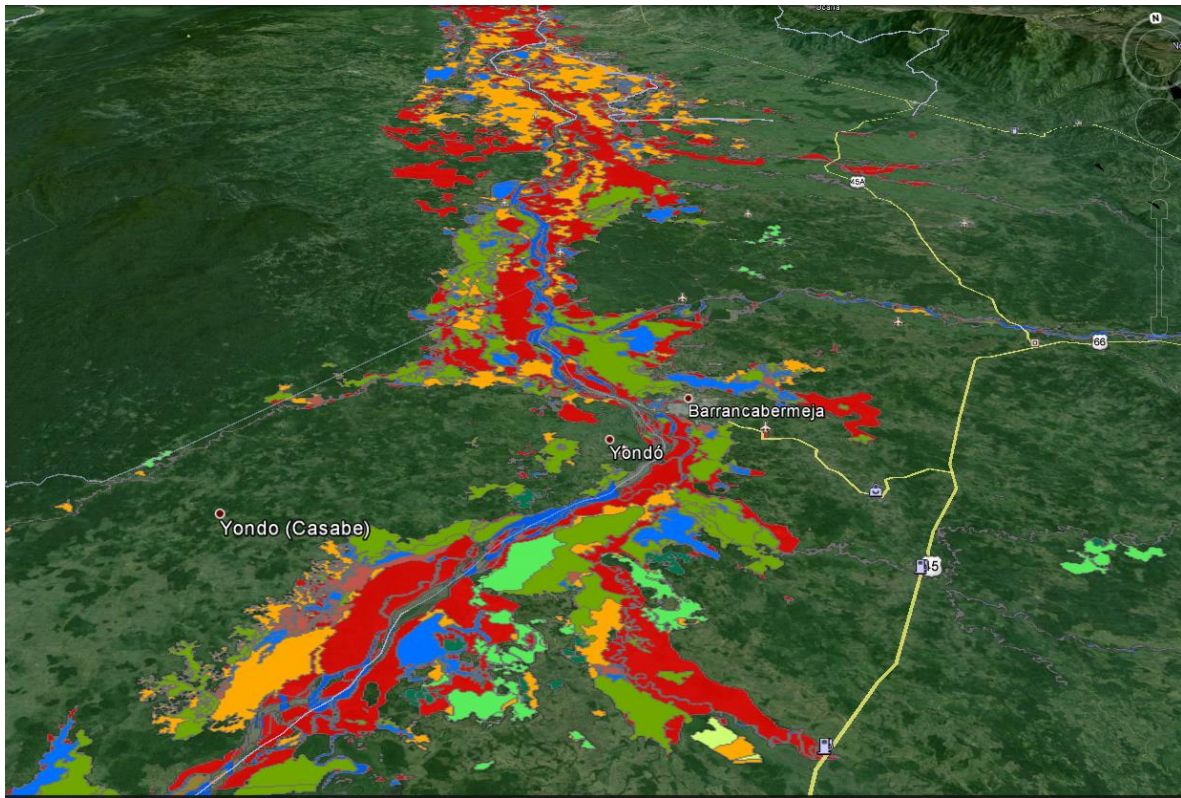
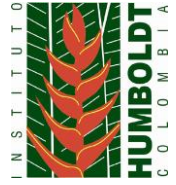


Figura 11. Modelo 3D *Google Earth* del Magdalena Medio, resaltando el área potencial de complejos de humedal. En colores azul cuerpos de agua, en verde coberturas vegetales, en rojo susceptibles a inundación y en naranja zonas inundables periódicamente. Elaboración propia.



LITERATURA CITADA

- Achkar, M., Blum, A., Brazeiro, A., Ceroni, M., Gutiérrez, O., Panario, D., & Rodríguez-gallego, L. (2012). Evaluación y mapeo de servicios ecosistémicos en Uruguay.
- Andrade, A., Rivera, M., Caicedo, D., Navarrete, F., & Camargo, L. (2002). *Política Nacional para Humedales interiores de Colombia* (p. 67). Bogotá D.C., Colombia.
- Armenteras, D., & Rodríguez, N. (2007). *Monitoreo de los ecosistemas andinos 1985-2005: síntesis y perspectivas* (p. 174). Bogotá D.C.
- Baigún. (2013). *Manual para la gestión ambiental de la pesca artesanal y las buenas prácticas pesqueras en la cuenca del río Paraná, Argentina*. (p. 90). Buenos Aires: Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales.
- Bailly, C., Benoit de Cognac, G., Malvos, C., Ningre, J. M., & Sarrailh, J. M. (1974). Etude de l'influence du couvert nature¹ et de ses modifications a Madagascar; experimentations en bassins versants elementaires. *Cahiers Scientifiques du Centre Technique Forestier Tropical*, 4, 1–114.
- Barral, M. P. (2013). Protocolo ECOSER para mapeo de servicios ecosistémicos . In *Taller de Intercambio de Experiencias en Mapeo de Servicios Ecosistémicos. 21 y 22 de Octubre* . Bogotá D.C.
- Brauman, K. a., Daily, G. C., Duarte, T. K., & Mooney, H. a. (2007). The Nature and Value of Ecosystem Services: An Overview Highlighting Hydrologic Services. *Annual Review of Environment and Resources*, 32(1), 67–98. doi:10.1146/annurev.energy.32.031306.102758
- Burkhard, B., Crossman, N., Nedkov, S., Petz, K., & Alkemade, R. (2013). Mapping and modelling ecosystem services for science, policy and practice. *Ecosystem Services*, 4(0), 1–3. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.04.005
- Burkhard, B., Kroll, F., & Müller, F. (2009). Landscapes' Capacities to Provide Ecosystem Services – a Concept for Land-Cover Based Assessments. *Landscape Online*, 15, 1–22. doi:10.3097/LO.200915
- Burkhard, B., Kroll, F., Nedkov, S., & Müller, F. (2012). Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators*, 21, 17–29. doi:10.1016/j.ecolind.2011.06.019
- Daily, G., Kareiva, P., Polasky, S., Ricketts, T., & Tallis, H. (2011). Mainstreaming natural capital into decisions. In *Natural Capital: theory and practice of mapping ecosystem services* (pp. 3–14).



Daily, G.C. (1997). *Nature's services*. California: Island Press.

Daily, Gretchen C, & Matson, P. a. (2008). Ecosystem services: from theory to implementation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(28), 9455–6. doi:10.1073/pnas.0804960105

Daily, Gretchen C, Polasky, S., Goldstein, J., Kareiva, P. M., Mooney, H. a, Pejchar, L., ... Shallenberger, R. (2009). Ecosystem services in decision making: time to deliver. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(1), 21–28. doi:10.1890/080025

De Groot, R. ., Stuij, M., Finlayson, M., & Davidson, M. (2007). *Valoración de humedales: lineamientos para valorar los beneficios derivados de los servicios de ecosistemas de humedales* (p. 58). Gland, Switzerland: RAMSAR.

Eigenbrod, F., Armsworth, P. R., Anderson, B. J., Heinemeyer, A., Gillings, S., Roy, D. B., ... Gaston, K. J. (2010). The impact of proxy-based methods on mapping the distribution of ecosystem services. *Journal of Applied Ecology*, 47(2), 377–385. doi:10.1111/j.1365-2664.2010.01777.x

Fondo FEN Colombia. (1998). *Una Aproximación de los Humedales en Colombia*. Bogotá D.C.

Franco-Vidal, L. (2013). Un Modelo Ecológico Conceptual del sistema de servicios ecosistémicos asociados a la pesquería del bagre rayado , *Pseudoplatystoma magdaleniatum*. In *Simposio de Valoración Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos*. 22 y 23 de mayo. Bogotá D.C.

García, M., Martín, B., Díaz, S., & Montes, C. (2011). Can ecosystem properties be fully translated into service values ? An economic valuation of aquatic plant services, 21(8), 3083–3103.

García-Nieto, A. P., García-Llorente, M., Iniesta-Arandia, I., & Martín-López, B. (2013). Mapping forest ecosystem services: From providing units to beneficiaries. *Ecosystem Services*, 4(0), 126–138. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.03.003

Haines-Young, R., & Potschin, M. (2010). *Proposal for a Common International Classification of Ecosystem Goods and Services (CICES) for Integrated Environmental and Economic Accounting* (p. 30). Nottingham.

Hansson, L.-A., Bronmark, C., Anders Nilsson, P., & Abjornsson, K. (2005). Conflicting demands on wetland ecosystem services: nutrient retention, biodiversity or both? *Freshwater Biology*, 50(4), 705–714. doi:10.1111/j.1365-2427.2005.01352.x

IAVH. (2004). *Mapa de Ecosistemas del Altiplano Cundiboyacense*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.



IDEAM. (2010). *Sistemas Morfogénicos del Territorio Colombiano. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.* (p. 252). Bogotá.

IDEAM, IGAC, CORMAGDALENA, SINCHI, & PARQUES NACIONALES. (2010). *Coberturas de la tierra, metodología CORINE Land Cover, escala 1:100.000.*

IDEAM, IGAC, IAvH, Invemar, I. S. e I. (2007). *Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Investiga* (p. 276). Bogotá.

Junk, W. . et al. (1989). The flood pulse concept in river-floodplain systems, 1, 110–127.

Kandziora, M., Burkhard, B., & Müller, F. (2013). Mapping provisioning ecosystem services at the local scale using data of varying spatial and temporal resolution. *Ecosystem Services*, 4(0), 47–59. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.04.001>

Kareiva, P., Tallis, H., Ricketts, T., Daily, G., & Polasky, S. (Eds.). (2011). *Natural capital: theory and practice of mapping ecosystem services.* New York: Oxford University Press.

Lasso, C., Agudelo, E., Jiménez-Segura, L., Ramírez-Gil, H., Morales-Betancourt, M., Ajiaco-Martínez, R., ... Sanabria, A. (2011). *I. Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia.* (C. Lasso, E. Agudelo, L. Jiménez-Segura, H. Ramírez-Gil, M. Morales-Betancourt, R. Ajiaco-Martínez, ... A. Sanabria, Eds.) (p. 715). Bogotá D.C.: Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).

Maes, J., Egoh, B., Willemsen, L., Liqueste, C., Vihervaara, P., Schägner, J. P., ... Bidoglio, G. (2012). Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. *Ecosystem Services*, 1(1), 31–39. doi:[10.1016/j.ecoser.2012.06.004](http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.06.004)

Maltby, E., & Acreman, M. (2011). Ecosystem services of wetlands : pathfinder for a new paradigm Ecosystem services of wetlands : pathfinder for a new paradigm, (May 2013), 37–41.

Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis* (p. 86). Washington, USA: World Resources Institute.

Minotti et al. (2013). *Regionalización del Corredor Fluvial Paraná-Paraguay. Regionalización* (p. 60). Buenos Aires.

Mubareka, S., Maes, J., Lavalle, C., & de Roo, A. (2013). Estimation of water requirements by livestock in Europe. *Ecosystem Services*, 4(0), 139–145. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.03.001>



Naidoo, R., Balmford, A., Costanza, R., Fisher, B., Green, R. E., Lehner, B., ... Ricketts, T. H. (2008). Global mapping of ecosystem services and conservation priorities. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(28), 9495–500. doi:10.1073/pnas.0707823105

Naranjo, L., Andrade, G., & Ponce de León, E. (1999). *Humedales Interiores de Colombia: Bases Técnicas para su Conservación y Uso Sostenible* (p. 80). Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Ministerio del Medio Ambiente.

Neiff, J.J., A. P. de N. y M. B. C. V. (2009). The role of vegetated areas on fish assemblage of the Parana River floodplain: effects of different hydrological conditions. *Neotropical Ichthyology*, 7, 1, 39–48.

Nelson, E., Mendoza, G., Regetz, J., Polasky, S., Tallis, H., Cameron, Dr., ... Shaw, Mr. (2009). Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(1), 4–11. doi:10.1890/080023

SADSN. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. (2013). *Inventario de los Humedales de Argentina. Sistemas de Paisajes de Humedales del Corredor Fluvial Paraná-Paraguay* (p. 381). Buenos Aires.

Schägnner, J. P., Brander, L., Maes, J., & Hartje, V. (2013). Mapping ecosystem services' values: Current practice and future prospects. *Ecosystem Services*, 4(0), 33–46. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.02.003

SEMARNAT Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2008). *Inventario Nacional de Humedales. Documento Estratégico Rector (DER)* (p. 56). México, D.F.: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Tardieu, L., Roussel, S., & Salles, J.-M. (2013). Assessing and mapping global climate regulation service loss induced by Terrestrial Transport Infrastructure construction. *Ecosystem Services*, 4(0), 73–81. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.02.007

Tong, C., Feagin, R. a., Lu, J., Zhang, X., Zhu, X., Wang, W., & He, W. (2007). Ecosystem service values and restoration in the urban Sanyang wetland of Wenzhou, China. *Ecological Engineering*, 29(3), 249–258. doi:10.1016/j.ecoleng.2006.03.002

Turner, R. K., Georgiou, S., & Fisher, B. (2008). *Valuing ecosystem services: the Case of Multi-functional Wetlands* (p. 240). Sterling, USA: Earthscan.

Vandewalle, M., Sykes, M., Harrison, P. A., Luck, G. W., Berry, P., Bugler, R., ... Zobel, M. (n.d.). *Review of concepts of dynamic ecosystems and their services* (p. 94).



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS

ALEXANDER VON HUMBOLDT



Welcomme, R. (2001). *Inland fisheries. Ecology and management. Fishing News Books. Blackwell.* (Oxford, Ed.) (p. 153).

Zedler, J. B., & Kercher, S. (2005). WETLAND RESOURCES: Status, Trends, Ecosystem Services, and Restorability. *Annual Review of Environment and Resources*, 30(1), 39–74. doi:10.1146/annurev.energy.30.050504.144248