

MARCO CONCEPTUAL Y METODOLÓGICO PARA LA CONSTRUCCION DEL MAPA DE HUMEDALES DE COLOMBIA A ESCALA 1:100.000

Objeto: Este documento tiene la finalidad de presentar el marco conceptual y metodológico para la identificación y mapeo de los humedales de Colombia, a escala 1:100.00, en el marco del Convenio 13 -014 (FA . 005 de 2013), que suscribió El Instituto Humboldt con el Fondo Adaptación, con el objeto de “Aunar esfuerzos económicos, técnicos y administrativos entre EL FONDO y EL INSTITUTO para elaborar los insumos técnicos y una recomendación para la delimitación, por parte de EL MINISTERIO, de los 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).



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



GENERACIÓN DE INSUMOS TÉCNICOS PARA LOS PROCESOS DE DELIMITACIÓN DE HUMEDALES

MARCO CONCEPTUAL Y METODOLÓGICO PARA LA CONSTRUCCION DEL MAPA DE HUMEDALES DE COLOMBIA A ESCALA 1:100.000

Julio de 2014

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

REPÚBLICA DE COLOMBIA

JUAN MANUEL SANTOS CALDERÓN

Presidente de la República

FONDO DE ADAPTACIÓN

CARMEN ARÉVALO CORREA

Gerente General

ALFREDO MARTINEZ DELGADILLO

Subgerente Gestión del Riesgo

SONIA SILVA

ANDRÉS PARRA BELTRÁN

Área Medio Ambiente

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS

ALXANDER von HUMBOLDT

BRIGITTE BAPTISTE

Directora General Instituto Alexander von Humboldt

JERÓNIMO RODRIGUEZ

Subdirector de Servicios Científicos y Proyectos Especiales

SANDRA VILARDY

Coordinadora Componente de Humedales – UE

CARLOS A. FLÓREZ A.

Investigador Titular I, Líder componente SIG Proyecto Humedales – UE

Equipo SIG Proyecto Humedales – UE:

Lina Estupiñán - Investigador Asistente III

Cesar Aponte – Investigador Asistente III

Agradecimientos

Wveimar Samacá, Geógrafo – Equipo de trabajo SIG

Oscar Acevedo, Agrólogo – Equipo de trabajo SIG

Wilson Velásquez - Geógrafo



Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	4
2. MODELO CONCEPTUAL	6
2.1 CONTEXTO INTERNACIONAL	6
3. CONTEXTO NACIONAL.....	13
4. METODOLOGÍA.....	18
4.1 Mapas indicativos de humedad	19
4.2 Depuración de variables biofísicas	20
4.3 Geoformas asociadas a humedal	20
Suelos hidromórficos asociados a humedales	23
4.4 Coberturas: Corine Land Cover (CLC) y Cartografía base 1:100.000.....	26

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

4.5 Metodología de integración de variables biofísicas.....	29
5. RESULTADOS	31
5.1 Mapas indicativos de humedad (NDVI): MODIS (250 m/pixel).....	31
5.2 Mapa de humedales versión 0.1	32
5.3 Evaluación de resultados.....	33
5.4 Definición de escenarios	34
5.5 Mapa Versión 1.0	36
6. Perspectivas de análisis nacional	44
7. BIBLIOGRAFÍA	45
8. ANEXOS	48

1. INTRODUCCIÓN

A partir de la firma de la Convención Ramsar en el año 1971, las partes contratantes de la Convención, inician trabajos de identificación y clasificación de sus ecosistemas de humedal, con el fin de consolidarlos en inventarios que permitan el desarrollo de políticas de conservación y manejo de los humedales a nivel local, regional e internacional.

De esta forma, uno de los primeros trabajos enfocados hacia la identificación y clasificación de humedales es el de Cowardin et al. (1979), quien realiza un inventario de humedales para Norteamérica y una primera propuesta de clasificación de estos ecosistemas. Este trabajo se convirtió en un primer documento de referencia, que fue incorporado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos, lo incorpora en sus trabajos de levantamientos y caracterizaciones de cobertura y uso de la tierra. Desde el año 1999, la Convención Ramsar ha publicado manuales para el Inventario de

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

Humedales, con el fin de generar información básica y estandarizada que permitiera conocer las áreas y tipos de humedales de los países firmantes de la Convención; estos manuales generan una serie de iniciativas a nivel mundial (Secretaría Convención Ramsar, 2010a, 2010b). En este documento se analizan los trabajos de inventarios de humedales, desarrollados en USA, Australia, Europa, Argentina, México, Brasil, Chile y Colombia.

De manera general, estos trabajos abordan la identificación de humedales desde un enfoque de ecosistema potencial, con base en el análisis y la espacialización de variables de tipos de relieve – geoforma, suelos hidromórficos y coberturas asociadas a condiciones de humedad.

En Colombia se formuló la Política Nacional de Humedales en 2002 (MADS, 2002) producto de un proceso de análisis de varios documentos generados previamente por el Instituto Humboldt, en cabeza de Germán Andrade y Luis Germán Naranjo en (1998 y 1997); estos trabajos se consolidan en la Política Nacional de Humedales (MADS, 2002). Posteriormente, asociado a los eventos de inundación en el periodo de la Niña entre los años 2010 y 2011, el gobierno nacional crea el Fondo de Adaptación que tiene como misión 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. De ésta forma el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial (MADS), en conjunto con el Fondo de Adaptación encuentran una oportunidad de avanzar en las metas asociadas al Plan de Desarrollo (2010 – 2014, Ley 1450 de 2011), en cuanto a la delimitación de ecosistemas estratégicos, específicamente de humedales.

De ésta manera le encomienda al Instituto Humboldt, la tarea de generar los insumos técnicos asociados a la delimitación de los ecosistemas de humedal a nivel nacional. El Instituto, como entidad técnica vinculada al SINA, consiente de la complejidad del tema, determina construir el mapa de humedales de Colombia a escala 1:100.000, de manera conjunta con el IDEAM y el IGAC, como socios estratégicos para el desarrollo de ésta tarea.

Este documento tiene la finalidad de presentar el marco conceptual y metodológico para la identificación y mapeo de los humedales de Colombia, a escala 1:100.00, en el marco del Convenio 13 -014 (FA . 005 de 2013), que suscribió El Instituto Humboldt con el Fondo Adaptación, con el objeto de “Aunar esfuerzos económicos, técnicos y administrativos entre EL FONDO y EL INSTITUTO para elaborar los insumos técnicos y una recomendación para la delimitación, por parte de EL MINISTERIO, de los 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).

El mapa corresponde a la identificación de áreas potenciales de humedales, entendidas como aquellas áreas que funcionalmente tienen los atributos para ser un ecosistema de humedal, incluyendo las que se mantienen y las que se han transformado; a partir de la superposición espacial de criterios geomorfológicos, edafológicos y de coberturas de la tierra. Como resultado de éste proceso se identificaron áreas de humedal con potenciales de muy alto, alto, medio y bajo que

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

sumados ascienden a 31.343.720,2 ha correspondientes aproximadamente al 27 % del territorio nacional continental.

A partir de esta identificación es posible definir las acciones diferenciales entre las áreas potenciales de humedal para la zonificación y gestión de estos ecosistemas, tanto para la delimitación de las zonas correspondientes a la luz de la normatividad actual, como para la gestión del riesgo en las zonas restantes.

2. MODELO CONCEPTUAL

2.1 CONTEXTO INTERNACIONAL

Para el desarrollo metodológico del proceso de generación del mapa potencial de humedales de Colombia, se realizó la revisión de los procesos de identificación y mapeo de humedales realizado en otras partes del mundo, para realizar una comparación metodológica y enriquecer la metodología propuesta para el desarrollo del presente trabajo. A continuación se presenta una síntesis de las actividades de mapeo y SIG que han realizado diferentes países de América y Europa.

Los inventarios y avances en la clasificación de humedales desarrollado por la Convención Ramsar (Manuales 12 y 13, marco para el Inventario de Humedales (2007 y 2010) respectivamente ofrece un marco metodológico para acercarse a la identificación de los humedales de una determinada región (Secretaría de la Convención de Ramsar 2007, 2010b). Para el desarrollo de éste propósito Ramsar propone cuatro niveles de análisis, que se presentan a continuación (tabla 1):

Tabla 1. Descripción de cada uno de los niveles jerárquicos para el inventario de humedales (Basado en la Secretaría de la Convención de Ramsar 2007, 2010b)

NIVEL	DESCRIPCIÓN
1	Estudio teórico para describir los rasgos geológicos, climatológicos y ecológicos generales de cada región geográfica, utilizando información ya confrontada sobre geología, clima, hidrología y vegetación .
2	Estudio teórico para determinar complejos de humedales dentro de cada región geográfica, utilizando la información ya confrontada sobre geología, clima, hidrología y vegetación.
3	Trabajo de campo y análisis para determinar los rasgos físicos, fisicoquímicos y biológicos de los complejos de humedales dentro de cada región de humedal
4	Trabajo de campo y análisis detallados para describir los rasgos físicos, fisicoquímicos y biológicos de cada hábitat de humedal dentro de cada complejo de humedal

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

Estos cuatro niveles se asocian a niveles jerárquicos para el inventario de humedales. A continuación se presenta como se abordan las características de cada nivel jerárquico para cada escala espacial de análisis (Figura 1).

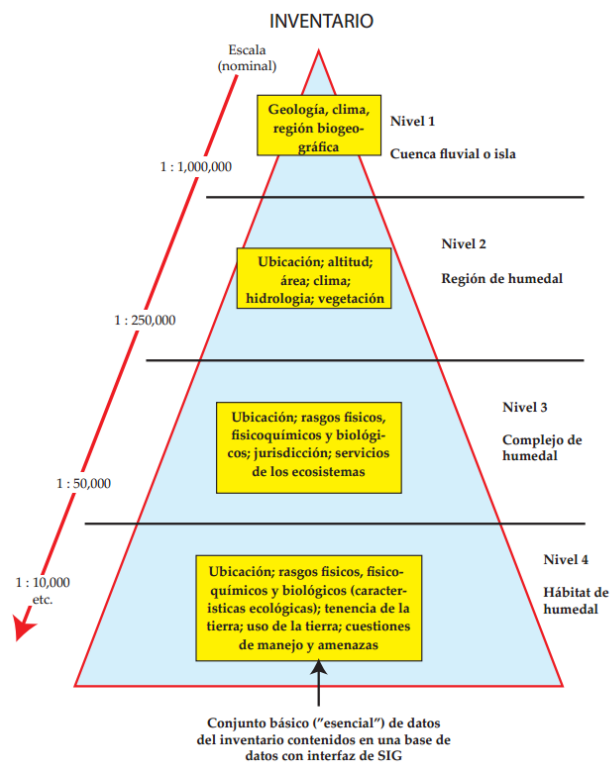


Figura 1. Representación espacial de cada uno de los niveles jerárquicos para realizar un inventario de humedales (Tomado de La Secretaria de la Convención Ramsar 2010b).

En su apéndice II. Determinación de los datos de teledetección más adecuados para un inventario de humedales, ofrece un esquema de procedimiento (Figura 2) para determinar la técnica de teledetección más apropiada para la identificación de humedales. En éste sentido define que es importante surtir cada uno de estos pasos metodológicos:

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

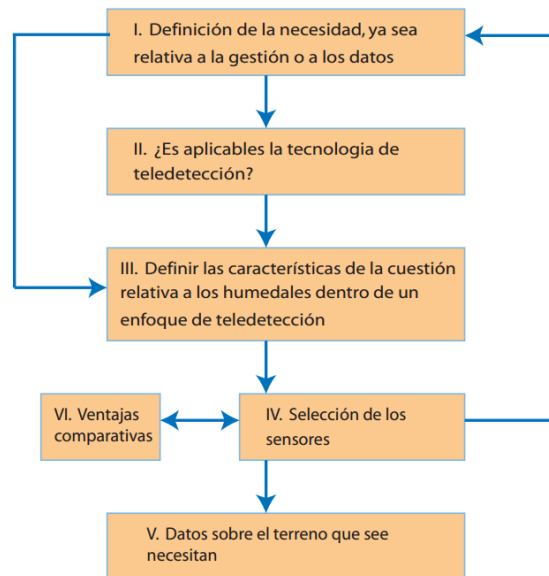


Figura 2. Modelo conceptual para la selección de sensores remotos (Tomado de Secretaria de la Convención Ramsar 2010a).

En los **Estados Unidos** se consolidó el trabajo de inventario de humedales, en el “Manual para la Delineación de Humedales”, desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, publicado en 1987 (Environmental Laboratory 1987). Este manual desarrolla el concepto de delineación, identificando áreas con potencial de humedal y ofrece a los usuarios lineamientos y metodologías para determinar cuándo un área es un humedal. El Manual define los humedales como áreas inundadas o saturadas por agua superficial o subterránea, donde prevalece vegetación típicamente adaptada a vivir en suelos bajo condiciones de saturación.

De ésta forma, el manual identifica la vegetación, los suelos y la hidrología (superficial y subterránea), como factores claves que intervienen en el diagnóstico de las características ambientales de un ecosistema de humedal.

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

Tabla 2. Resumen de los pasos metodológicos para la síntesis de la información.

Pasos	Descripción
1	Identificar el área del proyecto cartográficamente
2	Preparación de la cartografía base y determinación del área
3	Compilación de la información disponible de vegetación
4	Determinación del nivel de caracterización de la vegetación, para el área del proyecto
5	Compilación de la información disponible de suelos
6	Determinación del nivel de caracterización de los suelos, para el área del proyecto
7	Compilación de datos hidrológicos
8	Determinación del nivel de caracterización de la información hidrológica, para el área del proyecto

En **Queensland, Australia** se desarrolló un proceso de inventario y clasificación de humedales el cual, en el año de 2013 generó una serie de documentos que brindan lineamientos para el inventario y gestión de estos ecosistemas en diferentes regiones del planeta. En el documento: "Queensland Wetlands Programme Evaluation Final Report" (2009), se ofrece un marco metodológico de trabajo para el mapeo y la clasificación de humedales y parte de reconocer como requisito fundamental para el diseño de programas de manejo de éstos ecosistemas, la inclusión de información relacionada con el mapeo, distribución y clasificación de humedales a una escala apropiada, con suficiente detalle que permita implementar acciones de manejo (Environmental Protection Agency. 2005). En éste sentido la Agencia de Protección Ambiental de Australia presenta en éste documento los requerimientos de datos y pasos metodológicos usados para el mapeo y clasificación de humedales (Figura 4).

Tabla 3. Pasos metodológicos desarrollados en el proceso de inventario (Tomado de Environmental Protection Agency, 2005)

Pasos	Descripción
Paso 1	Reunir y procesar los datos
Paso 2	Desarrollar el mapeo de los cuerpos de agua y su clasificación: <ol style="list-style-type: none"> a. Combinar cuerpos de agua (imágenes de satélite, geodata y cuerpos de agua asociados a mapas de ecosistemas regionales) y aplicar los diferentes regímenes hidrológicos y los sistemas de clasificación preliminares. b. Asignar salinidad y diferentes pulsos hidrológicos locales c. Edición manual de cuerpos de agua
Paso 3	Ajustar y editar los productos cartográficos (limpieza y de cuerpos de agua, mapas de cuerpos de agua). Generación final de la cobertura de ecosistemas de humedal
Paso 4	Generación final del mapa de humedales. Combina: a. drenajes, b. cuerpos de agua, c. ecosistemas acuáticos y d. cartografía base
Paso 5	Validación y refinamiento del mapa a través de control, de calidad interno y paneles de expertos.

El programa de humedales de Queensland desarrolló una página de internet muy interesante en la cual se pueden consultar de manera interactiva, la clasificación y los mapas de humedales en un visor geográfico en internet.

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

En los países europeos se identifica, la iniciativa MedWet, que apoyada por Ramsar y la Unión Europea, publica el manual: “Mapeo de Humedales Utilizando Técnicas de Observación Aérea”, publicado en el año 2008 (Fitoka and Keramitsoglou, 2008). En este documento realizan una amplia presentación de las cooperaciones internacionales para el mapeo de humedales, entre las que se puede resaltar Global Monitoring and Environmental Services (GMES), la iniciativa ALOS Kyoto and Carbon en coordinación con EORC (JAXA) y el Centro de Investigación de la Unión Europea. Igualmente participan la Organización para la Comida y la Agricultura (FAO) y las Naciones Unidas a través del Panel Costero para el Sistema de Observación Terrestre (C-GTOS), el Instituto Internacional de Manejo de Aguas (IWMI) y el Sistema de Observación Global (GEOSS).

El documento de MedWet, presenta algunas de las ventajas que ofrece el trabajo con éste sensor para la identificación de humedales: a. Extensión y propiedades de humedales a nivel global, b. Monitoreo estacional para las regiones con presencia de mayores extensiones de humedales y c. Mapeo y monitoreo de tipos claves de humedales funcionales.

En **España** se ha desarrollado un importante proceso de implementación y ajuste del Manual de Inventarios Ramsar, el cual se consolidó en el Plan Andaluz de Humedales (Junta de Andalucía, 2002). En éste trabajo se definen las bases científicas para el desarrollo del Plan en el cual se identifican las características ecológicas más importantes que delimitan de una forma operativa los ecosistemas lacustres y palustres (Figura 3).

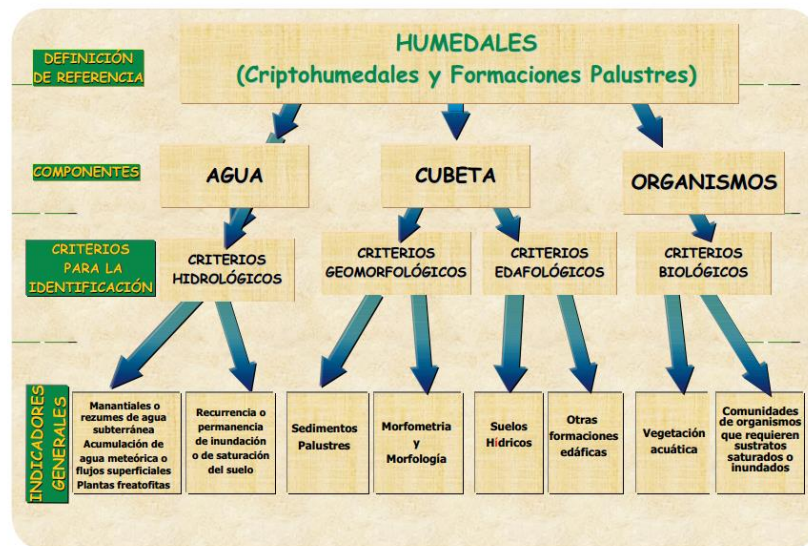


Figura 3. Características ecológicas más importantes a tener en cuenta en un proceso de delimitación. Tomado del Plan Andaluz de Humedales, 2002.

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

En la Figura 3 se observa claramente el enfoque jerárquico de los principales factores que intervienen en la integridad ecológica de los humedales. En este sentido se identifican los aspectos biológicos, como factores claves que intervienen en el origen genético funcional del humedal.

Factores como el clima y en especial la hidrología superficial y subterránea, las geformas y los suelos, son fundamentales en un proceso de identificación de humedales a escalas relacionadas con complejos de humedal (escala 1:100.000).

También se ha tomado como referencia el trabajo denominado Diseño del inventario Nacional de Humedales y el Seguimiento Ambiental, realizado en **Chile** por el Ministerio del medio Ambiente del Gobierno de Chile, desarrollado en el año de 2011 (MMA – Centro de Ecología Aplicada, 2011).

El diseño del inventario se basa en el procesamiento e interpretación de imágenes LandSat, con las cuales discriminaron vegetación asociada a condiciones de humedad y superficies de agua como lagos y lagunas.

Brasil no ha sido ajeno al proceso de inventario de humedales, desarrollado en 1994 por el Centro de Investigación en Humedales y Población Humana de Brasil, con el apoyo de la IUCN. Brasil cuenta con una gran cantidad de humedales de importancia tanto biológica como socioeconómica entre los que se resalta el Pantanal de Matogrosso. Aunque Brasil es parte firmante de la Convención Ramsar desde 1971, es solo hasta los años 90, donde por el apoyo de la UICN, representada por el Centro de Investigación en Humedales y Población Humana de Brasil de la Universidad de Sao Pablo, Brasil comienza el proceso de inventario de los ecosistemas de humedal de su país. Este trabajo se convirtió en un primer insumo para obtener datos preliminares de los humedales que permitieran su evaluación ecológica y de sus valores económicos con el fin de ajustar medidas de manejo y uso sostenible.

A continuación se presenta una descripción de los métodos utilizados en el inventario de Brasil: El trabajo se basa en la recopilación de información secundaria siguiendo los lineamientos del Directorio Neotropical de Humedales, publicado en 1986. El inventario comprende 51 complejos de humedal, que suman un total de 108 millones de hectáreas. Los mapas fueron desarrollados por el Instituto de Geografía y Estadística de Brasil, utilizando como fuente principal la información del proyecto “Radambrasil” producida en 1973 por el Ministerio de Minas y Energía de Brasil. El trabajo final se realizó a través de la integración multi-diciplinaria de mapas con base en la interpretación de imágenes de radar y de imágenes provenientes de sensores pasivos.

Las temáticas cubiertas por el estudio hicieron énfasis en la integración de información de geología, geomorfología, pedología, vegetación y usos potenciales de la tierra, acompañado de trabajo de campo intensivo, con el fin de corroborar la información cartográfica.

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

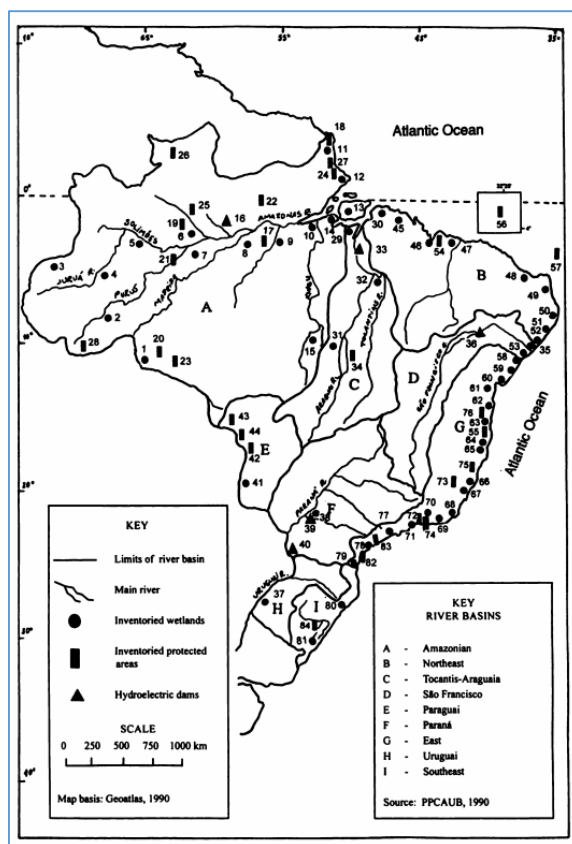


Figura 4. Mapa de identificación de humedales de Brasil

El contexto internacional a partir de los procesos estudiados se puede sintetizar de la siguiente forma:

Tabla 4. Cuadro comparativo de los principales enfoques metodológicos utilizados para el desarrollo de inventarios de humedales

País – Entidad	Enfoque metodológico
Ramsar	Desarrolla un manual donde se definen los principales pasos metodológicos
	El inventario comprende el abordaje desde diferentes niveles jerárquicos con sus respectivas escalas de análisis espacial y temporal
	Propone criterios a tener en cuenta para la identificación del sensor más adecuado para la utilización de imágenes de satélite
USA	Desarrolla pasos metodológicos que involucran la compilación y análisis de información relacionada con vegetación, suelos e hidrología.
	Cuentan con gran cantidad de información disponible para todo el país
	Proponen una metodología para trabajar con información secundaria y solo se incorpora información primaria en casos especiales

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

AUSTRALIA	Define pasos metodológicos claramente diferenciables Desarrollan interpretación de imágenes de sensores remotos que integran con cuerpos de agua de la cartografía base y con ecosistemas acuáticos
MEDWET	Parte de la identificación de una cuenca de interés Se destaca la fuerte cooperación internacional para la captura e incorporación de información de sensores remotos
ESPAÑA – Andalucía	Desarrollan un modelo conceptual para la determinación de la integridad ecológica de los ecosistemas de humedal Construyen un enfoque multicriterio para la identificación de humedales con base en criterios hidrológicos, geomorfológicos, edafológicos y biológicos
CHILE	Desarrollan el inventario nacional de humedales con base en: <ul style="list-style-type: none"> a. Catastro de humedales con base en la interpretación de imágenes Landsat b. Evaluación del estado ambiental de los humedales c. Diseño de un sistema ambiental de humedales, con base en indicadores Incorporan la construcción y análisis de índices de vegetación y de humedad, para la identificación de humedales
BRASIL	Desarrollo del inventario con base en la integración multidisciplinaria de mapas construidos a partir de la interpretación de imágenes de sensores pasivos y activos (radar). Integración de la información de geología, geomorfología, pedología, vegetación y uso potencial de la tierra.

Con la revisión de estos documentos se concluye:

- La mayoría de los inventarios desarrollados, se han basado en la incorporación de criterios biofísicos, para la identificación de éstos ecosistemas a escalas de análisis de complejos de humedal (1:100.000).
- Estos criterios se basan en la integración de información geomorfológica, edafológica, hidrológica y vegetación.
- Se resalta el uso de imágenes de sensores remotos para el análisis de información de amplias escalas espaciales y temporales, que permitan la identificación no solo de espejos de agua, sino de áreas con suelos saturados de agua que soporten vegetación adaptada a vivir en condiciones de humedad.
- Se destacan las ventajas de los SIG, como herramientas que permiten la incorporación, análisis y almacenamiento de información espacial de diversas escalas.

3. CONTEXTO NACIONAL

En relación a los avances a nivel nacional en la identificación de humedales de Colombia, Marín R. (1992), presenta una primera identificación de ambientes acuáticos (pantanos, ciénagas, lagunas,

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

lagos y embalses) con un total de 2.649.312 ha. De manera posterior existe una segunda aproximación desarrollada por Naranjo (1997), en la que identificó los principales complejos para cada una de las cinco grandes regiones hidrográficas. Estos grandes complejos se presentan a continuación en la (figura 5).

Este trabajo se recoge posteriormente en un trabajo colaborativo entre varios autores liderados por German Andrade y Luis Germán Naranjo, con la participación de varios consultores, el Ministerio de Medio Ambiente y el Instituto Humboldt, en el año de 1999. En éste trabajo a escala 1:1.500.000, se identificaron 27 complejos a nivel nacional donde se resalta la importancia de la región caribe con el 71% de las áreas de humedal identificadas destacándose la Región Momposina, el Magdalena Medio y las áreas de humedales asociadas al Río Atrato, con un área total de (figura 6).

En este documento se presenta un área total de ecosistemas de humedal de 20.252.500 hectáreas, representados por lagos, pantanos y turberas, ciénagas, llanuras y bosques inundados; excluyendo los marinos y costeros. Sin embargo en el documento no es explícito el modelo cartográfico y los insumos utilizados en éste trabajo.

Esta información es incorporada en la publicación realizada por el Ministerio del medio Ambiente y el Instituto Humboldt en el año de 1999, denominada “Humedales interiores de Colombia. Bases técnicas para su Conservación y Uso Sostenible”. Este documento se convirtió en el marco conceptual y técnico para el desarrollo de la Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia. Estrategias para su Conservación y Uso Sostenible, publicada en el año 2002, por el Ministerio del Medio Ambiente.

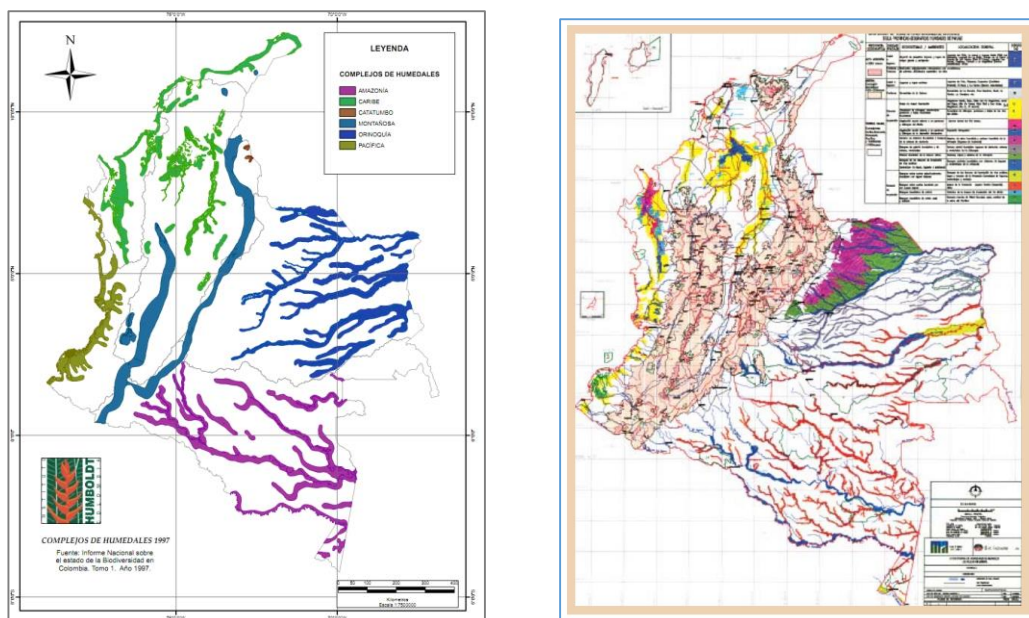


Figura 5 y 6. Complejos de humedales a nivel nacional, identificados en el trabajo de Naranjo (1997). Complejos de humedales identificados en la Política Nacional de Humedales (2002).

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

En el 2011, la Contraloría General de la República publica el informe “Estado de los Recursos Naturales y del Ambiente para los años 2010 – 2011” en el cual hace una revisión sobre el estado de los humedales del país, con énfasis en la evaluación de la ejecución de la Política de humedales publicada en el año 2002 (Contraloría General de la República, 2011).

En cuanto a un inventario nacional de humedales, después del trabajo desarrollado por el MAVDT y el Instituto Humboldt (1999), se encuentra un primer intento realizado por las CAR, en el marco de un curso de manejo de estos cuerpos de agua en el año 2000 convocado por el MAVDT. En el año 2009 el MAVDT intentó avanzar en el inventario de estos ecosistemas a través de solicitudes de información a las CAR sobre los humedales presentes en cada una de sus jurisdicciones. Como resultado de éste ejercicio, se evidenció que el 22% de las entidades no diligenciaron la información requerida, con una gran disparidad en la documentación suministrada por las CAR que realizaron el ejercicio.

Con base en los resultados de éste primer inventario el MAVDT manifiesta que la extensión de humedales de Colombia es de 3.019.965 ha y en un resumen ejecutivo del “Proyecto apoyo, manejo, ordenación y Restauración de Ecosistemas” Realizado por el seguimiento a proyectos de inversión (SIP), se comenta que para el año 2009, Colombia contaba con 2.645.574 Ha de humedales. Con lo anterior se refleja el alto grado de incertidumbre con que cuenta el país sobre las áreas reales cubiertas por este tipo de ecosistemas.

De manera general, el informe de la Contraloría presenta que las actividades de identificación y caracterización de humedales, con fines de consolidar un inventario nacional de humedales, presenta un atraso significativo, a excepción de algunos casos particulares.

Se resaltan los avances realizados por el IDEAM en el año 2001 en el estudio denominado “Estudio de cuerpos de agua”, el cual se refinó e incorporó en el Mapa Nacional de Ecosistemas, a escala 1:500.000 en el año de 2007. Estos trabajos identificaron un total 12,4 millones de hectáreas, relacionadas con ecosistemas acuáticos.

En conclusión, se puede observar que no hay un área de humedales nacional que sea consistente en los diferentes estudios y que es necesario avanzar en esta meta que le permita a los tomadores de decisiones, saber de forma más detallada las áreas y tipos de humedales existentes a nivel nacional. En la tabla 5 se puede observar las diferencias en las cantidades de ecosistemas asociados a humedales.

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

Tabla 5. Cuadro comparativo de áreas de ecosistemas de humedal de diversos estudios

Región	NARANJO (1997)	MARIN (1992)	IDEAM		Zona Hidrográfica
			Línea Base (2001)	Ecosistemas (2007)	
Amazonía	6.485.369	440.660	2.106.912	387.571	Amazonas
Caribe	4.476.214	335.212	964.155	399.441	Caribe
Montañoso	5.649.713	453.498	1.685.270	1.215.357	Magdalena
Orinoquía	7.585.482	1.320.614	7.026.917	704.740	Orinoquia
Pacífica	2.169.256	99.329	467.358	297.230	Pacífico
Catatumbo	56.334				
TOTAL (Ha)	26.422.367	2.649.312	12.250.612	3.004.340	

Con la expedición del Plan de Desarrollo (2010 - 2014), se inicia un proceso de delimitación de ecosistemas estratégicos, con base en el Capítulo 5, Artículo 202 de la Ley 1450 de 2011, que hace referencia a la delimitación a escala 1:25.000 de los páramos y humedales del país. En éste sentido, el Instituto Humboldt, en el marco del Convenio con el Fondo de Adaptación (13 - 014), se comprometió a desarrollar el mapa de humedales de Colombia a escala 1:100.000, como una escala de análisis intermedia, que permita conocer con mayor certeza las áreas y tipos de humedales que hay en el país y ofrezca lineamientos técnicos para los procesos de delimitación a escala 1:25.000, que desarrollen las Corporaciones Autónomas Regionales.

Una vez revisado el contexto internacional y nacional en cuanto a la construcción de mapas nacionales de humedales, se observa que de manera genera estos estudios, se abordan desde un enfoque jerárquico, integrando componentes biofísicos como geomorfología, suelos, cobertura e hidrología para la identificación de áreas potenciales de humedal.

Para abordar ésta tarea, el Instituto construyó una definición de humedal, acorde con la definición de RAMSAR, que permitiera plasmarla de manera cartográfica en el mapa nacional de humedales a escala 1:100.000. La definición es la siguiente *“Tipo de ecosistema que debido a condiciones geomorfológicas e hidrológicas permite la acumulación de agua (temporal o permanentemente) y que da lugar a un tipo característico de suelo y a organismos adaptados a éstas condiciones”*. De ésta manera el trabajo se centró en la depuración espacial de variables biofísicas asociadas a condiciones de humedad como son las geoformas, los suelos hidromórficos, las coberturas asociadas a condiciones de humedad y las condiciones hidrológicas del área.

Se analizó la identificación de humedales en el marco del concepto de ecosistema potencial, es decir un ecosistema que puede desarrollarse de manera estable y sostenible bajo condiciones climáticas y edáficas particulares, bajo el supuesto de no haberse producido transformaciones artificiales en el medio. Es decir, este mapa no es la fotografía de los humedales actuales sino de las zonas que tienen potencial de ser humedales; una vez se realice el análisis de transformación se podrán determinar

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

grados de intervención sobre las áreas potenciales identificadas, sobre las cuales la gestión se deberá realizar de manera diferencial.

El concepto de ecosistema potencial, es similar al de “vegetación potencial”, que según Rivas-Martínez (1987) se entiende como la comunidad estable que existiría en un área dada como consecuencia de la sucesión geobotánica progresiva si el hombre dejase de influir y alterar los ecosistemas vegetales. El enfoque de ecosistema potencial permite la identificación y mapeo de áreas con diferentes rangos de potencialidad, sobre los que posteriormente se pueden analizar procesos de transformación y brindar directrices diferenciadas de manejo de éstos ecosistemas.

En el marco de éste proceso, la identificación de áreas potenciales de humedal se construyeron con base en la integración espacial de variables biofísicas asociadas a humedad (geoformas, condiciones hidrológicas, suelos hidromórficos, y coberturas asociadas a humedal). En los procesos de gestión integral de humedales, es fundamental identificar el área potencial de humedal, ya que permite definir el límite funcional del humedal, que promueva el mantenimiento de la integridad socioecosistémica del humedal. En procesos como el de delimitación de humedales, se propone la identificación del límite funcional, y luego analizar los criterios para la toma de decisiones e implicaciones asociadas a diferentes niveles de potencial de humedal, con el fin de aportar con elementos para una gestión diferenciada según el estado del humedal y a realizar una zonificación con regímenes de uso acordes a cada potencial identificado (figura 7).



Figura 7. Variables biofísicas utilizadas para la identificación de áreas potenciales de humedal.

A continuación se presenta la metodología implementada para la construcción del mapa, desarrollada a partir de la generación de mapas indicativos de humedal, depuración e integración de variables biofísicas, construcción de escenarios y edición del mapa final potencial de humedales para Colombia a escala 1:100.000.

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

4. METODOLOGÍA

Inicialmente se realizó una revisión, análisis y consolidación de información secundaria necesaria para la elaboración del mapa potencial de humedales. Simultáneamente, se generaron espacios como el Taller de Expertos (Bogotá 26 y 27 de agosto de 2013) y La Mesa de Aspectos Físicos en el Simposio de Humedales (Barranquilla 18, 19 y 20 de septiembre de 2013) para definir los criterios base para la construcción del mapa y se enriqueció el marco conceptual y metodológico del mapa en colaboración con académicos de diferentes universidades del país.

La metodología utilizada para la construcción del mapa se centra en la depuración y consolidación de variables biofísicas asociadas a humedal y su integración espacial para la identificación de potenciales de humedad a nivel nacional. El trabajo se aborda conceptualmente desde un enfoque jerárquico, donde los rasgos geomorfológicos, hidrológicos, edafológicos y de coberturas, son los criterios base en la elaboración del mapa 1:100.000 como lo explica Klinj and Udo de Haes (1994).

El modelo cuenta con un enfoque multiescalar, incorporando información secundaria de mapas temáticos nacionales a escalas inferiores a la 1:100.000, imágenes satelitales de baja resolución espacial pero alta resolución temporal (MODIS) y viceversa (imágenes de alta resolución espacial y baja resolución temporal). Este enfoque multiescalar se caracteriza por ser un proceso de agregación, integración y articulación de información (Secretaria de la Convención Ramsar, 2010b) que tiene como meta (i) incorporar la información disponible a nivel nacional para lograr una mejor representación de los humedales y (ii) la representación de su dinámica espacial – temporal (figura 9).

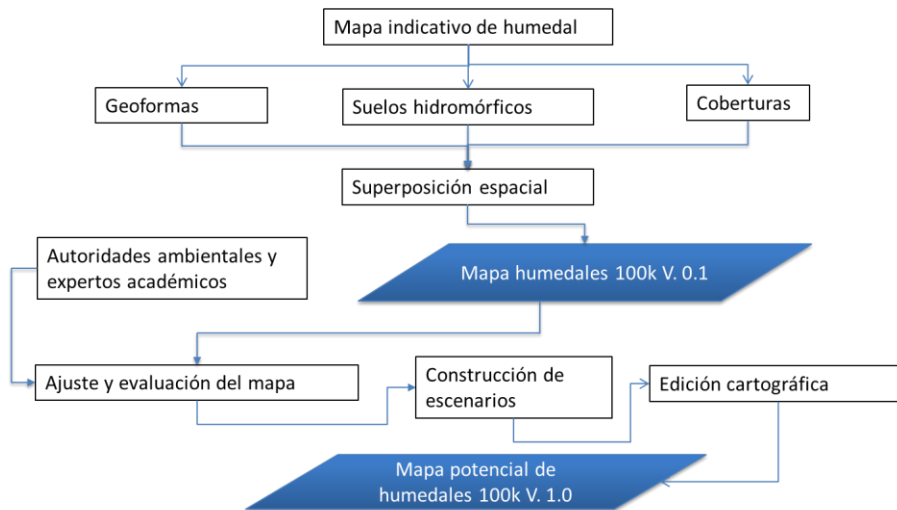


Figura 9. Modelo conceptual y cartográfico diseñado e implementado para la construcción del mapa de humedales 1:100.000

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

Cabe aclarar que humedales pequeños, no serán visibles en el mapa debido a que la unidad mínima mapeable a escala 1:100.000 es 25 ha (Saliechiev 1989), Tabla 10. Estos humedales son comunes en las zonas montañosas, están conectados entre ellos y ofrecen varios servicios ecosistémicos como zonas de producción de agua en el caso de los páramos, amortiguación del caudal hídrico, control de sedimentos, embalses, entre otros. Estos humedales han sufrido una alta transformación debido a obras de infraestructura como los embalses y actividades agrícolas (Naranjo et. al, 1997, Naranjo et. al, 1999).

Tabla 6. Unidad Mínima Cartográfica (UMC)

Escala de trabajo	1 mm. = x m.	UMC (4 x 4 mm.) m ₂
1 : 1.000	1	16
1 : 5.000	5	400
1 : 10.000	10	1600
1 : 25.000	25	10000
1 : 50.000	50	40000
1 : 100.000	100	160000

4.1 Mapas indicativos de humedad

El uso de sensores remotos tiene como objetivo conocer la dinámica espacial y temporal de los humedales y crear una línea base para la identificación y monitoreo de humedales. Esta línea de análisis espacial incluye el análisis de información de sensores remotos pasivos como las imágenes ópticas y sensores activos como el radar considerándolas productos complementarios, asociados principalmente con la identificación de frecuencias de inundación, asociadas a los principales complejos de humedal.

Para la implementación de ésta línea de análisis espacial relacionada con sensores remotos, se construyó un mapa indicativo de humedales, el cual parte del análisis espacial de imágenes multitemporales MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectoradiometer), y la implementación de índices de vegetación con base en sus propiedades de reflectancia. El análisis multitemporal de imágenes MODIS brindó un primer acercamiento a la identificación, localización y dinámica temporal de los humedales. La serie de datos se imágenes MODIS disponible para el país inicia en el año 2000 hasta la actualidad y cada imagen es el producto de una composición de 16 días las cuales han sido

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

corregidas de artefactos atmosféricos (U.S. Geological Survey 2011). El tamaño del pixel es de 250m para el índice normalizado de vegetación (NDVI), el índice mejorado de vegetación (EVI) y las bandas espectrofotométricas usadas en la transformación Tasseled Cap (TC).

En el marco de este proyecto, se construyó un primer mapa con imágenes MODIS, que tiene como objetivo brindar una primera mirada nacional a los humedales a partir de sensores remotos y la detección de áreas complejas que requieren una mayor atención. Aunque la resolución espacial de este estudio es baja, se ve compensada por la alta resolución temporal, la cual brinda información de la dinámica de los humedales y tiempos de ocurrencia de los pulsos de inundación (de Bie et al., 2011, Ali et al., 2013).

4.2 Depuración de variables biofísicas

4.3 Geoformas asociadas a humedal

En cuanto a los criterios geomorfológicos que identifican y clasifican los humedales, se propone un abordaje teórico basado en el concepto de Sistemas Morfogénicos (Tricart, 1977), los cuales son un conjunto de procesos interdependientes que generan un modelado en específico en un espacio determinado. Este concepto permite un enfoque abierto y multidisciplinario, ya que relaciona factores (atributos del sistema) con los procesos naturales y las formas de ocupación antrópica.

Dentro de los componentes del sistema biofísico, se seleccionan algunos atributos básicos que se interrelacionan y contribuyen a formar los criterios de delimitación y clasificación de humedales. Los atributos son definidos a continuación:

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

Tabla 7. Atributos de sistemas morfogénicos asociados a la identificación de humedales

Componente	Descripción
Relieves	Se entiende como el conjunto de formas resultantes de la dinámica interna de la Tierra; se define como un concepto estructural (punto de vista geológico) en el cual se diferencia la litología y la tectónica (IDEAM, 2010).
Modelados	Es el conjunto de formas y formaciones superficiales resultantes de procesos ligados a la dinámica externa (Tricart, Op. Cit.).
Formaciones Superficiales	Para los humedales y complejos de humedales reconocidos en el territorio colombiano, la mayoría de formaciones superficiales son poco consolidadas y conformadas por procesos de transporte y acumulación.
Suelos	Está formado por la acción conjunta de factores climáticos y la interacción de organismos como plantas y animales, micro y macroscópicos
Hidrogeología	Se encarga de analizar las condiciones físicas y la dinámica subsuperficial y subterránea del agua.
Dinámica hidrológica	Disponibilidad de agua superficial referida hacia la dinámica de la precipitación, los caudales y la acumulación de flujo.
Dinámica climatológica	Se refiere a las variaciones del clima a gran escala temporal, incluyendo fenómenos de escala global y regional.
Bioclima	Este atributo permite examinar la variación climática, los modelados, los suelos (entre otras variables) desde un punto de vista integral, bajo el marco de la variación altitudinal.
Procesos morfogénicos	Son las acciones relacionadas con la dinámica externa primordialmente, que generan formas las cuales contribuyen a la formación de un modelado. Para humedales es fundamental identificar los procesos causales, las formas, las formaciones superficiales y los modelados (Tricart y Killian, 1982).

Edición y depuración de la capa

Se realizó la consulta de unidades geomorfológicas tomadas de la capa oficial de Sistemas Morfogénicos a escala 1:500.000 (IDEAM, 2010) para el territorio continental colombiano. Esta consulta se efectuó mediante la integración cartográfica utilizando técnicas de análisis espacial entre esta capa y el mapa de Identificación Preliminar de Áreas Potenciales de Complejos de Humedal a escala 1:100.000, generado por el Laboratorio de Análisis Espacial, perteneciente al Centro de Información y Análisis del Programa de Gestión de Información y Conocimiento (GIC) del Instituto Alexander Von Humboldt. Para la integración y el procesamiento se emplearon los módulos ArcCatalog y ArcMap del software SIG ArcGis 10.1.

Análisis de grado de asociación a humedal

Con el fin clasificar las geoformas identificadas a través del análisis espacial, se realizó un análisis del grado de asociación de las geoformas identificados a condiciones de humedal.

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

Para realizar dicho análisis se tuvieron en cuenta las siguientes variables:

Tabla 8: Variables utilizadas para el análisis de grado de asociación de las geoformas a humedad

GRADO DE ASOCIACIÓN	VARIABLE LIMITANTE PARA LA ACUMULACIÓN DE AGUA	EJEMPLOS SUBSISTEMA
Muy alto	Ninguna	Llanuras de desborde Interandinas
Alto	Procesos morfogénicos secundarios	Llanura Eólica Heredada (Arauca y Casanare)
Medio	Posición bioclimática (P. ej. Sectores con climas de tendencia seca)	Terrazas Bajas en Magdalena y Cesar
Bajo	Procesos morfogénicos primarios (P. ej., Torrencialidad o inestabilidad)	Valles coluvio – aluviales en piedemontes altos

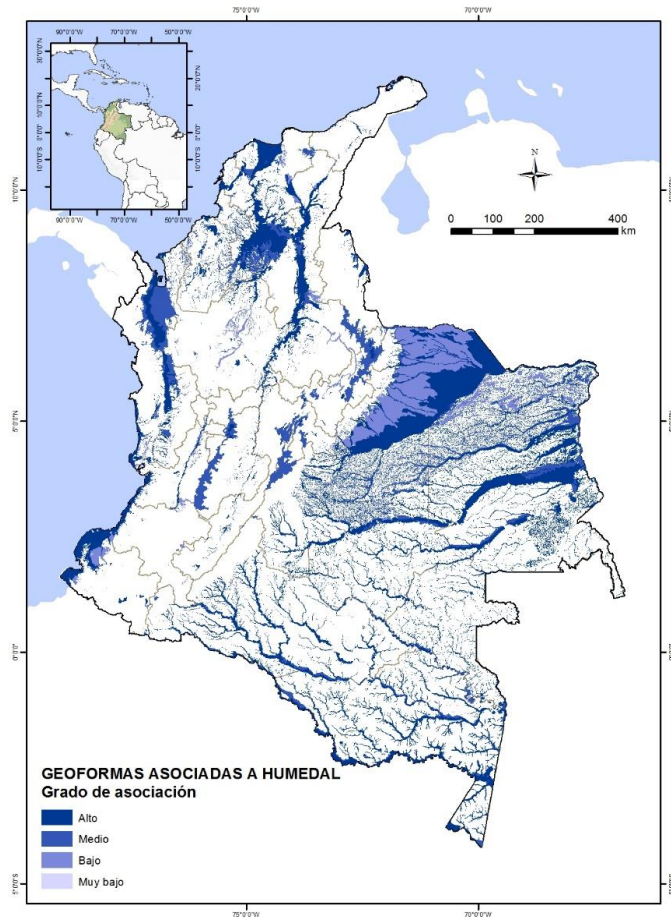


Figura 10. Geoformas clasificadas por grado de asociación a humedal

Limitantes de la capa

Durante el proceso de análisis espacial para la identificación de unidades geomorfológicas asociadas a complejos de humedales, se encontraron dificultades al incorporar información espacial de diferentes escalas, ya que la capa de áreas potenciales entregada en forma preliminar por el GIC es escala 1:100.000, y la capa de Sistemas Morfogénicos publicada por el IDEAM está a escala 1:500.000.

No se descartó el uso de esta información, ya que la capa de Sistemas Morfogénicos es la única capa oficial de geomorfología oficializada a nivel nacional; sin embargo constituye una fuerte limitante para la identificación de geoformas a escala 1:100.000 a partir de la información temática disponible.

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

Suelos hidromórficos asociados a humedales

El hidromorfismo es la predominante acumulación o pérdida de hierro, manganeso, azufre o compuestos de carbono en un ambiente saturado y anaeróbico (USDA, NRCS, 2010).

Para el USDA el más reciente concepto acerca de suelos hidromórficos (USDA, NRCS, 2014), incluye además de la saturación con agua, que ésta sea lo suficientemente húmeda para que se traduzca en apoyo al crecimiento y regeneración de la vegetación hidrófita. Lo anterior incluye los suelos en cuyas acciones antrópicas permiten alcanzar condiciones artificiales de alta saturación de agua. También hacen parte de este tipo de suelos, aquellos que aunque se les haya modificado o alterado su hidrología tuvieron la condición hídrica. Sin embargo, no todos los suelos mapeados y llamados hídricos los son, puesto que pueden contener fases cuyas tipologías no cumplen con las características de encharcamiento, inundación o nivel freático.

Variables asociadas a hidromorfismo

Drenaje natural: Es la capacidad del suelo para evacuar el agua de su superficie y perfil, ya sea por escurrimiento superficial y por infiltración profunda. La combinación de estas dos formas de evacuar el agua es llamada drenaje natural.

Color de la matriz del suelo: Refleja la composición así como las condiciones pasadas y presentes de óxido-reducción del suelo. Está determinado generalmente por el revestimiento de partículas muy finas de materia orgánica humificada (oscuro), óxidos de hierro (amarillo, pardo, anaranjado y rojo), óxidos de manganeso (negro) y otros, o puede ser debido al color de la roca parental (litocrómico) (FAO, 2009, págs. 34 - 35)(figura 19).

Moteados: Los moteados son manchas de diferentes colores o sombras de color inmersas dentro de la matriz del suelo (o color dominante). Indican que el suelo fue sujeto a condiciones de alternancia entre mojado (reducción) y secado (oxidación). El moteado se describe en términos de abundancia, tamaño, contraste, límite y color. Adicionalmente, se puede describir la forma, posición y cualquier otro rasgo (FAO, 2009, pág. 36) la mayor parte de los moteados son de tipo litocrómico (figura 20).

Concreciones y nódulos: Son pequeños cuerpos que presentan un fuerte contraste con respecto a la matriz del suelo. Este contraste está dado por el color, composición, dureza y distribución interna en el perfil. El origen de las concreciones y nódulos es diverso, sin embargo tienen una fuerte relación con la oxido-reducción que, salvo los cuerpos derivados del material geológico o heredados de suelos antiguos, tienen su origen en el desarrollo de condiciones redoximórficas.

Condiciones ácuicas: Los suelos con condiciones ácuicas (L. aqua, agua) son aquellos que actualmente presentan una saturación y reducción continua o periódica. La presencia de tales condiciones es indicada por rasgos redoximórficos (excepto en los Histosols e Histels) y pueden verificarse por la medición de la saturación y la reducción (excepto en suelos drenados artificialmente) (SOIL SURVEY STAFF, 2010).

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

Régimen de humedad ácuico: El régimen de humedad ácuico (L. aqua, agua) es un régimen de reducción en un suelo que está virtualmente libre de oxígeno disuelto porque está saturado con agua. Algunos suelos están saturados con agua pero hay oxígeno disuelto debido a que el agua está en movimiento o porque el medio no es favorable para los microorganismos (por ejemplo, si la temperatura es menor de 1 °C); tal régimen no es considerado ácuico (SOIL SURVEY STAFF, 2010).

Criterios Taxonómicos: El concepto de rasgos hidromórficos fue incorporado por primera vez a la taxonomía americana por el Soil Survey Staff (2004), más tarde fueron reafirmados (Soil Survey Staff, 1999) al punto de ser creados subórdenes, grupos y subgrupos dentro de la taxonomía, que hacen referencia a estas condiciones de humedad. En términos de la taxonomía y con sujeción a la localización geográfica de nuestro país, se presentan los siguientes órdenes, subórdenes, grupos y subgrupos.

Todos los suelos del orden Histosol con excepción del Suborden Folists; que en nuestro país están representados por los siguientes 19 suelos, clasificados a nivel de Subgrupo.

Unidades de mapeo compuestas por suelos correspondientes a: subórdenes Aquic y subgrupos Histic, Humaqueptic, Humic, Cumulic, Aeric, Fluvaqueptic Fluventic, Plinthic, Vertic, Thaptic, Thapto Histic, Ustic, Chromic, Sulfic, Sodic y Typic.

Depuración de la capa de suelos hidromórficos

Con base en el mapa de geopedología desarrollado por el IGAC en el año 2013, se trabajó hacia la definición de un campo de porcentaje de humedal. Este campo expresa que un porcentaje de los suelos contenidos dentro de cada polígono que están asociados a humedad. El porcentaje está fundamentado en la condición de drenaje, el régimen de humedad del suelo, pendiente (para la mayoría de suelos), salinidad, sodicidad y ambiente edafogénético; además de tenerse en cuenta la taxonomía de suelos y los suelos asociados (por ejemplo, es normal encontrar en una planicie de desborde, en la napa, asociado un suelo Typic Endoaquepts, con drenaje pobre, encharcable por largo tiempo, texturas medias a finas, típico de humedal, con un suelo Typic Udipsamments, de texturas gruesas, drenaje excesivo, no encharcable y que siempre estará asociado a esta geoforma), los dos son inseparables en este ambiente y por lo tanto son no se puede decir que uno es humedal y el otro no.

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

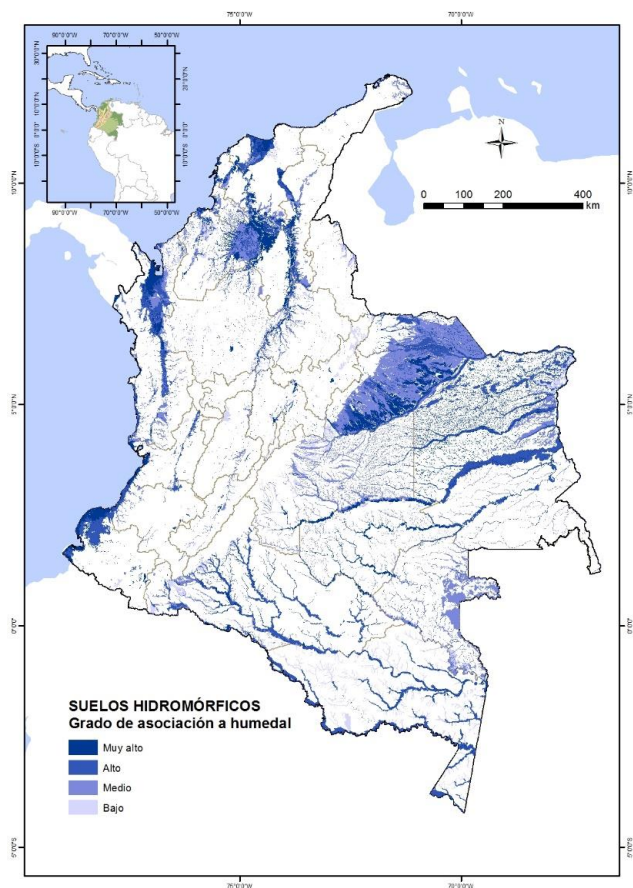


Figura 11 Condiciones de humedad del suelo, con base en el mapa de Geopedología (IGAC, 2014)

Finalmente, según los porcentajes establecidos, se calcula que desde los suelos hidromórficos están comprometidas unas 16.9 millones de hectáreas de tierras que se encuentran dentro del área directa del humedal o en la zona de transición del ecosistema acuático al terrestre.

Limitantes de la capa

La información espacial de suelos presenta ciertos limitantes, para su uso, frente a procesos de identificación de humedales, asociados principalmente a la unidad cartográfica de suelos.

En los estudios cartográficos de suelos conviene distinguir tres conceptos referidos al suelo: el suelo como cuerpo natural (ente real que podemos muestrear), el tipo de suelo (la clase taxonómica, según la clasificación utilizada) y la unidad cartográfica (mancha cartográfica que representa el área que ocupa el suelo).

Dada la compleja distribución de los suelos, es necesario distinguir varias clases de unidades cartográficas:

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

Consociaciones. Son unidades sencillas, constituidas por una sola clase de suelo, se trabaja principalmente a escalas 1:25.000 y cuentan con un 20% de incertidumbre.

Asociaciones. Se trata de unidades complejas, conformadas por más de una clase de suelo, en las que es posible establecer las pautas de distribución en el paisaje. Si la escala del mapa fuese más grande se separarían en varias unidades cartográficas, se trabaja a escala 1:100.000 y cuentan con una incertidumbre entre el 40% - 80%.

Grupos Indiferenciados. Unidades complejas, conformadas por más de una clase de suelo, que se presentan íntimamente asociados y en las que no es posible establecer las pautas de distribución en el paisaje. Se trabaja a escala 1:500.000 y cuentan con una incertidumbre entre el 80% - 95%.

Dado que la escala de trabajo del mapa potencial de humedales es a escala 1:100.000, la información de suelos se trabajó a nivel de asociación.

4.4 Coberturas: Corine Land Cover (CLC) y Cartografía base 1:100.000

A partir de la capa nacional de coberturas desarrollada por el IDEAM para los años 2005 – 2007, se extrajeron las clases de cobertura asociadas directamente con ecosistemas de humedal, correspondientes a los niveles 3 (bosques y áreas semi-naturales), 4 (áreas húmedas) y 5 (superficies de agua). El mismo procedimiento se realizó para la clase de superficies de agua de la geodatabase 1:100.000 generada por el IGAC (2013), de la cual solo se incorporaron las capas de banco de arena, ciénaga, isla, laguna, madre vieja, pantano y manglar. No se incluyó la información en formato punto, información de ríos (drenajes dobles, sencillos), dado que estas coberturas se integraron a partir de la capa de Corine Land Cover.

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

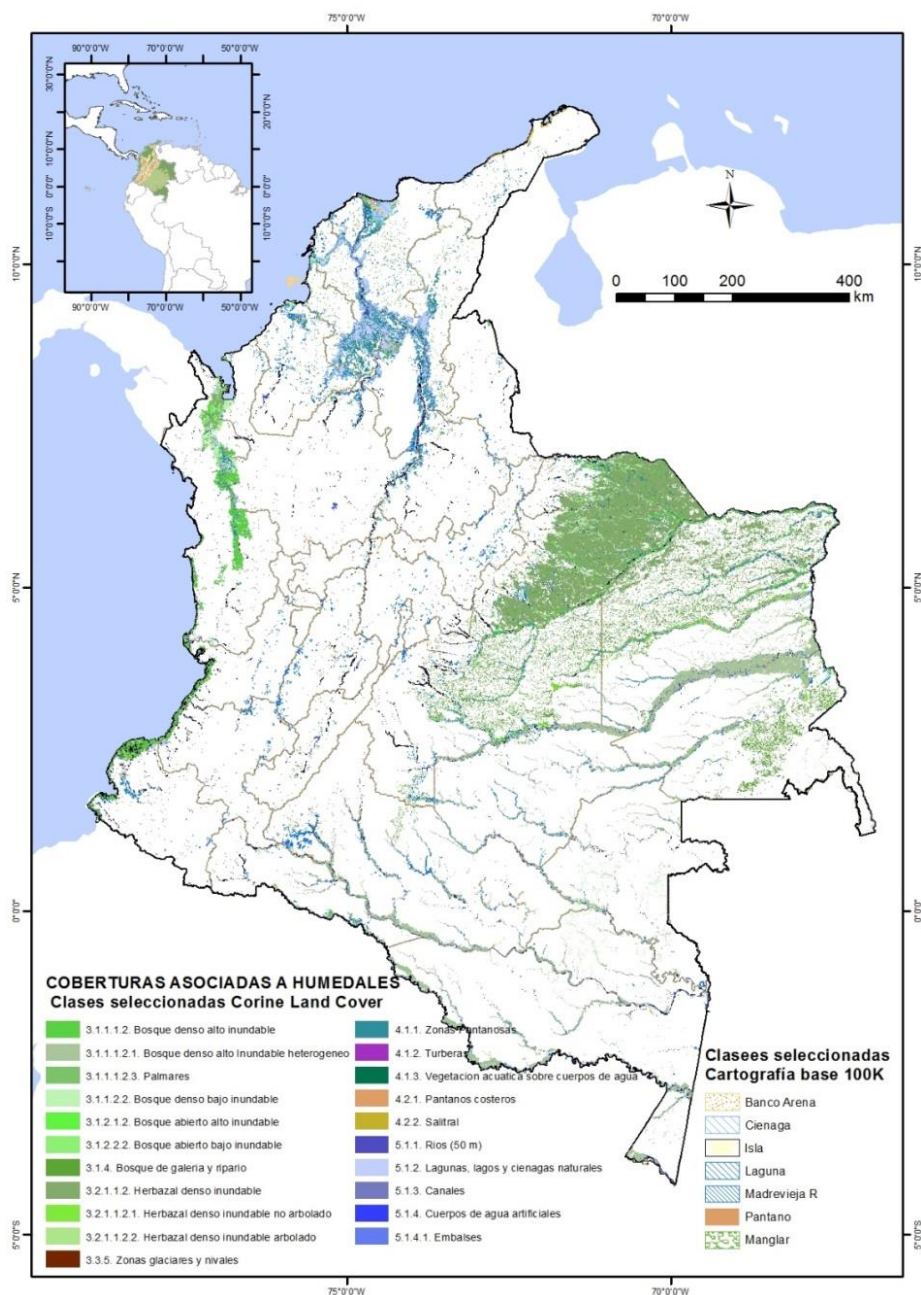


Figura 12. Coberturas de CLC y capas de Cartografía base asociadas a humedales. CLC: Niveles 3, 4 y 5 (IDEAM, 2010). Capas seleccionadas de Superficies de agua de la cartografía base 1:100.000 (IGAC, 2013)

Las capas seleccionadas de CLC y la Cartografía base se integraron para generar una única capa de coberturas asociadas a humedad la cual sería utilizada en el proceso de integración junto con las otras variables.

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

Tabla 9. Clases de cobertura integradas al análisis de potencial de humedales, en la tabla se presenta la fuente de la información y el grado de asociación de la clase, a humedales

Fuente	Clase de cobertura	Grado de asociación
CLC	Ripario (bosque de galería)	101
	Bosque denso alto inundable	110
	Bosque denso alto inundable heterogeneo	110
	Palmares	110
	Bosque denso bajo inundable	110
	Bosque abierto alto inundable	110
	Bosque abierto bajo inundable	110
	Herbazal denso inundable	110
	Herbazal denso inundable no arbolado	110
	Herbazal denso inundable arbolado	110
	Zonas glaciares y nivales	111
	Zonas pantanosas	111
	Turberas	111
	Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	111
	Pantanos costeros	111
	Salitral	111
	Ríos 50m	111
	Lagunas lagos y cienagas naturales	111
	Canales	111
	Cuerpo de agua artificiales	111
	Embalses	111
	Lagunas de oxidación	111
Acuicultura continental	111	
Lagunas costeras	111	

Fuente	Clase de cobertura	Grado de asociación
Carto. base IGAC	Banco de arena	111
	Ciénaga	111
	Embalse	111
	Isla	111
	Laguna	111
	Madrevieja	111
	Pantano	111
	Manglar	111
	Jagueys	111
	Humedales	111

Limitantes de la capa

Aunque se debe reconocer el gran esfuerzo institucional que han desarrollado las instituciones del SINA en cabeza del IDEAM, en la capacitación de intérpretes expertos de coberturas, presenta algunas limitaciones en cuanto al rango amplio de fechas que involucra la capa y el trabajo de interpretación visual sobre imágenes ópticas.

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

Tabla 10. Comparación de áreas incorporadas en el análisis de ecosistemas potencial de humedal.

		Área (ha)	Totales
Suelos	Alto	13422733,4	22211715,5
	Medio	4376799,5	
	Bajo	4412182,6	
Geoforma	Muy alto	15405642,5	27819350,6
	Alto	8206946,3	
	Medio	4153203,4	
	Bajo	53558,6	
Coberturas	Muy alto	3969049,0	15773505,5
	Alto	9542598,1	
	Medio	2261858,4	

4.5 Metodología de integración de variables biofísicas

Para la construcción del mapa se partió del modelo cartográfico propuesto, sobre el cual se realizaron ajustes y se especificaron los procedimientos técnicos asociados al geo procesamiento de la información espacial y edición cartográfica. Para la construcción de la primera versión del mapa, se realizó un proceso de identificación de humedales a partir de la integración espacial de los componentes geomorfológico, edafológico y de coberturas de la tierra, con los cuales se calculó la probabilidad de ocurrencia de humedales a nivel nacional.

Codificación de la información

A partir del conocimiento de expertos, se generaron 4 niveles de asociación a humedales para geoformas y suelos; los valores asignados de asociación a humedales se codificaron en números binarios para facilitar su procesamiento. Las geoformas con una mayor asociación a humedales tienen el código 111 y las que tienen alguna asociación a humedales pero en menor proporción el código 100. El mismo proceso se realizó para la capa de suelos, donde los suelos con un mayor contenido o vocación hidromórfica tienen el código 111 y los de menor contenido o vocación el código 100 (Tabla 16).

En el caso de la capa de coberturas los códigos se asignaron teniendo en cuenta los campos de humedales y se les asignó un valor de acuerdo al grado de asociación.

De tal manera, todas las superficies de agua disponibles en la cartografía base se les asignó un alto valor de asociatividad a humedal (código 111); para las clases de Corine Land Cover (CLC), se asignó

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

un medio de asociatividad (110) a todas las clases inundables del nivel 3, y un nivel alto de asociatividad (111) a los niveles 4 y 5 (tabla 15).

Tabla 11. Asociación de geoformas y suelos asociados a humedales y códigos binarios asignados

GEOFORMAS		SUELOS	
Grado de asociación	Código binario	Grado de humedad	Código binario
1	111	70-100	111
2	110	50-70	110
3	101	20-50	101
4	100	1-20	100

Integración espacial de capas

Como se mencionó previamente, se determinaron los criterios de geoformas, suelos y coberturas, para identificar el potencial de humedales en el país, definiendo rangos de bajo, medio y alto potencial. Es necesario tener en cuenta las limitaciones de los insumos, presentados anteriormente y tener en cuenta que la escala 1:100.000 es una escala indicativa de las áreas de humedal, que luego se debe precisar con trabajos a escalas más grandes (1:25.000).

La construcción de la primera versión del mapa de humedales, se desarrolló a partir de analizar el grado de asociación de cada una de las variables biofísicas (geoformas, suelos hidromórficos y coberturas) se calculó una probabilidad de ocurrencia de humedales, que se ponderó en una escala de 0 a 1 siendo 1 el valor más alto. La ponderación de los criterios fue 0.4 para suelos, 0.3 para geoformas y 0.3 para coberturas. Las geoformas tienen un menor peso debido a que la información está a una escala menos detallada. En la tabla 12 se presentan los valores definidos para cada uno de los criterios y su nivel de asociación a humedales.

Tabla 12. Valores de ponderación para cada uno de los criterios y sus respectivos niveles de asociación

SUELOS (0.4)		GEOFORMAS (0.3)		COBERTURAS (0.3)	
Código binario	Valor	Código binario	Valor	Código binario	Valor
111	0.4	111	0.3	111	0.3
110	0.3	110	0.25	110	0.3
101	0.2	101	0.15	100	0.3
100	0.1	100	0.1		

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

5. RESULTADOS

5.1 Mapas indicativos de humedad (NDVI): MODIS (250 m/pixel)

Se realizó un primer acercamiento a la identificación de humedales a nivel nacional, con ayuda del sensor MODIS y la interpretación y análisis del índice de normalizado de vegetación (NDVI) el cual arrojó resultados interesantes que permitieron; observar la conectividad de los principales ríos del pacífico y sus cuerpos de agua, la temporalidad de las sabanas de inundación de la Orinoquia, la expansión y contracción de los cuerpos de agua de la depresión Momposina y los principales complejos de páramos entre otros. Lo anterior se logró gracias a un análisis multitemporal entre los años 2007 a 2012, utilizando un total de 138 imágenes.

Este mapa muestra las áreas de mayor potencial de humedad en las que se realizarán análisis a una mayor escala espacial. Para éstas áreas se han planeado análisis de índice de humedad como el índice normalizado diferenciado de agua (NDWI), el índice de extracción de agua (AWEI) y Tasseled Cap (TC) de imágenes Landsat, con la identificación de frecuencias de inundación a partir de imágenes de radar, con el fin de lograr un mayor detalle en las área de los humedales y avanzar en la comprensión de su dinámica hidrológica (figura 19).

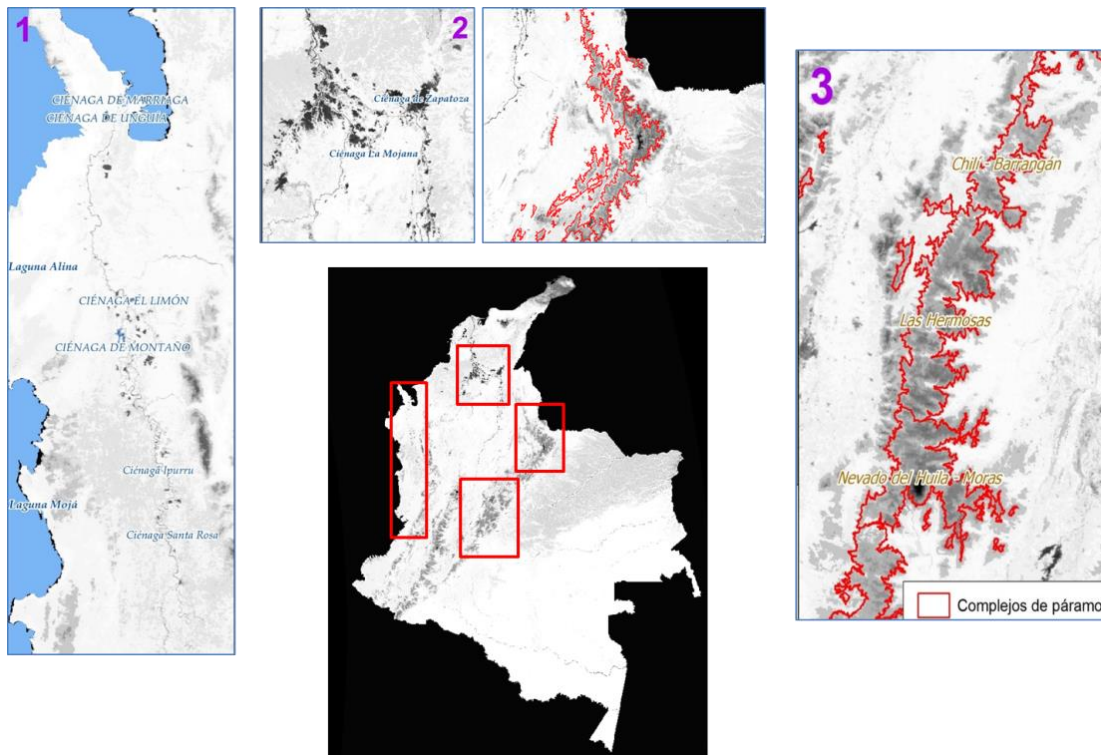


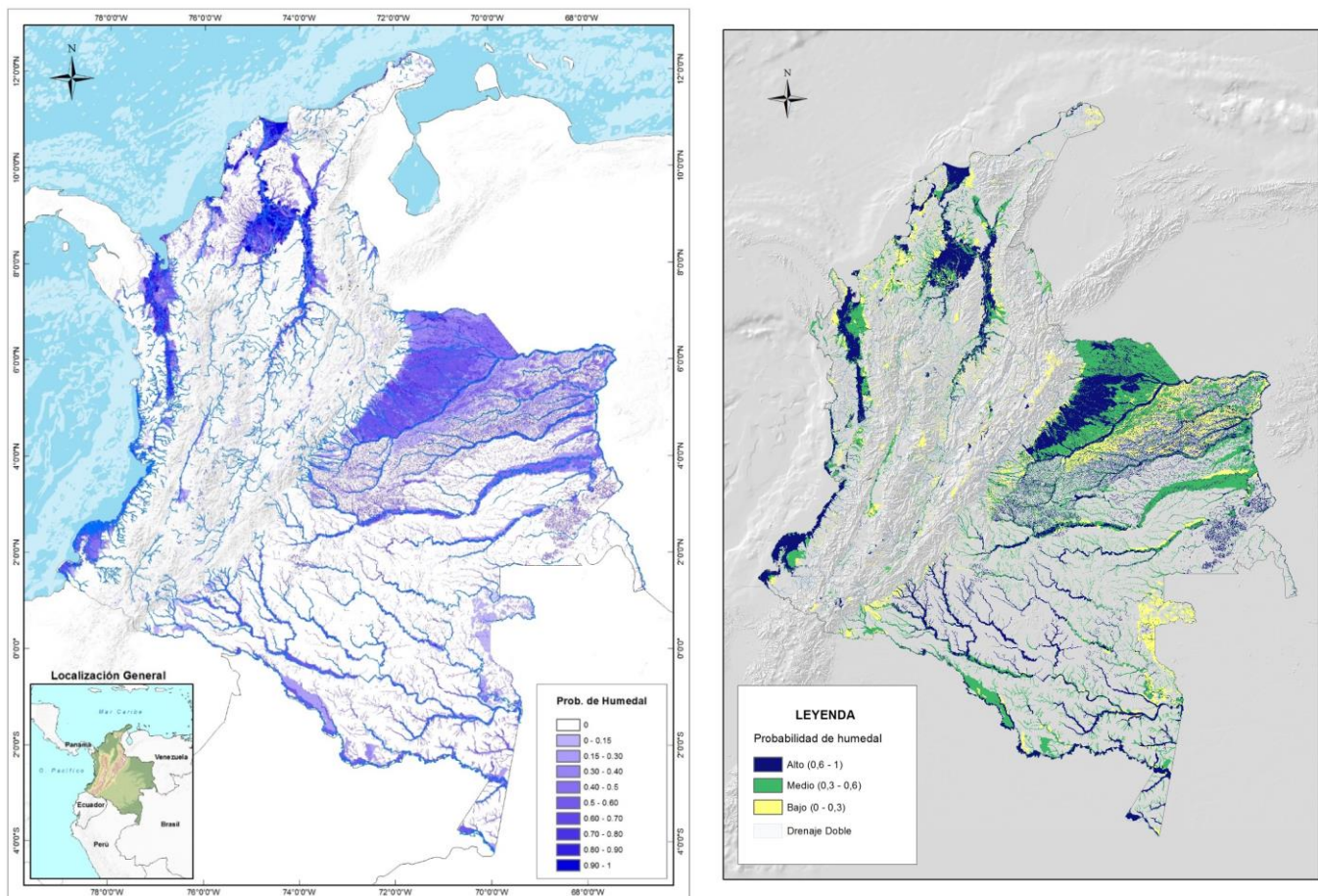
Figura 13. Resultados obtenidos a partir del análisis con imágenes del sensor MODIS.

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

Este primer análisis de identificación de humedales, arrojó resultados interesantes asociados a las regiones del a. caribe, en el que se identifican muy bien los complejos de la Mojana y Zapatoza, b. Atrato, con su plano de inundación y lagunas asociadas, c. las áreas de páramo en alta montaña y d. los complejos de la alta y bajo llanura, espacialmente de los departamentos de Casanare y Arauca.

5.2 Mapa de humedales versión 0.1

Como resultado de la integración de cada una de las variables biofísicas indicadoras de humedal se calculó una probabilidad de humedal, los cuales se presentan en la figuras 14 y 15.



Figuras 14 y 15. A la derecha el Mapa de humedales versión 0.1, resultado de la integración de variables biofísicas. A la izquierda el Mapa de humedales versión 0.1, clasificado en probabilidad de humedal alta, media y baja.

Al clasificar el mapa en diferentes niveles de potencialidad, con las siguientes áreas: alto (6.449.384 ha), medio (16.191.906 ha) y bajo (10.488.000 ha).

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

5.3 Evaluación de resultados

Una vez se contó con una primera versión del mapa, se inició el proceso de evaluación del mapa con autoridades ambientales (Las CAR y Unidad de Parques Nacionales). De esta forma se realizaron 8 talleres regionales de validación del mapa, que se relacionan en la tabla 14.

La metodología utilizada en cada taller consistió en presentar el trabajo realizado para la obtención de la primera versión del mapa y posteriormente, en mesas de trabajo, se realizó un barrido del área de la jurisdicción de cada autoridad ambiental, colocando puntos de validación, que permitieran confirmar las áreas de humedal e identificar áreas a revisar (figura 16).

Tabla 14. Relación de talleres regionales de validación de la versión 0.1 del mapa

Fecha y Lugar	Corporación Autónoma	# de asistentes
20/05/2014 Bogotá IAVH	Corpochivor	2
	CAR	2
	Corpoguavio	1
	Secretaría Distrital de Ambiente	3
22/05/2014 Medellín Parque Explora	Corpouraba	2
	Comare	2
	Corantioquia	3
	Parques Andes Occidente	2
26/05/2014 Cali CVC	CRC	2
	Corponariño	2
	Parques Territorial Pacífico	2
	CVC	6
	Corpocaldas	1
28/05/2014 Bogotá IAVH	Carder	4
	Corponor	1
	CAM	1
	Territorial Andes Nor-oriental	2
	Cortolima	2
03/06/2014 Santa Marta Invemar	Corpoboyaca	2
	CAS	1
	Corpamag	2
	Corpogujaira	1
	Corpocesar	2
	Invemar	3
09/06/2014 Bogotá IAVH	CRA	2
	Asocars	2
	Territorial Caribe	2
	CORMAGDALENA	2
	Cormacarena	2
10/06/2014 Bogotá IAVH	Corporinoquia	1
	Corpamazonia	3
	CDA	1
	Territorial Amazonas	2
	Territorial Orinoquia	2
12/06/2014 Montería UPB	CVS	6
	Corpomojana	4
	CSB	1
	Cardique	2
	Proyecto Mojana Fondo Adaptación	3
Proyecto Mojana MADS Fondo Adaptación	1	
TOTAL		40
		87

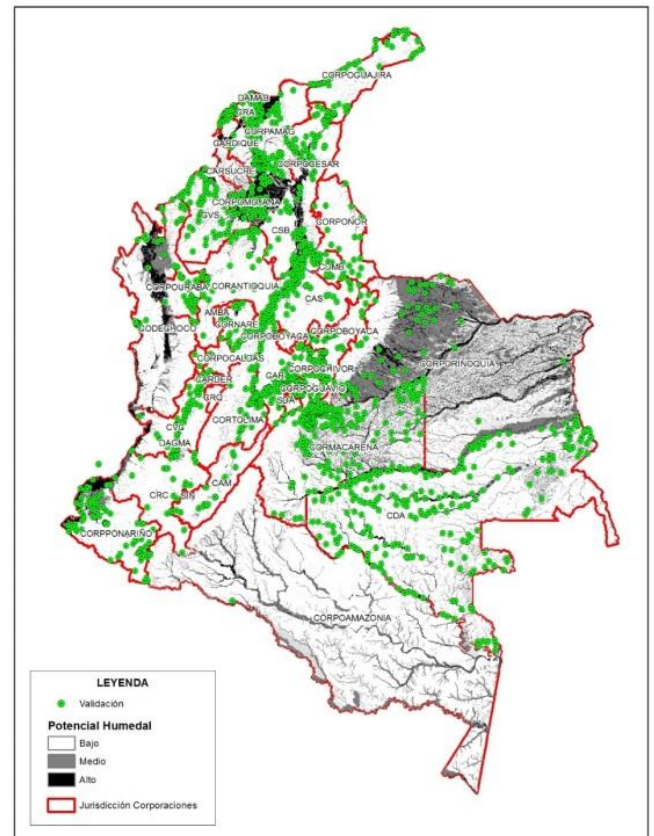


Figura 16. Cubrimiento total de los puntos de validación, capturados en los talleres regionales de validación.

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

En total se capturaron 1893 puntos de verificación, de los cuales el 76% confirmaron la identificación de humedales realizada en la primera versión del mapa. A continuación se presentan las principales conclusiones generales del proceso de validación regional:

- Alta aceptación del mapa y de la metodología propuesta, por parte de las autoridades ambientales y las instituciones involucradas en el proceso.
- Registros por revisar están asociadas a algunas geoformas, como los cañones y áreas en zonas montañosas de alta pendiente.
- El mapa está reflejando las zonas de alto riesgo (avenidas torrenciales) y transito temporal de agua.

5.4 Definición de escenarios

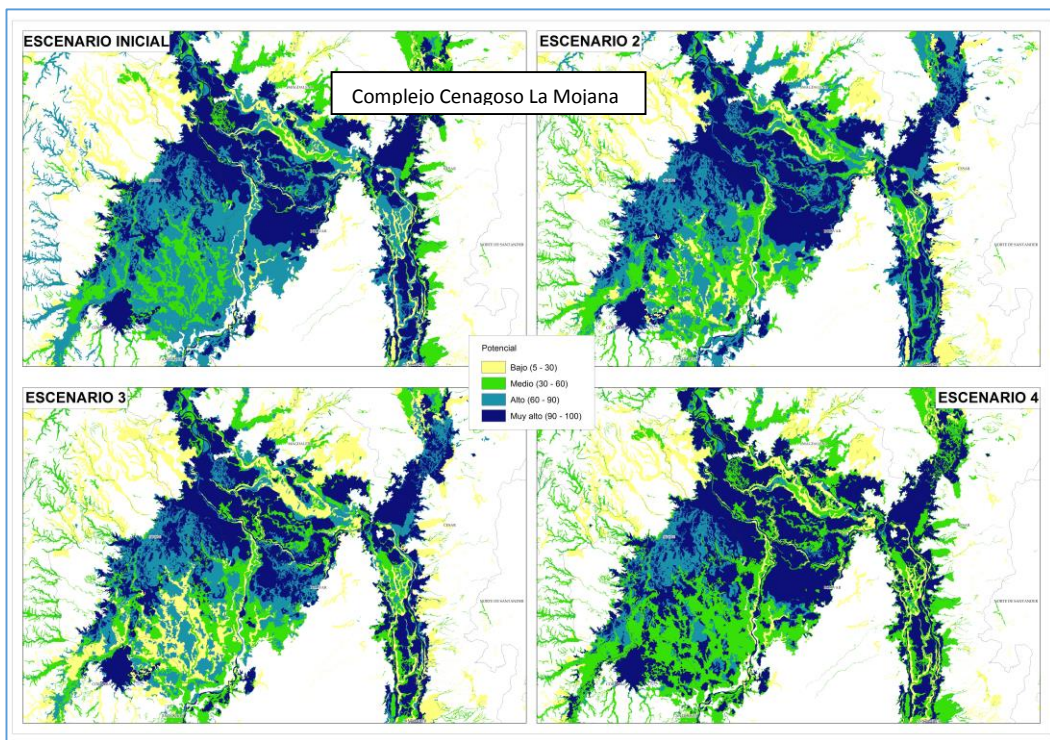
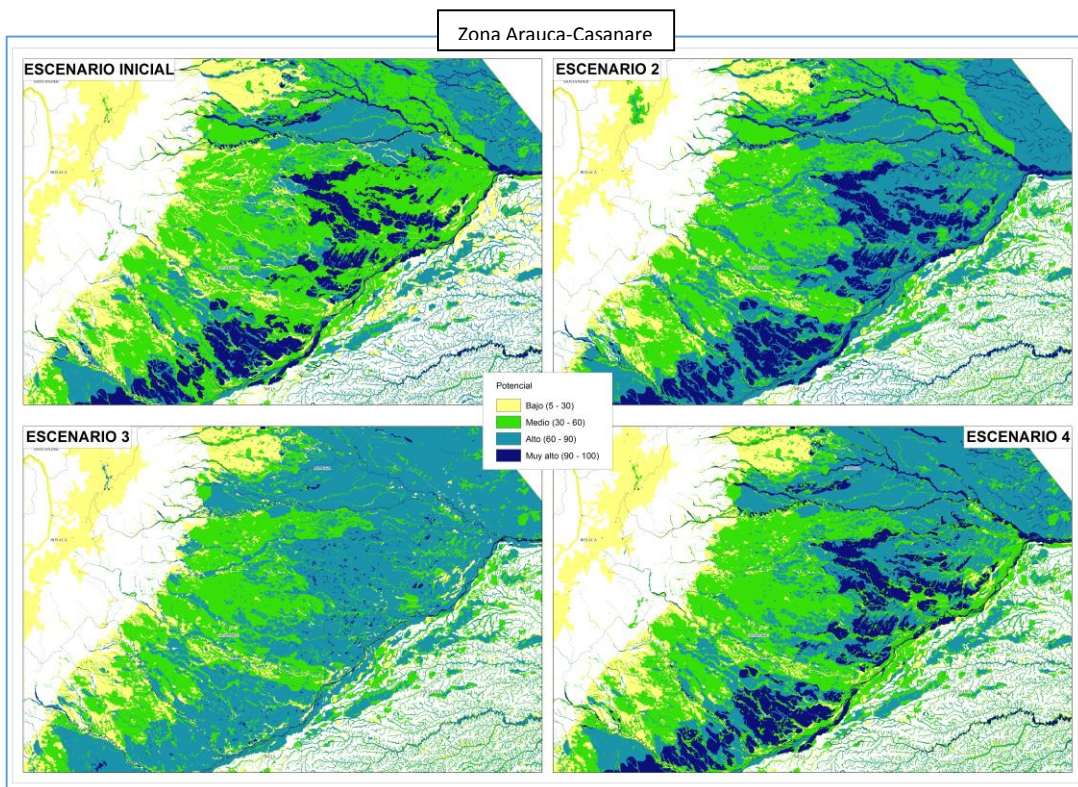
Una vez se editaron las áreas asociadas a avenidas torrenciales, se realizaron diferentes escenarios con el fin de definir los pesos que se le darían a cada una de las variables de entrada. Se construyeron 5 escenarios partiendo del escenario inicial y cuatro escenarios más, que se relacionan en la tabla 15.

Tabla 15. Pesos de cada una de las variables biofísicas en cada uno de los escenarios

Escenario	Suelos (%)	Geoformas (%)	Coberturas (%)
Inicial	40	30	30
I	50	25	25
II	25	50	25
III	25	25	50
IV	40	20	40

Los resultados de los escenarios desarrollados, permitieron a través de talleres internos de trabajo, definir que el escenario que mejor reflejaba las condiciones de humedal es el escenario inicial propuesto, clasificando el potencial en muy alto (90-100 %), alto (60-90 %), medio (30-60%) y bajo (5-30%) (figura 17). Este escenario, en el que suelos tiene el mayor porcentaje refina muy bien las áreas de diferentes potenciales de humedal, teniendo una alta coherencia, al compararlo con imágenes ópticas y modelo de elevación.

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica



Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

Figura 17. Salidas gráficas de los escenarios, para algunos complejos de humedales.

Las áreas asociadas a humedal a nivel nacional corresponden a 31.720.687 ha, las cuales varían en cada uno de los escenarios desarrollados. Para el escenario inicial, las áreas de humedal con rangos de muy alto y alto, corresponden a 13.430.209 ha para el territorio colombiano (tabla 16).

Tabla 16. Áreas de potencial de humedal, para cada uno de los escenarios propuestos

Escenario	Potencial	Área (ha)
1	Muy alto	5743854,3
	Alto	7686355,0
	Medio	8735606,7
	Bajo	9554871,1
2	Muy alto	5743854,3
	Alto	9937576,4
	Medio	8507194,9
	Bajo	7532061,5
3	Muy alto	2415735,0
	Alto	9720738,3
	Medio	9916347,9
	Bajo	9667865,9
4	Muy alto	6028386,3
	Alto	4598669,9
	Medio	12968938,3
	Bajo	8124692,6
Escenario inicial	Muy alto	5743854,3
	Alto	7686355,0
	Medio	8735606,7
	Bajo	9554871,1
	Total	31720687,02

5.5 Mapa Versión 1.0

Una vez desarrollados los escenarios y definido que el que mejor se ajustaba a las condiciones de humedal es el escenario inicial, se realizaron ajustes finales de edición y se construyó el mapa de humedales de Colombia versión 1.0 (figura 18).

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

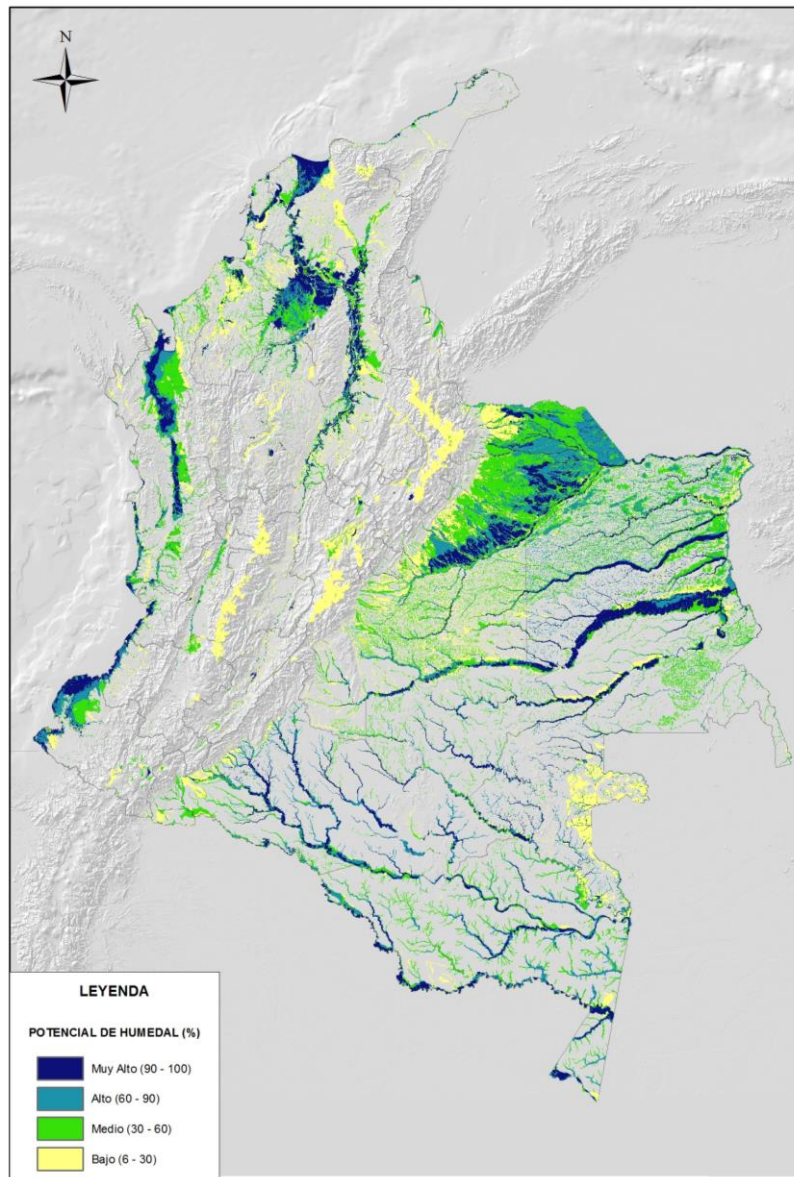


Figura 18. Mapa de humedales de Colombia a escala 1:100.000 versión 1.0

Como se comentó anteriormente, se identificaron un total de 31.343.720 de hectáreas, las cuales se discriminan de la siguiente manera, para los diferentes rangos de potencial:

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

Tabla 17. Áreas determinadas para cada uno de los rangos de potencial

Potencial	Área (ha)
Muy alto ≥ 90	5.777.170,20
Alto ≥ 60 & < 90	7.716.081,06
Medio ≥ 30 & < 60	11.516.445,27
Bajo < 30	6.334.023,69
Total	31.343.720,22

El mapa de humedales presenta una clasificación de muy alto, alto, medio y bajo asociado a diferentes valores de potencial, de manera general se pueden describir cada una de estas zonas de la siguiente manera:

Muy alto:

En este rango aparecen los cuerpos de agua claramente definidos como son las lagunas y cuerpos de agua de montaña como la laguna de Chingaza y los complejos lagunares asociados al Nevado del Cocuy, así como la laguna de Fúquene y el Lago de Tota. De igual forma se identifican muy bien los embalses. En la Orinoquía se identifican claramente los esteros y sabanas inundables del Casanare, asociadas al represamiento de los ríos Pauto, Cravo Sur y Cusiana sobre el río Meta. En la Amazonia se observan claramente los bosques inundables de los ríos Vaupés, Caquetá, Putumayo y Amazonas

Se identifican claramente los bosques inundables asociados al plano de inundación del río Atrato.

En las áreas costeras se identifican muy bien las lagunas costeras, los estuarios y las principales ciénagas y embalses.

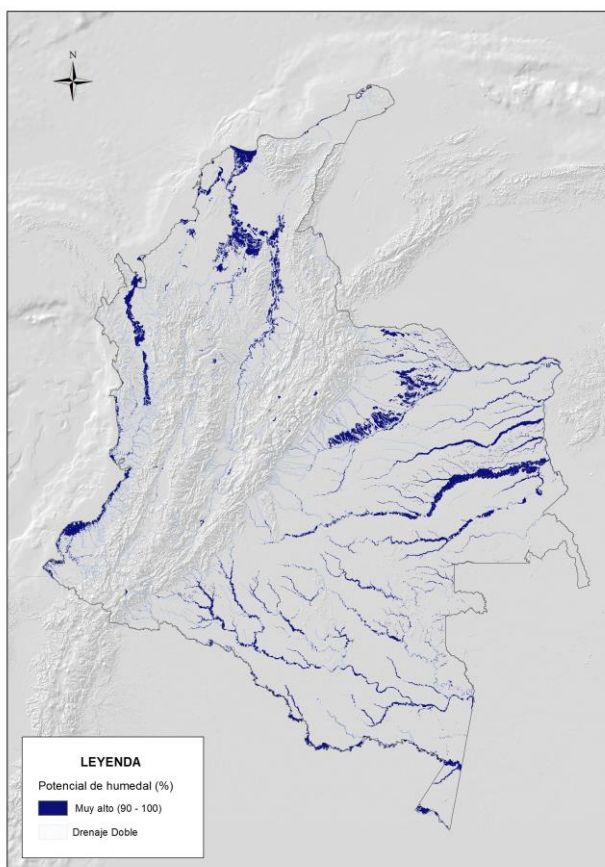
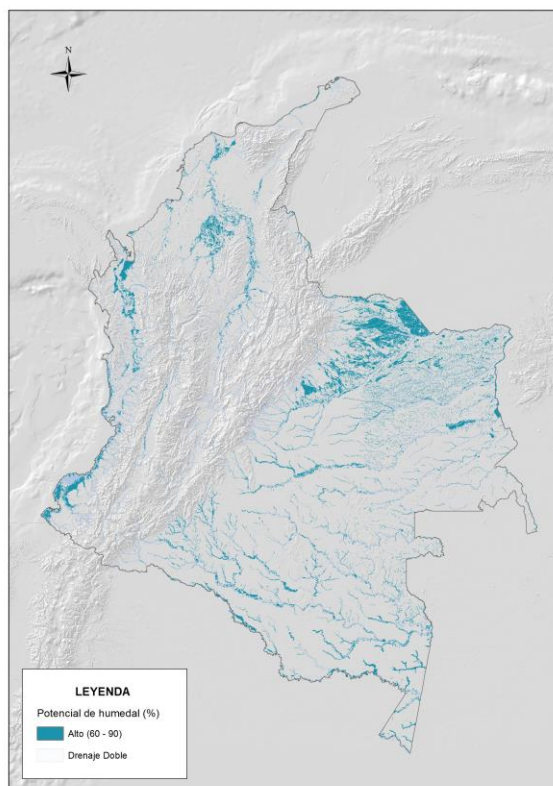


Figura 19. Áreas de muy alto potencial de humedales

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica



Alto:

Se identifican muy bien los glaciares y las grandes planicies aluviales en montaña; se resaltan áreas del piedemonte amazónico en las cuencas altas de los ríos Putumayo, Caquetá, Apaporis y Vaupés.

En la Orinoquia se destacan los bosques de galería en Vichada y las sabanas estacionales del norte del departamento del Casanare y Arauca asociados a los ríos Lipa, Cravo Norte y Ariporo.

De igual manera se observan muy bien las ciénagas y cuerpos de agua secundarios de la Mojana, Ciénaga de Zapatosa y Ciénaga Grande de Santa Marta.

Figura 20. Áreas de alto potencial de humedales

Medio:

En éste rango se identifican grandes planicies de inundación asociadas a los espejos de agua secundarios de las ciénagas (Ciénaga Grande de Santa Marta, Mojana y Zapatosa) de tierras bajas. Se destacan planicies inundables hacia el interior de los estuarios de los ríos Atrato, San Juan y Sanquianga – Patía.

En Orinoquía se observan los planos aluviales del piedemonte llanero

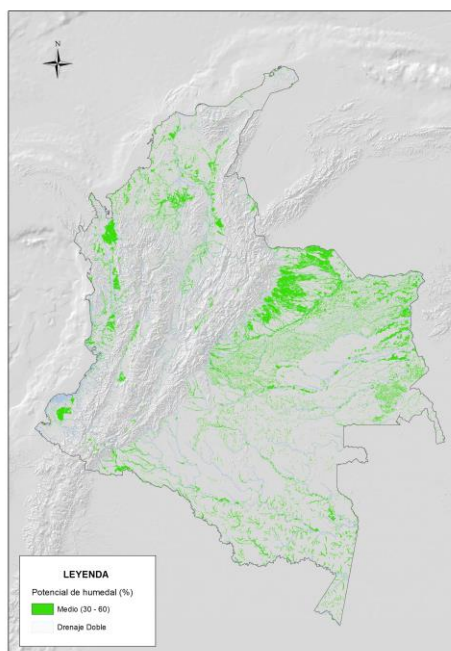
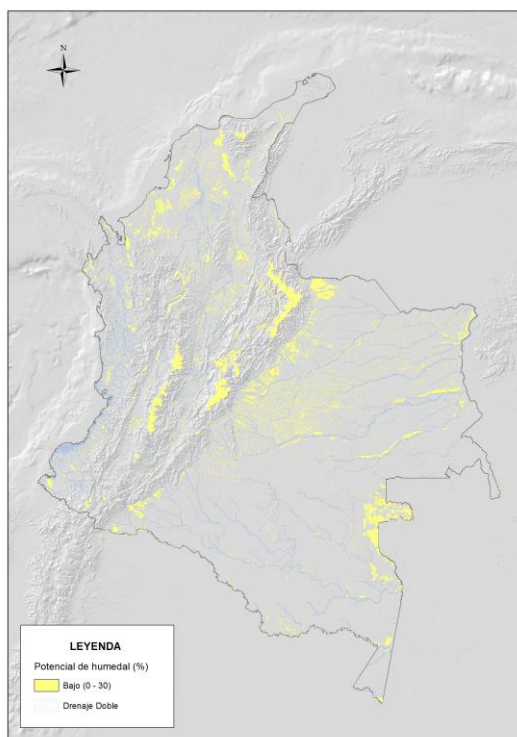


Figura 21. Áreas de medio potencial de humedales

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica



Bajo:

En el rango bajo de potencial se identifican claramente las áreas de páramo y los grandes cañones como el de los ríos Chicamocha y Nechí y áreas de piedemonte al noroccidente del departamento de Arauca.

Figura 22. Áreas de bajo potencial de humedales

Las áreas consideradas de potencial muy alto y alto, que suman un total de 13.493.000 ha, se encuentran principalmente asociadas a las grandes llanuras y valles aluviales de la Mojana, a los sistemas aluviales de la Orinoquía y a las llanuras de desborde de los ríos amazónicos (anexo 1).

Desde la variable de cobertura este potencial está conformado en su mayoría por bosque denso alto inundable heterogéneo, bosque denso bajo inundable y herbazales densos inundables, y los cuerpos de agua claramente identificables como lagos, lagunas y embalses. De manera general las áreas de cobertura aportan un área de 10.614.000 ha a las áreas de muy alto y alto potencial de humedal (anexo 2). En cuanto a suelos se identificó un área aproximada de 9.000.000 ha con asociaciones de suelos Acuíco y Acuíco y Udico que representan alto y muy alto potencial de humedal.

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

Las áreas de medio potencial suman un total de 11.516.445,27 representadas en su mayoría por valles aluviales y coluvio-aluviales de las depresiones tectónicas y de la amazonia. En la Orinoquía se resaltan las geoformas de la llanura de desborde heredada en el departamento del Casanare y áreas significativas de la altillanura disectada y ondulada, se resaltan las geoformas de origen glaciar. En coberturas asociadas a medio potencial se identifica el bosque de galería y ripario de la altillanura y los herbazales densos inundables.

En potencial bajo se destacan las geoformas de glaciar heredado asociados principalmente a ecosistemas de páramo y altiplanos; en la amazonia se destacan las terrazas medias y altas y en la Orinoquía valles Coluvio – aluviales menores asociados a las áreas de piedemonte (anexo 3). En cuanto a coberturas en potencial bajo, sigue teniendo gran representatividad el bosque de galería y ripario y los herbazales densos inundables. También se evidencian zonas pantanosas y turberas asociados a ecosistemas paramunos (anexo 4).

Este patrón del potencial muy alto, alto y bajo, es coherente con lo encontrado en la coincidencia espacial de criterios. Al analizar las áreas asociadas a la coincidencia espacial de criterios, se observa como la coincidencia de 3 criterios es de 11.535.577 ha, las cuales corresponden en gran medida con las áreas identificadas como muy alto y alto potencial. Las áreas asociadas a la coincidencia de 2 o un solo criterio, son áreas en las que hay que realizar mayores esfuerzos para su identificación y delimitación a escalas más grandes (1:1.25.000) (tabla 18) (figura 23).

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

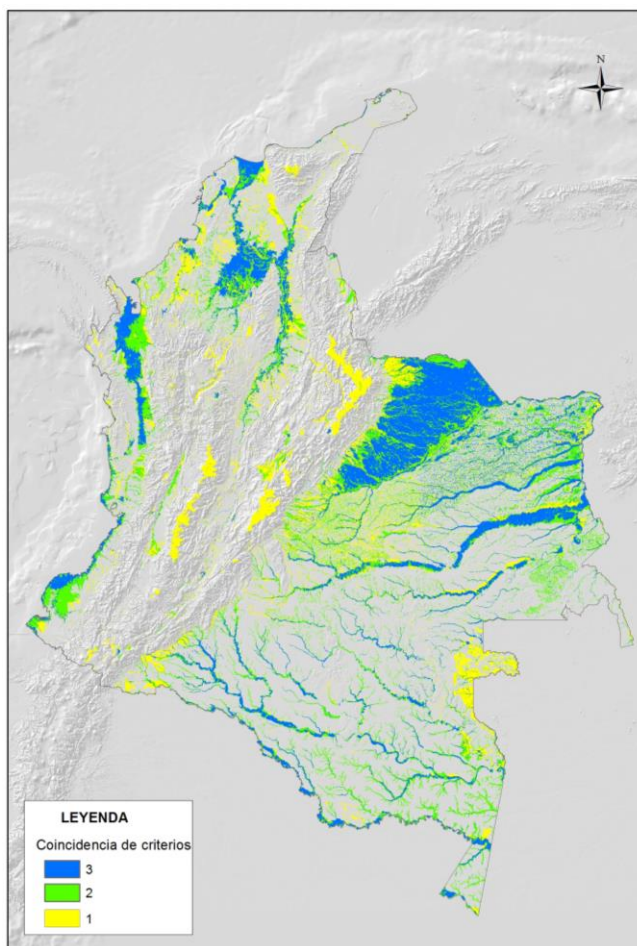


Figura 23. Coincidencia espacial de criterios, para la definición de ecosistema potencial de humedal.

Tabla 18. Áreas determinadas para cada uno de los rangos de potencial

Coincidencia criterios	Área (ha)
3 Criterios	11535577,8
2 Criterios	11389695,8
1 Criterio	8418446,6
TOTAL	31343720,2

Como conclusión del mapa, se determina que las áreas de **muy alto y alto potencial** de humedal, corresponden a los principales cuerpos de agua (lagos, lagunas, ciénagas y embalses), llanuras y valles inundables de la Mojana y río Atrato y llanuras de desborde de los principales ríos amazónicos, con presencia de bosques alto y bajos inundables. Gran parte de ésta área corresponde a llanuras de desborde y valles inundables de la Orinoquia con vegetación de herbazales densos inundables. Con

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

un área aproximada de 887.000 ha, se representan las geoformas asociadas a humedales para los litorales del Caribe y Pacífico, representados en estuarios y deltas con vegetación dominada por bosques de manglar.

Las áreas de **potencial medio**, se asociación principalmente a la llanura de desborde heredada en la Orinoquia, en su mayoría con vegetación de herbazales densos inundables y a valles coluvio- aluviales asociados a los bosques de galería y riparios de los ríos secundarios amazónicos.

El **potencial bajo** se encuentra representado en valles coluviales menores del sector de la Mojana y Zapatoza, con bosques de galería y ripario, por lo general relacionados con áreas susceptibles de inundación, a terrazas medias y altas de los ríos amazónicos que representan los grandes planes de desborde y valles coluvio-aluviales menores asociados a las áreas de piedemonte. Se resalta la gran área de geoformas de glaciar heredado, que representan principalmente áreas de ecosistema de páramo.

Se resalta nuevamente la necesidad de la caracterización de cada una de estas áreas, a escala de análisis más grandes que permitan precisar los rangos de potencial y diseñar medidas de manejo que diferenciales, acorde con las realidades territoriales de cada una de estas áreas.

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

6. Perspectivas de análisis nacional

Este trabajo representa el esfuerzo realizado por el Instituto Humboldt en compañía de socios estratégicos como el IDEAM e IGAC, para consolidar el Mapa Nacional de Humedales a escala 1:100.000, con base en el análisis de rangos de potencialidad. Este mapa se constituye una herramienta fundamental para la gestión sostenible de éstos ecosistemas a la luz de lo establecido en la convención RAMSAR y en la PNGIBSE.

El mapa establece rangos de potencial de humedal, sobre los cuales se deberá realizar una gestión diferencial, dirigida hacia la zonificación de los complejos de humedal, donde buena parte de las áreas de muy alto y alto potencial (13.493.000 ha) pueden ser definidas como áreas intangibles que deben ser entendidas a la luz del mandato legal frente a la propiedad privada y otras de medio (11.516.000 ha) y bajo (6.334.000 ha) donde la propiedad privada no es incompatible pero los regímenes de uso debe ser compatibles con la función ecológica de la propiedad y de la gestión del riesgo.

Es importante reconocer la magnitud de las áreas de humedales a nivel nacional y los grandes retos a los que se enfrenta el país, hacia el manejo sostenible de éstos ecosistemas. En éste sentido es importante resaltar que el esfuerzo realizado por el Instituto Humboldt y el Fondo Adaptación, al haber realizado el mapa de todo el territorio nacional, más allá de las cuencas priorizadas por afectación, en las cuales solo cuentan con total de 7.390.611 ha frente al área nacional de humedales de 31.343.720 ha.

El trabajo realizado es solo un inicio de las perspectivas de trabajo que se van a realizar con humedales en el marco de éste proyecto, como son la complementación de la información del mapa con frecuencias de inundación a partir de imágenes de radar para los años 2007 – 2011, procesos de validación y análisis a escalas de mayor detalle, clasificación biofísica de los tipos de humedales a nivel nacional, análisis de transformaciones y motores de cambio sobre el área potencial de humedal y análisis de oferta potencial de servicios ecosistémicos.

El Instituto entrega al gobierno nacional, una herramienta fundamental para el desarrollo de análisis de humedales a nivel nacional, tales como el diseño y definición de determinantes ambientales a tener en cuenta en procesos de ordenamiento y planificación ambiental territorial.

Por último este mapa así como los demás insumos buscan aportar igualmente a la formulación de un marco normativo adaptado a la realidad nacional en términos de áreas y diversidad de tipo de humedales, en aras de reconocer desde la misma Ley la complejidad y riqueza ecosistémica asociada a los ecosistemas de humedal, que no puede ser abordada con una única metodología, a una misma escala, o con una visión de exclusión entre el ecosistema y la población que lo habita, sino hacia una gestión integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de los humedales.

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

7. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, O. 2014. Discriminación conceptual y taxonómica de suelos hidromórficos. Informes técnicos contrato No. 14-017PS. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Acevedo, O. 2014. Identificación de las principales variables asociadas a condiciones de humedad. Informes técnicos contrato No. 14-017PS. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Ali, A., C.A.J.M. de Bie, A.K. Skidmore, R.G. Scarrott, A. Hamad, V. Venus, P. Lymberakis. 2013. Mapping land cover gradients through analysis of hyper-temporal NDVI imagery International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 23.
- Convenio Interadministrativo 005 de 2013, celebrado entre el Fondo de Adaptación y El Instituto de Investigación de Recursos Biológicos – Alexander von Humboldt.
- Contraloría, General de la República. 2011. Evaluación de la implementación de la política nacional de humedales interiores de Colombia. Capítulo III. Estado de los Recursos Naturales y del Ambiente 2010-2011. Imprenta Nacional. Bogotá D.C. Colombia.
- Cowardin, L. M., V. Carter, F. C. Golet, and E. T. LaRoe. 1979. Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States, FWS/OBS-79/31, U.S. Fish and Wildlife Service, Office of Biological Services, Washington, D.C.
- De Bie, C. A. J. M., M. R. Khan, V. U. Smakhtin, V. Venus, M. J. C. Weir, E. M. A. Smaling. 2011. Analysis of multi-temporal SPOT NDVI images for small-scale land-use mapping. International Journal of Remote Sensing. Vol. 32, Iss. 21.
- Environmental Laboratory. 1987. Corps of Engineers Wetlands Delineation Manual. Wetlands Research Program. Washington, D.C.
- Environmental Protection Agency. 2005. Wetland Mapping and Classification Methodology – Overall Framework – A Method to Provide Baseline Mapping and Classification for Wetlands in Queensland, Version 1.2, Queensland Government, Brisbane.
- FAO. 2009. Guía para la descripción de suelos (cuarta ed.). R. Vargas Rojas, Trad. Roma.
- Fitoka, E and Keramitsoglou, I. 2008 (eds). Inventory, assessment and monitoring of Mediterranean Wetlands: Mapping wetlands using Earth Observation techniques (Scientific reviewer Nick J Riddiford). EKBY & NOA. MedWet publication.
- ICONA. Serie Técnica. MAPA. Madrid.

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

- IDEAM. 2010a. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D.C.
- IDEAM. 2010b. Sistemas Morfogénicos del Territorio Colombiano. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C. 2 anexos, 26 planchas en DVD.
- IGAC, 2014. Cartografía base 1:100.000. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá, D.C.
- IGAC, 2014. Mapa Nacional de Geopedología. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá, D.C.
- Junta de Andalucía, 2002. Plan Andaluz de Humedales. Consejería de Medio Ambiente. Egondi Artes Gráficas S.A. Sevilla.
- Klijn, F. y Udo de Haes, H. 1994. A hierarchical approach to ecosystems and its implications for ecological land classification. *Landscape Ecology* 9(2).
- Marin, 1992. Estadísticas sobre el recurso agua. HIMAT. De. Arto. Uda, Bogotá, D.C.
- Ministerio de Ambiente, 2002. Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia. Estrategias para su conservación y uso sostenible. Ministerio de Medio Ambiente. República de Colombia. Bogotá.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2012. Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE). República de Colombia.
- MMA - Centro de Ecología Aplicada. 2011. Diseño del inventario nacional de humedales y el seguimiento ambiental. Ministerio de Medio Ambiente. Santiago. Chile.
- Naranjo, L.G. 1997. Humedales. En: Chaves M. y N. Arango (eds.). Informe Nacional sobre el Estado de la Biodiversidad: 140 – 163 p. Tomo I, Diversidad Biológica. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Ministerio del Medio Ambiente, PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). Bogotá D.C.
- Naranjo, N.G., G.I. Andrade y E. Ponce. 1999. Humedales interiores de Colombia. Bases técnicas para su conservación y uso sostenible. Instituto Humboldt y Ministerio de Medio Ambiente. Bogotá.
- Queensland Department of Natural. Resources and Water. 2009. Queensland Wetlands Program Evaluation. Final Report. 16 March 2009. Melbourne.
- República de Colombia. 2010. Ley 1450 Plan Nacional de Desarrollo (2010 – 2014). República de Colombia.
- Rivas-Matínez. 1987. Memoria y mapa de las series de vegetación de España. 1:400.000.
- Salichtchev, K.A. 1979 Cartografía, Editorial Pueblo y Educación, La Habana.

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

- Secretaría de la Convención de Ramsar, 2007. Inventario de humedales: Un Marco de Ramsar para el Inventario de humedales. Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales, 3ª edición, vol. 12. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland - Suiza.
- Secretaría de la Convención de Ramsar, 2010a. Inventario de humedales: Marco de Ramsar para el inventario y la descripción de las características ecológicas de los humedales. Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales, cuarta edición, vol. 15. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland - Suiza.
- Secretaría de la Convención Ramsar. 2010b. 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.
- Soil Survey Staff. 1994. National Soil Survey Handbook. Washington, D.C : USDA Soil Conservation Service, 1994.
- Soil Survey Staff. 1999. Soil Taxonomy: A basic System of soil classification for making and Interpreting Soil Surveys. Washington D.C: USDA Natural Resources Conservation Services, Agric. Hdbk. 436, U.S. Government Printing Office.
- Soil Survey Staff. 2010. Claves para la taxonomía de suelos. Departamento de Agricultura. Traducción de c. Ortiz,-Solorio y M. Gutiérrez-Castorena.
- USDA, NRCS, 2010. Field Indicators of Hydric Soils in the United States, Version 7.0. (N. i. USDA, Ed.) L.M. Vasilas, G.W. Hurt, and C.V. Noble. Washington, D.C.
- USDA, NRCS. 2014. Hydric Soils – Introduction. USDA Natural Resources Conservation Service Soils. Obtenido de United States Department of Agriculture: http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/use/hydric/?cid=nrcs142p2_053961
- Tricart, J. 1977. Précis de géomorphologie. II Géomorphologie dynamique générale. SEDES, Paris.
- Tricart, J. y J. Killian. 1982. La ecogeografía y la ordenación del medio natural. Anagrama. Barcelona.
- USGS. 2011. MODIS Data products table Vegetation Indices 16-day L3 Global 250m. U. S. Geological Survey https://lpdaac.usgs.gov/products/modis_products_table/

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

8. ANEXOS

Anexo 1. Geoformas más representativas en muy alto y alto potencial de humedal.

Geoformas potencial alto	Área (ha)
depresiones tectónicas	2753467.651
Llanuras de desborde	2,076,857.47
Llanuras de desborde con drenaje intermitente	3,218.75
Piedemontes bajos	32,543.36
Terrazas Bajas	555.17
Valles aluviales	563,631.84
Valles coluvio - aluviales en piedemontes altos	2,329.90
Valles Coluvio - Aluviales menores	74,331.16
dominio amazonico	4,794,887.35
Llanuras de desborde de ríos amazónicos	1,126,504.23
Llanuras de desborde de ríos andinos	1,789,452.07
Terrazas Bajas	187,730.09
Terrazas medias y altas	137,754.03
Valles Coluvio - Aluviales	1,510,200.49
Valles Coluvio - Aluviales menores	43,246.43
dominio orinoques	4,796,103.20
Altillanura disectada	45,732.36
Altillanura Ondulada	116,732.83
Altillanura Plana	51,838.33
Depresiones pantanosas de Arauca	260,833.65
Llanura Aluvial actual	441,986.67
Llanura de desborde heredada	1,162,443.62
Llanura Eólica Heredada	1,408,012.23
Llanuras aluviales de la Altillanura	560,168.68
Terraza derecha del río Meta	23,968.52
Terrazas Bajas	1,610.29
Terrazas medias y altas	2,292.92
Valles Coluvio - Aluviales menores	720,483.10
litorales	887,368.57
Con influencia fluvial	840,381.18
Sin influencia fluvial	46,987.38
montana alta	9,030.76
glaciar	3,509.89
glaciar heredado	3,619.45
Periglaciar	1,549.63
(en blanco)	351.79
montana baja	7,954.84
Valles de ríos de montaña	42.51
Valles precordilleranos	7,912.33
montana media	62,003.79
Ambiente no volcánico	860.25
Ambiente volcánico	52.96
glaciar	1,184.84
Valles de ríos de montaña	6,302.70
(en blanco)	53,603.05
Total general	13,310,816.17

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

Anexo 2. Coberturas más representativas en muy alto y alto potencial de humedal.

Coberturas Corine en potencial alto	Área (ha)
3.1. Bosques	4,468,086.62
3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable	759,815.57
3.1.1.1.2.1. Bosque denso alto Inundable heterogeneo	2,462,459.72
3.1.1.1.2.3. Palmares	66,091.32
3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable	372,590.68
3.1.2.1.2. Bosque abierto alto inundable	13,930.38
3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable	84,318.52
3.1.4. Bosque de galería y ripario	708,880.43
3.2. Areas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3,330,708.27
3.2.1.1.2. Herbazal denso inundable	3,157,283.88
3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado	139,772.75
3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado	33,651.63
3.3. Areas abiertas, sin o con poca vegetación	4,117.20
3.3.5. Zonas glaciares y nivales	4,117.20
4.1. Areas húmedas continentales	967,683.29
4.1.1. Zonas Pantanosas	875,421.58
4.1.2. Turberas	193.47
4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	92,068.25
4.2. Areas húmedas costeras	35,007.59
4.2.1. Pantanos costeros	23,207.07
4.2.2. Salitral	11,800.52
5.1. Aguas continentales	1,710,186.02
5.1.1. Ríos (50 m)	986,608.73
5.1.2. Lagunas, lagos y cienagas naturales	624,899.35
5.1.3. Canales	62,889.05
5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	32,734.21
5.1.4.1. Embalses	2,368.31
5.1.4.2. Lagunas de oxidación	43.02
5.1.4.3. Estanques para acuicultura continental	643.35
5.2. Aguas marítimas	99,053.97
5.2.1. Lagunas costeras	99,053.97
Total general	10,614,842.97

Anexo 3. Suelos más representativos en muy alto y alto potencial de humedal.

Suelos potencial alto	Área (ha)
Acuico	3,224,921.86
Acuico y Udico	5,877,290.96
Acuico y Ustico	25,674.46
Aridico	23,879.83
No aplica (cuerpos de agua)	1,846,346.06
Udico	218,935.54
Udico y Acuico	1,697,984.02
Ustico	190,520.30
Ustico y Acuico	42,524.23
Ustico y Udico	20,458.98
Total general	13,168,536.25

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

Anexo 4. Geoformas más representativas en medio potencial de humedal.

Geoformas potencial medio	Área (ha)
depresiones tectónicas	2,296,736.93
Llanuras de desborde	699,683.06
Llanuras de desborde con drenaje intermitente	1,790.93
Piedemontes bajos	400,169.90
Terrazas Bajas	5,183.86
Valles aluviales	618,704.02
Valles coluvio - aluviales en piedemontes altos	27,547.78
Valles Coluvio - Aluviales menores	543,657.39
dominio amazónico	3,639,413.08
Llanuras de desborde de ríos amazónicos	186,456.07
Llanuras de desborde de ríos andinos	492,853.55
Terrazas Bajas	156,033.05
Terrazas medias y altas	287,772.08
Valles Coluvio - Aluviales	2,181,022.28
Valles Coluvio - Aluviales menores	335,276.06
dominio orinoques	4,108,570.35
Altilianura disectada	112,301.31
Altilianura Ondulada	168,307.67
Altilianura Plana	186,210.32
Depresiones pantanosas de Arauca	23,776.59
Llanura Aluvial actual	429,162.25
Llanura de desborde heredada	1,372,406.29
Llanura Eólica Heredada	259,851.50
Llanuras aluviales de la Altilianura	77,107.06
Terraza derecha del río Meta	68,323.24
Terrazas Bajas	1,959.90
Terrazas medias y altas	34,965.07
Valles Coluvio - Aluviales menores	1,374,199.15
litorales	250,718.46
Con influencia fluvial	212,243.28
Sin influencia fluvial	38,475.18
montaña alta	63,760.82
(en blanco)	63,760.82
montaña baja	18,338.45
Valles de ríos de montaña	2,650.38
Valles precordilleranos	15,688.08
montaña media	156,992.23
Ambiente no volcánico	15,812.71
Ambiente volcánico	6,950.25
Valles de ríos de montaña	55,879.50
(en blanco)	78,349.77
Total general	10,534,530.32

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

Anexo 5. Coberturas más representativas en medio potencial de humedal.

Coberturas Corine potencial medio	Área (ha)
3.1. Bosques	2,592,884.31
3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable	340,165.08
3.1.1.1.2.1. Bosque denso alto Inundable heterogeneo	650,433.18
3.1.1.1.2.3. Palmares	23,188.94
3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable	164,858.60
3.1.2.1.2. Bosque abierto alto inundable	4,626.45
3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable	17,265.82
3.1.4. Bosque de galería y ripario	1,392,346.23
3.2. Areas con vegetacion herbacea y/o arbustiva	1,745,038.35
3.2.1.1.2. Herbazal denso inundable	1,666,839.21
3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado	67,283.75
3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado	10,915.39
3.3. Areas abiertas, sin o con poca vegetacion	2,027.34
3.3.5. Zonas glaciares y nivales	2,027.34
4.1. Areas humedas continentales	48,894.16
4.1.1. Zonas Pantanosas	43,713.03
4.1.2. Turberas	317.57
4.1.3. Vegetacion acuatica sobre cuerpos de agua	4,863.56
4.2. Areas humedas costeras	6,213.20
4.2.1. Pantanos costeros	2,088.12
4.2.2. Salitral	4,125.08
5.1. Aguas continentales	112,141.02
5.1.1. Rios (50 m)	99,577.06
5.1.2. Lagunas, lagos y cienagas naturales	7,716.74
5.1.3. Canales	2,328.49
5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	2,402.26
5.1.4.1. Embalses	52.62
5.1.4.2. Lagunas de oxidacion	51.63
5.1.4.3. Estanques para acuicultura continental	12.22
5.2. Aguas maritimas	583.75
5.2.1. Lagunas costeras	583.75
Total general	4,507,782.12

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

Anexo 6. Geoformas más representativas en bajo potencial de humedal.

Geoformas potencial bajo	Área (ha)
depressiones tectónicas	639,114.07
Llanuras de desborde	112,443.66
Llanuras de desborde con drenaje intermitente	201.77
Piedemontes bajos	175,253.63
Terrazas Bajas	33,581.31
Valles aluviales	888.65
Valles coluvio - aluviales en piedemontes altos	50,073.71
Valles Coluvio - Aluviales menores	266,671.35
dominio amazónico	303,634.10
Llanuras de desborde de ríos amazónicos	254.60
Llanuras de desborde de ríos andinos	581.47
Terrazas Bajas	61,300.35
Terrazas medias y altas	235,288.90
Valles Coluvio - Aluviales	5,739.77
Valles Coluvio - Aluviales menores	469.00
dominio orinoques	1,324,128.29
Altillanura disectada	7,749.97
Altillanura Ondulada	24,738.41
Altillanura Plana	25,941.97
Depresiones pantanosas de Arauca	5.86
Llanura Aluvial actual	6,539.24
Llanura de desborde heredada	453,501.75
Llanura Eólica Heredada	5,310.74
Llanuras aluviales de la Altillanura	949.81
Terraza derecha del río Meta	20.60
Terrazas Bajas	27.74
Terrazas medias y altas	16,333.83
Valles Coluvio - Aluviales menores	783,008.38
litorales	51,156.73
Con influencia fluvial	50,751.13
Sin influencia fluvial	405.61
montaña alta	1,125,533.16
glaciar	11,991.96
glaciar heredado	1,066,473.91
Periglaciar	47,067.29
montaña baja	4,810.58
glaciar heredado	890.01
Valles de ríos de montaña	1,103.45
Valles precordilleranos	2,817.12
montaña media	398,927.07
Ambiente no volcánico	8,281.75
Ambiente volcánico	6,830.85
glaciar	6,134.11
glaciar heredado	220.54
Periglaciar	2,705.36
Valles de ríos de montaña	40,384.36
(en blanco)	334,370.09
Total general	3,847,304.01

Anexo 8. Suelos más representativos en bajo potencial de humedal.

Suelos bajo potencial	Área (ha)
Acuico	82,861.98
Acuico y Udico	216,689.19
Acuico y Ustico	42,697.47
Aridico	1.64
No aplica (cuerpos de agua)	2,363.45
Udico	288,573.67
Udico y Acuico	1,558,673.33
Ustico	219,149.81
Ustico y Acuico	49,377.10
Ustico y Udico	157.74
Total general	2,460,545.38

Mapa Potencial de Humedales de Colombia escala 1:100.000. Memoria Técnica

Anexo 9. Coberturas más representativas en bajo potencial de humedal.

Coberturas Corine potencial bajo	Área (ha)
3.1. Bosques	153,421.10
3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable	11,576.76
3.1.1.1.2.1. Bosque denso alto Inundable heterogeneo	10,006.44
3.1.1.1.2.3. Palmares	1,884.57
3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable	7,056.20
3.1.2.1.2. Bosque abierto alto inundable	42.16
3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable	218.40
3.1.4. Bosque de galeria y ripario	122,636.56
3.2. Areas con vegetacion herbacea y/o arbustiva	12,213.49
3.2.1.1.2. Herbazal denso inundable	9,153.03
3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado	2,324.53
3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado	735.94
3.3. Areas abiertas, sin o con poca vegetacion	23.90
3.3.5. Zonas glaciares y nivales	23.90
4.1. Areas humedas continentales	484.37
4.1.1. Zonas Pantanosas	429.37
4.1.2. Turberas	10.56
4.1.3. Vegetacion acuatica sobre cuerpos de agua	44.44
4.2. Areas humedas costeras	16.96
4.2.1. Pantanos costeros	9.65
4.2.2. Salitral	7.32
5.1. Aguas continentales	2,242.17
5.1.1. Rios (50 m)	2,114.43
5.1.2. Lagunas, lagos y cienagas naturales	92.14
5.1.3. Canales	7.82
5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	26.85
5.1.4.2. Lagunas de oxidacion	0.07
5.1.4.3. Estanques para acuicultura continental	0.85
5.2. Aguas maritimas	3.08
5.2.1. Lagunas costeras	3.08
Total general	168,405.08