

EVALUACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN HUMEDALES EN COLOMBIA: UNA PROPUESTA DE INSUMOS ESPACIALES PARA SU DELIMITACIÓN

Instituto Humboldt – Universidad Pontificia Javeriana

Objeto: El Departamento de Ecología y Territorio (Pontificia Universidad Javeriana) y el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (de aquí en adelante IAvH) suscribieron un convenio para el desarrollo de la Metodología en el Componente Social en la Delimitación de Humedales. Esta iniciativa se sustentó en el estudio de caso de tres ventanas: i) Ciénaga de la Virgen en Cartagena de Indias DCT (Bolívar), ii) Ciénaga de Zapatosa en los municipios de Banco (Magdalena), Chimichagua, Tamalameque, Curumaní y Chiriguana (Cesar), y iii) el Complejo de Humedales de Paz de Ariporo-Hato Corozal (Casanare). Los tres estudios de caso ilustran la problemática que enfrentan la mayoría de los sistemas de humedales en el país. Debido a su cualidad de bienes públicos, alta productividad como ecosistemas y estrechas relaciones con diferentes actores sociales, comparten características en cuanto a la manera en que las entidades territoriales y los actores ejercen los diferentes tipos de derechos sobre los recursos y servicios que brindan.



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

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

EVALUACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN HUMEDALES EN COLOMBIA: UNA PROPUESTA
DE INSUMOS ESPACIALES PARA SU DELIMITACIÓN

INFORME FINAL

Elaborado para

Instituto de Investigación de Recursos biológicos Alexander von Humboldt

Elaborado por



Instituto de Estudios Ambientales para el Desarrollo IDEADE
Facultad de Estudios Ambientales y Rurales
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
Bogotá D.C. Julio 30 de 2015

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	6
1.1.	SITUACIÓN GENERAL	6
1.2.	ANTECEDENTES	7
1.3.	PROBLEMA	8
1.4.	ENFOQUE DE TRABAJO	8
2.	MATERIALES Y METODOS	9
2.1.	APROXIMACIÓN METODOLÓGICA	9
2.1.1.	IDENTIFICACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	9
2.1.2.	MAPEO DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	10
2.1.3.	EVALUACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	12
3.	RESULTADOS	15
3.1.	CIÉNAGA DE LA ZAPATOSA	15
3.2.	CIÉNAGA DE LA VIRGEN	20
3.3.	SABANAS INUNDABLES DE PAZ DE ARIPORO Y HATO COROZAL	25
4.	DISCUSIÓN	30
4.1.	¿QUÉ SERVICIOS SON IMPORTANTE PARA LA GESTIÓN?	30
4.2.	CONTRAPRESTACIONES: ALGUIEN PIERDE Y ALGUIEN GANA	32
4.3.	CONFLICTO SOCIO-AMBIENTAL Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	34
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	35
6.	LITERATURA CITADA	36
7.	ANEXOS	37

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. ÁREAS POR TIPO ECOSISTÉMICO EN ZAPATOSA.....	15
TABLA 2. TIPOS DE ECOSISTEMAS CIÉNAGA DE LA VIRGEN.	21
TABLA 3. UNIDADES DE PAISAJE SABANAS INUNDABLES PAZ DE ARIPORO.	27

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. FASES DE LA APROXIMACIÓN METODOLÓGICA.	9
FIGURA 2. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS (MAES ET AL. 2013).	10
FIGURA 4. IMÁGENES LANDSAT 8 PARAS LAS VENTANAS DE ESTUDIO.	12
FIGURA 5. RUTA PARA LA VALORACIÓN INTEGRAL DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.	12
FIGURA 7. TIPOS DE ECOSISTEMAS CIÉNAGA DE ZAPATOSA.	16
FIGURA 8. RIQUEZA DE SERVICIOS ZAPATOSA.	17
FIGURA 9. RIQUEZA POR TIPO DE SERVICIOS EN ZAPATOSA.	17
FIGURA 10. IDONEIDAD PARA LA OFERTA DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN ZAPATOSA.	18
FIGURA 11. IDONEIDAD POR TIPO DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN ZAPATOSA.	19
FIGURA 12. MATRIZ DE CORRELACIÓN ENTRE SERVICIOS Y UNIDADES PRESTADORAS DE SERVICIOS EN ZAPATOSA.	20
FIGURA 13. UNIDADES DE PAISAJE CIÉNAGA DE LA VIRGEN.	21
FIGURA 14. RIQUEZA DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LA VIRGEN.	22
FIGURA 15. RIQUEZA POR TIPO DE SERVICIOS EN LA CIÉNAGA DE LA VIRGEN.	23
FIGURA 16. IDONEIDAD DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LA CIÉNAGA DE LA VIRGEN.	24
FIGURA 17. IDONEIDAD POR TIPO DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LA CIÉNAGA DE LA VIRGEN.	24
FIGURA 18. MATRIZ DE CORRELACIÓN EN LA IDONEIDAD DE SERVICIOS Y ECOSISTEMAS EN LA CIÉNAGA DE LA VIRGEN.	25
FIGURA 19. UNIDADES DE PAISAJE EN PAZ DE ARIPORO.	26
FIGURA 20. RIQUEZA DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN PAZ DE ARIPORO.	27
FIGURA 21. RIQUEZA POR TIPO DE SERVICIOS EN PAZ DE ARIPORO.	28
FIGURA 22. IDONEIDAD POR TIPO DE SERVICIOS EN PAZ DE ARIPORO.	28
FIGURA 23. IDONEIDAD SERVICIOS ECOSISTÉMICOS PAZ DE ARIPORO.	29
FIGURA 24. MATRIZ DE CORRELACIONES IDONEIDAD ENTRE SERVICIOS Y UNIDADES DEL PAISAJE EN PAZ DE ARIPORO.	30

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Situación general

Los procesos de transformación de los ecosistemas han venido haciéndose más frecuentes y más intensos sobre el territorio y sus ecosistemas. En muchos casos, esta transformación es motivada por la demanda de beneficios que diversos actores sociales tienen sobre diferentes recursos de los ecosistemas. Así, la búsqueda de satisfactores del bienestar, bien sea a través del uso directo de la biodiversidad y sus recursos, o a través de la modificación del ambiente para el establecimiento de sistemas de producción, es un factor que se asocia con el mantenimiento de condiciones estructurales de los ecosistemas.

Las transformaciones de los ecosistemas impactan de diferentes maneras elementos o atributos de la biodiversidad en sus diferentes niveles. Estos cambios suponen, a su vez, cambios sobre la provisión de servicios derivados de los ecosistemas, haciendo explícita la relación entre conservación de la biodiversidad y mantenimiento de las condiciones del bienestar humano. Bajo este punto de vista, resulta pertinente entender, en detalle, de qué manera las dinámicas de cambio en los ecosistemas tienen diferentes formas de afectar flujos de servicios ecosistémicos. Desde este punto de vista, puede decirse que algunas afectaciones resultan ser más severas que otras, y que al mismo tiempo hay sistemas que son mucho más sensibles a las presiones derivadas de las acciones humanas. En consecuencia, es evidente que existe un gran desconocimiento de cómo operan estos cambios en los ecosistemas, y de cómo se transforman los flujos de sus servicios. De la misma manera, es poco lo que se conoce respecto a cómo dichos cambios afectan diferentes grupos de actores sociales involucrados con la gestión de los ecosistemas, más precisamente aquellos más cercanos a los ecosistemas.

Los ecosistemas de humedal, particularmente, son conocidos como unos de los más productivos debido a su alto dinamismo ecológico. Históricamente han sido reconocidos por sus diferentes servicios, tales como la regulación de caudales, la protección contra tormentas, la provisión de alimento (pesquerías) y su importancia cultural, entre otros. No obstante, las transformaciones en estos ecosistemas, sumadas a diversos factores como el aumento en las áreas de producción, el crecimiento poblacional y la integración entre paisajes urbanos y rurales, han venido afectando su integridad ecológica, principalmente a través de acciones como la desecación, la fragmentación, y la contaminación. Dichos cambios han comprometido evidentemente muchas de sus funciones ecológicas y en consecuencia los servicios derivados, cambiando aspectos relacionados con el bienestar de diferentes grupos humanos. Profundizar la comprensión respecto a los servicios ecosistémicos en la gestión de ecosistemas estratégicos resulta ser un asunto prioritario. En el caso de los humedales colombianos, es urgente generar información que sea útil para tomar decisiones en el territorio.

1.2. Antecedentes

La transformación activa y acelerada de los ecosistemas de humedal en Colombia es una realidad que se ha advertido durante muchos años por diversos autores (Naranjo, *et al.* 1998), y que derivó en la formulación de la Política Nacional de Humedales Interiores (MADS 2001). La preocupación sobre el efecto de las transformaciones sobre los atributos y procesos de estos ecosistemas, así como sobre sus servicios, principalmente aquellos relacionados con la regulación hídrica y la provisión del recurso hídrico, continúa siendo una preocupación para la gestión territorial en el país. De esta manera, la transformación de los humedales en Colombia ha tenido diferentes intensidades y niveles en los diferentes complejos (Naranjo *et al.* 1998). Así, si bien la pérdida de funciones no se ha cuantificado o estudiado en detalle, sí se ha definido que tiene efectos ante eventos perturbaciones como eventos climáticos extremos que condicionan la capacidad de dichos ecosistemas de prestar servicios de regulación.

La degradación de las características estructurales, composiciones y funcionales de esos ecosistemas también genera impactos en diferentes grupos de actores sociales. Con la pérdida de las funciones y el compromiso de ciertos servicios asociados, no solo se ha hecho evidente el aumento en la vulnerabilidad ecológica de estos ecosistemas, sino que al mismo tiempo se han limitado aspectos propios del bienestar de la sociedad (Maltby 2001). De tal manera, el conocimiento sobre los humedales en Colombia ha tenido diferentes formas de desarrollo. Aunque ha habido variadas aproximaciones a su conocimiento, fundamentalmente la comprensión de estos ecosistemas es todavía incipiente. Pocos ejercicios han descrito cómo aspectos de la estructura de estos ecosistemas, se relacionan con los beneficios percibidos por los actores sociales. Tal vez el estudio más profundo al respecto ha sido el desarrollado por Vilaridy *et al.* (2011) en la Ciénaga Grande de Santa Marta, en donde se identificaron los servicios ecosistémicos ofertados, así como sus tendencias de cambio con base en percepciones de los diferentes actores locales. Esta perspectiva de análisis deja de presente lo necesario que es profundizar tanto en las descripciones como en la evaluación de dichos servicios desde diferentes puntos de vista.

En esta misma lógica, algunos estudios como los de la Fundación Alma (2014), han permitido entender cómo las características biofísicas y ecológicas de estos ecosistemas en la zona del Magdalena Medio, se asocian con una oferta de importancia para comunidades de base, principalmente pescadores. Estos estudios también demuestran que los procesos de transformación tienen efectos directos sobre el comportamiento de estos ecosistemas y sobre los flujos de servicios ecosistémicos. En este enfoque de trabajo, de la misma manera que Vilaridy *et al.* (2014), se plantea la necesidad urgente de estudiar y analizar estos complejos de humedales como sistemas socioecológicos.

La interpretación socioecológica de los humedales, también ha tenido antecedentes importantes en el país. El estudio de Andrade y Franco (2010) en la Laguna de Fúquene resulta particularmente interesante para identificar algunos elementos relevantes. Los autores describen cómo los procesos de transformaciones sobre los atributos del ecosistema, definen un panorama de ajustes y desajustes entre diferentes conjuntos de variables constitutivas de la identidad de esta laguna, concluyendo que dichos cambios generan contraprestaciones sobre la oferta de servicios de servicios importantes para diferentes actores sociales. Este estudio permitió entender el valor del enfoque de servicios ecosistémicos como base para la toma de decisiones en diferentes escenarios

alrededor de la intervención y la gestión de estos ecosistemas. Sin duda, el trabajo mencionado es un referente obligado en el estudio y comprensión de los ecosistemas de humedal en Colombia.

A partir de los eventos climáticos extremos del año 2011, en el que se inundó una gran área de la región Caribe y los valles interandinos, el gobierno nacional identificó la importancia de los ecosistemas de humedal como base de procesos de adaptación ante las inundaciones. En ese marco, se estructuró el Fondo Adaptación como una institución que tuvo la tarea de establecer procesos de delimitación de ecosistemas estratégicos como páramos y humedales, de manera que las actividades que los amenazan encuentren límites y así estos ecosistemas puedan mantener su funcionalidad ecológica. De alguna manera, estas orientaciones buscan garantizar que los páramos y los humedales continúen prestando servicios ecosistémicos importantes para el bienestar de la sociedad Colombia.

Así, este proyecto se enmarca dentro de las acciones del proyecto “Delimitación de Ecosistemas Estratégicos” ejecutado por el Instituto Alexander von Humboldt en convenio con el Fondo Adaptación. Este componente busca ser un referente de interés para el conocimiento de estos ecosistemas en el país, particularmente a través de la consideración espacial de los servicios ecosistémicos como insumos para su gestión y delimitación.

1.3. Problema

El enfoque de los servicios ecosistémicos ha sido un tema ampliamente desarrollado. Particularmente, la valoración de dichos servicios ha sido un tema considerado como insumo fundamental de las decisiones sobre gestión del territorio (de Groot *et al.* 2010). Las aproximaciones sobre servicios ecosistémicos en humedales en el contexto colombiano, pese a tener desarrollos importantes, siguen siendo algo precarias y no han sido incorporadas como insumos en procesos de gestión integrada del territorio. Estas carencias se hacen más evidentes desde el punto de vista espacial, donde hasta el momento no existen insumos espaciales que apoyen decisiones de gestión y que consideren explícitamente el enfoque de los servicios ecosistémicos. El propósito de este ejercicio es identificar, evaluar y mapear los servicios ecosistémicos en tres casos de estudio de humedales en Colombia: (a) la Ciénaga de Zapatosa, (b) la Ciénaga de la Virgen, y (c) las sabanas inundables de Paz de Ariporo y Hato Corozal.

1.4. Enfoque de trabajo

El trabajo que aquí se presenta parte se concentra en los servicios ecosistémicos identificados en los casos de estudio. En ese sentido, tanto la información antecedente como la percepción de los servicios ecosistémicos presentes, es tomada en cuenta como una vía para integrar características de los servicios en un análisis enfocado en identificar áreas idóneas para el mantenimiento de dichos servicios. En este caso, el ejercicio no se ocupa de indagar por sus miradas de cambio, sino más bien por tener en consideración a los ecosistemas desde el punto de vista de su distribución y pertinencia para garantizar diferentes aspectos del bienestar humano. Este ejercicio también buscó articular miradas sobre el paisaje con los servicios ecosistémicos, destacando unidades de paisaje de interés para los servicios en el contexto de gestión. Sobre esta base es que se realizaron recomendaciones para la delimitación y la gestión de estos ecosistemas. Este ejercicio complementa la aproximación de la Universidad Javeriana a la caracterización socioeconómica, cultural e institucional de las tres ventanas de estudio.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Aproximación metodológica

Con el propósito de identificar los servicios ecosistémicos presentes en cada ventana de estudio, así como con la idea de evaluarlos y mapearlos, se propuso una ruta metodológica que consistió en tres fases o momentos (Figura 1).

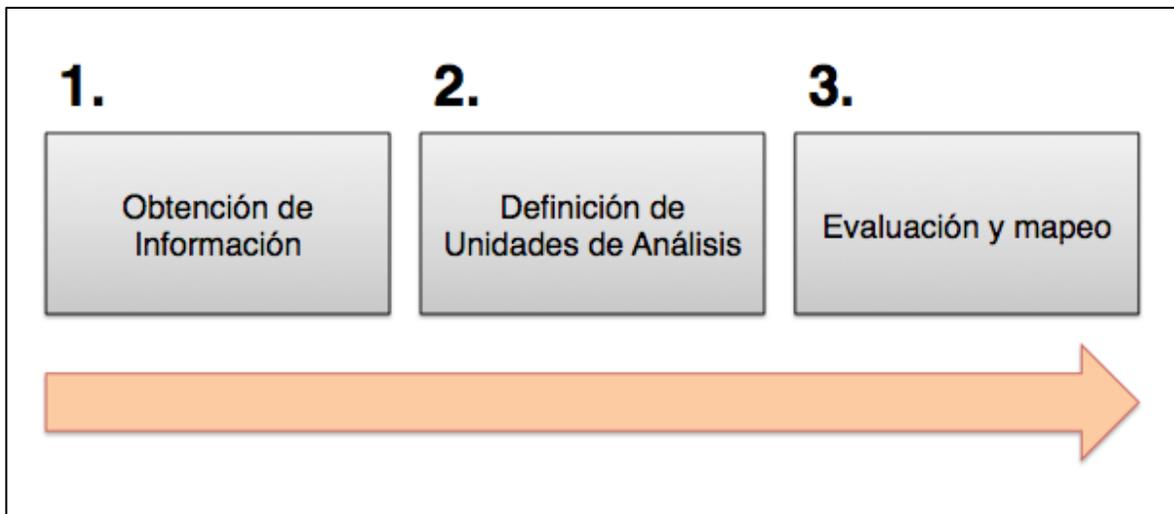


Figura 1. Fases de la Aproximación Metodológica.

2.1.1. Identificación de servicios ecosistémicos

Para identificar los servicios ecosistémicos presentes en cada área, se tuvieron en cuenta diferentes niveles de información: (a) datos publicados, (b) revisiones sistemáticas de información, y (c) informaciones propias de los actores locales que hicieron parte de talleres y espacios de conversación. Para la identificación de los servicios ecosistémicos en las fuentes consideradas, se tuvo en cuenta inicialmente el sistema de categorías de funciones ecosistémicas provista por de Groot *et al.* (2010), en donde se describen aspectos característicos de los servicios ecosistémicos definidos por la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (2005). Posteriormente, se toma en cuenta el sistema de clasificación de servicios ecosistémicos provisto por Maes *et al.* (2013) para la Estrategia Europea 2020 de evaluación de ecosistemas (Figura 2). El sistema de clasificación de servicios ecosistémicos no consideró de manera directa los servicios de soporte, por ser entendidos como procesos ecológicos funcionales a las demás categorías de servicios (Postchin y Haines 2013). En ese orden de ideas, los servicios de soporte fueron incorporados en la categoría de regulación.

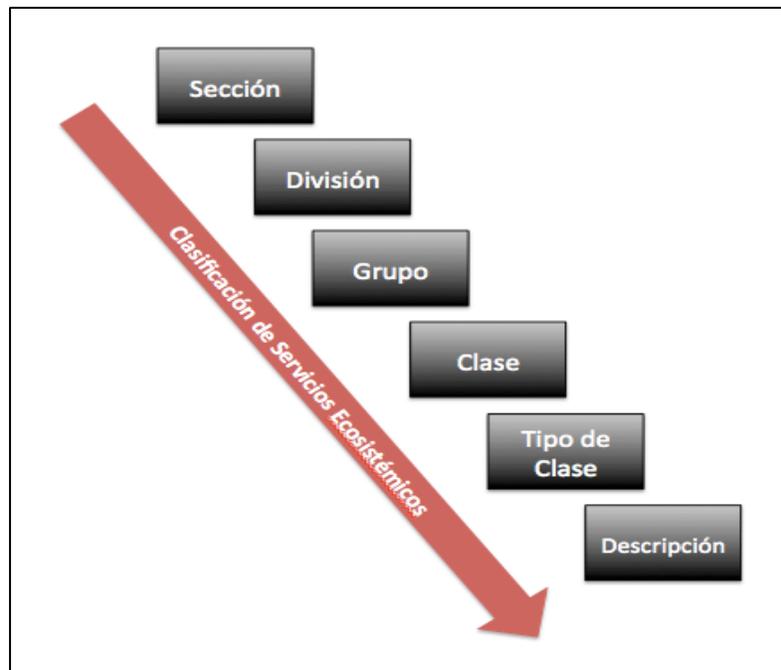


Figura 2. Sistema de Clasificación de Servicios Ecosistémicos (Maes et al. 2013).

El procedimiento para la definición de los servicios consistió en identificar información relacionada con la expresión de los servicios en cada ventana, generando así una tabla con la información relacionada que sirvió para describir detalladamente el servicio. De esta manera, se incluyeron las fuentes de los servicios identificados en tablas que fueron fundamentales para su evaluación y espacialización.

2.1.2. Mapeo de los servicios ecosistémicos

Se adquirió, interpretó y clasificó información de sensores remotos que sirviera como base para el ejercicio de mapeo y evaluación de los servicios identificados. De esta manera se siguió un proceso en el que se siguieron protocolos de clasificación supervisada de imágenes de satélite que sirvieron para definir unidades de paisaje relacionables con los servicios ecosistémicos identificados (Figura 3). El procedimiento consistió en la adquisición de imágenes Landsat 8 (Figura 4), con píxeles de 30 metros de resolución, las cuales fueron clasificadas sobre la base de las bandas 751, utilizando algoritmos de máxima verosimilitud del paralelepípedo para objetos no paramétricos utilizando el software ERDAS Imagine 9.0 (Leica Geosystems 2013). Se definieron campos de entrenamiento con base a firmas espectrales para objetos separados con comportamiento normal, a los cuales posteriormente se les aplicó un filtro de medianas de 3 x 3 píxeles para agrupar y definir categorías de clase agrupables. Así, se hizo una conversión a polígonos en el software ArcGis 10.3 (ESRI, 2014), en donde se hizo una separación de los polígonos obtenidos a través de la opción 'explode'. De la misma manera, se seleccionaron los polígonos menores a 5 x 5 píxeles y se adjuntaron a polígonos vecinos. Finalmente, se hizo un ejercicio de validación del proceso de clasificación, en el que se generó un número determinado

de puntos al azar, que fueron confirmados con imágenes de mayor resolución en fechas cercanas, para este caso, usando Google Earth Pro.

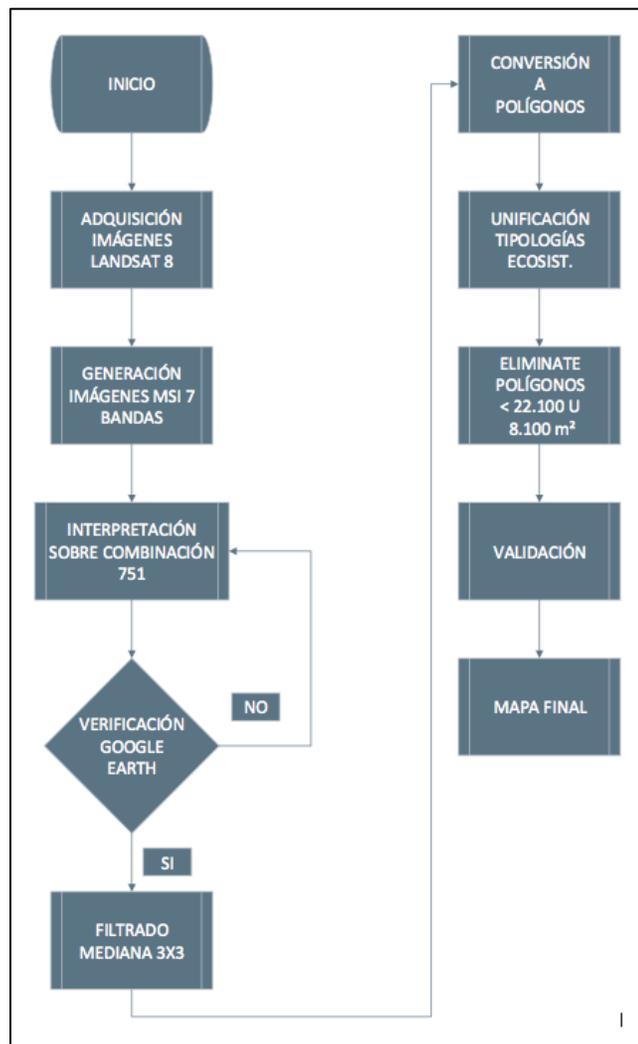


Figura 3. Proceso Metodológico Clasificación Imágenes Landsat 8.

Para la clasificación se utilizó el estándar de Corine Land Cover en los niveles II y III. En cuanto a la definición de unidades prestadoras de servicios se utilizaron las categorías de tipos ecosistémicos sugeridos por Maes *et al.* (2013), en el que se determinan diferentes tipos ecológicos relacionados con los servicios sobre la base de las coberturas de Corine Land Cover (Anexo 1). Sobre la base de tipos ecológicos por ventana, se relacionaron los servicios identificados en matrices de presencia y ausencia, que posteriormente fueron la base de un primer esfuerzo de mapeo de servicios ecosistémicos por categoría, el cual definió unidades prestadoras de servicios. Este ejercicio derivó en salidas cartográficas temáticas que representaron la riqueza de servicios por tipo ecológico. La definición de unidades prestadoras de servicios también fue un insumo importante para la representación de la evaluación realizada a través del análisis espacial multicriterio.

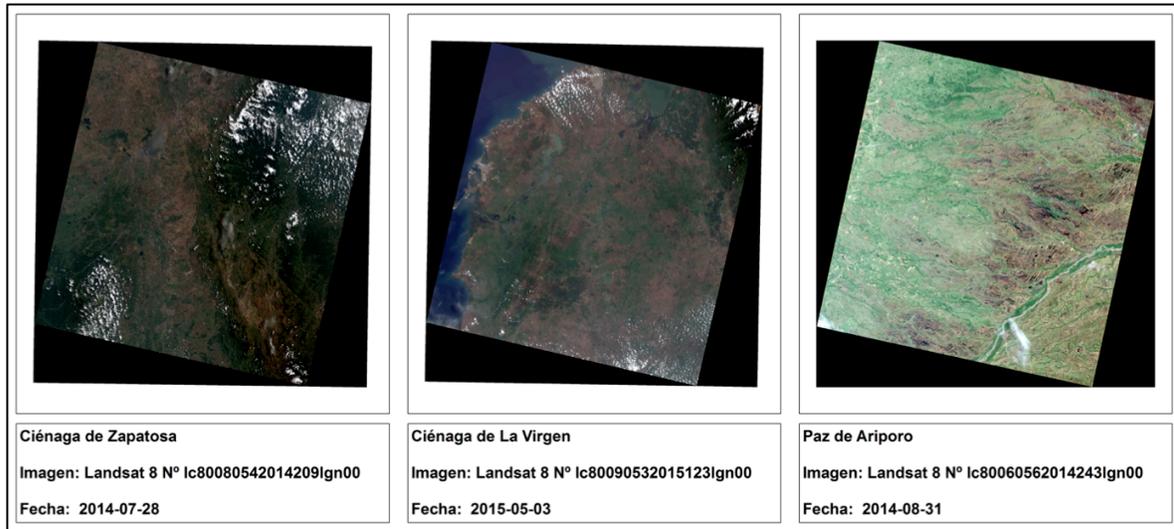


Figura 4. Imágenes Landsat 8 para las ventanas de estudio.

2.1.3. Evaluación de Servicios Ecosistémicos

Para evaluar los servicios ecosistémicos identificados, se tomó como base la ruta propuesta por Rincón *et al.* (2014) para hacer valoración integral de servicios ecosistémicos sobre diferentes procesos de gestión de biodiversidad. En este caso, la delimitación de los ecosistemas de humedal fue tomada en cuenta como un proceso de gestión de información que inicialmente se basó en los pasos 2 y 3, relacionados con la caracterización socioecológica (productos previos de este convenio), y la valoración integral de los servicios (Figura 5).



Figura 5. Ruta para la Valoración Integral de Servicios Ecosistémicos.

Ahora bien, el procedimiento para la valoración de los servicios ecosistémicos, se utilizó un modelo de análisis espacial multicriterio enfocado en comparar unidades de paisaje de acuerdo a su idoneidad para la prestación de servicios ecosistémicos importantes. Para el desarrollo del ejercicio se tomaron en cuenta los planteamientos de Malczewski (2006) y Estoque (2011) en donde se reconoce que las valoraciones sobre unidades de análisis espacial pueden considerar el relacionamiento de diferentes factores y atributos en términos de producir elementos de decisión sobre prioridades para la toma de decisiones. De esta manera, se tuvo en cuenta el modelo propuesto por Renström *et al.* (2013). En el que identifica un problema, luego se estructura en términos de sus objetivos, factores y limitantes, y posteriormente se construye un modelo analítico en el que se definen criterios y valores para la evaluación de los criterios.

El propósito principal fue el de priorizar áreas de acuerdo a su idoneidad para mantener servicios ecosistémicos identificados dado que, a la escala del paisaje, no existen prioridades definidas como insumo para avanzar en procesos de gestión y delimitación de estos ecosistemas. El modelo analítico consistió en definir como factores los servicios ecosistémicos identificados en cada caso de estudio, y en evaluar las áreas de acuerdo a los valores que tuvieron como resultado de computar diferentes atributos vinculados, tales como: presencia, percepción local, cobertura relativa, importancia relativa, y complementariedad espacial. En este ejercicio los atributos y los pesos definidos para cada uno de ellos, se desarrolló siguiendo la condición previa (definida en el convenio) de que el ejercicio tuviera en cuenta las percepciones de habitantes locales.

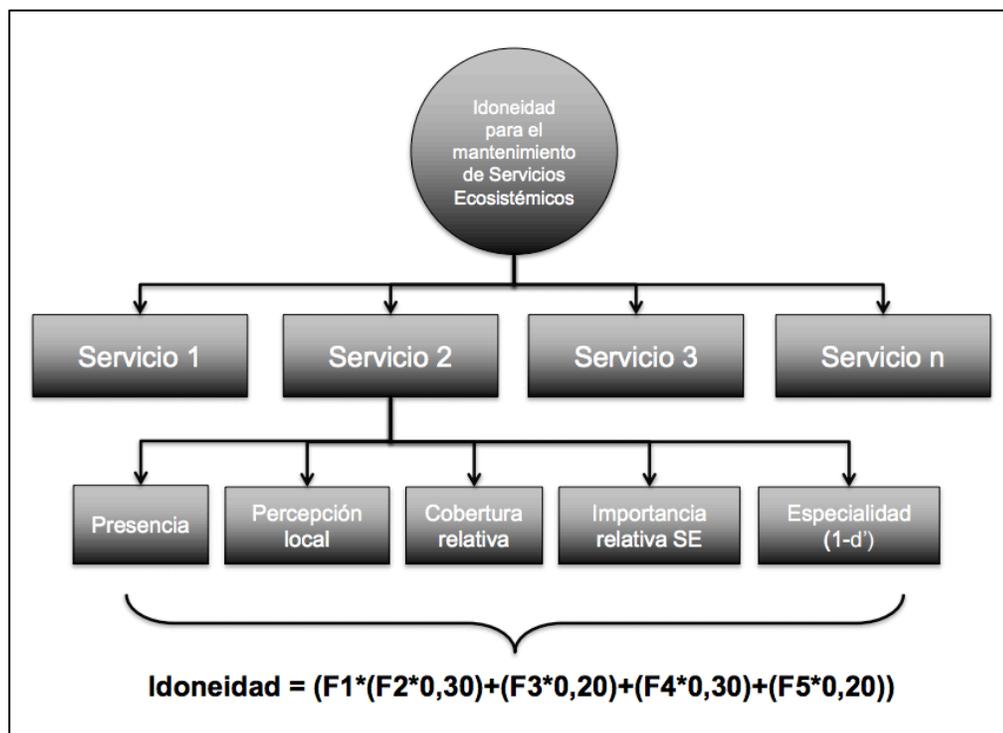


Figura 6. Modelo de análisis multicriterio.

Todos los atributos evaluados tuvieron valores de 1 a 100, y se definieron así:

- *Atributo 1. Presencia.* Hace referencia a los servicios relacionados con las diferentes unidades del paisaje. Se evaluó otorgando un valor de 100 a los servicios presentes en las diferentes unidades de paisaje, y 0 en caso de que estuvieran ausentes. Operó como un valor booleano en el análisis multicriterio.
- *Atributo 2. Percepción local.* Hace referencia a los servicios identificados directamente por actores locales. Se evaluó con valores de 100 o 0, siendo 100 el valor para aquellos servicios que fueron identificados, y 0 para aquellos que no fueron directamente identificados.
- *Atributo 3. Cobertura relativa.* Hace referencia a la medida de cobertura de área del servicio en la ventana estudiada. Su medida es el resultado de sumar las áreas de las clases de unidades de paisaje y dividir las por el valor total del área en la ventana de estudio. Los valores resultantes son ponderados y se expresan con un número entre 0 y 100. El valor más cercano a 100 hace referencia a un mayor nivel de cobertura del servicio en el área de estudio.
- *Atributo 4. Importancia relativa.* Hace referencia a la importancia que tienen los servicios de acuerdo a su coocurrencia con otros servicios ecosistémicos dentro de su misma clase. En este caso el valor es una proporción obtenida en función de normalizar el servicio sobre el total de los servicios. Los servicios más importantes, en este caso, son aquellos que tienen valores más cercanos a 100, es decir los que son únicos en su categoría.
- *Atributo 5. Complementariedad espacial.* Hace referencia al nivel de complementariedad que hay entre servicios identificados por unidad espacial. Fundamentalmente tiene que ver con el cálculo invertido y normalizado del índice d' de especialización para redes bipartitas (Bithgen *et al.* 2006). Los valores más cercanos a 100, en este caso, hacen referencia a servicios menos especialistas, es decir, más relacionados con otros servicios en las unidades espaciales. Los servicios con valor de 0 fueron perfectos especialistas.

Para integrar se utilizó el modelo modificado de matriz de Jacobs *et al.* (2015), en donde los atributos de cada factor (servicio) consolidaron un valor de idoneidad que fue representado por la siguiente matriz:

$$Idoneidad = (A1*(A2*0,30)+(A3*0,20)+(A4*0,30)+(A5*0,20))$$

La distribución de los pesos respondió al interés particular de destacar aquellos servicios que fueron percibidos de manera directa por los habitantes locales, así como aquellos que fueron únicos su clase (valores de 0,30 como multiplicadores), y la cobertura relativa y la complementariedad espacial tuvieron valores más bajos (0,20). El atributo de presencia fue multiplicador de toda la función de manera que los servicios que no estuvieran presentes en las unidades de paisaje, no generaran información confusa para el ejercicio de mapeo de la información.

En cuanto al mapeo, se generaron mapas temáticos en dos vías: (a) riqueza de servicios, y también (b) idoneidad para su mantenimiento. Los mapas se generaron de acuerdo a las clases de servicios con el propósito de aclarar la manera en que cada clase de unidad de paisaje resulta importante en virtud a estrategias de gestión relacionadas con conjuntos de la ocurrencia de tipos de servicios

ecosistémicos, y también en términos de su valor e idoneidad. En el caso de los valores resultados del modelamiento de la idoneidad, estos fueron analizados desde el punto de vista de una matriz de correlaciones de Pearson, para entender cómo la expresión final estaba relacionada con asociaciones estadísticamente significativas entre servicios y unidades de paisaje, esto con el propósito de identificar conjuntos de servicios claves para la gestión, así como ecosistemas importantes para este mismo fin. Para entender la relación entre servicios y entre tipos de ecosistemas, se utilizaron dendrogramas de similitud (Jaccard), los cuales estuvieron integrados en las tablas de correlación en diagramas de calor.

3. RESULTADOS

3.1. Ciénaga de la Zapatosa

La clasificación de la imagen sobre el polígono de trabajo entregado por el Instituto Humboldt, dejó entender que esta ciénaga es de una complejidad espacial extraordinaria (Figura 7). Se encontraron ocho clases de tipos ecológicos que en total 180.530 hectáreas aproximadamente (Tabla 1). En cuanto a los resultados de validación, esta ventana tuvo valores con niveles altos de confiabilidad del ejercicio de clasificación (por encima del 80% de acierto para todas las coberturas.

Tabla 1. Áreas por tipo ecosistémico en Zapatosa.

Clases	Hectáreas	Porcentaje	Porcentaje de acierto clasificación
Arbustales	21239,97	11,77%	90%
Bosques	33237,47	18,41%	82,5%
Cuerpos de Agua	47967,25	26,57%	100%
Cultivos	5787,79	3,21%	60%
Humedales	11550,58	6,40%	87,5%
Pasturas	41738,26	23,12%	80%
Urbano	2950,68	1,63%	95%
Zonas sin o con poca vegetación	16057,78	8,89%	80%
Total	180529,78	100,00%	Promedio 0,84%

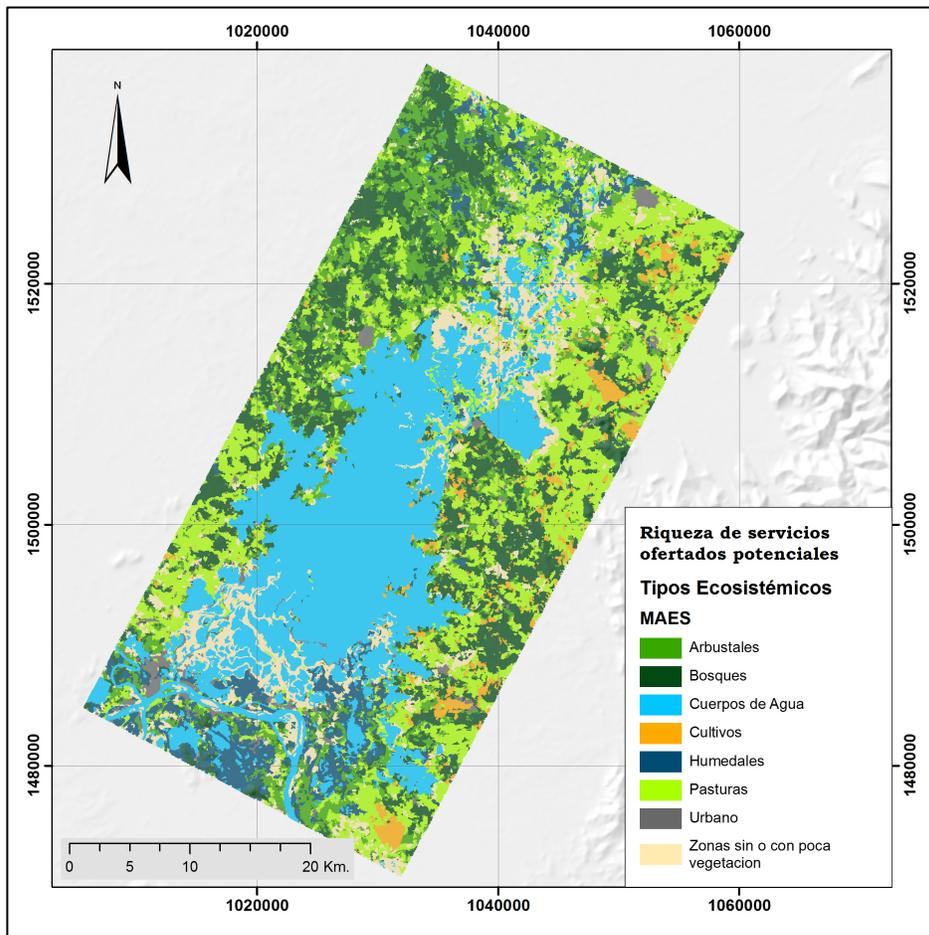


Figura 7. Tipos de ecosistemas Ciénaga de Zapatosá.

Desde el punto de vista de los servicios, se encontró que en esta ventana se identificaron 43 servicios ecosistémicos pertenecientes a 25 clases, 13 grupos, 7 divisiones de las tres secciones ya definidas (provisión, regulación y mantenimiento, y culturales). Los servicios de regulación fueron los más abundantes con 22 tipos de clase, seguidos por los de provisión con 17 tipos de clase y los culturales con 11. La ciénaga de Zapatosá es importante como fuente de servicios importantes para los actores locales, relacionados con sus modos de vida alrededor del pesca, la producción de cultura material y las alternativas de producción familiar. Desde el punto de vista de los servicios de regulación, fueron reconocidos como importantes en la región los servicios afines a la regulación hídrica vinculada con las dinámicas de interacción de la ciénaga con el río Magdalena. En términos de servicios culturales, fueron importantes servicios relacionados con el mantenimiento de las tradiciones asociadas a la pesca, así como otros relacionados con la conservación de la memoria histórica en el lugar (Anexo 2).

En términos de la riqueza de servicios, se pudo evidenciar que las unidades de paisaje (tipos ecológicos o unidades prestadoras de servicios) de tipo humedal (zonas transicionales entre cuerpos de agua y ecosistemas terrestres) fueron las más ricas, albergando cerca entre 30 y 33 servicios de los 43 identificados. Los espejos de agua así como las zonas de bosques y playones también tuvieron puntajes altos desde el punto de vista de los servicios albergados (con valores

entre 12 y 29, 7 y 11, y 2-6 servicios identificados. Las zonas urbanas tan solo tuvieron un servicio asociado (Figura 8). En las figura 9 se puede apreciar la riqueza para cada categoría de servicio.

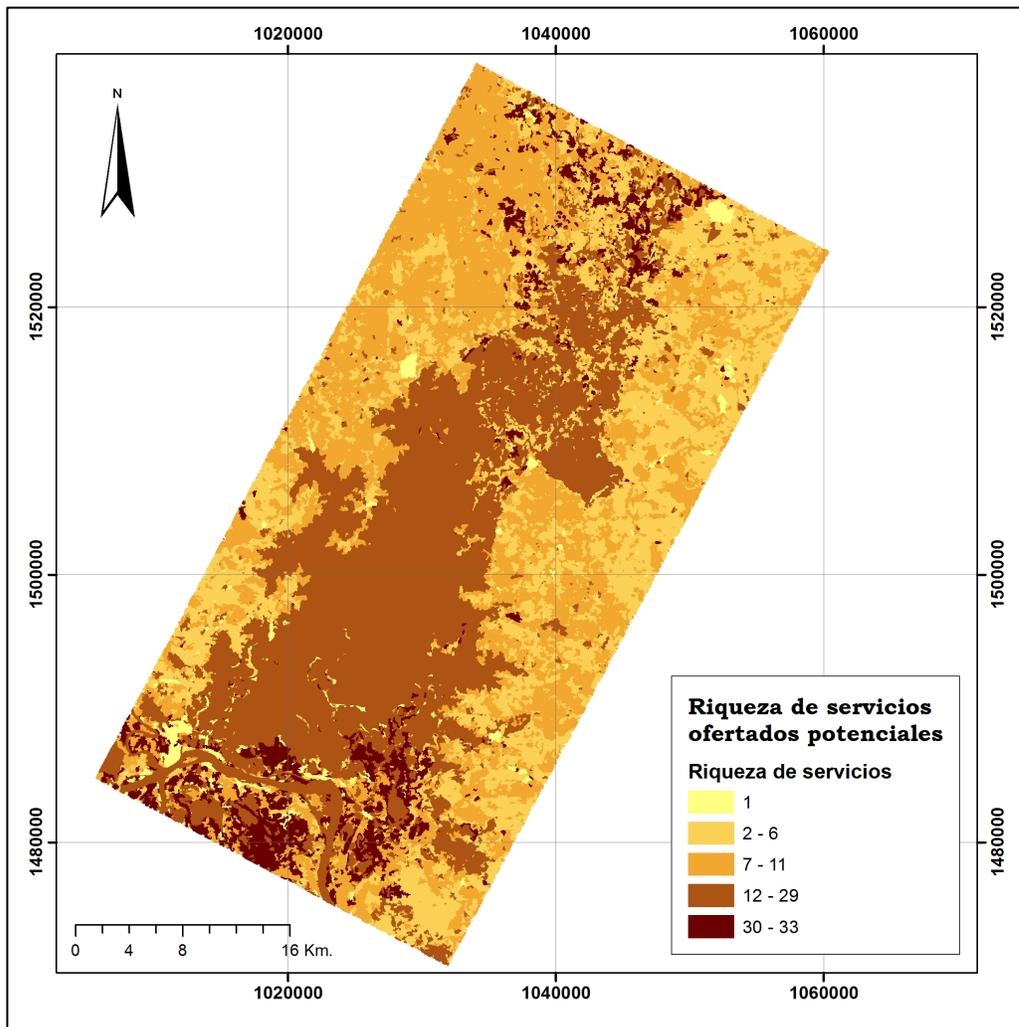


Figura 8. Riqueza de Servicios Zapatosa.

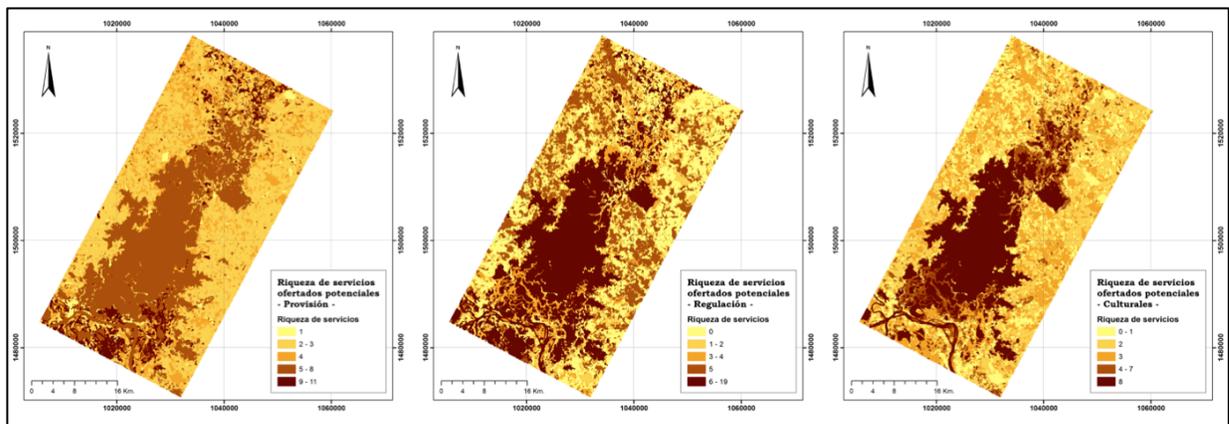


Figura 9. Riqueza por tipo de servicios en Zapatosa.

La idoneidad para el mantenimiento de servicios ecosistémicos, tuvo diferencias notables frente al panorama entregado desde el punto de vista de la riqueza. En términos generales, las áreas con mayores niveles de idoneidad fueron los cuerpos de agua, los playones y las áreas de humedal, es decir, las zonas transicionales y pantanosas, principalmente aquellas relacionadas con las conexiones de la Ciénaga con el río Cesar y el Magdalena. Menores puntajes tuvieron las áreas de bosques y cultivos, así como las áreas con infraestructura y zonas urbanas (Figura 10).

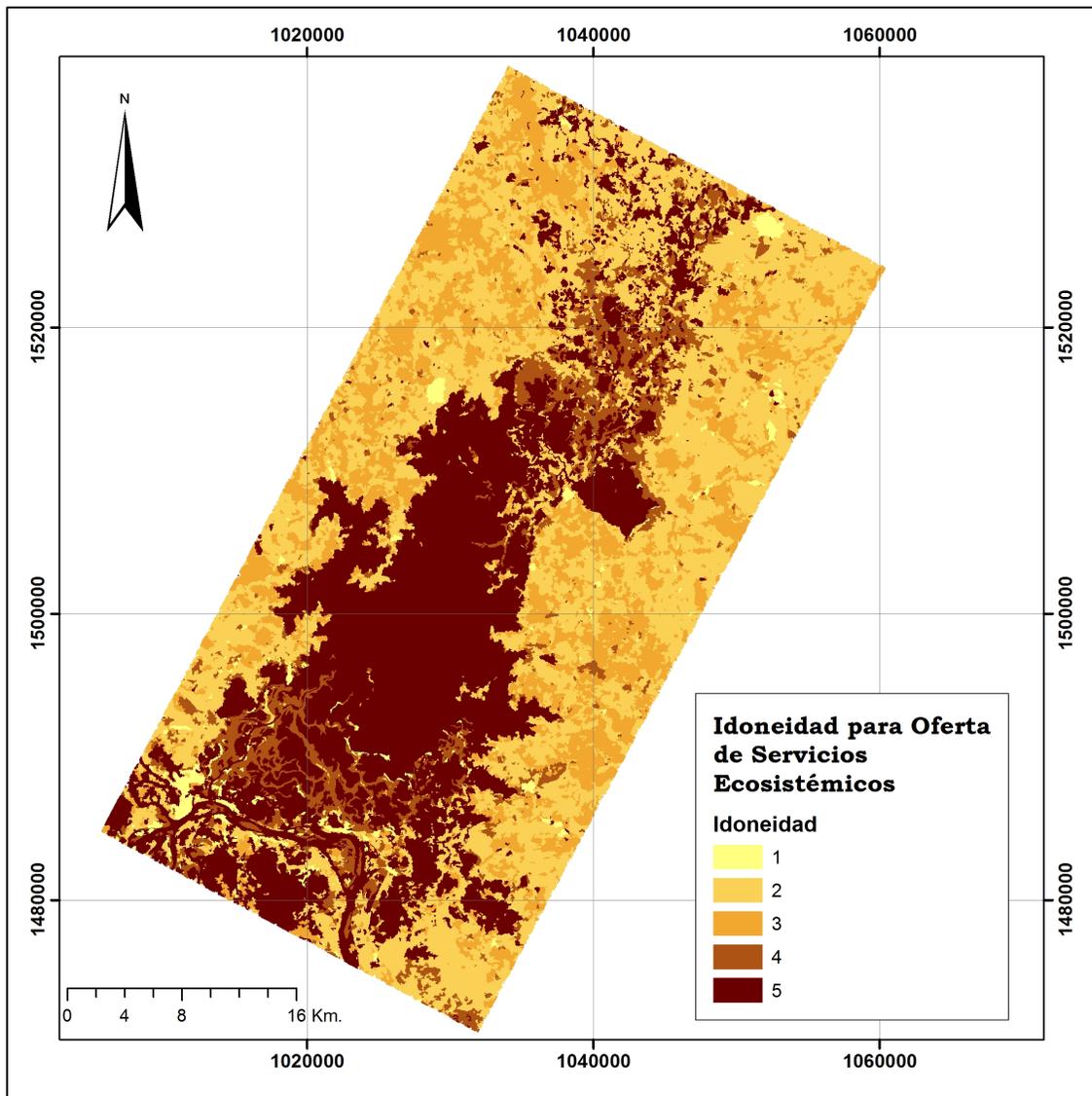


Figura 10. Idoneidad para la oferta de servicios ecosistémicos en Zapatosa.

Desde el punto de vista de la idoneidad por tipos de servicios ecosistémicos, se encontraron contrastes evidentes entre los diferentes grupos. Hubo comportamientos diversos en la forma

como se distribuyó la importancia en los diferentes tipos ecosistémicos; en el caso de los servicios de provisión, fueron las zonas transicionales las que tuvieron valores más altos, seguidos de los cuerpos de agua y los playones. No hubo mayores diferencias entre áreas de cultivos y de bosques, y sí pudo apreciarse una baja idoneidad para el mantenimiento de servicios ecosistémicos por parte de las áreas urbanas. Desde la perspectiva de la regulación, sí fue claro que hubo dos conjuntos o formas de agrupamiento: por un lado las áreas de humedal y los cuerpos de agua con los valores más altos, luego los playones y áreas de bosque, y finalmente las zonas de cultivo, los pastizales y las áreas urbanas.

En buena medida esto puede explicarse desde el punto de vista de las funciones ecológicas de estos ecosistemas, las cuales resultan muy afectadas desde el punto de vista de la regulación (p.e. secuestro de carbono, retención de sedimentos) una vez se han transformado las coberturas originales de la tierra. Finalmente estuvieron los servicios culturales, en donde los cuerpos de agua, los humdales y los playones tuvieron valores más altos, seguidos de las áreas de bosques. Con valores menores estuvieron las áreas de pastizales, cultivos y zonas urbanas (Figura 11).

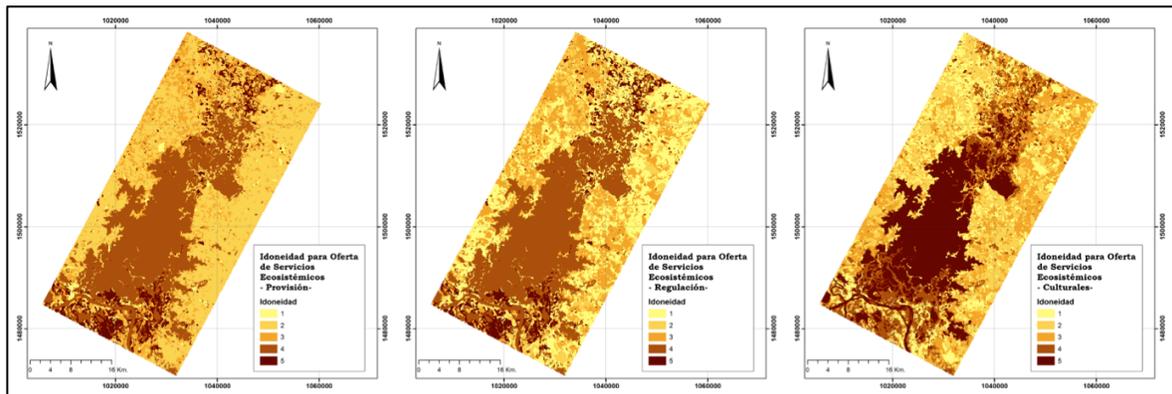


Figura 11. Idoneidad por tipo de servicios ecosistémicos en Zapatosa.

La idoneidad de las unidades del paisaje de la Ciénaga de Zapatosa para mantener servicios ecosistémicos responde, en buena medida, a las condiciones propias de los ecosistemas y a las relaciones de uso (intervención) que han tenido sobre los diferentes actores sociales sobre el territorio. La Figura 12 ilustra bien la manera como existen correlaciones directas en términos de idoneidad entre servicios y unidades de paisaje, fundamentalmente en aquellas relacionadas con dinámicas extractivas o de uso directo donde son más fáciles de percibir los beneficios para los actores locales. En ese mismo orden de ideas, es claro que las unidades de paisaje se agrupan en función al tipo de servicios ecosistémicos que pueden mantener, dejando ver la importancia de algunas de estas áreas como prioridades para la su gestión.

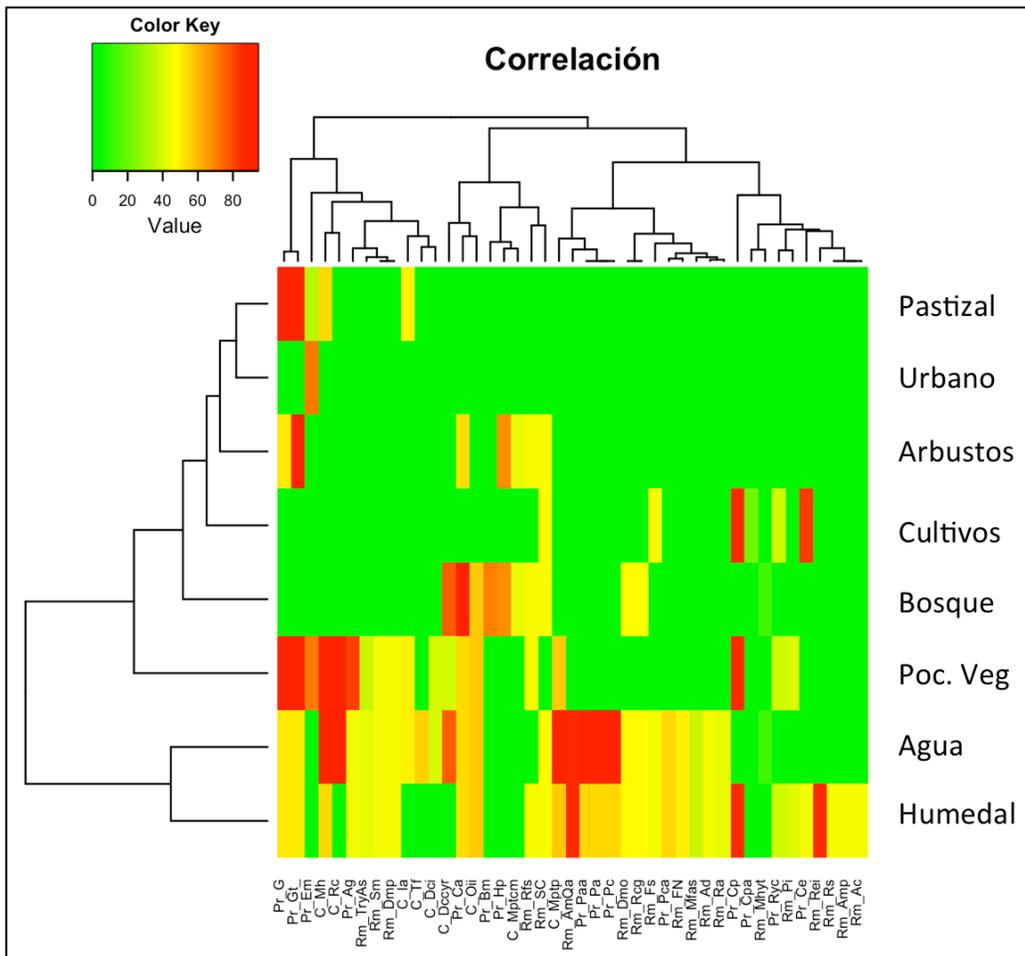


Figura 12. Matriz de Correlación entre Servicios y Unidades Prestadoras de Servicios en Zapotosa.

En el caso de la Ciénaga de Zapotosa, se recomienda prestarle especial interés a las áreas de humedal, espejo de agua y playones, así como a los bosques y áreas de cultivo circundantes. Las áreas urbanas, de pastizales y arbustales, si bien tienen menos relaciones directas con servicios en términos de la idoneidad para su mantenimiento, también cumplen un rol importante siendo idóneas para ciertos usos que, de desarrollarse adecuadamente, pueden evitar serias contraprestaciones entre servicios.

3.2. Ciénaga de la Virgen

En la Ciénaga de la Virgen se identificaron nueve coberturas en el ejercicio de interpretación, las cuales sumaron alrededor de 12.215 hectáreas, de las cuales más del 60% estuvo representado en cuerpos de agua y zonas urbanas (Figura 12). Los resultados de la validación del proceso de clasificación de la imagen, al igual que en Zapotosa, tuvieron niveles satisfactorios de validez (Tabla 2).

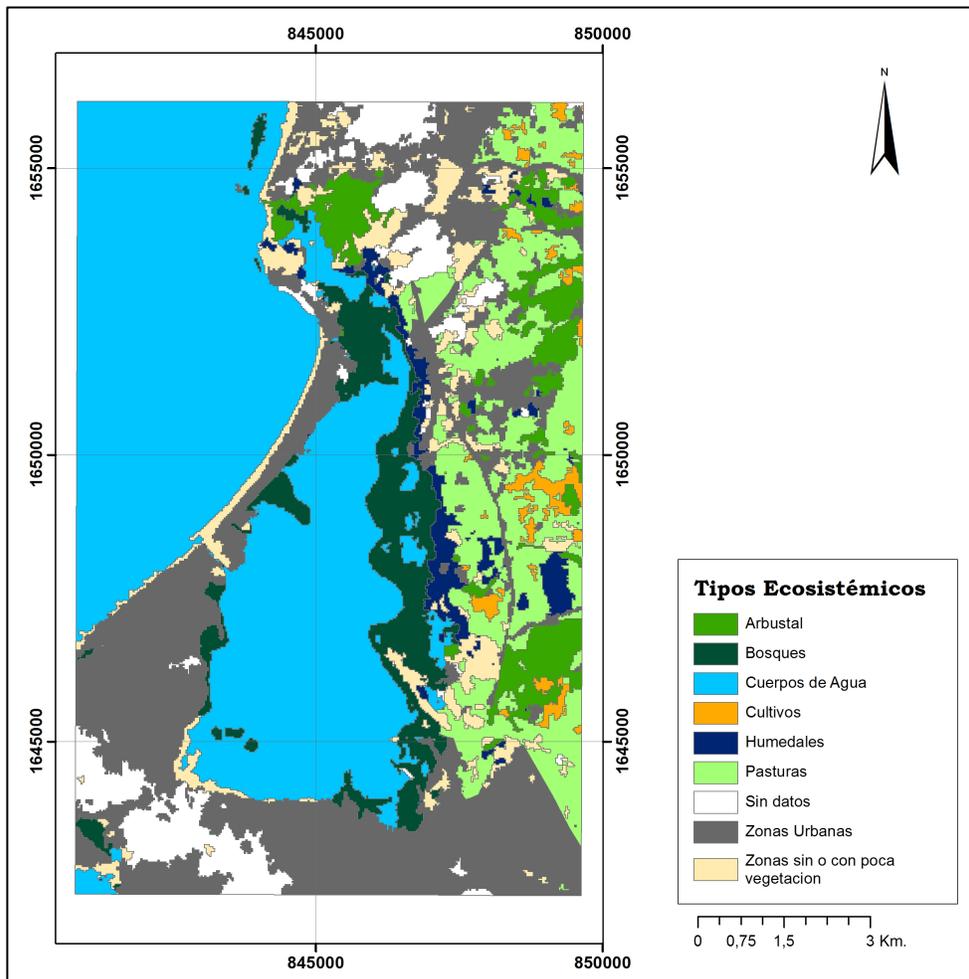


Figura 13. Unidades de paisaje Ciénaga de la Virgen.

Tabla 2. Tipos de Ecosistemas Ciénaga de la Virgen.

Clases	Hectáreas	Porcentaje	Porcentaje de acierto clasificación
Arbustal	582,88	4,77%	100%
Bosques	787,63	6,45%	90%
Cuerpos de Agua	4803,41	39,33%	97%
Cultivos	161,04	1,32%	97%
Humedales	272,34	2,23%	97%
Pasturas	1313,03	10,75%	88%
Sin datos	734,38	6,01%	87%
Zonas sin o con poca vegetación	677,01	5,54%	87%
Zonas Urbanas	2882,44	23,60%	83%
Total	12214,17	100,00%	Promedio 92%

En la ciénaga de Virgen se tuvo información sobre 30 servicios ecosistémicos, pertenecientes a 22 clases y 13 grupos de seis divisiones y tres secciones. Los servicios de regulación y mantenimiento fueron los que estuvieron mejor representados, particularmente aquellos vinculados con la estabilización del clima y la regulación del sistema hidrológico y estuarino de la Ciénaga. Los servicios culturales relacionados con la apreciación del paisaje y el desarrollo de interacciones directas con el medio, fueron los que segundo mejor representados, con 7 tipos de clase. Finalmente estuvieron los servicios de provisión con seis tipos identificados en el área, principalmente relacionados con actividades de pesca y de pesca bajo modos de acuicultura en zonas adecuadas para esta práctica (Anexo 3).

Analizando la riqueza de servicios por unidades espaciales de análisis (Figura 14), resultó que las áreas de espejos de agua fueron las que tuvieron un mayor número de servicios relacionados (entre 10 y 25), seguidas de las áreas de bosques (manglares) y las zonas de cultivos y arbustales (8-9, 3-7 y 1-2 servicios respectivamente).

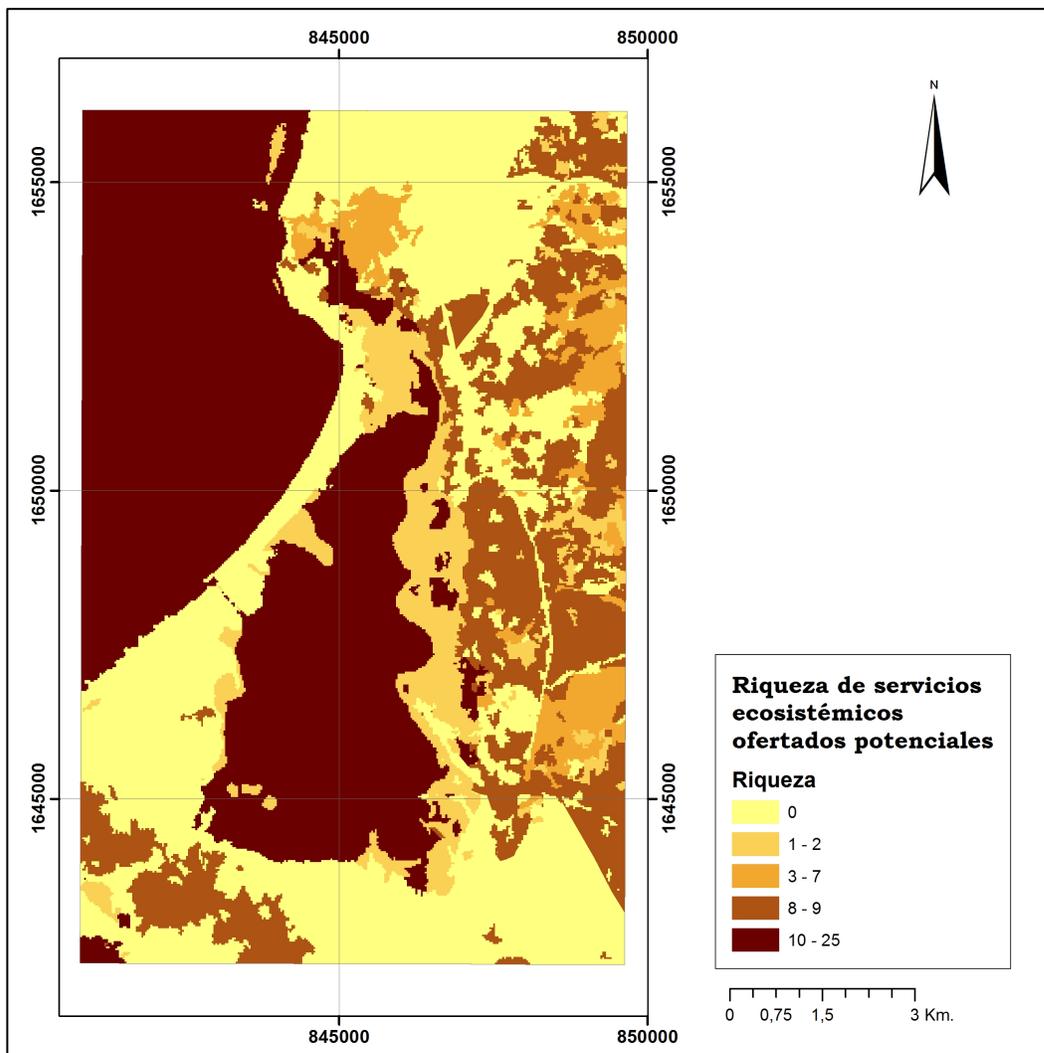


Figura 14. Riqueza de Servicios Ecosistémicos en la Virgen.

Se pudieron apreciar diferencias desde el punto de vista de la riqueza por tipo de servicios (Figura 15). La zona con mayor valor para los servicios de provisión tuvo que ver en todos los casos con los cuerpos de agua. Las áreas boscosas como los manglares fueron especialmente importantes en términos del número de servicios abordados, al igual que las zonas de transición. Los cultivos, las pasturas y los arbolados tuvieron, en general, un menor número de servicios asociados, mientras que las áreas urbanas no tuvieron servicios asociados. En muchos casos la similitud entre los diferentes casos no permitió generar diferenciaciones (5 clases) entre unidades prestadoras de servicios en términos de su riqueza.

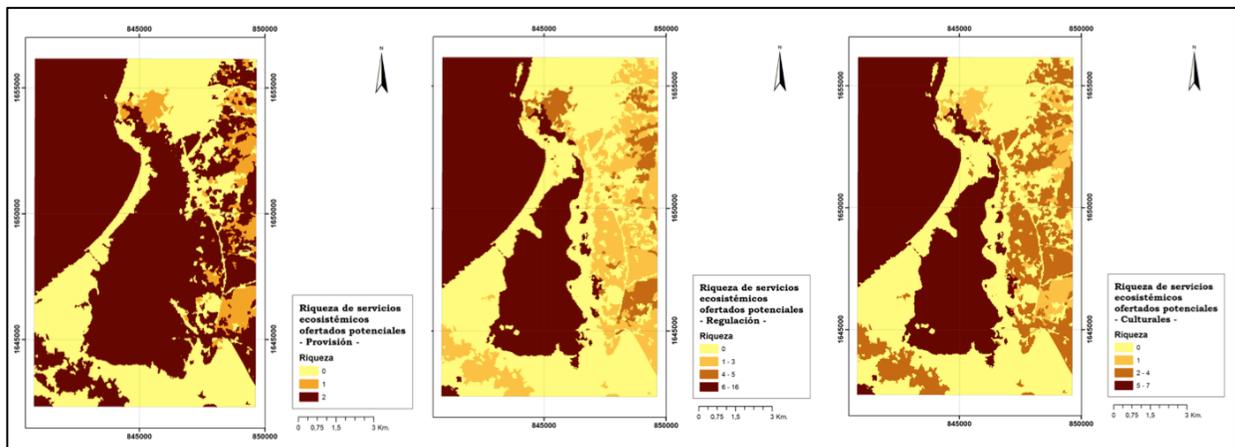


Figura 15. Riqueza por tipo de Servicios en la Ciénaga de la Virgen.

Ahora bien, en cuanto a la idoneidad total para esta ventana de trabajo, lo que se pudo observar fue que los espejos de agua, los bosques de manglar y las zonas de playas, fueron las áreas con mayores niveles de idoneidad para el mantenimiento de servicios ecosistémicos (Figura 16). Una forma de entender estos cambios tiene que ver con los pesos que aportan al área tanto el reconocimiento de los actores locales como la complementariedad de las áreas en la oferta de dichos servicios. De otro lado, el tamaño del área (la menor de los tres casos de estudio), representa una característica importante al momento de establecer asociaciones entre unidades del paisaje y servicios ecosistémicos, dado que al ser un área mucho más restringida, la percepción de los recursos alcanza niveles comunes y a veces poco diferenciables entre tipos ecológicos.

La idoneidad por tipo de servicio tuvo representaciones también diferenciadas. En el caso de la provisión, además de las áreas de espejo de agua, las zonas de cultivo y pasturas tuvieron valores altos frente a otros tipos de unidades de paisajes como bosques. Esta situación tuvo que ver en parte con la cercanía de la ciénaga a la ciudad y con el mantenimiento marginal de servicios de provisión directamente aprovechados en el contexto de este ecosistema. Desde el punto de vista de regulación, la idoneidad estuvo concentrada principalmente en las zonas de cuerpos de agua y bosques de manglar, así como en la playas y zonas de transición. Aunque no se mencionaron los cultivos y las pasturas, estas también tienen una importancia alta en el sentido de mantener estructuras importantes para amortiguar cambios en el territorio que terminen afectando servicios de uso directo o de importancia alta desde el punto de vista de la regulación, la provisión o la cultura. Los servicios culturales estuvieron todos condicionados al espejo de agua y el manglar, dado que son las áreas donde más se realizan actividades de uso así como procesos de interacción no material con el ecosistema.

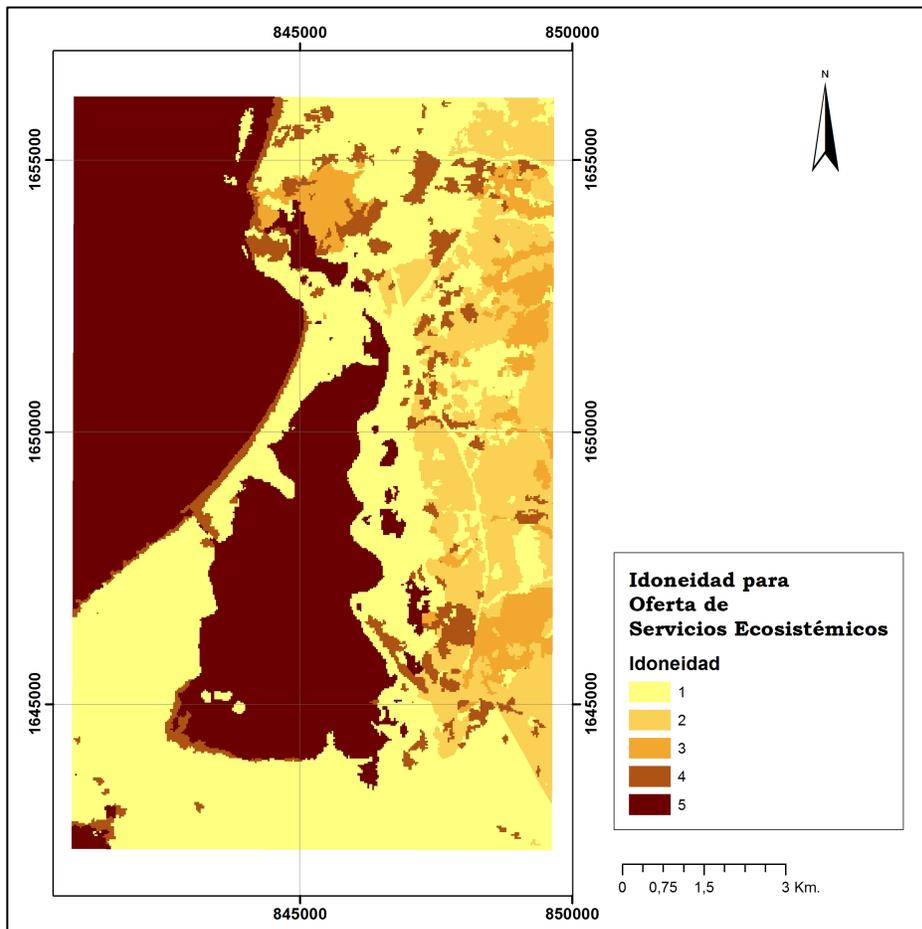


Figura 16. Idoneidad de Servicios Ecosistémicos en la Ciénaga de la Virgen.

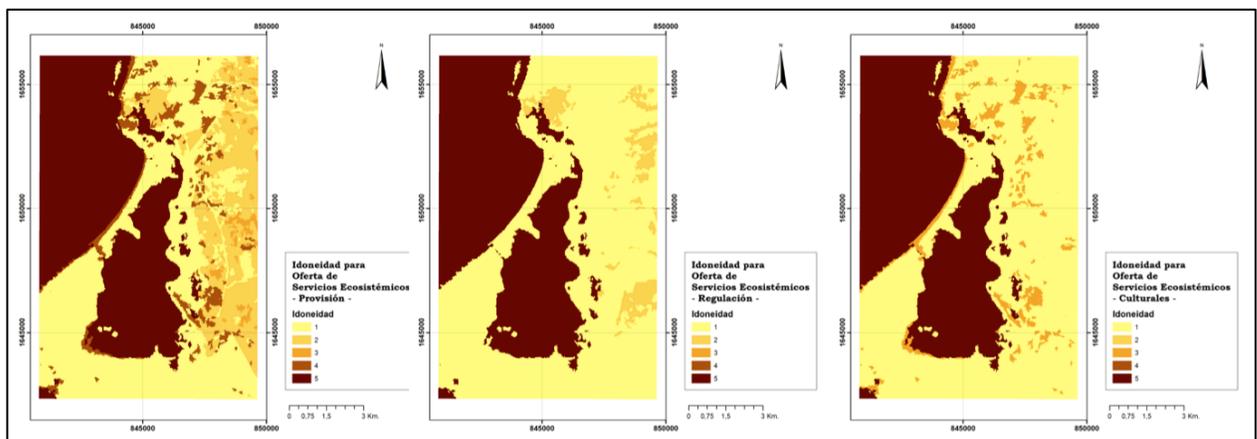


Figura 17. Idoneidad por Tipo de Servicios Ecosistémicos en la Ciénaga de la Virgen.

Al analizar la matriz de correlaciones sobre la función de idoneidad en este caso de estudio, se puede observar que hay unos pocos servicios correlacionados de manera significativa con los

ecosistemas ya identificados (Figura 18). Entre los servicios de regulación, principalmente y los cuerpos de agua, bosques de manglar y zonas transicionales, se identificaron correspondencias directas que llaman la atención sobre las prioridades identificadas como de importancia para la gestión de este ecosistema. En el mismo sentido, se advierte una asociación directa entre los ecosistemas de humedal, bosque y cuerpos de agua como regiones en las que se agrupan y destacan por su idoneidad para prestar diferentes conjuntos de servicios ecosistémicos.

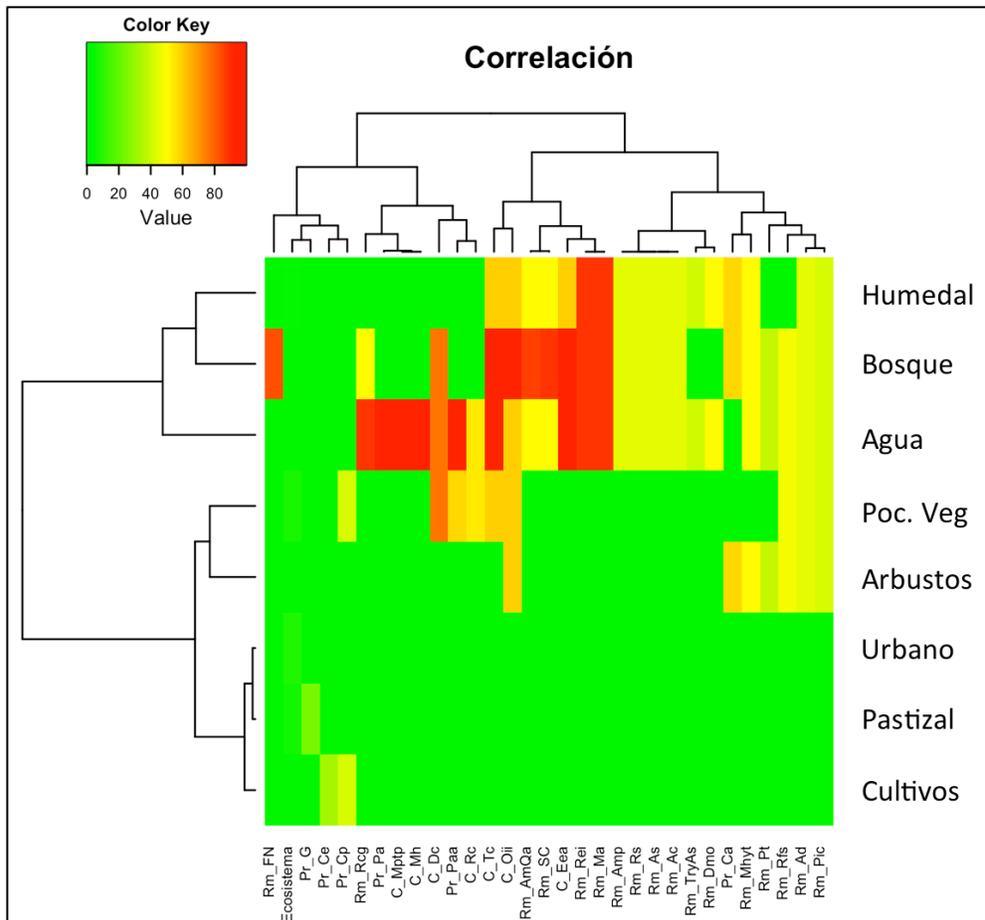


Figura 18. Matriz de Correlación en la Idoneidad de Servicios y Ecosistemas en la Ciénaga de la Virgen.

3.3. Sabanas Inundables de Paz de Ariporo y Hato Corozal

Las sabanas inundables de Paz de Ariporo y Hato Corozal son un muy rico mosaico de ecosistemas transicionales así como de cuerpos de agua y zonas boscosas y áreas de pastizales que suman alrededor de 69.715 hectáreas. De ellas, las pasturas, los arbustales y los cuerpos de agua constituyen alrededor del 86% del área de estudio (Tabla 3). La interpretación y clasificación de la imagen de satélite, en este caso, presentó también niveles altos de confiabilidad y validez, lo que resultó interesante para desarrollar los análisis de riqueza e idoneidad de servicios como insumos de gestión. Los resultados son interesantes en este nivel, teniendo en cuenta la gran heterogeneidad que tiene esta ventana de estudio desde el punto de vista espacial (Figura 19).

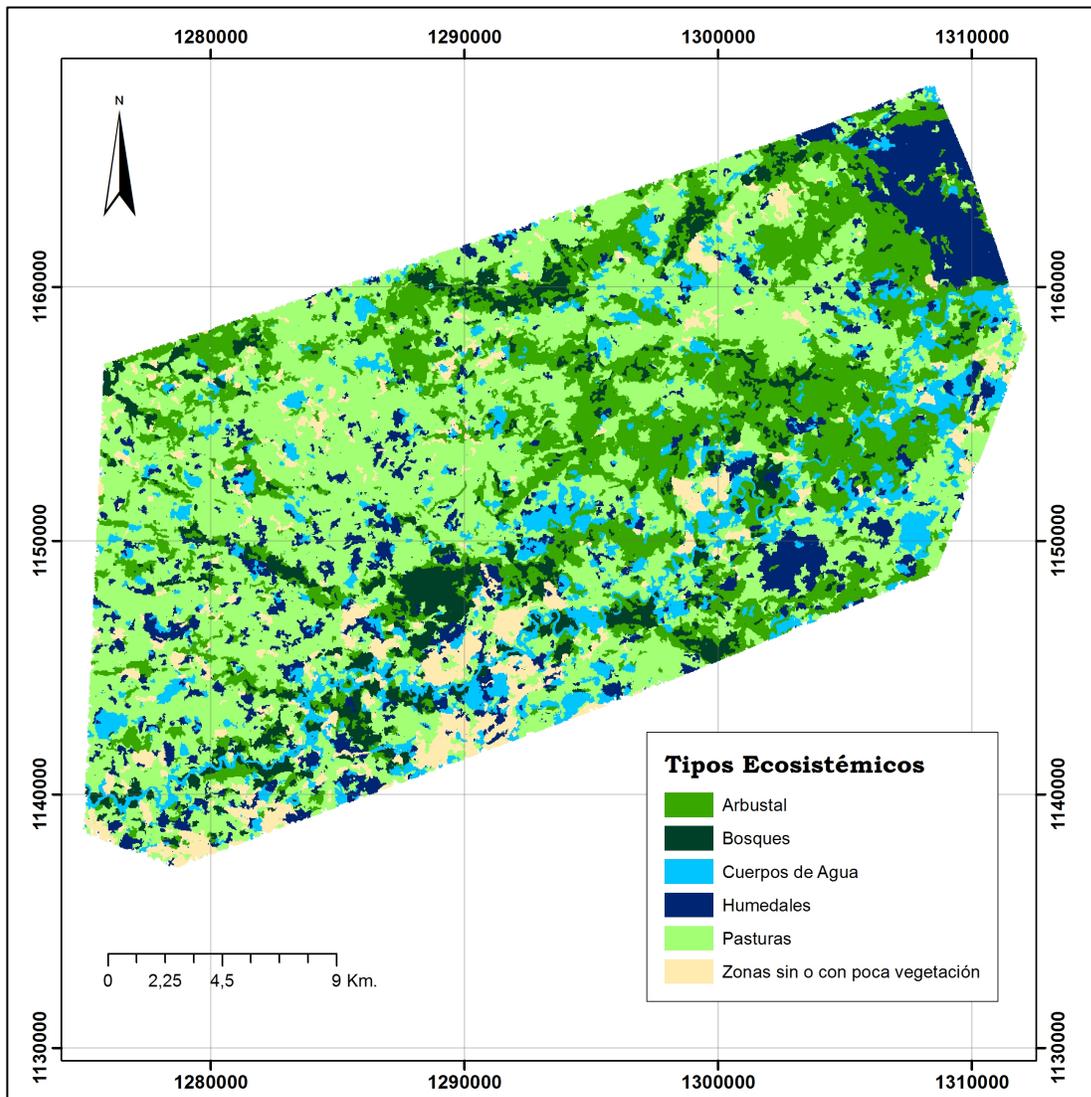


Figura 19. Unidades de Paisaje en Paz de Ariporo.

En el ejercicio de análisis de los servicios ecosistémicos presentes en el área, se identificaron 25 servicios de 19 clases, 12 grupos, en siete divisiones y tres secciones (Anexo 4). Doce servicios fueron de provisión, mientras que nueve fueron de regulación y mantenimiento, y solo cuatro estuvieron en la sección de servicios ecosistémicos culturales. En esta ventana hubo servicios que, aunque se conoce que existen, no fueron identificados dado que la información existente no es suficiente de cara al ejercicio. Resalta el hecho de que hayan algunos servicios como los de la regulación que no sean percibidos de esa manera (sino al contrario), y que haya otros presentes como los del agua para consumo que no fueron encontrados en otros lugares.

Tabla 3. Unidades de Paisaje Sabanas Inundables Paz de Ariporo.

Clases	Hectáreas	Porcentaje	Porcentaje de acierto clasificación
Arbustales	16247,36314	23,31%	80%
Bosques	5051,224776	7,25%	90%
Cuerpos de Agua	7009,210242	10,05%	92,5%
Humedales	6876,92319	9,86%	92,5%
Pasturas	29987,34657	43,01%	87,5%
Zonas sin o con poca vegetación	4542,053624	6,52%	97,5%
Total	69714,12154	100,00%	Promedio 90%

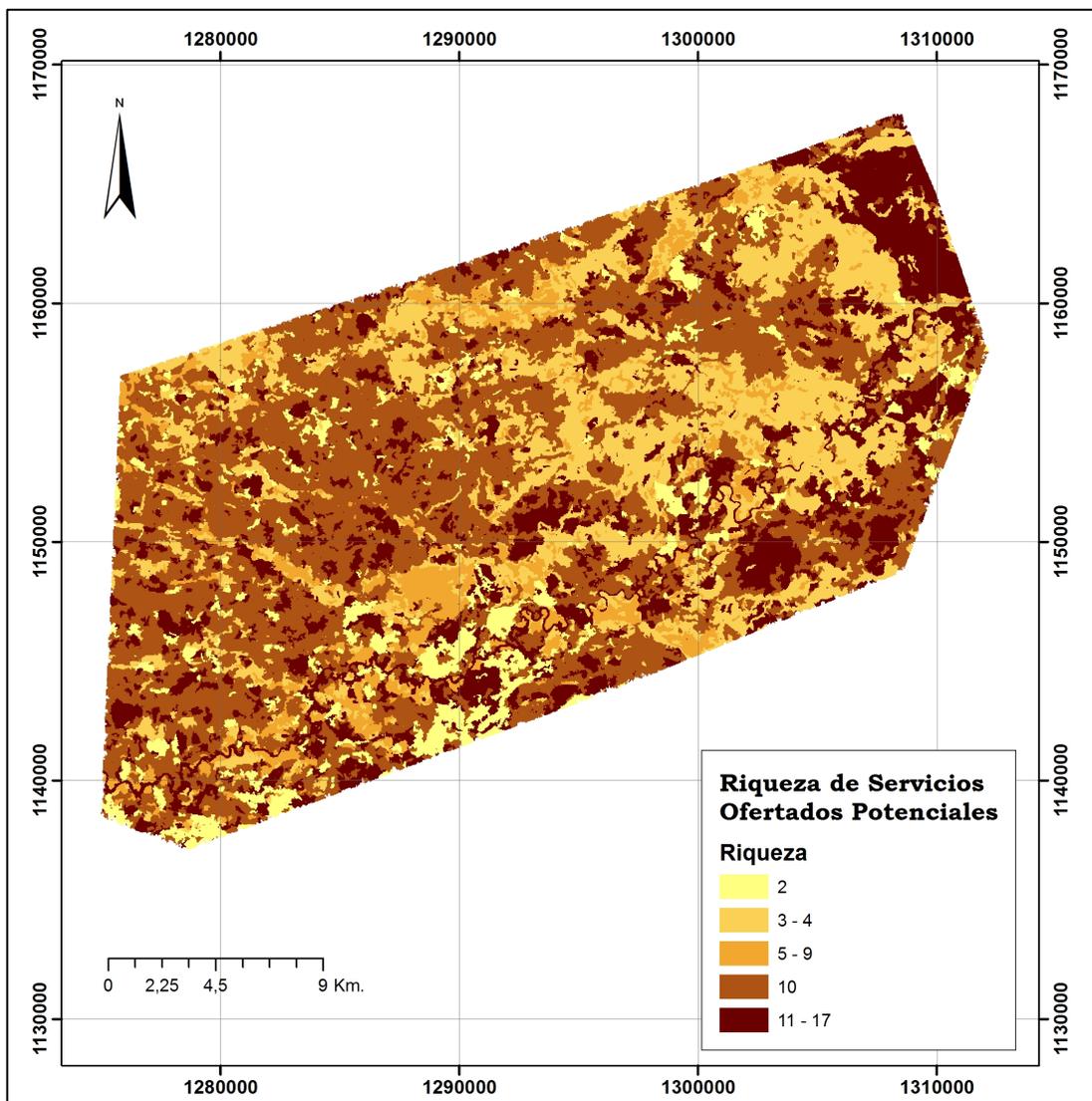


Figura 20. Riqueza de Servicios Ecosistémicos en Paz de Ariporo.

El análisis de riqueza de servicios por unidades de análisis se pudo observar que las áreas importantes fueron aquellas asociadas a unidades de paisaje tales como cuerpos de agua y bosques (11 a 17 servicios, pastizales (10 servicios). Las otras unidades todas tuvieron números bajos y similares de servicios presentes. Desde el punto de vista cultural, fue interesante observar que las sabanas naturales tiene un valor muy evidente entre los habitantes locales, razón por la que fueron las más ricas en ese tipo de servicios.

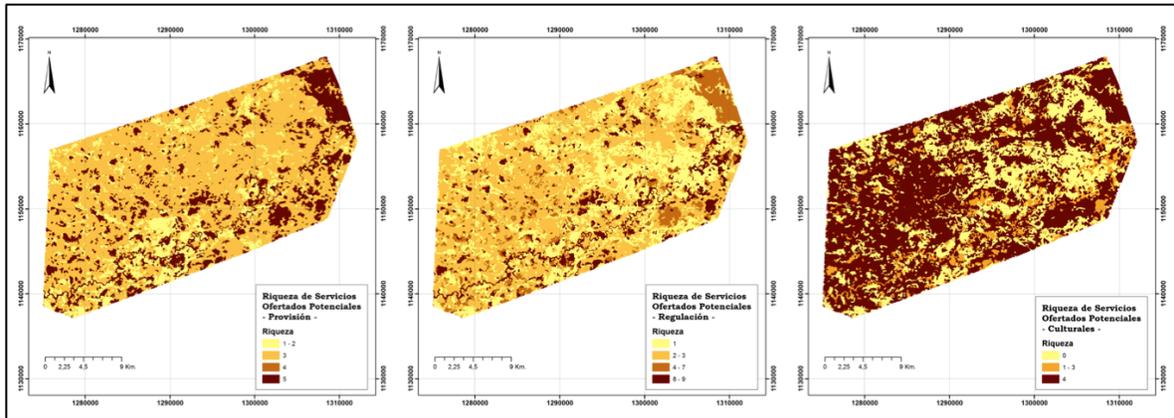


Figura 21. Riqueza por tipo de Servicios en Paz de Ariporo.

Desde el punto de vista desde la idoneidad por tipo de servicio, el panorama es algo similar al de riquezas pero con diferencias muy específicas, asociadas fundamentalmente al lugar que tienen las percepciones locales y la complementariedad espacial sobre los servicios en los valores definidos para las áreas. Desde el punto de vista de provisión, las áreas más idóneas fueron las que tuvieron una identidad productiva reconocida por los actores locales, tales como las pasturas, las zonas boscosas (morichales y matas de monte) y zonas de humedal y cuerpos de agua. En términos de la regulación, los mayores valores de idoneidad se presentaron en los ecosistemas de humedal y cuerpos de agua, a los cuales se les reconoce una importancia especial desde el punto de vista de las funciones, por lo menos potenciales, de mantener procesos climáticos y biogeoquímicos y ecológicos en esta región. Contrario a lo observado en regulación, donde las sabanas no son consideradas como áreas importantes, en los servicios estos son los ecosistemas que representaron una mayor idoneidad en función a las prácticas productivas locales e históricas que se distinguen en esta región (Figura 22).

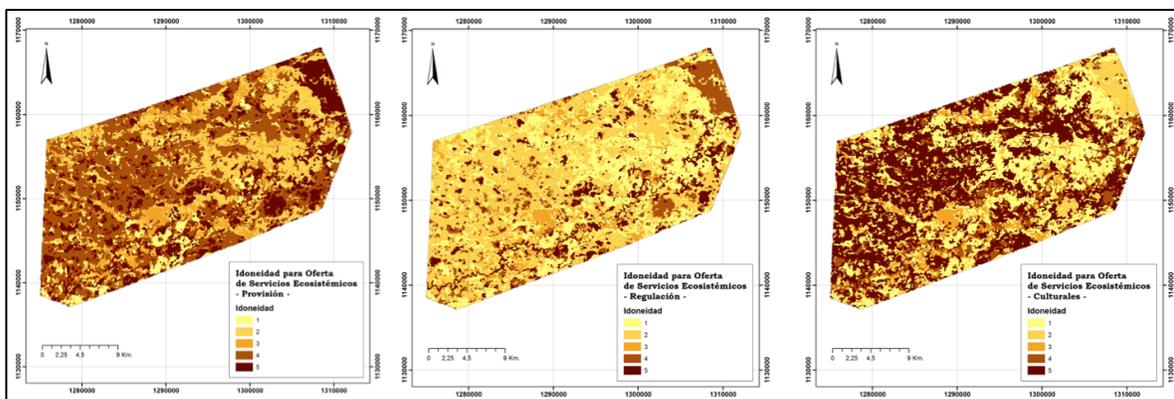


Figura 22. Idoneidad por tipo de servicios en Paz de Ariporo.

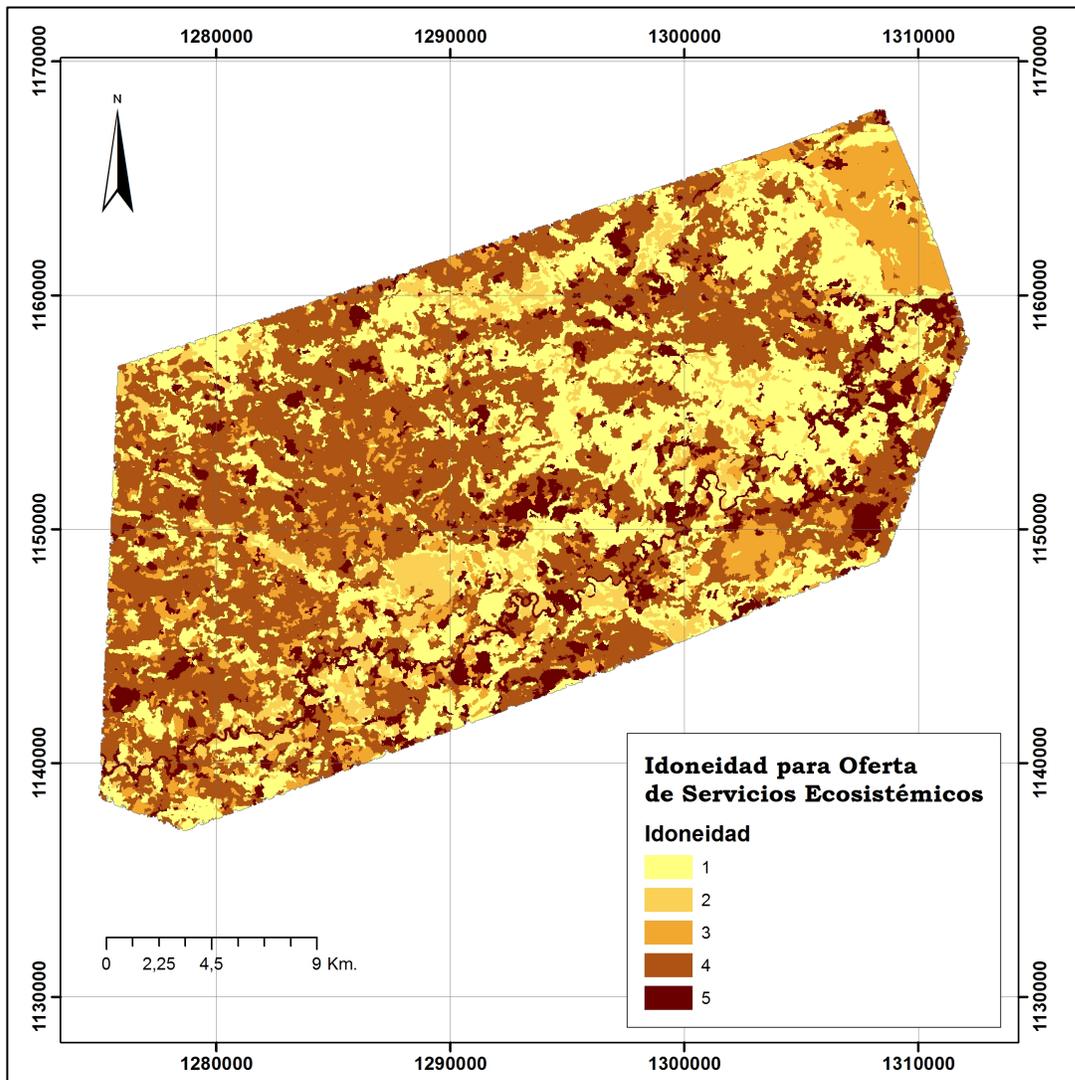


Figura 23. Idoneidad Servicios ecosistémicos Paz de Ariporo.

La idoneidad total representada en esta ventana de trabajo dejó ver de manera muy clara lo claves que son los ecosistemas de pasturas (sabanas), los cuerpos de agua y las zonas de transición como áreas para la gestión la conservación. Las matas de monte y las zonas de morichal (bosques) también tuvieron valores importantes de idoneidad en función a los servicios de provisión que se le asocian. Los arbustales tuvieron valores muy bajos con los que se asociaron pocos servicios (Figura 24). Así los ecosistemas de la región se agrupan en función de los servicios siguiendo el patron de los otros casos de estudio donde las zonas de humedales y cuerpos de agua están siempre afines de cara a su oferta potencial de servicios, y por el otro lado están los bosques y los pastizales y las áreas descubiertas y las pasturas como zonas que son idóneas para prestar servicios ecosistémicos específicos en este caso relacionados con la provisión. La gestión de este caso de estudio, dentro de un proceso de delimitación como el que se atiende, debe concentrarse en identificar áreas en términos de la idoneidad para ciertos servicios más que en la riqueza como una condición específica de estos paisajes.

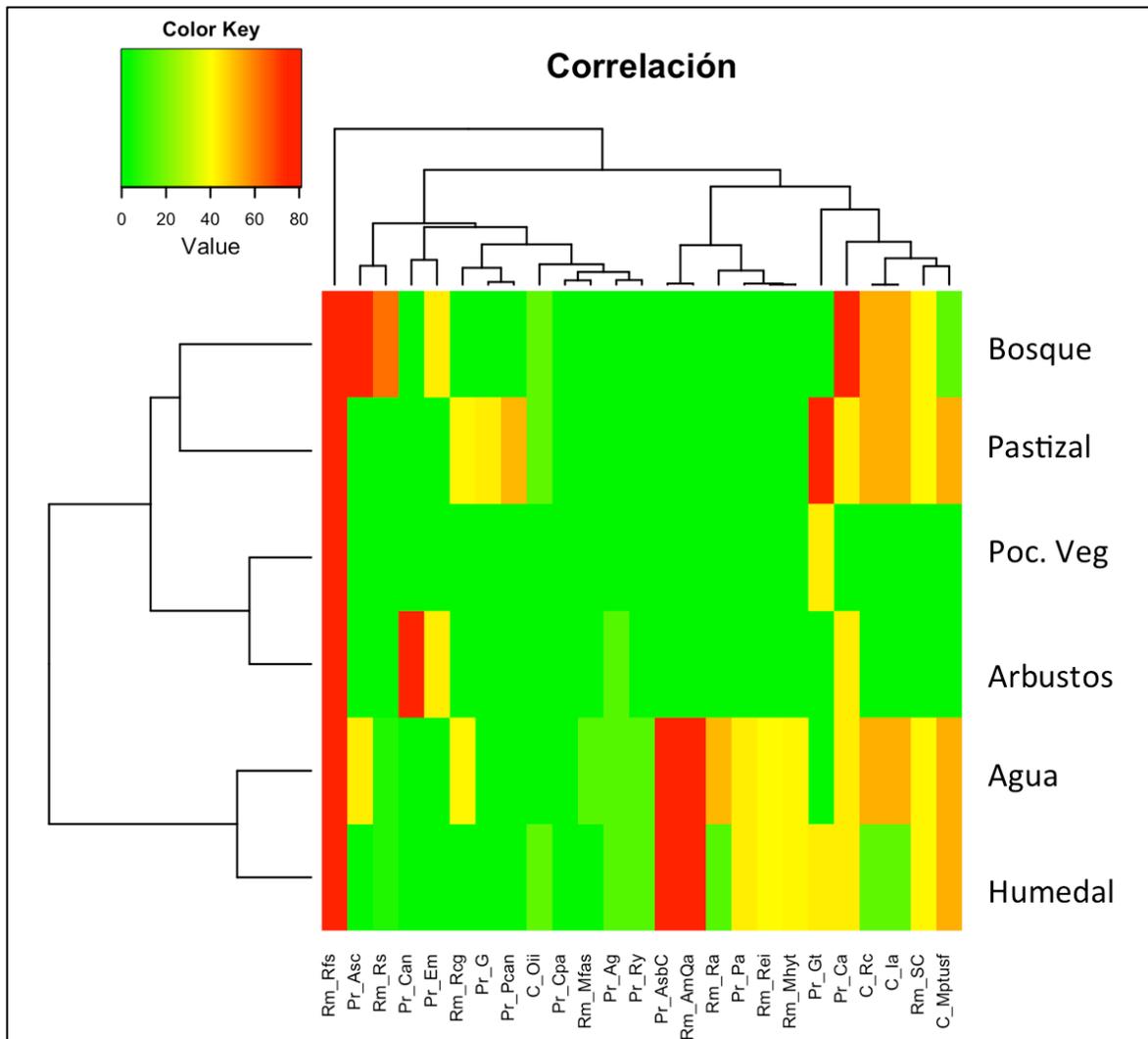


Figura 24. Matriz de correlaciones idoneidad entre servicios y unidades del paisaje en Paz de Ariporo.

4. DISCUSIÓN

4.1. ¿Qué servicios son importante para la gestión?

La tabla de clasificación propuesta por De Groot *et al.* (2010) es bastante útil para reconocer, a partir de la información generada en el proyecto para cada una de las ventanas, y cuáles son los servicios ecosistémicos percibidos por los actores locales. No obstante, en términos de la propuesta de análisis multicriterio, resultó más útil la categoría propuesta por Maes *et al.* (2013), en la que se vinculan tipos de servicios ecosistémicos con unidades del paisaje. Los servicios ecosistémicos en las tres ventanas se reconocen fundamentalmente por las actividades económicas desarrolladas alrededor de estos, es decir beneficios locales directamente vinculados con los modos de vida de las comunidades locales. En este caso es evidente que los que se reconocen más y mejor, tienen que ver con procesos de beneficio directo y de corto plazo. Aparentemente en casos en los que este beneficio ya se ha visto comprometido por

transformaciones drásticas en el sistema, en términos de su dinámica ecológica principalmente, otros servicios (no necesariamente vinculados con beneficios directos ni de corto plazo) son reconocidos por los actores locales (p.e. áreas de reproducción de especies de uso, regulación de caudal, irrigación y secuestro de nutrientes).

En términos generales, el nivel de reconocimiento de los servicios ecosistémicos en las tres ventanas, tanto por las vías de la percepción como del conocimiento asociado, se vincula principalmente en los servicios de provisión. La existencia de fuentes de abastecimiento para la alimentación, o incluso de las de posibilidades para la producir (ganadería, cultivos, pasto), es una de las condiciones más reconocidas por los actores y por la literatura. En las ciénagas de Zapatoza y La Virgen, la pesca y la agricultura representan las principales expresiones del servicio de provisión de alimento percibido por los actores locales. Una pregunta que surge de estos resultados es el lugar que tienen las percepciones y el reconocimiento de los servicios como factores para el análisis multicriterio. Así los más reconocidos pueden ser los que presentan valores más altos, y tal vez no siempre los más importantes en términos de decisiones de adaptación y resiliencia. Claramente la discusión queda abierta y el enfoque de los análisis es una cuestión que debe discutirse con diferentes grupos de actores tomadores de decisiones sobre estos ecosistemas.

Dado que son humedales, el agua se presenta también como un bien ambiental “permanente” pero con distintos tipos de valoraciones. En los tres casos se considera un recurso para lo productivo-reproductivo dentro de diferentes ciclos biológicos, pero a la vez problemático o vertedero de desechos, como en Paz de Ariporo para tener zonas de ganadería o la Virgen, como un espacio de relleno, potencialmente para construcciones, o simplemente vertedero de aguas residuales de la ciudad de Cartagena. Finalmente, dentro de los servicios de provisión, las fibras y la madera, aunque se presentan como un aspecto generador de conflicto, y distractor sobre las estrategias de manejo de los humedales, son reconocidas en las tres ventanas, en particular árboles para construcción, algunos frutales y manglares.

En cuanto a los servicios de regulación, el único que es común a las tres ventanas es la regulación hídrica, el cual si bien tiene asociados conocimientos y percepciones importantes –y además es innegable en el análisis- es más bien poco conspicuo en términos de medidas o indicadores. Así, la forma en la que históricamente se han percibido los tres humedales estudiados, identifica que existen procesos de conformación de estos ecosistemas asociados a variables físicas que son fundamentales para su funcionamiento y que deben tenerse en cuenta en procesos de gestión y delimitación. Se reconoce, desde la perspectiva de los actores locales, que la principal función de los humedales, los sistemas de ciénagas en particular y los ríos que llegan o llegaban a estos es la regulación hídrica por medio de temporadas de inundación y sequía. De esta manera se garantizando la disponibilidad de agua para temporadas secas, mejorando las condiciones del suelo por regeneración de la capa vegetal y protegiendo las zonas aledañas de los embates de inundaciones o cambios de caudales. Así mismo, se reconoce que este servicio ecosistémico es el que más se ha visto modificado por prácticas como la desecación, el cambio de cauces de ríos, la contaminación. No obstante, esta visión contrasta con servicios como la absorción de metales pesados, la retención de sedimentos y la dilución de diferentes contaminantes los cuales también se asocian con la irrigación de los diferentes cauces y su relación con los cuerpos principales de agua de estos ecosistemas.

Aunque en la literatura científica, los servicios ecosistémicos de hábitat o soporte son altamente reconocidos para ecosistemas de humedales, en las tres ventanas de estudio, por parte de los actores locales, solamente el hábitat de crianza se reconoce como un servicio ecosistémico prestado por estos ecosistemas. Lo anterior es evidente en Zapatoza y La Virgen, por la presencia de manglares, los cuales son ampliamente reconocidos como áreas de importancia para la crianza de especies ícticas. De otro lado están los servicios culturales, entre los que se destacaron el mantenimiento de la herencia cultural y la identidad en las tres ventanas. En Paz de Ariporo está relacionado principalmente con la actividad de cacería, y el cubrimiento de necesidades básicas a partir de esto. En Zapatoza y la Virgen, está asociado directamente con la actividad de pesca, que ha sido constitutivo principal de la identidad cultural de los habitantes permanentes de la zona. En los tres casos analizados, los servicios culturales se asocian también con la inspiración artística y la memoria, así como con formas propias de regulación basadas en las artes de pesca.

Un elemento importante al momento de pensar cuáles de los servicios son importantes para la gestión tienen que ver con entender con qué unidades de paisaje estos se asocian, y cómo el ejercicio multicriterio permitió vincular esta información en la producción de mapas temáticos útiles a la toma de decisiones. Claramente en los tres casos las unidades de paisaje más y mejor percibidas, así como aquellas más estudiadas en virtud de sus atributos ecológicos, fueron las que mejor representadas estuvieron en los análisis. Esto directamente se traduce en que los servicios que fueron relacionadas con estas unidades determinó su visibilidad y pesos en el análisis multicriterio. En ese orden de ideas, áreas como los cuerpos de agua, la zonas transicionales, los bosques y las áreas de arbustales fueron las que mayores valores tuvieron para los tres clases de servicios en las tres ventanas estudiadas. En este caso es importante considerar la precaución como un elemento importante para orientar decisiones de gestión y de delimitación.

4.2. Contraprestaciones: alguien pierde y alguien gana

El análisis de trade-offs en cada una de las ventanas de estudio debe desarrollarse con mayor detalle y con métodos estrictamente orientados a este propósito. En este caso, este análisis debe darse partiendo de las asimetrías económicas y de poder existentes en cada una de estas áreas y función de los diferentes servicios reconocidos como determinantes para cada caso de estudio. Una consideración extra tiene que ver con reconocer que la percepción de los actores locales difiere notoriamente por su posición económica y política en el territorio, y que no siempre puede reconocerse en estudios de cortaduración o que estén orientados a componer panoramas generales de los servicios ecosistémicos. Por lo tanto, hablar de trade-offs en este tipo de ejercicios también requiere tener en cuenta si las dinámicas conflictivas de apropiación son decisiones conscientes, informadas y racionales sobre conjuntos de recursos (asociados con servicios), o si resultan ser decisiones de tipo marginal por las restricciones y la alta dependencia económica que hay en función de los bienes que provee el sistema biofísico. Es decir, en realidad la posibilidad de hacer un análisis costo-beneficio integral e informado es muy limitado.

Inicialmente, la primer variable a tener en cuenta en este análisis de trade-offs es el tiempo. Se evidencian en los actores diferentes historias de poblamiento, permanencia e intención de permanencia en el territorio, así como diferentes intensidades y temporalidades en función al uso de los recursos identificados. Los actores que reconocen el valor cultural e identitario de estos ecosistemas son los que, en los tres casos, dependen exclusivamente de estos y tienen menor

posibilidad de incidir en los planes de manejo, uso y regulación de estos. De tal manera, podría decirse que, quienes tienen una apreciación temporal de más largo plazo – gran parte de esto fundamentado en el pasado, y una alta incertidumbre en el futuro - son aquellos que tienen una perspectiva de largo plazo, sobre todo por poblamiento de tipo marginal, principalmente actores locales que no están vinculados con la planificación y la gestión administrativa de estos ecosistemas.

Segundo, para el análisis de trade-offs importantes es necesario contemplar la capacidad de inversión y de ejercicio del poder de los actores. En este caso se reconocen dos grupos claros. Los generadores del impacto a través de la apropiación y uso de los recursos (vinculados con los servicios), y los receptores de los impactos de esto. En las tres ventanas es difícil separar definitivamente a los actores en estos grupos, dado que muchas veces son los actores mencionados anteriormente los que, por necesidades económicas, ejecutan los planes establecidos por otros. Por lo tanto, el sistema ampliado de ganadería en Paz de Ariporo, domina los imaginarios sobre lo productivo, funcional y de servicios ecosistémicos. La actividad ganadera a su vez ha promovido procesos de ampliación de pastos sobre zonas tradicionalmente inundables, la desecación, el cambio de cursos de ríos, la disminución de la producción de alimentos, y , en particular, la reducción general de asumir la zona como únicamente apta para la producción ganadera. En la ciénaga de Zapatoza, aunque se percibe una alta valoración de los bosques y los playones inundables desde sus funciones ecológicas, la necesidad principal es la producción de pasto para ganadería. Esto, en ese lugar, está fuertemente dominado por tradición ganadera que contrata la mano de obra de actores locales los cuales son en su mayoría agricultores y pescadores. De esta, manera, al igual que en Paz de Ariporo, la actividad ganadera es la que genera mayores demanda de tierra, agua y pastos, lo que ha influenciado fuertemente la forma en la cual los pobladores locales asumen los servicios ecosistémicos, dando más importancia a aquellos a los que se accede directamente para esta actividad.

En la ciénaga de la Virgen la pesca es la actividad económica principal de los actores que han tenido relacionamiento de más largo plazo con el ecosistema. Las dinámicas económicas y de desarrollo turístico alrededor de esta, han vuelto la ciénaga más valiosa por la posibilidad de usar franjas de tierra para el desarrollo de la ciudad. Sin embargo, el aspecto más evidente de la situación de la ciénaga es que ha sido el vertedero de basuras de todo tipo a la ciudad, y en la actualidad se reconoce que su capacidad de asimilación y regeneración es mucho más baja que las demandas que sobre esta se tienen.

Conviene entonces preguntarse sobre qué idea de comprensión de los servicios y su evaluación deben tomarse decisiones de gestión y de delimitación. Esta inquietud se hace más clara en la perspectiva de análisis espacial, donde lo que logra representarse en el mapa claramente no es información completa ni consensuada sobre los servicios identificados o los beneficios o costos asumidos por los diferentes actores en virtud del aprovechamiento de recursos claves. Bajo esta lógica de análisis el planteamiento de un ejercicio de análisis multicriterio resulta fundamental para incorporar estas diferencias en las valoraciones de los atributos considerados. No obstante se recomienda una amplia participación de los diferentes actores sociales de cada caso de estudio como fundamento para tener mejores ideas de los valores transaccionales de los servicios y su relación con las unidades del paisaje definidas.

4.3. Conflicto Socio-Ambiental y Servicios Ecosistémicos

En las tres ventanas, y de acuerdo a lo expresado anteriormente, el conflicto socioambiental se puede interpretar como el resultado multidimensional de la combinación entre la degradación ambiental y diferentes tipos de escasez. Esta es una perspectiva integradora y complementaria, que pretende entender el conflicto socioambiental más allá de un conflicto generado por la escasez, en esta caso en la obtención de bienes derivados de los servicios identificados – o intento de dominio de cantidades específicas - de recursos naturales en un momento particular (Ramos 2015). Así la mirada del conflicto alcanza dimensiones espaciales y temporales importantes para la definición de prioridades de gestión basadas en unidades prestadoras del servicio como objeto central de dinámicas conflictivas.

Por lo tanto, después de analizar los trade-offs más importantes en cada ventana, podemos identificar cuatro tipos de escasez diferentes ocasionadas por el cambio y la degradación de los ecosistemas analizados – y que a su vez causan degradación ambiental -. Inicialmente, la escasez geopolítica es evidente en los tres casos por factores políticos históricos, entre los cuales vale la pena resaltar: los ecosistemas analizados se comportan principalmente como recursos públicos y de uso común, sin embargo estos ecosistemas son altamente productivos, lo que ha generado limitaciones al acceso de todos los usuarios por actores más poderosos. Esto es constante en las tres ventanas, ampliaciones de cercas, desecación, acaparamiento de zonas productivas e incluso límites a la movilidad son condiciones generales cuando unas actividades económicas de tipo privado se establecen por encima de actividades de beneficios públicos. Este tipo de situación, aunado a asimetrías económicas, determina claramente quienes son los beneficiados de modificaciones ambientales y los afectados por externalidades negativas. El principio de oportunidad establecido entonces por este tipo de escasez, promueve conflictos que normalmente no son resueltos por vía de comunicación ni violencia, sino por el establecimiento de sistemas sociales desiguales como lo cotidiano y normal. Es decir, esta es una situación de distribución del poder y la información, el cual a su vez repercute en la calidad de los ecosistemas.

La escasez socioeconómica, en las ventanas de estudio se reconoce más como una limitación de tipo institucional y de los sistemas de gobernanza tradicionales. En los tres lugares se identifica una redundancia institucional en aspectos de jurisdicción, pero no necesariamente buenas estrategias de gestión y manejo de los recursos. Las limitaciones de tipo económico, pero sobre todo técnico, y baja posibilidad de decidir autónomamente el manejo del territorio, de las instituciones encargadas de la planeación de los recursos hace imposible una gestión efectiva de los recursos naturales. Así mismo, el entramado de múltiples redes sociales, no redundan necesariamente en sistemas de gobernanza, ni en arreglos formales de gestión de los recursos que se transan. Incluir estas perspectiva en los ejercicio multicriterio es una prioridad fundamental que requiere el levantamiento de información específica vinculada con métricas de cada servicio o bien apropiado por los diferentes actores en el tiempo. A su vez, esta idea de la escasez socioeconómica como un factor determinante del análisis multicriterio requiere tener también claridad respecto a las fuentes de información socioeconómica en la región y en los diferentes niveles identificados, lo cual supone barreras importantes para este tipo de ejercicios y de análisis.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Fueron utilizadas tres imágenes Landsat 8 con una resolución de 30 metros por pixel. Estas imágenes fueron apropiadas para la clasificación de tipos ecosistémicos en áreas con características y escalas disímiles. Tanto en la Ciénaga de Zapatos como en Paz de Ariporo se lograron buenos resultados en términos de resolución. En áreas menores como la Ciénaga de La Virgen, la escala de las imágenes no fue la adecuada. Es recomendable para zonas con áreas similares efectuar la adquisición de otro tipo de sensores remotos multispectrales como Spot, Worldview o Rapideye.
- La resolución espectral de las imágenes permitió la identificación de la mayor parte de coberturas presentes en las zonas de estudio. El caso que requirió de mayor atención fue la confusión entre bosques secundarios y cultivos de palma africana en el área de la Ciénaga de Zapatos.
- La aplicabilidad de las enfoque de trabajo de cara al estudio de la idoneidad para la prestación de servicios ecosistémicos, se traduce en interesantes posibilidades para el monitoreo de su variación multitemporal y la proyección de cambios modelados a futuro. Estas deben considerarse.
- Los enfoques planteados desde el punto de vista de los estándares de clasificación de servicios ecosistémicos requieren ajustarse a las condiciones del trópico, sobre todo a la falta de información sensible sobre mediciones de aspectos propios de la oferta y la demanda de los servicios. El ejercicio aquí presentado supone un primer paso en este proceso, no obstante, deberían considerarse ejercicios de largo plazo y revisión sistemática de lo realizado para garantizar resultados más ajustados a las dimensiones y realidades de estos ecosistemas.
- La idoneidad como un insumo para la toma de decisiones también supone la identificación de áreas valiosas para la prestación de servicios en diferentes contextos. Se han necesarias miradas complementarias donde los flujos de servicios en diferentes niveles puedan entenderse y gestionarse adecuadamente. Deben incluirse, por ejemplo, criterios vinculados con trade-offs (contraprestaciones) respecto a la apropiación y uso tanto de los servicios como de las unidades de paisaje directamente vinculadas con estos.
- En los ejercicios de análisis y evaluación de servicios ecosistémicos, incluyendo propuestas como estas basadas en modelos espaciales multicriterio, se hace fundamental incluir métricas respecto a los servicios considerados. Aunque esto podría derivar en la disminución de servicios reconocidos, sería una base importante de trabajo para aproximarse a estimaciones de oferta y demanda que podrían ser integradas como criterios a la evaluación de la idoneidad de las unidades prestadoras. Este ejercicio también permitiría que el trabajo tuviera mayor dinamismo temporal, convirtiéndose incluso en una base importante para el monitoreo en la región.
- La inclusión de este modelo de evaluación de servicios ecosistémicos en los esquemas conceptuales diseñados para la toma de decisiones sobre ecosistemas estratégicos en Colombia, deben discutirse de cara a los demás componentes, tales como gobernanza e instituciones y resiliencia y adaptación. Se sugieren ejercicios continuados de discusión entre los diferentes actores identificados en los casos de estudio, respecto a la forma de

identificar los atributos a ser evaluados dentro de cada una de estas categorías de importancia para la definición de esquemas de gestión.

- Los mapas producen realidades temporales cuestionables, que deben ser entendidas con cuidado al momento de plantear salidas de toma de decisiones. No existe una sola versión de la realidad que sea permanente en el tiempo, y la toma de decisiones debe considerar esta variabilidad.
- Es posible desarrollar diferentes ejercicios de síntesis basados en el modelo multicriterio, las cuales pueden tener algún valor para procesos variados de toma de decisiones. La gestión de estos ecosistemas puede tomar en consideración diferentes criterios y diferentes niveles en la clasificación de servicios ecosistémicos.
- Vincular el ejercicio de clasificación y de síntesis a través del modelo multicriterio con sistemas de clasificación estándares de humedales para Colombia es una tarea fundamental que debe realizarse tan pronto exista este insumo.
- Es importante vincular información espacialmente explícita sobre diferentes instrumentos de gestión territorial que puedan ser utilizadas como factores para el análisis multicriterio enfocado en la toma de decisiones. Integrar estas capas en el análisis podría servir con claridad el propósito de diferenciar más las unidades de paisaje mejor representadas en el ejercicio de evaluación.

6. LITERATURA CITADA

Andrade, G.I. y Franco, L. (2010). Fúquene como sistema socioecológico. Informe técnico Instituto Alexander von Humboldt.

Catrinu-Renström, M. D., Barton, D. N., Bakken, T. H., Marttunen, M., Mochet, A. M., May, R., & Hanssen, F. (2013). Multi-criteria analysis applied to environmental impacts of hydropower and water resources regulation projects. SINTEF Energy Research Report TR A7339-Unrestricted. Report to Norwegian Environment Agency.

De Groot, R. S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., & Willemsen, L. (2010). Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity*, 7(3), 260-272.

Haines-Young, R., & Potschin, M. (2010). The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. *Ecosystem Ecology: a new synthesis*, 110-139.

Jacobs, S., Burkhard, B., Van Daele, T., Staes, J., & Schneiders, A. (2015). 'The Matrix Reloaded': A review of expert knowledge use for mapping ecosystem services. *Ecological Modelling*, 295, 21-30.

Malczewski, J. (2006). Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria evaluation for land-use suitability analysis. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8(4), 270-277.

Maes, J., Teller, A., Erhard, M., Liqueste, C., Braat, L., Berry, P., ... & Bidoglio, G. (2013). Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services-An analytical framework for ecosystem assessments under action 5 of the EU biodiversity strategy to 2020.

Maltby, E. (1991). Wetland management goals: wise use and conservation. *Landscape and Urban Planning*, 20, 9–18.

Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). *Ecosystems and Human Wellbeing: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.

Ministerio del Medio Ambiente. (2002). *Política Nacional de Humedales Interiores de Colombia*. Panamericana Formas e Impresos. Bogotá. 67p.

Naranjo, L. G. (1998). Humedales. En: Cháves, M. E., & Arango, N. (Editores). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad-Colombia. Tomo I. Causas de pérdida de biodiversidad. Instituto Humboldt, PNUMA, Ministerio de Medio Ambiente.

Ramos, P.A. 2015. Socio-environmental conflict and institutional change in water and biodiversity management: linking social and ecological systems in Afro-colombian common property lands. PhD thesis. Erfurt University.

Vilardy, S., y González, J.A. (Eds.). (2011). *Repensando la Ciénaga: Nuevas miradas y estrategias para la sostenibilidad en la Ciénaga Grande de Santa Marta*. Universidad del Magdalena y Universidad Autónoma de Madrid. Santa Marta, Colombia. 228p.

Vilardy, S., Jaramillo, Ú., Flórez, C., Cortés-Duque, J., Estupiñán, L., Rodríguez, J., Acevedo, O., Samacá, W., Santos, A. C., Peláez, S., & Aponte, C. (2014). Principios y criterios para la delimitación de humedales continentales: una herramienta para fortalecer la resiliencia y la adaptación al cambio climático en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, 100p.

7. ANEXOS