

PROPUESTA

**REHABILITACIÓN DEL ECOSISTEMA DE HUMEDAL EN LA REGIÓN DE LA MOJANA
PARA MITIGAR EFECTO DE LAS INUNDACIONES**

Presentado por: Paola Isaacs Cubides

**Componente 1: Análisis y levantamiento de Información sobre ecología y dinámica
de humedales**

Análisis espacial semi-detallado (escala regional a local): Este componente aborda análisis espaciales que sirven para diseñar los escenarios de intervención, buscando que las iniciativas de restauración fomenten la conectividad entre áreas estratégicas y apoyen la preservación y recuperación de servicios ecosistémicos como la regulación hídrica, la provisión de pesca y las oportunidades de conservación de la biodiversidad.

Incluye un proceso de planificación ecorregional para la conservación a nivel de subcuencas. Se enfoca en realizar el análisis y cruce de la información, biológica y socioeconómica, útil para la identificación de los elementos del paisaje. Esto permite llegar a una priorización de sitios donde el establecimiento de acciones de conservación contribuirá de una manera más eficiente a mejorar el estado de conservación de la biodiversidad presente en los distintos paisajes de humedal transformados. A partir de este análisis inicial, se realiza la Priorización de ventanas a escala semi-detallada, e identificación de al menos dos sitios para la implementación de la restauración, que incluye una fase de corroboración en campo.

Inicialmente definimos humedal como “aquellos ecosistemas que, debido a condiciones geomorfológicas e hidrológicas, presentan acumulación de agua (temporal o permanentemente), dando lugar a un tipo característico de suelo y a organismos adaptados a estas condiciones, estableciendo así dinámicas acopladas e interactuantes con flujos económicos y socioculturales que operan alrededor y a distintas escalas” (Cortés y Estupiñán 2016).

Colombia cuenta con 30.781.149 de hectáreas de humedales (Jaramillo et al. 2015) y más de 88 tipos diferentes entre humedales marino-costeros, interiores y artificiales que hacen



de Colombia un país de agua. Para el presente trabajo, se definió como área de estudio la zona correspondiente a la depresión Momposina, la cual incluye 34 municipios de los departamentos de Antioquia, Cesar, Montería, Sucre y Bolívar (Figura 1), correspondientes a las zonas hidrográficas Bajo Magdalena- Cauca -San Jorge, Nechí, Medio Magdalena, Bajo Magdalena.

Esta área se definió con el fin de tener un panorama amplio de la situación ambiental de la zona de La Mojana y de los municipios priorizados. Esto busca seguir lo propuesto por Cortés y Estupiñan (2016) para definir acciones desde el enfoque socio-ecológico. En este caso se realizó un análisis que permitió analizar el grado de transformación del humedal a estudiar para así poder determinar las características que han sido mayormente alteradas y definir ajustes metodológicos para la planeación, ejecución y validación. Esta fase incluyó la determinación de los humedales presentes, un análisis multicriterio de las diferentes variables que influyen en el estado de los humedales y que permiten priorizar las áreas de restauración específicamente, así como insumos para la gestión integral del territorio (Jaramillo 2016). Dentro de estas variables se buscó identificar motores de cambio de las áreas de humedal de acuerdo a la figura 2.

Es fundamental elaborar un mapeo de los humedales evaluados, pues esta aproximación facilita que la selección final refleje la diversidad ecosistémica de la jurisdicción, incluyendo aquí representatividad de divisiones de la jurisdicción, límites municipales, rangos de altitud, subzonas hidrográficas y tipos de humedal, y en general elementos que permiten identificar características regionales, geológicas, ecológicas y ambientales (Cortés y Estupiñan 2016).



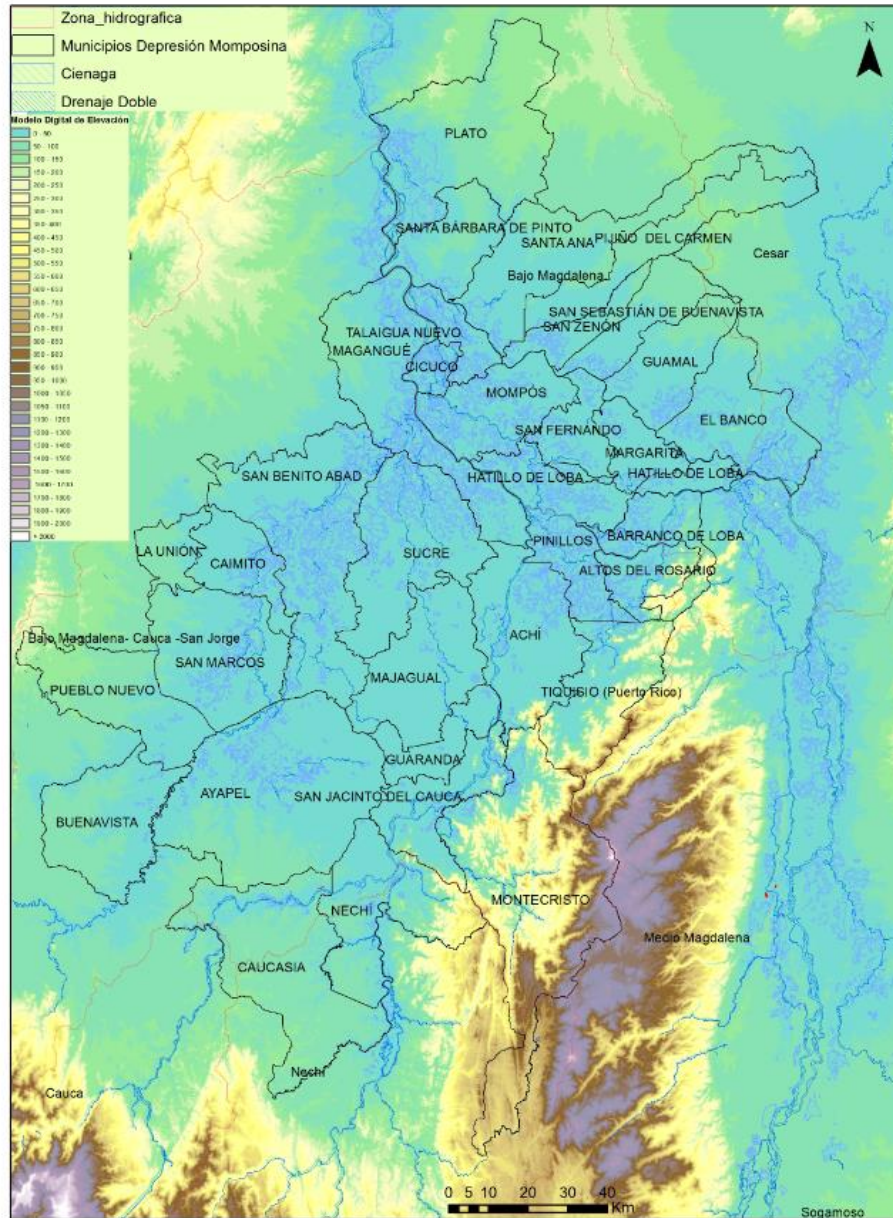


Figura 1. Municipios pertenecientes a la depresión Momposina, seleccionados para el análisis espacial regional (Elaboración propia).



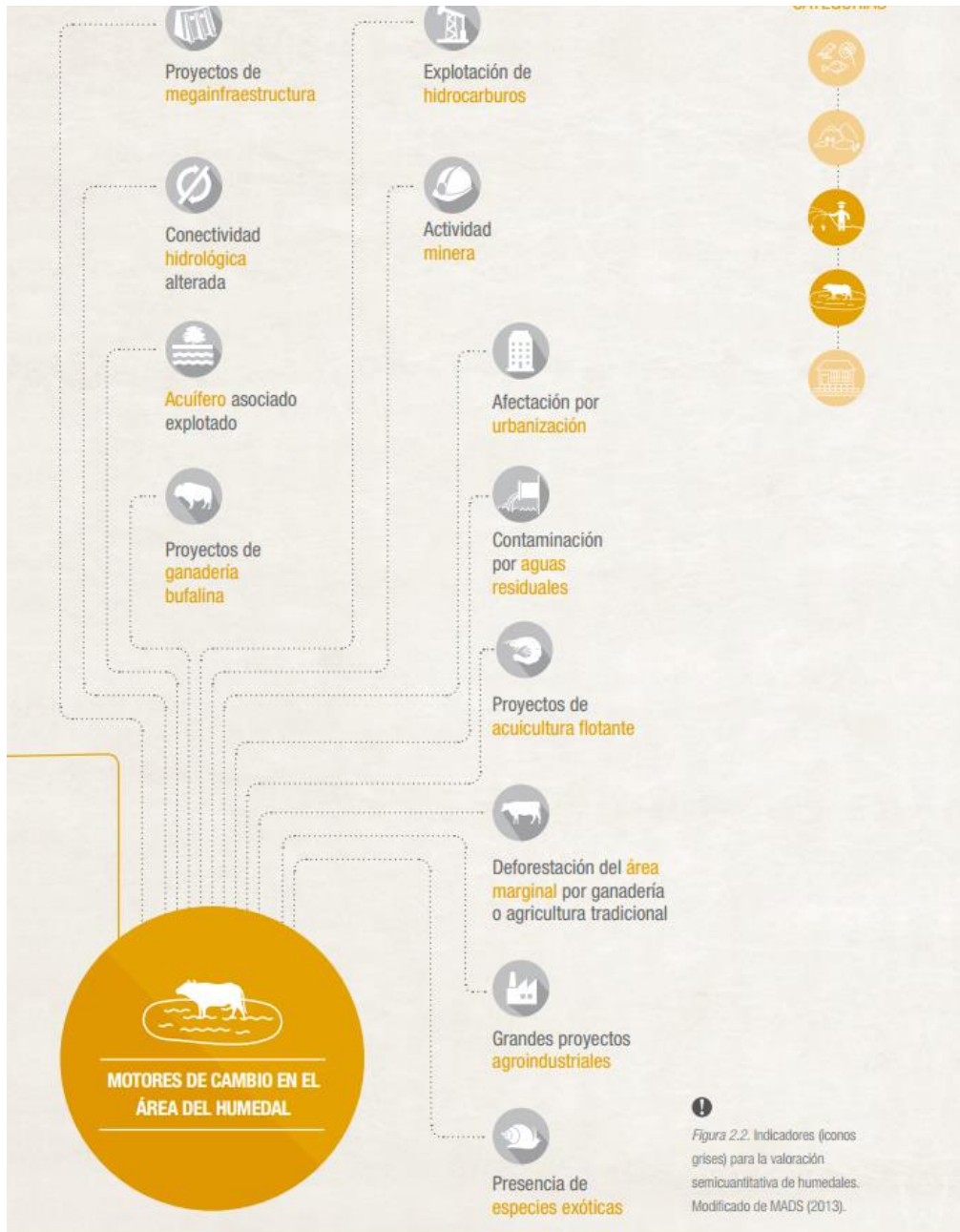


Figura 2. Motores de cambio a identificar en las áreas de humedal (tomado de Jaramillo 2016).

Este mapeo incluye revisión de la información y el uso de tecnologías geoespaciales, así como cuatro criterios: geomorfología, donde se identifican las geoformas que facilitan la acumulación de agua, hidrología para conocer la dinámica del agua en los sistemas de



humedal (entradas y salidas, expansión-contracción, temporalidad, estacionalidad), suelos de humedal, que guarda el registro de la inundación y su duración y finalmente vegetación como la expresión biológica de organismos adaptados a condiciones de inundación y que se pueden representar en la escala cartográfica de trabajo (Estupiñan et al. 2016)

En este caso, es fundamental definir la extensión original del humedal ya que una vez se presenta su transformación, se afectan la cobertura vegetal natural y la conectividad hídrica por la construcción de diques, carreteras, viviendas, lo cual es clave para desarrollar un manejo acertado, en especial de zonas de inundación, lo cual es un componente de su dinámica natural. Según varios reportes de la literatura, una vez identificada el área de humedal se deben desarrollar procesos que contemplen análisis de la cobertura vegetal, el suelo y el componente hídrico (White y Fennessy 2005, Moreno-Mateos y Comin 2010, Comin et al. 2014).

Se realizó un análisis exploratorio de la zona a escala 1:100.000, para determinar las condiciones presentes de acuerdo a los insumos cartográficos pertinentes para el análisis. Para el criterio de suelo, se empleó el mapa de conflicto de uso de la tierra, desarrollado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2012), que muestra áreas donde el uso del suelo es inadecuado. En su construcción se emplearon lo que ellos definen como áreas de conservación y producción, áreas de susceptibilidad y amenazas (amenazas volcánicas, sísmica, movimientos en masa, erosión costera, inundaciones y ascenso del nivel del mar) y tipos de suelos (clima, geomorfología, litología, relieve, pendiente, erosión, pedregosidad, salinidad, contenido pedológico y características propias). El conflicto se clasifica en: tierras sin conflicto o usos adecuados, conflicto por subutilización, sobreutilización y otros conflictos (Para mayor información de los insumos y métodos consultar IGAC 2012). Este criterio es importante para la toma de decisiones en restauración, dado el fuerte énfasis que tiene en la degradación del suelo siendo un elemento imprescindible en actividades productivas y de conservación, por lo que su restauración es un elemento de primera necesidad. En especial, la sobreexplotación incluye suelos erosionados o con amenaza de deslizamiento, inundación, sísmica, vulcanismo, siendo un tema de gran importancia en las actividades de prevención de riesgos y amenazas que debe abordar la región, con un fuerte componente para las áreas de inundación. Adelantar labores productivas inapropiadas para los suelos, solo



conllevará a pérdidas económicas y ambientales y en especial para las condiciones de vida de los habitantes (IGAC 2012).

De acuerdo a este mapa, cerca de un 33% de la zona presenta conflicto de uso, en donde se reporta un 15.8% de zonas que presentan conflicto en áreas pantanosas y un 2.8% en áreas de cuerpos de agua. Adicionalmente, reporta un 14% de sobreutilización del suelo, en donde las actividades a realizar deben ser únicamente de restauración y conservación debido a que no son zonas aptas para establecer sistemas productivos (Tabla 1).

Tabla 1. Porcentaje de conflicto de uso de la tierra reportado en el área de estudio.

Tipo de conflicto	porcentaje
Conflictos en áreas pantanosas	15,80
Conflictos en áreas de cuerpos de agua	2,79
Sobreutilización	14,00
Conflictos mineros	0,40
Conflictos urbanos y obras	0,29
Usos inadecuados en zonas quemadas	0,01
Subutilización	33,03

Esto como primer insumo, evidencia de entrada que en la zona existe un uso de la tierra inadecuado y que según lo propone la leyenda, existe un 33% de zonas subutilizadas, en donde se debe optimizar y mejorar la forma de producción (Figura 3). Esto incluye, la implementación de sistemas productivos sostenibles como los agroforestales, sistemas ganaderos de tipos silvopastoril, o la presencia de alternativas de producción acorde con las condiciones anfibias.



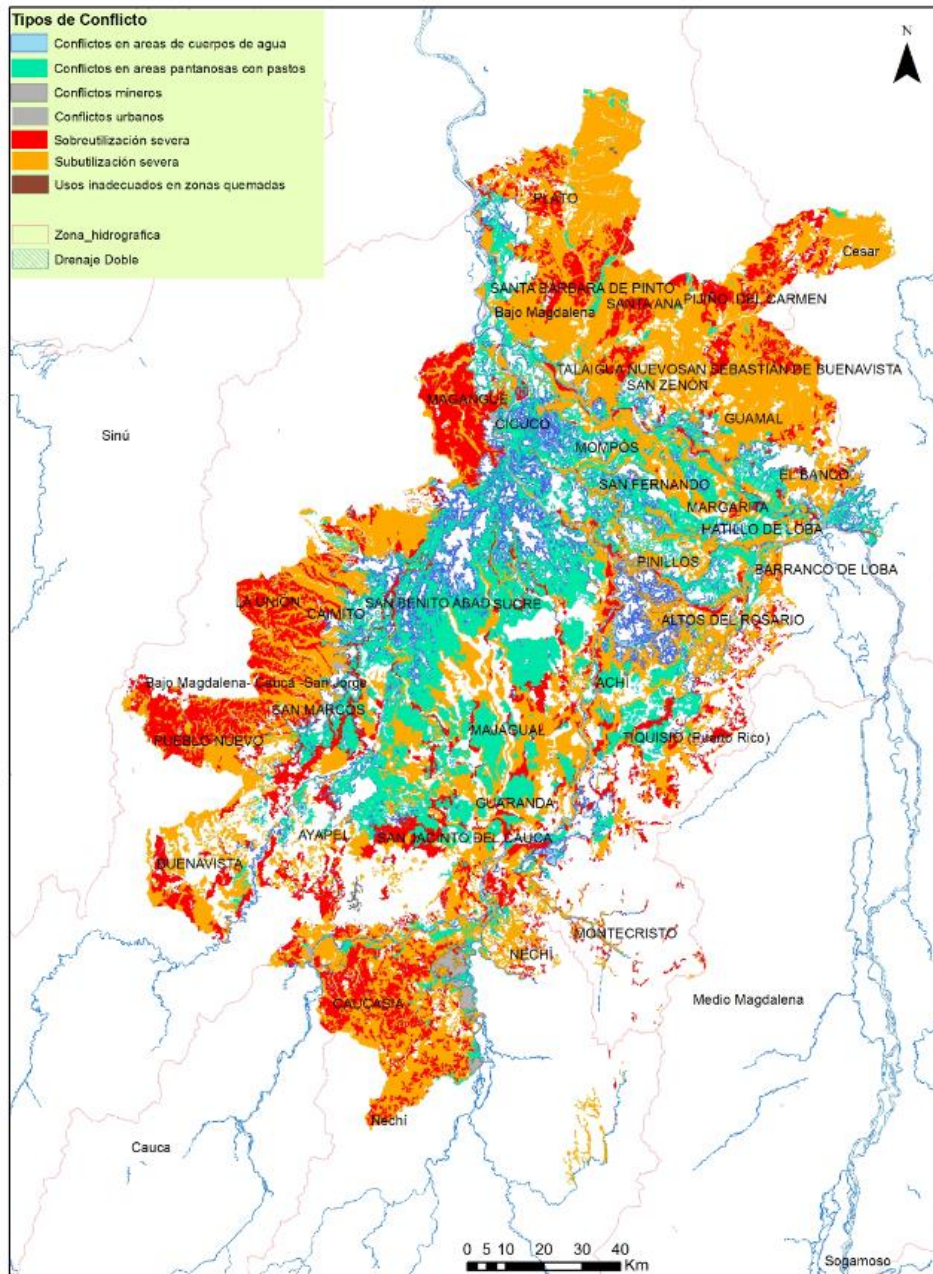


Figura 3. Mapa de conflicto de uso de la tierra para el área de estudio (IGAC 2010).

Por otro lado, se evaluó la cobertura de la tierra a escala 1:100.000 según la metodología Corine Land Cover – CLC (IDEAM 2010, 2014), para determinar el porcentaje de cobertura antrópica presente en el área, como evidencia de la destrucción de las



coberturas naturales que se ha presentado (Tabla 2).

Tabla 2. Área reportada en hectáreas y porcentaje presente en el área de estudio.

Cobertura	Área (ha)	Porcentaje
Territorios artificializados	20956	0,80
Territorios agrícolas	1341279	51,40
Bosques y áreas seminaturales	452247	17,33
Áreas húmedas y Superficies de agua	795152	30,47
Total	2609634	

En este caso, 51% de la tierra presenta actividades productivas, el 30% corresponde a áreas de humedales y cuerpos de agua identificados para el año 2012 y un 17% corresponde con áreas naturales. Es evidente que el uso de la tierra se da en gran medida y que es necesario evaluar el tipo de uso y su manejo con el fin de proponer estrategias de restauración y un manejo más adecuado para la zona (Figura 4).



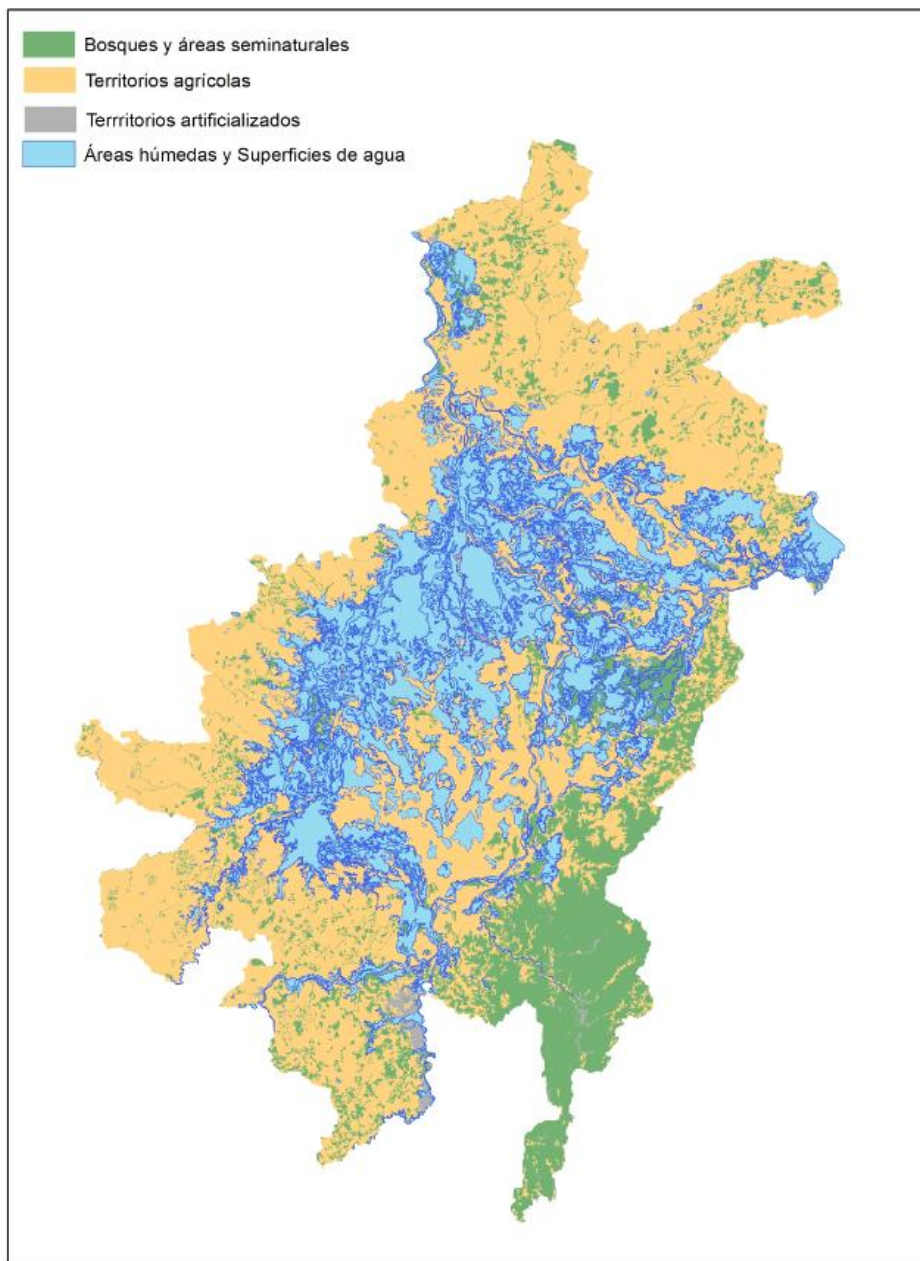


Figura 4. Mapa de cobertura y uso de la tierra de acuerdo a la leyenda Corine Land Cover (IDEAM 2012).

De este mapa de cobertura, se busca identificar aquella vegetación de zapal que esta priorizada para restauración. De acuerdo a la capa disponible, lo que corresponde a la clasificación de áreas húmedas y superficies de agua incluye elementos como vegetación



acuática sobre cuerpos de agua, además de zonas pantanosas, ríos y cuerpos de agua. Adicionalmente, existen tres categorías dentro de las áreas naturales y seminaturales que propone el CLC y son los bosques densos altos y bajos inundables y los bosques abiertos inundables. Estas áreas deben ser comprobadas con trabajo más detallado a nivel espacial y de campo (Figura 5).

El mapa de humedales de Colombia (Jaramillo et al. 2015) que fue generado a partir de la integración de mapas temáticos de geomorfología, suelos, cobertura de la Tierra, red hidrográfica y frecuencias de inundación. Tiene una resolución espacial de 25 m y su unidad mínima de mapeo es 25 hectáreas, lo que significa que humedales con un área inferior no son identificados (Figura 6). Los límites aquí consignados deben ser tomados como indicativos, ya que su alcance es nacional y debe verificarse posteriormente el trabajo a escalas de mayor detalle. Dado que este mapa fue generado a partir de datos de Radar, provee elementos complementarios para el análisis que no brindan los sensores ópticos como por ejemplo las imágenes que se emplean en la construcción del mapa de cobertura CLC



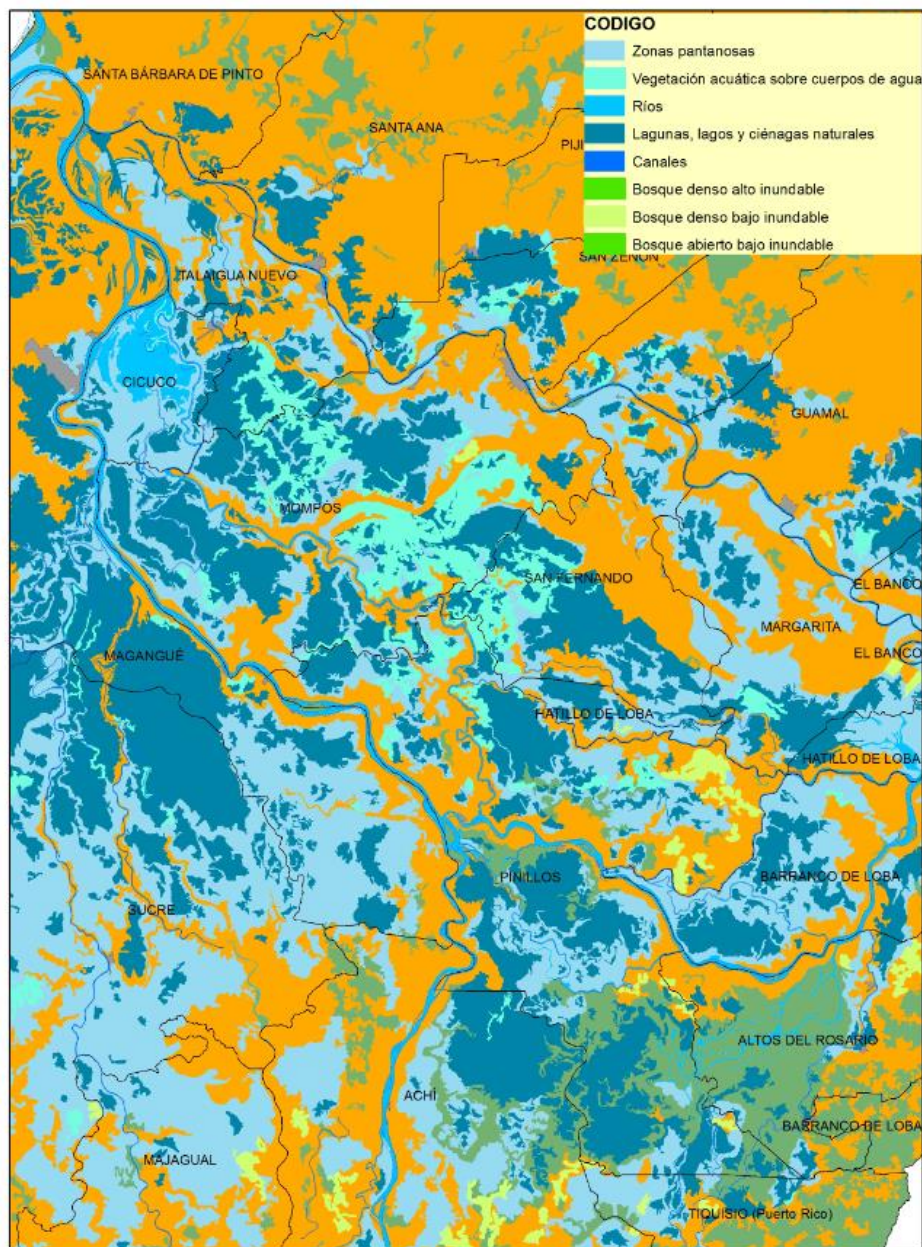


Figura 5. Tipos de cobertura presente en las zonas de humedal (IDEAM 2012).

El radar, por su parte, es sensible a las propiedades dieléctricas de los objetos, lo que está altamente correlacionado con la humedad (mayor humedad-mayor brillo); en este sentido es igualmente posible hacer inferencias acerca de la humedad de los suelos.



Respecto a las condiciones se obtiene un modelamiento hidrológico que se hace a partir de datos obtenidos por estaciones hidrometeorológicas y de modelos digitales de terreno. Como lo que se puede observar en tal caso es la expansión y contracción de los cuerpos de agua a través del tiempo, es entonces necesario contar con series temporales de imágenes tan densas y extensas como sea posible, pero principalmente que sean representativas de los períodos húmedos y secos en los que se enmarca la dinámica del humedal. Las imágenes ópticas, sin embargo, tienen algunas limitaciones en el análisis hidrológico. La más importante es la imposibilidad de obtener información bajo condiciones nubladas, que es cuando los humedales suelen tener mayor extensión. En este sentido resultan de gran utilidad las imágenes de radar, dado que la energía de microondas empleada por estas puede transmitirse o atravesar ciertos medios u objetos, lo que hace posible obtener información de superficies cubiertas por nubes, humo o incluso vegetación. Adicionalmente, se obtiene una respuesta clara de las superficies de agua por la retrodispersión y el efecto especular y se puede obtener información del dosel sobre agua, por el efecto de doble rebote proveniente de la superficie de agua para luego encontrarse con el tronco de los árboles y regresar al sensor (Lira 2002, Rojas y Estupiñan 2016).



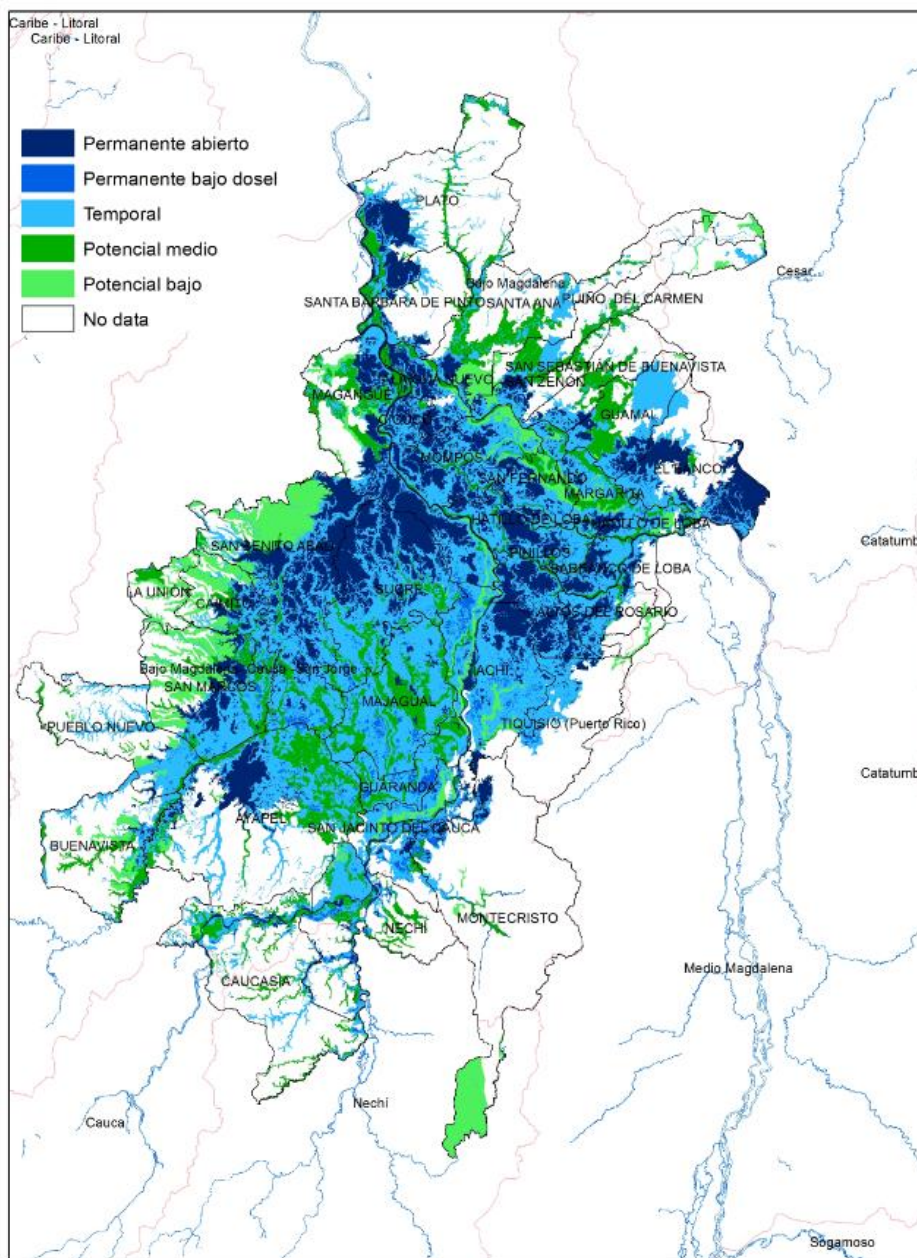


Figura 6. Mapa de humedales presente en la zona de estudio (IAvH 2015).

En su leyenda, el mapa presenta cinco categorías de humedales:

a. Permanentes abiertos: humedales donde la presencia de agua es constante y no hay cobertura de árboles. Por ejemplo: lagos, lagunas, ciénagas, ríos, glaciares, etc.



b. Permanentes bajo dosel: siempre están inundados y cuentan con una cobertura de bosque. Por ejemplo, los bosques inundables del Atrato, el Amazonas o los manglares.

c. Temporales: la presencia de agua no es constante pero sí se presenta con cierta periodicidad, como en las sabanas inundables de la Orinoquia.

d. Potencial medio: en estos las características del suelo y las geoformas indican que puede haber un humedal en un área específica.

e. Potencial bajo: corresponde a zonas con características similares a las de potencial medio, en las cuales los criterios presentan mayor incertidumbre respecto a su grado de asociación con humedales.

Adicionalmente, se desarrolló un mapa de tipos de humedales, que incluye tipos similares a los del mapa de cobertura CLC y que refuerzan lo identificado como vegetación de humedal y en especial las zonas de zapal (Figura 7).

Existe un mapa elaborado por el IAvH (Isaacs 2014), que prioriza áreas que presentan degradación para todo el país como un insumo para implementar actividades de restauración. Este mapa incluye criterios desde lo hídrico, suelo y vegetación que presenta algún grado de intervención. Para el criterio del suelo toma aquellas áreas con suelos sobreexplotados y áreas con conflicto de uso. Dado que las actividades productivas en el país actualmente están impulsadas hacia actividades mineras, así como la mayoría de las acciones de compensación, el mapa incluye los títulos mineros aprobados hasta el 2013 en estas zonas de conflicto para reconocer algunos elementos de degradación y de contaminación acuática, aun sabiendo que la mayoría de la minería puede ser de tipo ilegal. Debido a la contaminación del agua y suelo, la remoción del suelo y pérdida de la cobertura vegetal que esto implica, se incluyeron con una prioridad alta de restauración (MADS 2014).



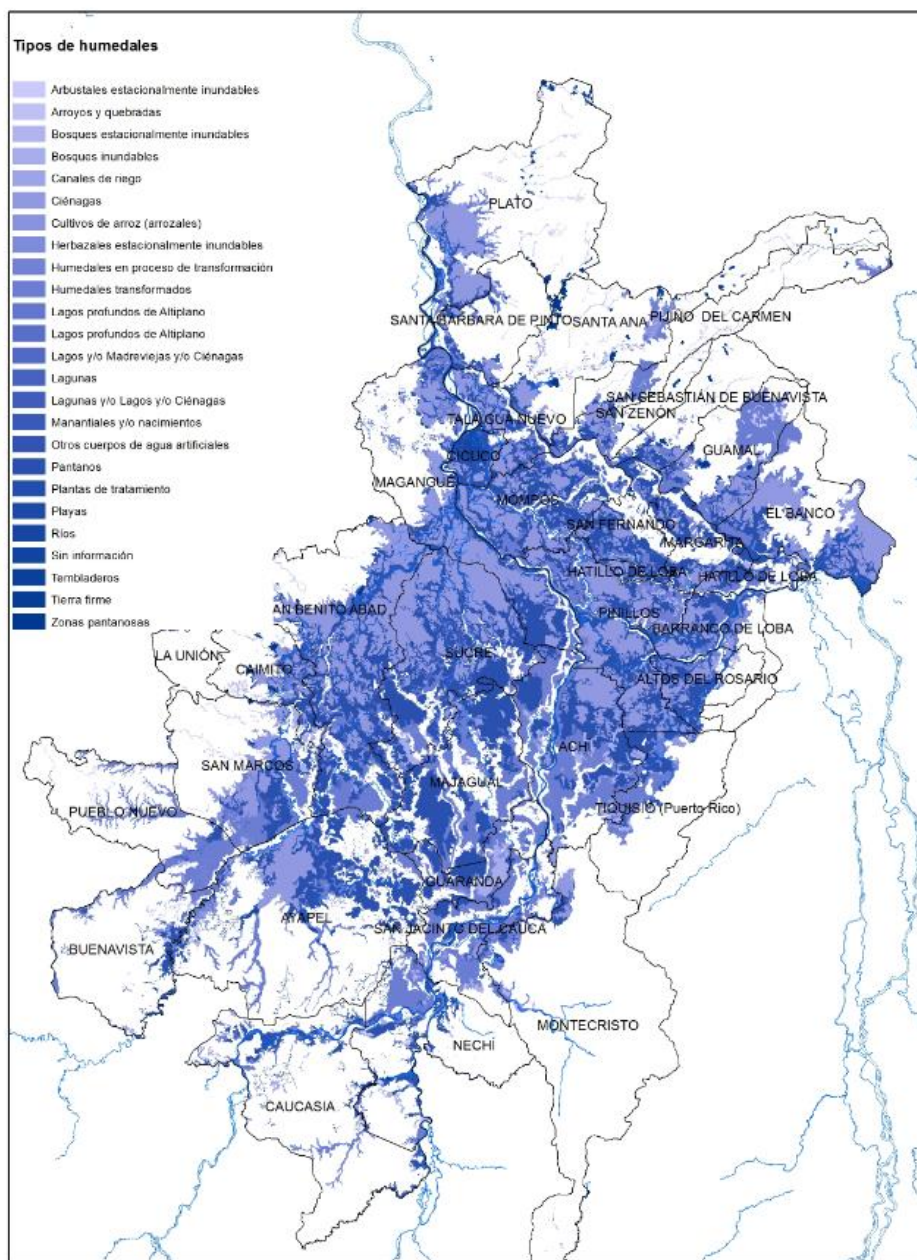


Figura 7. Tipos de humedales identificados (IAvH 2015).

Para el componente de vegetación, el mapa incluye las coberturas que estuvieran relacionadas con intervención humana pero que aún se conservan naturales en su mayoría, como son las tierras desnudas y degradadas, bosques fragmentados y vegetación secundaria o en transición (IDEAM 2012). Se incluyeron además las áreas



quemadas y las zonas de plantaciones de pino. Adicionalmente, se tomaron las coberturas más conservadas de la categoría de Bosques y Áreas Seminaturales (bosques densos, bosques abiertos y bosques de galería o riparios). Se incluyó una evaluación desde las métricas del paisaje, para abarcar análisis de estructura de acuerdo a índices forma (Area Weighted Mean Shape) y tamaño (Total Area), usando la extensión Patch Analyst para ArcGIS (Rempel et al. 2012). El cálculo de las métricas se realizó con el fin de priorizar parches que estuvieran en estado elevado de intervención por su tamaño pequeño y forma regular e incluir un umbral de incidencia del efecto de borde en los bosques (UICN 2011, Ribeiro 2013). Otro proceso importante a evaluar en la degradación de los bosques es la zona de borde y su adyacencia con zonas intervenidas, las cuales están agregando tensión sobre las coberturas naturales. En este caso, se tomaron las zonas de bosque en un área buffer de 100 m hacia aquellas que presentan áreas intervenidas contiguas y que se cruzan bajo el concepto de contigüidad de acuerdo a lo propuesto en las métricas del paisaje (McGarigal et al. 2012, Ribeiro 2013). Finalmente, para el componente hídrico se tomó la cartografía de drenajes (IGAC 2014) y se intersectó con aquellas áreas intervenidas propuestas en el CLC (territorios agrícolas y artificializados), y que no presentan cobertura vegetal natural. A las áreas resultantes se les asignó un buffer de acuerdo a la distancia de conservación propuesta legal para cada tipo de superficie de agua (30 o 100 m).

Para las capas anteriormente mencionadas, se utilizó un análisis multicriterio y se escogieron aquellos atributos que indican prioridades para los humedales; en este caso se tomaron las capas de vegetación de humedales, los tipos y el mapa de prioridades de restauración. A cada atributo escogido se le asignó un valor de prioridad, en especial haciendo énfasis en los tipos de humedales y en los pulsos de inundación que presentan, asumiendo que tienen mayor prioridad aquellas áreas temporales y permanentes bajo dosel, pero sin embargo se incluyen las áreas potenciales para garantizar que la conectividad hídrica se mantenga y que se planteen actividades específicas de manejo y restauración (Tabla 3).

Tabla 3. Capas empleadas en el análisis multicriterio, sus atributos y valores asignados.

VEGETACIÓN DE HUMEDALES

Sede Principal: Calle28A#15-09 Bogotá, D.C., Colombia | PBX: (57)(1) 3202767 | NIT 820000142-2



COBERTURA	VALOR
Arbustales estacionalmente inundables	4
Bosques estacionalmente inundables	4
Bosques inundables	5
Herbazales estacionalmente inundables	4
Humedales en proceso de transformación	7
Humedales transformados	6
Cultivos de arroz (arrozales)	10
Demás categorías no transformadas	0
TIPOS DE HUMEDALES	
Permanente abierto	1
Permanente bajo dosel	8
Temporal	7
Potencial medio	6
Potencial bajo	5
MAPA DE PRIORIDADES DE RESTAURACIÓN	
Categoría	Valor
Degradación baja	1
Degradación moderada	2
Degradación alta	3
Restauración incendios	5
Título minero activo	6
sobreutilización en minería	7

Los análisis espaciales se realizaron con modelos de información vectoriales, involucrando superposición espacial entre atributos, con el fin de obtener una nueva capa vectorial, con sinergia tanto de los elementos gráficos originales como los atributos temáticos (IGAC 2012). La información o capas generadas por superposición, se realizaron dentro de un espacio cartesiano con operaciones de lógica booleana y teoría de conjuntos aplicada a los SIG. Se obtuvo un mapa con valores acumulados de



degradación con una matriz de combinaciones que permiten evaluar específicamente las posibles para la gestión integral del territorio y definir zonas específicas prioritarias (Figura 8).

De acuerdo a este mapa, se presenta una alta prioridad en las zonas de humedal temporal y bajo dosel, además que presenta una fuerte influencia por los tipos de suelo y su conflicto. En menor prioridad se encuentran las zonas potenciales, en donde también se deben realizar acciones de mitigación y adaptación ante posibles inundaciones.

De un total de 2.612.000 ha evaluadas, un 21.6% presenta prioridades bajas (565.300 ha), 25.7% (671.795 ha) prioridades intermedias, 2.98% (77.800 ha) prioridades altas y muy altas un 322.123 ha (12.33%).



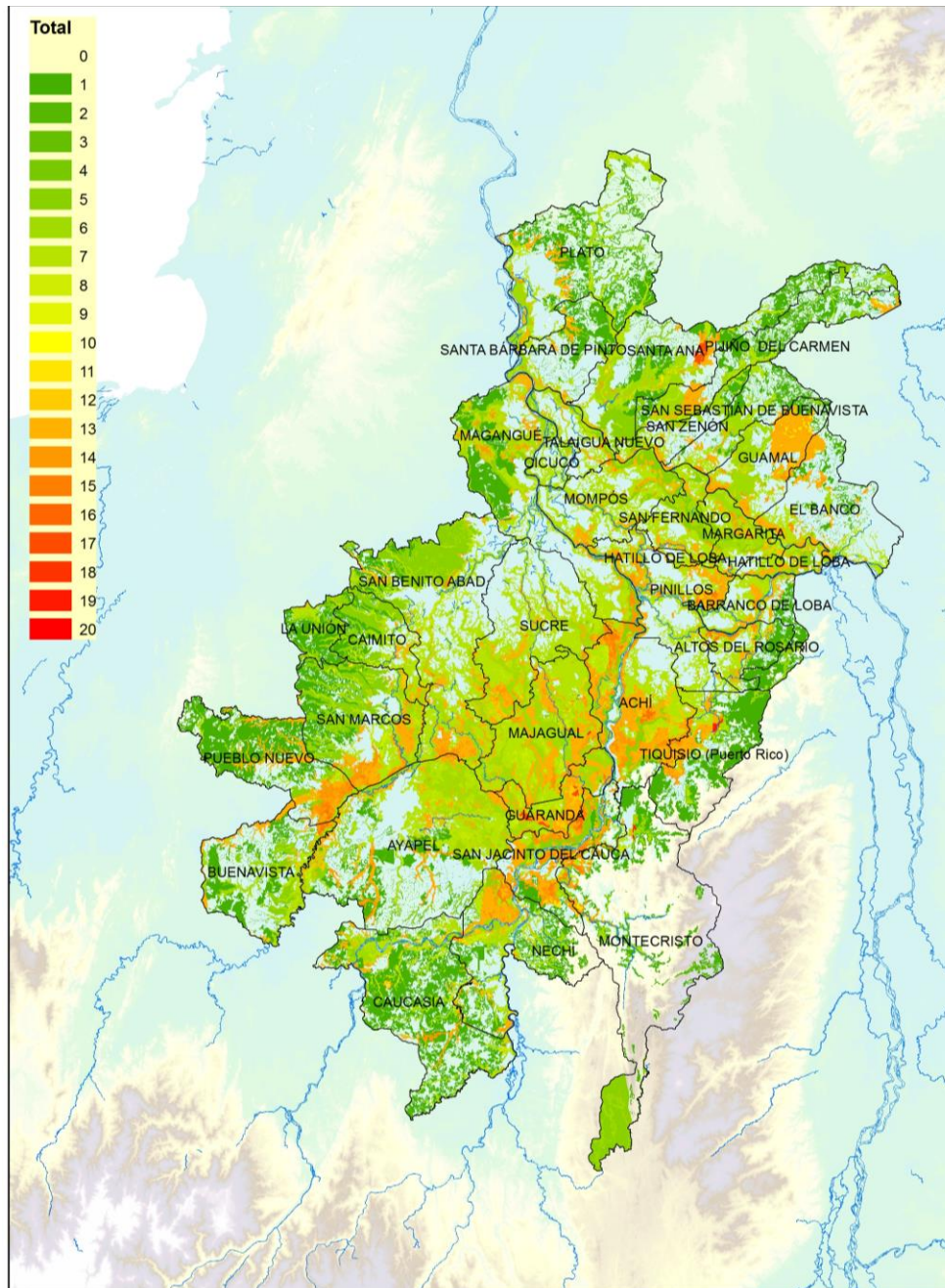


Figura 8. Mapa de prioridades de restauración a escala 1:100.000. En tonos rojos las áreas con mayores prioridades.

Es importante considerar, que existe una carencia en insumos desde lo acuático, salvo la extensión potencial del humedal para garantizar la conectividad hídrica y la integridad ecosistémica, faltan insumos que detallen por ejemplo aquellas zonas de invasión por



Buchón, capas disponibles de contaminación acuática, incluyendo fisicoquímicos, en especial con información de concentración de mercurio que dada la literatura, supera la cantidad permitida por la Organización Mundial de la Salud. Este es uno de los aspectos más importantes a priorizar por el enorme riesgo que esto representa para la salud humana y para la fauna y flora y demás organismos involucrados. En este caso, es importante destacar las actividades mineras que se dan aguas arriba del río Cauca y los títulos mineros que están vigentes actualmente, sobre todo en el municipio de Montecristo y que para este mapa resultante, son invisibles, pero que a futuro representan gran riesgo por la pérdida de cobertura, las vías de acceso que se abren, la carga de sedimentos que resulta de estas actividades y de nuevos vertimientos.

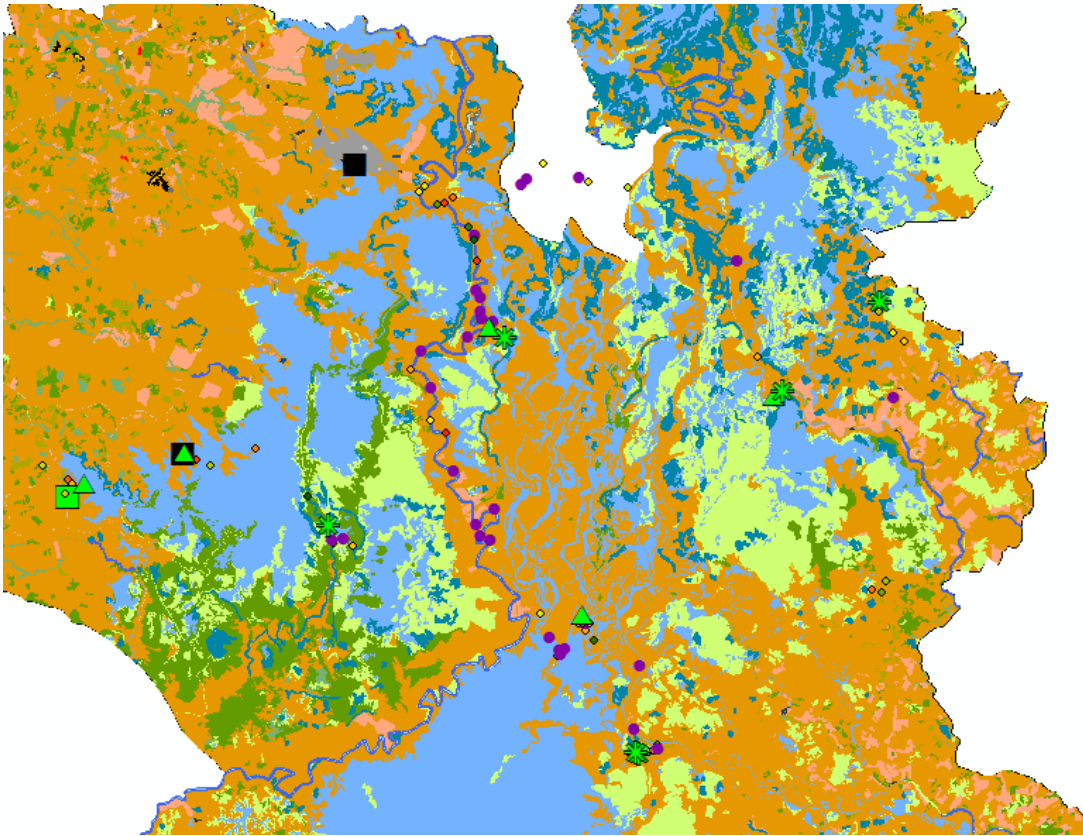
De este análisis preliminar, se pueden definir áreas para trabajar a escala más detallada y con variables de campo para establecer acciones puntuales de implementación. Este insumo general da los primeros pasos para la identificación del estado de degradación de la zona.

Análisis a escala 1:25.000

De las capas disponibles a escala 25.000, se empleó la capa de cobertura de la tierra para profundizar tanto en la información obtenida en campo, como para verificar los análisis resultantes de la priorización realizada a escala 1:100.000.

En primera instancia, se contrastó el mapa de cobertura con los puntos de observación. En esta medida la estacionalidad del agua es un factor que afecta el análisis dado que el tipo de cobertura en algunos momentos depende del nivel del agua en las zonas que se verificaron. Los sistemas productivos varían de igual manera, existen zonas de cultivos de arroz hacia los márgenes de inundación y que en algunos casos permanece encharcada (igualmente depende del tipo de arroz cultivado), zonas que se visitaron cubiertas por agua y que en épocas más secas son para ganadería.





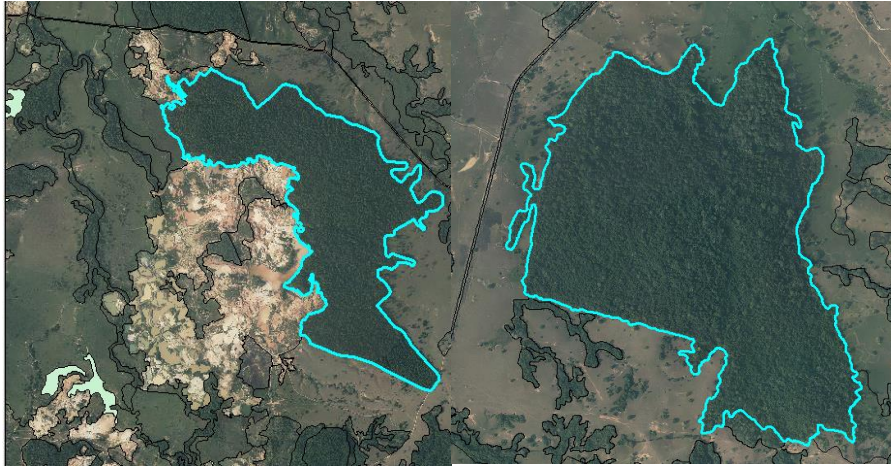
Ubicación de los puntos recorridos. En morado las zonas de cultivo, los asteriscos son áreas reportadas por zapal, los triángulos ubicación de los viveros y los cuadros negros son los centro poblados.

Otra dificultad en el análisis es la invasión por buchón, el cual no es evidente en ningún mapa de cobertura y que por observación de campo sabemos ocupa gran porción de las áreas que estaban inundadas en la época de la visita. Revisando la ortofoto, tampoco es claro diferenciar este tipo de vegetación y se entremezcla con áreas de bocachica y lo que la gente reporta como zapal. Sin embargo, es de aclarar que a pesar de tener un insumo para hacer mapa a escala 1:10.000, el nivel de detalle de la leyenda es poco.

En general, el diagnóstico del estado de las coberturas para los tres municipios es desfavorable. Son muy pocas las coberturas originales que se mantienen y además están rodeadas de una matriz de intervención. En el caso de los bosques densos, se reportan

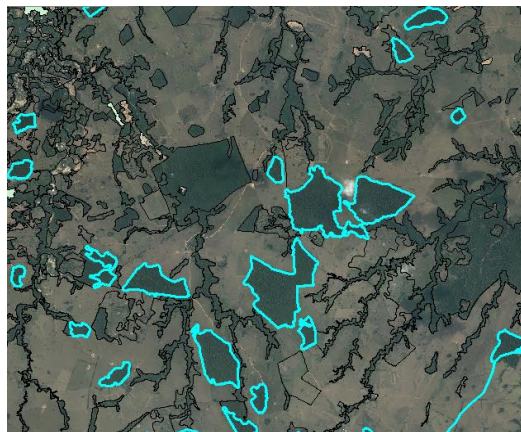


3.265 ha en toda la zona, de forma dispersa y que su parche de mayor tamaño es de 145 ha ubicado sobre una zona de minería, seguido de otro parche de 133 ha, que presenta forma cuadradas propias de bosques en áreas intervenidas. El tamaño promedio de los bosques densos es de 19 ha y presenta un total de 168 parches.



Parches más grandes reportados en el área de estudio de los tres municipios priorizados.

Este es el caso de casi todos los parches de bosque en su mayoría están rodeados de plantaciones, y presenta un patrón fragmentado que sumado a su forma cuadrada, aumenta la incidencia del efecto de borde y por tanto la disminución de su área núcleo efectiva. Esta degradación en las áreas terrestres, conlleva a una mayor carga de sedimentos hacia las fuentes de agua, lo que ocasiona inevitablemente mayor degradación en los cuerpos de agua, incluyendo el humedal.

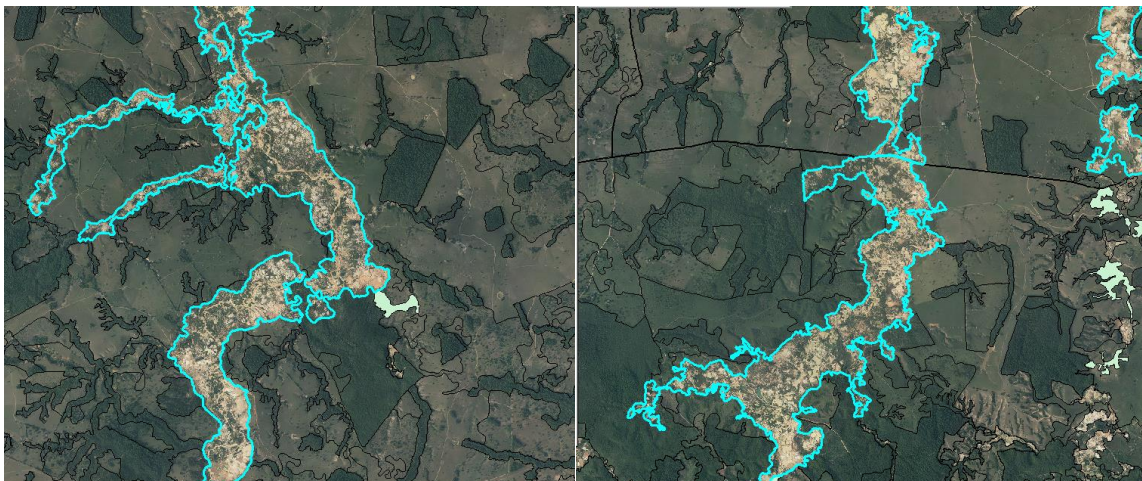


Patrón de configuración de formas cuadradas regulares para los bosques densos



presentes en los tres municipios

Adicionalmente, se reportan 2788 ha de minería, que según reportes de la zona es ilegal y es de oro, lo que se convierte en el panorama más desalentador por la alta contaminación que está siendo arrojada a los ríos de la zona.



Zonas de minería observadas en el municipio de Ayapel.

Se reportan adicionalmente en mayor medida 8.000 ha de bosque ripario, 29.000 ha de herbazales y 32.000 ha de bosques secundarios. Cerca de 12.000 ha se presentan en lo que la leyenda denomina zonas pantanosas y 95.000 ha corresponden a la categoría de ciénagas.

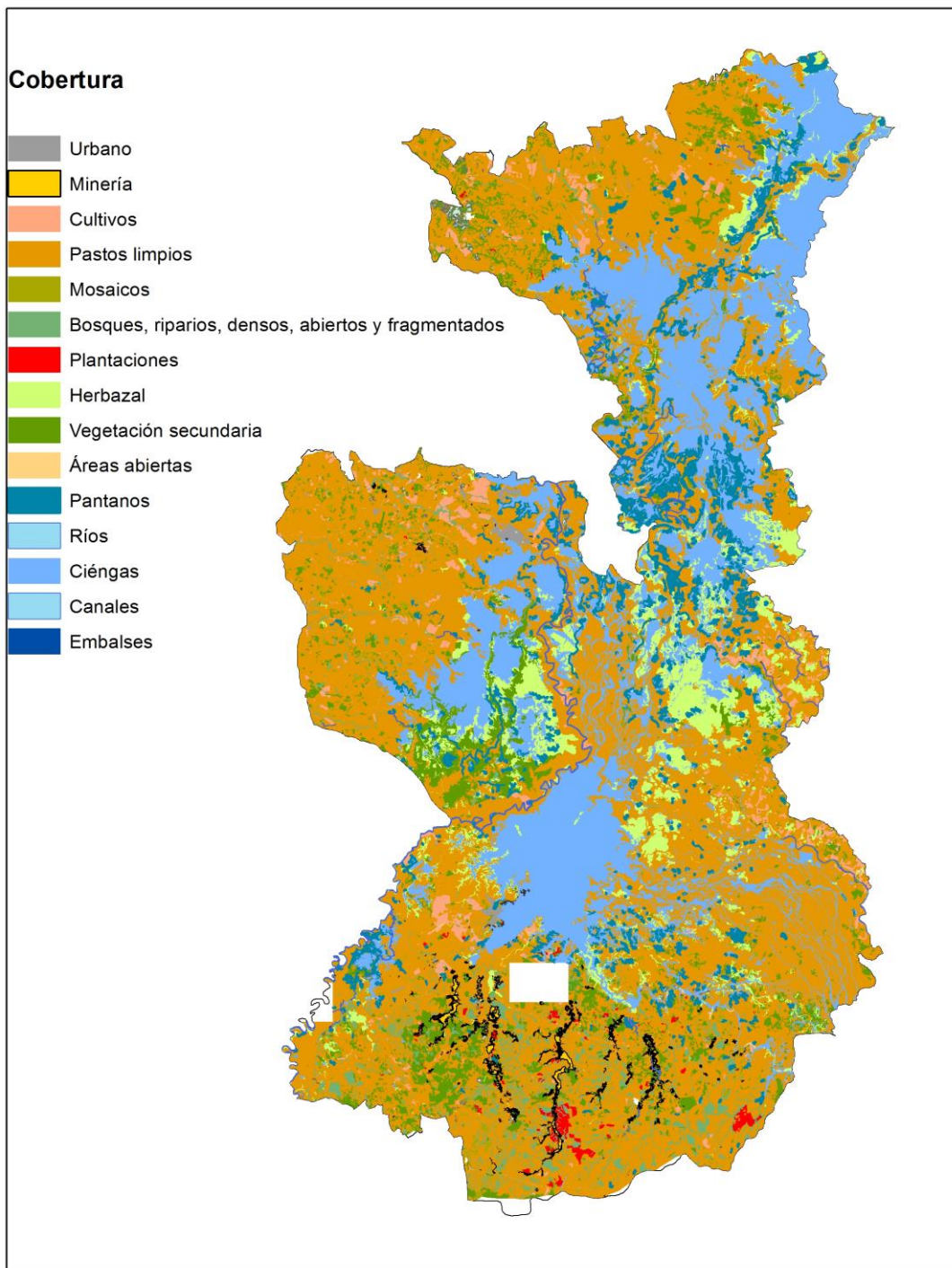
En cuanto a sistemas productivos (pastos, cultivos y mosaicos) se reportan 257.000 ha. con cerca de 6000 ha de arroz, 128.000 ha de pastos limpios, en su mayoría para ganadería. Adicionalmente, es de destacar que las zonas de las cabeceras municipales, en especial San marcos y Flores se presentan en zonas con conflicto de uso de la tierra, probablemente por su ubicación cercana a las zonas de inundación.

Por su parte el mapa de coberturas reporta áreas de ciénagas cómo la cobertura que más domina la región con 95.000 ha y las zonas pantanosas con 12.000 ha. En este caso las áreas cubiertas con vegetación sobre estos márgenes, eran unos de los elementos que se



habían priorizado para restauración, sin embargo es paradójico que aún siendo este insumo más detallado, tiene menos información que algunas zonas donde el mapa de cobertura a escala 1:100.000 si las tiene. Tal es el caso de los bosques, herbazales y arbustales en zonas inundables que se reportan en el 100.000 pero que acá no son visibles.





Mapa de cobertura de la tierra Corine Landcover a escala 1:10.000.



Estas coberturas discontinuas y en una matriz intervenida, limitan las condiciones para las poblaciones, en especial en aquellos casos donde hay dispersión de individuos o huida por parte de una inundación, porque las especies no tienen hábitats adecuados en donde refugiarse y redundará en la desaparición de las especies. De acuerdo a los reportes de los pobladores, desde la pasada oleada invernal desaparecieron muchas de las especies, en especial mamíferos y aves, que juegan una dinámica importante en la regeneración de áreas.

Bibliografía

Comin, F. A., R. Sorando, N. Darwiche-Criado, M. García y A. Masip. 2014. A protocol to prioritize wetland restoration and creation for water quality improvement in agricultural watersheds. *Ecological Engineering* 66: 10 – 18.

Cortés-Duque, J. y L. M. Estupiñán-Suárez. (Eds.). 2016. Las huellas del agua. Propuesta metodológica para identificar y comprender el límite de los humedales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Fondo Adaptación. Bogotá D. C., Colombia. 340 pp.

Estupiñán-Suárez, L.M., J. C. Arias-García, O. J. Acevedo-Amaya, J. E. Patiño, A. Prieto-Cruz, D. F. Restrepo-Zambrano, S. Rojas, A. Rudas-Lleras. Revisión de información disponible, Capítulo IV. Tras las huellas del agua. En: Cortés-Duque, J. y L. M. Estupiñán-Suárez. (Eds.). 2016. Las huellas del agua. Propuesta metodológica para identificar y comprender el límite de los humedales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Fondo Adaptación. Bogotá D. C., Colombia. 340 pp.

IDEAM. 2010. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia. Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D.C., 72 pp.

IGAC. 2012. Conflictos de uso del territorio colombiano, escala 1:100.000. Convenio marco de cooperación especial, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Ministerio e



Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, SINCHI ha en toda la , IDEAM, INVEMAR, PNN, INCODER, CORPOICA, IAVH, Servicio Geológico Colombiano Y IGAC.

Isaacs, P. 2014. Mapa nacional de prioridades de restauración. Convenio 12-222 MADS-IAVH. Memoria técnica. 34 pp.

Jaramillo, U., Cortés-Duque, J. y Flórez, C. (eds.). 2015. Colombia Anfibia. Un país de humedales. Volumen 1. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 140 pp.

Jaramillo, U. 2016. Elegir prioridades, Capítulo II. Tras las huellas del agua. En: Cortés-Duque, J. y L. M. Estupiñán-Suárez. (Eds.). 2016. Las huellas del agua. Propuesta metodológica para identificar y comprender el límite de los humedales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Fondo Adaptación. Bogotá D. C., Colombia. 340 pp.

Lira, J. 2002. Sistema Radar de imágenes. Instituto de Geofísica Universidad Nacional Autónoma de México – UNAM. Primera edición.

McGarigal, K., S.A. Cushman & E. Ene. 2012. FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available at: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia (MADS). 2014. Plan Nacional de Restauración: restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas. Bogotá, D.C., Colombia.

Moreno-Mateos, D. y F. A. Comin. 2010. Integrating objectives and scales for planning and implementing wetland restoration and creation in agricultural landscapes. Journal of Environmental Management. 91: 2087 – 2095.



Rempel, R.S., D. Kaukinen, & A.P. Carr. 2012. Patch Analyst and Patch Grid. Ontario Ministry of Natural Resources. Centre for Northern Forest Ecosystem Research, Thunder Bay, Ontario.

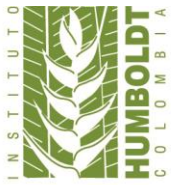
Ribeiro, M. C., A. Paglia, A. Martensen, A. A. Cunha, B. Borges, F. Guedes, I. Prem, J. W. Ribeiro, M. Galetti, R. Bernardo & Y.B. Salmons. 2013. Estratégias para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica incorporando múltiplas iniciativas e escalas. In: André A. Cunha & Fátima B. Guedes (Eds.). Mapeamentos para a conservação e recuperação da biodiversidade na Mata Atlântica: em busca de uma estratégia espacial integradora para orientar ações aplicadas. 1ed. Brasília, D.F.: Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria de Biodiversidade e Florestas, v. 1, pp. 137-166.

Rojas, S. y L. M. Estupiñán-Suárez. Sensores remotos: principios y aplicaciones, Capítulo V. Tras las huellas del agua. En: Cortés-Duque, J. y L. M. Estupiñán-Suárez. (Eds.). 2016. Las huellas del agua. Propuesta metodológica para identificar y comprender el límite de los humedales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Fondo Adaptación. Bogotá D. C., Colombia. 340 pp.

IUCN. 2011. Principles and practice of forest landscape restoration: Case studies from the drylands of Latin America. Newton, A.C. & N. Tejedor. (Eds.). Gland, Switzerland: IUCN. xxvi + 383 pp.

White, D. y S. Fennessy. 2005. Modeling the suitability of wetland restoration potential at the watershed scale. Ecological Engineering 24: 359 – 377.





Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Sede Principal: Calle 28A #15-09 Bogotá, D.C., Colombia | PBX: (57)(1) 3202767 | NIT 820000142-2

