

# Memorias



Sociedad Latinoamericana en  
Percepción Remota y Sistemas  
de Información Espacial  
Capítulo Colombia

**30**  
AÑOS

Medellín, Colombia  
29 de Septiembre al 3 de Octubre de 2014



# **Detección de cambios de las coberturas asociadas a complejos de humedales y su relación con el suministro de funciones y servicios ecosistémicos**

Leidy Johanna Arroyave Suárez<sup>1,2</sup>, Juliana Cepeda-Valencia<sup>3</sup>, María Helena Olaya-Rodríguez<sup>1,4</sup> y Luisa Fernanda Ricaurte<sup>1,5</sup>

<sup>1</sup> Investigadoras Laboratorio de Análisis Espaciales, Programa de Gestión de Información y Conocimiento, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Calle 28 A No.15-09, Bogotá D.C., Colombia

<sup>2</sup> larroyave@humboldt.org.co

<sup>3</sup> juliana.cepdav@gmail.com

<sup>4</sup> molaya@humboldt.org.co

<sup>5</sup> ricaurte.luisa@gmail.com

## **Resumen**

La transformación y pérdida de ecosistemas y hábitats representa el principal impulsor de cambio en humedales. El cambio en el uso del suelo, resultado de la intensificación de actividades humanas ha llevado a la pérdida irreversible de por lo menos la mitad del área de humedales del planeta. Esta dinámica afecta directamente la estructura de los humedales, con efectos en el mantenimiento de las funciones ecosistémicas (FE) y en el suministro potencial de servicios ecosistémicos (SE). La cuantificación del aumento y disminución de FE y SE no es fácil de determinar, por lo cual la información espacial relacionada con la cobertura de la tierra, resulta ser una valiosa aproximación para estimar dichas tendencias. En este estudio, realizado para los complejos de humedales localizados en las cuencas priorizadas por el Fondo Nacional de Adaptación<sup>1</sup>, debido a la emergencia invernal 2010-2011, se combinaron dos metodologías de análisis espacial: el análisis multitemporal para la detección de cambios de cobertura en los diferentes tipos de humedales y el mapeo de FE y SE a partir del conocimiento experto. Para el primer caso se usaron como insumos los dos mapas de Cobertura de la Tierra de Colombia a partir de la metodología *Corine Land Cover*<sup>2</sup> a escala 1:100.000 para los años 2002 y 2007, y se seleccionaron 25 clases de coberturas, de las cuales 9 corresponden a sistemas de humedales de interior, 5 a sistemas costeros y 2 a sistemas artificiales. Los cambios de las coberturas fueron calculados en términos de pérdidas, ganancias y persistencias, empleando el módulo *Land Change Modeler* del software IDRISI 17.0. Para el mapeo de FE y SE a partir del conocimiento de expertos se realizó un taller participativo en donde se diligenciaron encuestas semi-estructuradas y entrevistas a científicos y gestores ambientales nacionales e internacionales con conocimientos específicos en humedales. Con esta información se calcularon índices espaciales socio-ecológicos, que permitieron determinar la importancia ecológica de los humedales a partir de 23 FE y 22 SE. Los resultados sobre la detección de cambios de cobertura indicaron una pérdida total del 51.1% de humedales entre los años 2002 y 2007, debido a la implementación de pastos (52,27%) y de áreas de producción agrícola (27,39%). La mayor afectación se da principalmente en los humedales interiores, que a su vez presentan los mayores valores de importancia ecológica para el suministro de FE y SE de regulación y de provisión. Los humedales costeros, a pesar de su gran relevancia para el suministro de funciones y servicios culturales y de regulación, registraron cambios

---

<sup>1</sup> Atender la construcción, reconstrucción, recuperación y reactivación económica y social en las zonas afectadas por el fenómeno de la niña 2010 - 2011, con criterios de mitigación y prevención del riesgo

<sup>2</sup> Corine Land Cover en adelante CLC

menores, a excepción de los sedimentos expuestos en bajamar (89.4%). El método desarrollado permitió establecer a nivel nacional indicadores de estado de los humedales desde una perspectiva funcional y de servicios ecosistémicos, los cuales se podrán utilizar para el monitoreo de humedales y para la identificación de áreas prioritarias para la conservación.

**Palabras claves:** análisis espacial, funcionalidad ecosistémica, indicadores de estado, transformación y pérdida de ecosistemas y hábitats, vulnerabilidad

### **Abstract**

The transformation and loss of ecosystems and habitats is the main driver of change in wetlands. The change in land use resulting from the intensification of human activities has led to the irreversible loss of at least half the area of wetlands on the planet. This directly affects the dynamic structure of wetlands, effective in maintaining ecosystem functions (EF) and the potential supply of ecosystem services (ES). Quantification of the increase and decrease of EF and ES is not easy to determine, so the spatial information related to land cover, turns out to be a valuable approach to estimating these trends. The multitemporal analysis for detecting changes in different coverage types: In this study, conducted for wetland complexes located in watersheds prioritized by the Adaptation Fund due to the flood emergency 2010-2011, two methods of spatial analysis were combined wetland and mapping of FE and SE from expert knowledge. For the first case were used as inputs the two maps Land Cover of Colombia from the CORINE Land Cover methodology 1:100,000 scale for the years 2002 and 2007, and 25 cover classes were selected, of which 9 correspond to inland wetland systems, 5 to 2 to coastal systems and artificial systems. Changes in coverage were calculated in terms of gains, losses and persistence, using the Land Change Modeler module of IDRISI 17.0 software. For mapping EF and ES from the knowledge of experts in a participatory workshop where semi-structured interviews and interviews with national and international scientists with expertise in wetland environmental managers are required to fill out was performed. With this information, socio-ecological spatial indexes, which allowed determining the ecological importance of wetlands from 23 EF and 22 ES were calculated. The results on the detection of changes in coverage indicated a total loss of 51.1% of wetlands between 2002 and 2007 due to the implementation of pastures (52.27%) and agricultural production areas (27.39%). The most affected are mainly in inland wetlands, which in turn have higher values of ecological importance for the supply of FE and HE provision and regulation coastal wetlands, despite its great importance to the provision of services and functions and cultural adjustment, recorded minor changes, except for the sediments exposed at low tide (89.4%). The method developed allowed us to establish national indicators of wetland status from a functional perspective and ecosystem services, which may be used for monitoring wetlands and to identify priority areas for conservation.

**Keywords:** spatial analysis, ecosystem functionality, status indicators, transformation and loss of ecosystems and habitats, vulnerability

## Introducción

La conversión de la cobertura natural hacia otros usos del suelo es la principal causa de la pérdida de humedales a nivel global (Finlayson et al. 2005). Las grandes extensiones de complejos de humedales han sido deforestadas y desecadas para la expansión de la agricultura y el desarrollo de las ciudades, especialmente sobre los planos inundables de grandes ríos y sobre los complejos de lagunas y pantanos someros en los altiplanos y zonas costeras. En algunas zonas de Europa, Australia y Nueva Zelanda más del 50% de los humedales ya han desaparecido (MEA 2005), y se espera que el área de humedales disminuya considerablemente en Sur América y en el sur de Asia, donde actualmente se mantienen importantes extensiones de humedales (Prigent et al. 2012), pero también se pronostica un acelerado e intensivo crecimiento poblacional y económico (WTO 2012)

La transformación y pérdida de ecosistemas y hábitats, fue considerado por el MEA (2005) como uno de los motores de transformación de mayor impacto y velocidad ya que se calcula que desde 1950 más tierra fue transformada en sistemas agrícolas, que por ejemplo durante el siglo XVIII y la primera mitad del XIX juntos. Así mismo, este motor tiene un impacto directo en las variables esenciales de la biodiversidad (Pereira, 2013), por ejemplo, la abundancia y distribución de las especies, la composición de las comunidades biológicas, la estructura del ecosistema y su función.

Las coberturas de la tierra proporcionan información fundamental para diversos procesos y son una aproximación válida para delimitar los ecosistemas y posiblemente los hábitats, ya que, gracias a los sensores remotos se logra evidenciar en el espacio la vegetación. Además, el cambio en las coberturas del suelo ayuda a examinar dinámicas ambientales y a explorar las implicaciones de éstas a futuro bajo escenarios que eluden las observaciones in situ (CNRRLCM, 2013).

Muchos servicios y funciones ecosistémicas, están relacionados con el cambio de coberturas terrestres, el mantenimiento de condiciones adecuadas del suelo (profundidad, textura y contenido de materia orgánica) y de la cobertura vegetal tanto en las ecosistemas de montañas como a lo largo de los y humedales es fundamental para regular las inundaciones (Bravo de Guenni et al. 2005 citado por Balvanera P & Cotler H., 2007). El reemplazo de coberturas humedales y bosques debido a la expansión de la frontera agrícola genera dificultades puesto que el riego consume 70% del agua disponible y que el uso de fertilizantes y plaguicidas reduce su calidad; Los cambios en la cobertura vegetal disminuye la calidad de los suelo para regular el ciclo hidrológico. Por estas razones se hace importante el monitoreo de los cambios de coberturas ya que en términos generales, sistemas más diversos son más estables, es decir mucho más resilientes (Bravo de Guenni et al. 2005; Díaz et al. 2006 citado por Balvanera P & Cotler H., 2007).

## Metodología

Para la determinación de los cambios de coberturas en las 135 cuencas hidrográficas priorizadas en el país de acuerdo a su afectación por el fenómeno de la niña 2010-2011, se usaron los mapas de Coberturas terrestre *Corine Land Cover* para Colombia (escala 1:100.000, IDEAM 2010, elaborados para los años 2002-2007). Estos dos mapas fueron reclasificados usando el software ArcGis 10.1 en las clases que se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1.** Clases CLC coberturas y su reclasificación

Cobertura	Código reclasificación	Código CLC
Áreas agrícolas	1	2.1 2-2 2.4
Áreas mineras	2	1.3.1
Áreas naturales abiertas sin o con poca vegetación	3	3.3
Áreas urbanas	4	1.1- 1.2 -1.32 -1.4 3.1.1.1.2 - 3.1.2.1.2 - 3.1.1.2.2 - 3.1.2.2.2
Bosques inundables	5	3.1
Bosques	6	3.1
Bosques de galería	7	3.1.4

Posteriormente estas dos capas fueron rasterizadas y convertidas al formato nativo de IDRISI 17.0, en donde se usó el módulo *Land Change Modeler*. El algoritmo que este módulo usa está basado en matrices de análisis en cadena de Markov y la susceptibilidad de los mapas son obtenidos por regresión logística o con la herramienta de aprendizaje basada en instancias de similitud de medida (Eastman, 2009; Johnson, 2009; Pineda Jaimes et al, 2009 citado en Mas et al, 2014). *Land Change*

Cobertura	Código reclasificación	Código CLC
Canales y cuerpos de agua artificiales	8	5.1.3 -5.1.4
Estanques para acuicultura marina	9	5.2.3
Herbazal inundable	10	3.2.1.1.2
Infraestructura hidráulica	11	1.2.5
Lagunas lagos y ciénagas naturales	12	5.1.2
Lagunas costeras	13	5.2.1
Nubes	14	9.9
Pantanos costeros	15	4.2.1
Pastos	16	2.3
Playas costeras*	17	3.3.1.1
Playas de interior	18	
Ríos (50 m)	19	5.1.1
Salitrales	20	4.2.2
Sedimentos expuestos en bajamar	21	4.2.3
Turberas	22	4.1.2
Vegetación herbácea y arbustiva	23	3.2
Vegetación sobre cuerpos de agua	24	4.1.3
Zonas Pantanosas	25	4.1.1

\*No están contenidas en la clasificación original CLC, fueron separadas en este trabajo  
Fuente: Autores

*Modeler* ha sido usado para identificar las tendencias en cambios de usos y coberturas (Václavík y Rogan, 2009), la deforestación tropical (Koi y Murayama, 2010 citado en Mas et al, 2014), el crecimiento urbano (Aguéjda y Houet,

2008 citado en Mas et al, 2014), la erosión bajo diferentes escenarios de conservación (Gaspari et al., 2009 citado en Mas et al, 2014) y el modelado del hábitat (Gontier et al., 2009 citado en Mas et al, 2014). Finalmente se determinaron los cambios en las coberturas en términos

de pérdidas, ganancias y persistencias, se calculó el área de acuerdo a estos cambios en hectáreas, y estas se calificaron con un puntaje de 1- 5 de acuerdo al porcentaje de pérdida así < 20% (1); 20-40 % (2), 40-60 (3), 60-80 (4), > 80% (5). Subsiguientemente con esta calificación y de acuerdo al área y tipo de humedales contenida en cada subzona hidrográfica se realizó una ponderación, obteniendo un puntaje único de pérdida de cobertura húmeda por cada subzona hidrográfica, y un valor cualitativo asignado de la siguiente forma puntajes de 1-2 pérdidas bajas, 2-3 pérdidas medias, 3-4 pérdidas altas, > 4 pérdidas muy altas.

Las funciones ecosistémicas son definidas como “la capacidad de los ecosistemas para proveer bienes y servicios que satisfacen las necesidades humanas de forma directa e indirecta” (de Groot et al. 2002) y los servicios ecosistémicos se precisan como “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” (MADS 2012).

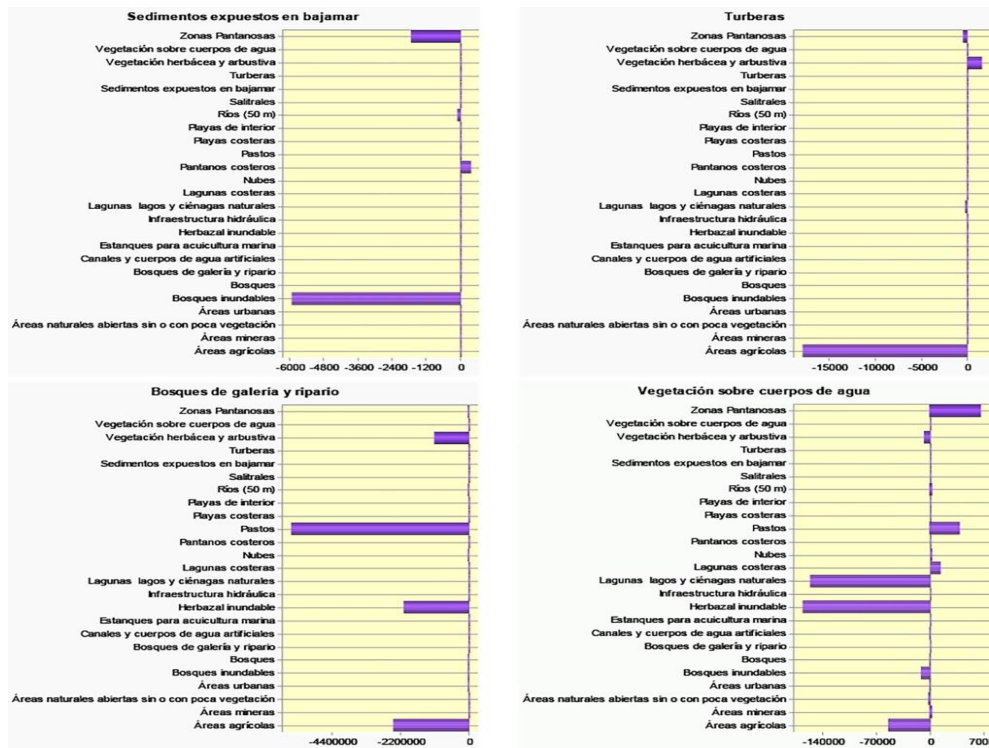
Para la valoración y mapeo de FE y SE, se utilizó el método de consulta a expertos, que es una técnica usada en el mapeo de FE y SE a nivel regional y nacional (Burkhard et al. 2009, Soutullo et al. 2012, Petter et al. 2013, Palomo et al. 2014) y además, fue la base metodológica para el análisis de los SE en el marco de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (Finlayson et al. 2005). Estos ejercicios se desarrollan principalmente a través de metodologías participativas como encuestas, entrevistas semiestructuradas, talleres participativos

y cartografía social (Chambers 1994, 2010, Palomo et al.2012).En este caso, se usó una matriz calificada por 40 expertos, en donde por cada tipo de humedal se calificó el suministro de 22 SE y la prestación de 23 FE en una escala de 1 a 5, siendo el 1 el puntaje más bajo, y 5 el más alto.

A partir de los valores obtenidos en las matrices de priorización y consenso, y de acuerdo a García-Nieto et al. (2013),Petter et al (2013) y Palomo et al (2014),se calcularon dos indicadores: Índice de suministro total de FE (STFE) e índice de suministro total de SE (STSE), Los índices STFE y STSE determinan la importancia relativa de las funciones y servicios, a través del suministro total de FE y SE de los humedales respectivamente. Estos índices fueron calculados a través del valor medio total de las 23 FE y los 22 SE por cada tipo de humedal.

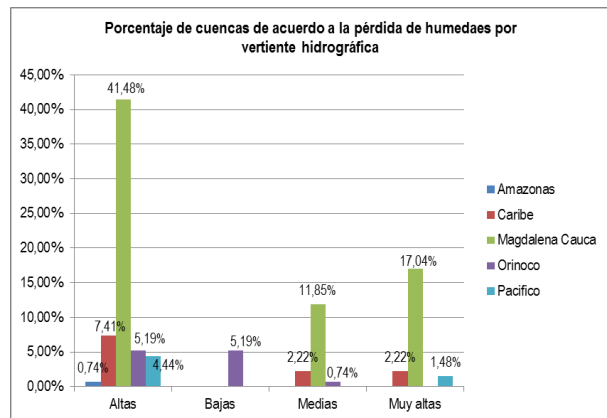
### **Resultados Cambios en el uso/cobertura de la tierra entre los años 2002 y 2007**

El análisis de cambio de cobertura en humedales, mostró una mayor pérdida en los siguientes tipos: Sedimentos expuestos en bajamar (89,35%), Turberas (83,63%), Bosques de galería y ripario (76,55%), Ríos (50 m) (64,71%) y la Vegetación sobre cuerpos de agua (54,39%), las pérdidas en estos tipos de humedales se debe principalmente a la expansión de pastos y áreas para la producción agrícola., destacando las turberas en donde el cambio de corresponden con una cobertura de herbazales (Figura 1)



**Figura 1.** Humedales con mayores pérdidas de cobertura.

Los resultados del estudio indican una alta pérdida de humedales en las cuencas hidrográficas localizadas en la región Andina, lo cual ha sido reiterado por estudios como el de (León 2013), en el que se reconoce que las cuencas hidrográficas de las regiones Andina y Caribe y sus humedales asociados, son a nivel de país, los sistemas más afectados por el desarrollo intensivo de la ganadería y la agricultura. Cabe resaltar que la cuenca del Orinoco es la única vertiente hidrográfica que presenta cuencas con valores de transformación bajos; sin embargo la mayor parte de las cuencas en esta región, presentan altos valores de transformación (Figura 2).

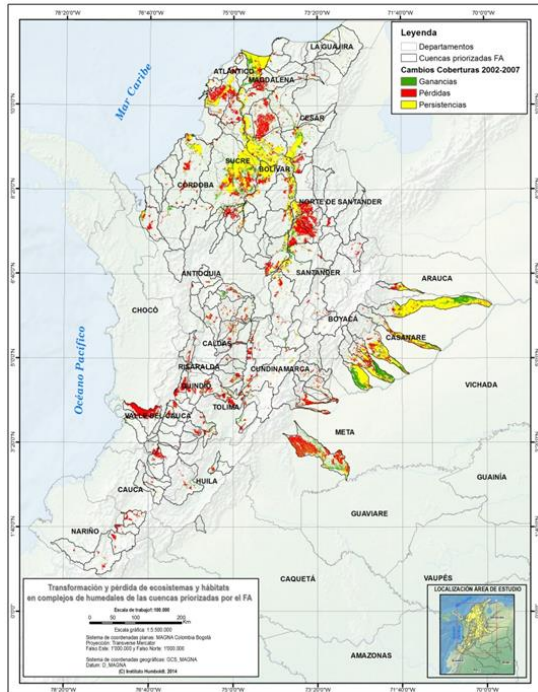


Del total de cuencas, el 80% presenta porcentajes de cambio de cobertura que varían entre muy altos y altos.

**Figura 2.** Pérdida de humedales de acuerdo a las vertientes hidrográficas.

Teniendo en cuenta las dinámicas del área de estudio y los resultados aquí obtenidos,

podría concluirse que existe una alta probabilidad de expansión de las actividades socio-económicas que promueven la transformación de los ecosistemas naturales. (Figura 3).

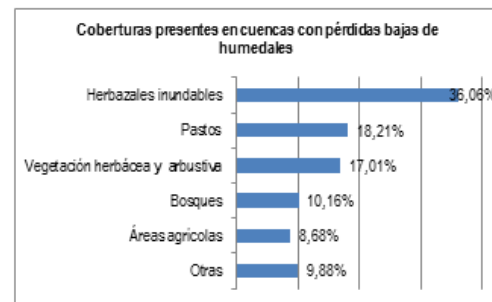
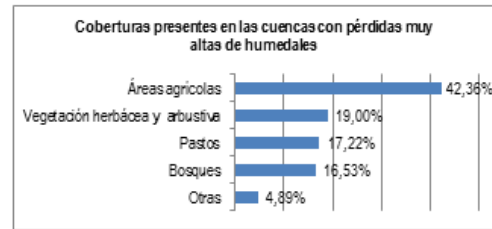


**Figura 3.** Mapa de Transformación de ecosistemas y hábitats en las cuencas priorizadas por el FA.

Es de resaltar el caso de la gran cuenca del Magdalena-Cauca que reporta el mayor porcentaje de cuencas con muy alta y alta transformación. Bajo estos análisis, se sigue evidenciando que la cuenca Magdalena-Cauca debe ser una prioridad en la gestión del territorio nacional, y que deben promoverse acciones para lograr la sustentabilidad de los ecosistemas de humedal.

Con respecto a los niveles de transformación de las cuencas, se encontró que en las cuenca con pérdidas bajas predominan los herbazales inundables (36.06%), mientras que para las cuencas con valores medios la

cobertura dominante son los pastos (37.74%) y para los niveles de transformación altos y muy altos prevalecen las áreas agrícolas con 31,95 % y 42,36 %, respectivamente. (Figura 4)



**Figura 4.** Tipo de coberturas presentes en las cuencas priorizadas de acuerdo a su porcentaje de pérdida de humedales

### Funciones Ecosistémicas

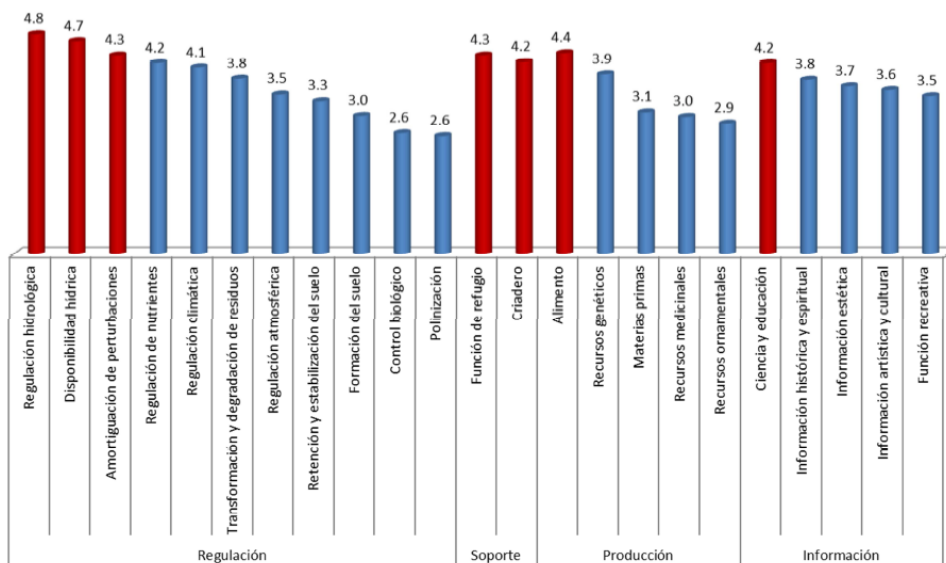
La evaluación de la primera matriz entregada a los 41 participantes, dónde se



evaluó de 1 a 5 el valor de importancia de las funciones ecosistémicas, reveló que la regulación hidrológica ( $\bar{x}= 4.8$ ), la disponibilidad hídrica ( $\bar{x}= 4.7$ ), el alimento ( $\bar{x}= 4.4$ ), la función de refugio y la amortiguación de perturbaciones ( $\bar{x}=4.3$ ), representan las funciones prioritarias para el conjunto total de los humedales. Así mismo, dentro de cada categoría de funciones se encontró que para las funciones de regulación la calificada con mayor valor de importancia fue la regulación hidrológica, para las de soporte fue la función de refugio, para las de producción fue el alimento y para las de información fue la ciencia y educación (Figura 4)

(FE=4.4), los bosques de galería y riparios (FE=4.3), las lagunas, lagos y ciénagas naturales (FE=4.3) y los ríos (FE=4.1). Por otra parte, los humedales costeros y artificiales presentaron valores de FE que oscilan entre 2.1 y 3.4 por otro lado los tipos de humedales con mayor número de FE (23) corresponden a los bosques inundables, bosques de galería y riparios, manglares, palmares y zonas pantanosas, mostrando una vez más la importancia de los humedales de interior.

Una vez asociadas las funciones ecosistémicas a los tipos de humedales, se observó que los humedales de interior presentan los mayores valores de FE, especialmente los bosques inundables



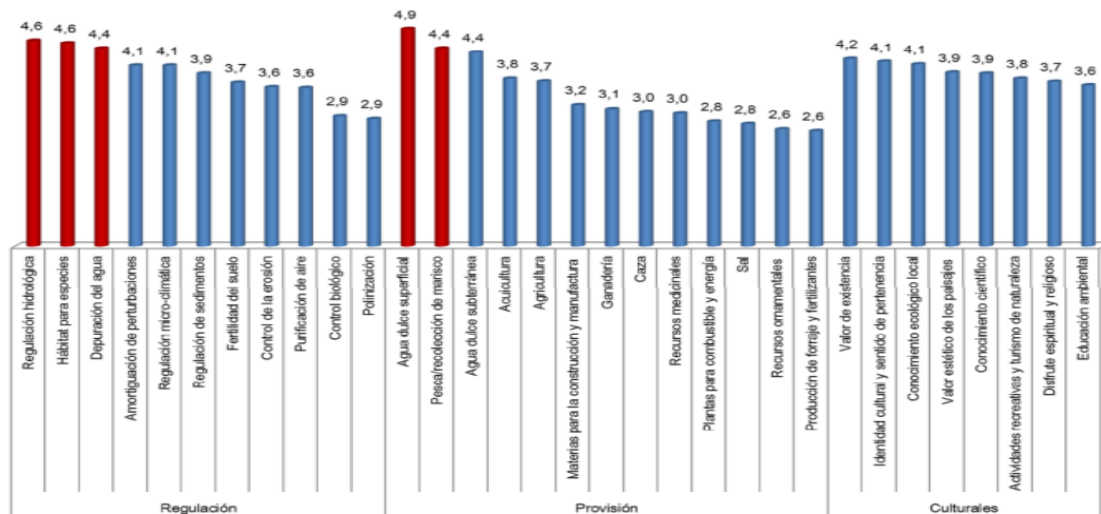
**Figura 5.** Valores promedio de la calificación de importancia de las FE para los complejos de humedales, derivados de las matrices de priorización trabajadas en el taller de expertos. Las barras en rojo corresponden a las FE con mayores valores de importancia.

especies ( $\bar{x}= 4.6$ ), la depuración del agua ( $\bar{x}= 4.4$ ) y la pesca/recolección de mariscos ( $\bar{x}= 4.4$ ). Así mismo, dentro de cada categoría de los servicios evaluados, la mayor importancia se presentó en la regulación hidrológica para los servicios de regulación, en la oferta de agua dulce superficial para los servicios de provisión y en el valor de existencia para los servicios culturales (Figura 6).

### Servicios ecosistémicos

Los resultados revelaron que los servicios ecosistémicos prioritarios por su importancia para el conjunto de humedales evaluados son el agua dulce superficial ( $\bar{x}= 4.9$ ), la regulación hidrológica ( $\bar{x}= 4.6$ ), el hábitat para

**Figura 6.** Valores promedio de la calificación de importancia de los SE para los complejos de humedales, obtenidos de las matrices de priorización trabajadas en el taller de expertos. Las barras en rojo corresponden a los SE con mayores valores de importancia.



La relación de los tipo de humedales respecto a los valores de SE fueron asignados a los humedales interiores con valores de 4.4, 4.2, 4.1 y 4.1 para lagunas, lagos y ciénagas naturales, ríos, bosques inundables y bosques de galería y riparios, mostrando nuevamente la importancia de los humedales de interior

La evaluación de la transformación y pérdida de ecosistemas y hábitats, muestra la gran presión de la expansión de la frontera agrícola sobre los ecosistemas de humedal.

Se encontró que la percepción y valoración por expertos concuerda con la definición de los humedales como ecosistemas estratégicos para el territorio colombiano. Dentro de las funciones que prestan estos ecosistemas, las más

### Conclusiones

importantes son las de regulación, especialmente en los humedales de interior. En este sentido, se considera que estos tipos de humedales son las unidades

### **Referencias bibliográficas**

Aguejda, R., Houet, T., 2008. Modeling of urban sprawl using the land changemodeller on a French metropolitan Area (Rennes): foresee the unpredictable. In: Symposium "Spatial Landscape Modelling: From Dynamic Approaches to Functional Evaluations" Toulouse 2008, June 3rd-5th (Abstract).

Balvanera P., Cotler H., 2007. Los servicios ecosistémicos y la toma de decisiones: retos y perspectivas

Bravo de Guenni, L., 2005. "Regulation of natural hazards floods and fires". In millennium ecosystem assessment . Vol1. Ecosystems and human well-being: Current state and trends findings of the conditions and trends working group. Washington. DC: Island Press.

Burkhard, B., F. Kroll, F. Müller, and W. Windhorst. 2009. Landscapes' capacities to provide ecosystem services—a concept for land-cover based assessments. *Landscape online* 15:22.

Chambers, R. 1994. The origins and practice of participatory rural appraisal. *World Development* 22:953-969.

Chambers, R. 2010. Paradigms, Poverty and Adaptive Pluralism, IDS Working Paper 344. Institute of Development Studies Brighton.

que potencialmente están suministrando los servicios de regulación más importantes el sistema socio-ecológico.

Committee on Needs and Research Requirements for Land Change Modeling. (2013). *Advancing Land Change Modeling: Opportunities and Research Requirements*. Ed. National Academy of Sciences

Diaz, S., Fargione J., Chapin F.S; Tilman, D (2006). Biodiversity loss threatens human well-being. *Plos Biology*. 4(8):13300-1305.

Eastman, R., 2009. *Idrisi Taiga, Guide to GIS and Image Processing, Manual Version 16.02*. Clark University, p. 342.

Finlayson, C. M., R. D'Cruz, and N. C. Davidson. 2005. Ecosystems and human well-being: wetlands and water. *Synthesis Millennium Ecosystem Assessment*. World Resources Institute, Washington, DC.

García-Nieto, A. P., M. García-Llorente, I. Iniesta-Arandia, and B. Martín-López. 2013. Mapping forest ecosystem services: From providing units to beneficiaries. *Ecosystem Services* 4:126-138

Gaspari, F.J., Delgado, M.I., Sensiterra, G.E., 2009. Simulación espacio-temporal de la erosión hídrica superficial en una cuenca serrana bonaerense. *Argentina. Geo- Focus* 9, 67e82.

Gontier, M., Mortberg, U., Balfors, B., 2009. Comparing GIS-based habitat models for applications in EIA and SEA.

Environ. Impact Assess. Rev. 30 (1), 8e18.

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.

Jean-François Mas, Melanie Kolb, Martin Paegelow, María Teresa Camacho Olmedo, Thomas Houet, 2014. Inductive pattern-based land use/cover change models: A comparison of four software packages, Environmental Modelling & Software, Volume 51, Pages 94-111, ISSN 1364-8152, <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2013.09.010>.

Jean-François Mas, Melanie Kolb, Martin Paegelow, María Teresa Camacho Olmedo, Thomas Houet, 2014. Inductive pattern-based land use/cover change models: A comparison of four software packages, Environmental Modelling & Software, Volume 51, Pages 94-111, ISSN [1364-8152](http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2013.09.010), <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2013.09.010>.

Johnson, S., 2009. An Evaluation of Land Change Modeler for ArcGIS for Ecological Analysis of Landscape composition Master of Science Department Of Geography-

Koi, D.D., Murayama, Y., 2010. Forecasting areas vulnerable to forest conversion in the Tam Dao National Park

Region, Vietnam. Remote Sens. 2, 1249 e1272.

MEA. 2005. Ecosystems and human well-being: a framework for assessment. Millenium Ecosystem Assessment, Island Press, Washington D.C.

León, T. 2013. La ciencia de los agroecosistemas - La perspectiva ambiental. Documento para optar al cargo de Profesor Titular de la Universidad Nacional de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Palomo, I., B. Martín-López, C. López-Santiago, and C. Montes. 2012. El Sistema Socio-ecológico de Doñana ante el Cambio Global: Planificación de Escenarios de Eco-futuro. Fundación Fernando González Bernaldez, Madrid.

Pereira, H., & al., e. (2013). Essential Biodiversity Variables. Science, 339(18 Enero 2013), 277-278 pp.

Petter, M., S. Mooney, S. M. Maynard, A. Davidson, M. Cox, and I. Horosak. 2013. A Methodology to Map Ecosystem Functions to Support Ecosystem Services Assessments. Ecology and Society 18.

Pineda Jaimes, N.B., Bosque Sendra, J., Gómez Delgado, M., Plata Rocha, W., 2009. Análisis de cambio de uso del suelo en el estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes, Una aproximación a los procesos de deforestación. Investig. Geogr. 69, 33e52.

Soutullo, A., L. Bartesaghi, M. Achkar, A. Blum, A. Brazeiro, M. Ceroni, O. Gutiérrez, D. Panario, and L. Rodríguez-Gallego. 2012. Evaluación y mapeo de servicios ecosistémicos de Uruguay. Informe Técnico. Convenio MGAP/PPR - CIEDUR/ Facultad de Ciencias/Vida Silvestre Uruguay/Sociedad Zoológica del Uruguay.20.

Václavík, T., Rogan, J., 2009. Identifying trends in land use/land cover changes in

the context of post-socialist transformation in central Europe: a case study of the greater Olomouc region, Czech Republic. GISci. RemoteSens. 46 (1), 54e76.

WTO ( World Trade organization),2012. Informe sobre el Comercio Mundial 2012.247 p