

**IMPLEMENTACIÓN DEL MAPA DE RUTA PARA LA ADAPTACIÓN DEL SECTOR ENERGÉTICO  
AL CAMBIO CLIMÁTICO (INCLUYENDO EL USO DE LA HERRAMIENTA DE SERVICIOS  
ECOSISTÉMICOS) E IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE VULNERABILIDAD DEL SECTOR  
MINERO Y DE LÍNEAS GRUESAS DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN**

**Informe del piloto de implementación de la herramienta informática “Servicios ecosistémicos  
para el sector minero energético” para la adaptación al cambio climático en dos proyectos de  
hidrogeneración**



Elaborado para:



Elaborado por:



Bogotá  
Noviembre de 2015



**IMPLEMENTACIÓN DEL MAPA DE RUTA PARA LA ADAPTACIÓN DEL SECTOR ENERGÉTICO  
AL CAMBIO CLIMÁTICO (INCLUYENDO EL USO DE LA HERRAMIENTA DE SERVICIOS  
ECOSISTÉMICOS) E IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE VULNERABILIDAD DEL SECTOR  
MINERO Y DE LÍNEAS GRUESAS DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN**

**Informe del piloto de implementación de la herramienta informática “Servicios ecosistémicos  
para el sector minero energético” para la adaptación al cambio climático en dos proyectos de  
hidrogeneración**

Hoja de Control

<b>Versión:</b>  02	<b>Elaboró:</b>	<b>Revisó:</b>	<b>Aprobó:</b>	<b>Fecha aprobación:</b> 26 de Noviembre 2015
	Ambiental Consultores y Cía. Ltda.  	Unidad de Planeación Minero Energética - UPME	Rodrigo Jiliberto	
	Vo. Bo.:	Vo. Bo.:	Vo. Bo.:	

En la preparación de este Informe del piloto de implementación de la herramienta informática “Servicios ecosistémicos para el sector minero energético” para la adaptación al cambio climático en dos proyectos de hidrogeneración, Ambiental Consultores & Cía. Ltda. - Miembro Grupo INERCO y la UPME, utilizaron la información provista por consultores especializados, autoridades nacionales y regionales; así como de otras fuentes no gubernamentales.

Este documento, ha sido preparado por Ambiental Consultores & Cía. Ltda. - Miembro Grupo INERCO con un conocimiento razonable, el cuidado y la diligencia establecidos en los términos del contrato con la UPME.

Anotaciones:

---



---



---



**Equipo Técnico:**

Rodrigo Jiliberto – Economista, Msc. Desarrollo Económico- Director del Proyecto  
Helga Lahmann – Economista, Msc. Gestión Ambiental - Coordinadora del Proyecto  
Cesar Ruíz – Asesor en Servicios Ecosistémicos  
María del Pilar Restrepo - Economista – Asesor en Servicios Ecosistémicos  
Gabriel Medina – Especialista Ambiental  
Catalina Correa – Ingeniera Ambiental - Ingeniera de apoyo



## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
1. OBJETIVOS.....	3
1.1 General del proyecto.....	3
1.2 Específico .....	3
2. ALCANCE .....	4
3. ANTECEDENTES .....	5
4. EVALUACIÓN DE LA HERRAMIENTA .....	8
4.1 Naturaleza, tipo y alcances (espaciales y de análisis) de la información contenida en la herramienta.....	8
5. IMPLEMENTACIÓN HERRAMIENTA.....	15
5.1 Identificación de las áreas de estudio .....	15
5.2 Recolección de información.....	15
5.3 Implementación de la herramienta .....	21
5.3.1 Distribución de Servicios Ecosistémicos CORNARE.....	21
5.3.2 Distribución de la oferta de Servicios Ecosistémicos CORPOCHIVOR .....	25
6. INFORMACIÓN CONTENIDA EN LA HERRAMIENTA, EN TÉRMINOS DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN COLOMBIA Y SU POSTERIOR VALORACIÓN.....	28
7. INTEGRACIÓN DE LA HERRAMIENTA EN LA TOMA DE DECISIONES .....	32
7.1 Autoridades ambientales regionales (CARs) .....	32
7.1.1 Ajuste de su Estructura Ecológica Principal (EEP), complementada con las áreas que presentan mayor oferta de estos Servicios Ecosistémicos .....	32

7.1.2	Apoyo en la definición de prioridades de conservación regional, complementada con las áreas que presentan mayor oferta de Servicios Ecosistémicos.....	38
7.1.3	Definición de áreas estratégicas, para profundizar el conocimiento de la oferta regional (a escalas de mayor detalle) de servicios ecosistémicos. ....	40
7.1.4	Soporte a la asignación de incentivos económicos, con base en la oferta regional de Servicios Ecosistémicos, para el desarrollo rural .....	42
7.2	Actores corporativos: generadores de hidroelectricidad .....	47
7.2.1	Ajuste prioridades de conservación y gestión .....	48
7.2.2	Cuencas aferentes EPM.....	50
7.3	Cuencas aferentes de AES Chivor .....	52
8.	APROXIMACIÓN A LA VALORACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....	54
8.1	Valoración económica de la fijación de carbono .....	54
8.1.1	Desarrollo de la estimación de la valoración de carbono, por transferencia de beneficios. ....	55
8.1.2	Resultados de la valoración económica para la fijación de carbono .....	57
8.2	Valoración por transferencia de beneficios.....	59
8.2.1	Valoración económica: transferencia de beneficios económicos por generación hidroeléctrica .....	61
8.2.2	Resultados valoración económica: transferencia de beneficios económicos para retención de sedimentos .....	67
9.	CONCLUSIONES.....	70
	BIBLIOGRAFÍA.....	73
	ANEXOS .....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 7-1 Áreas con ofertas de servicios ecosistémicos CORNARE .....	36
Tabla 7-2 Áreas con ofertas de servicios ecosistémicos CORPOCHIVOR .....	36
Tabla 7-3 Oferta de Servicios Ecosistémicos en los predios de BANCO <sub>2</sub> .....	44
Tabla 7-4 Oferta de servicios ecosistémicos en DRMI proyectados.....	46
Tabla 7-5 Áreas con ofertas de servicios ecosistémicos en las cuencas aferentes EPM.....	50
Tabla 7-6 Áreas con ofertas de servicios ecosistémicos en las cuencas aferentes AES Chivor ..	52
Tabla 8-1 Promedio precios del carbono .....	57
Tabla 8-2 Transferencias de valores para Corpochivor .....	58
Tabla 8-3 Tabla de transferencias de valores.....	58
Tabla 8-4 Variables utilizadas en modelo de Young, para la presente transferencia de beneficios.....	62
Tabla 8-5 Escenarios por disminución de utilización energía de Guatapé –Peñol y Playas.....	64
Tabla 8-6 Variables utilizadas en modelo de Young, para la presente transferencia de beneficios.....	65
Tabla 8-7 Escenarios por disminución de utilización de energía de AES Chivor .....	66
Tabla 8-8 Valoración económica de retención de sedimentos de la jurisdicción de CORNARE (COP\$).....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 4-1 Almacenamiento de carbono .....	9
Figura 4-2 Capacidad almacenamiento carbono .....	10
Figura 4-3 Retención de Sedimentos.....	10
Figura 4-4 Capacidad retención de sedimentos.....	11
Figura 4-5 Retención de nutrientes.....	11
Figura 4-6 Capacidad retención de nutrientes.....	12
Figura 4-7 Cruce capa cobertura vegetal actualizada y resultados de la herramienta para captura de carbono .....	12
Figura 4-8 Cruce capa cobertura vegetal actualizada y resultados de la herramienta para retención de nutrientes.....	13
Figura 5-1 Localización general.....	17
Figura 5-2 Localización embalse La Esmeralda.....	18
Figura 5-3 Localización general CORNARE.....	19
Figura 5-4 Localización embalses CORNARE .....	20
Figura 5-5 Fijación de carbono Cornare .....	22
Figura 5-6 Retención de nutrientes.....	23
Figura 5-7 Retención de sedimentos .....	24
Figura 5-8 Fijación de carbono Corpochivor .....	25
Figura 5-9 Retención de nutrientes.....	26
Figura 5-10 Retención de sedimentos .....	27
Figura 7-1 Áreas con oferta de servicios ecosistémicos CORNARE.....	35
Figura 7-2 Áreas con ofertas de servicios ecosistémicos CORPOCHIVOR.....	37
Figura 7-3 Áreas con ofertas de servicios ecosistémicos, para la jurisdicción CORNARE – Programa BANCO <sub>2</sub> .....	45
Figura 7-4 Relación de los DRMI y la oferta se servicios ecosistémicos .....	47
Figura 7-5 Servicios Ecosistémicos en las cuencas aferentes de EPM.....	51
Figura 7-6 Servicios Ecosistémicos en las cuencas aferentes de AES Chivor.....	53
Figura 8-1 Fijación de carbono CORPOCHIVOR (a) .....	56
Figura 8-2. Fijación de carbono CORNARE (b) .....	56
Figura 8-3 Capacidad retención de sedimentos de cada una de las áreas de estudio .....	68

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 7-1 Estructuración de la EEP incorporando los SE.....	34
Gráfico 7-2 Definición de prioridades de conservación regional teniendo en cuenta SE.....	39
Gráfico 7-3 Priorización áreas de estudio para profundización de conocimiento .....	41
Gráfico 7-4 Integración de SE con el aplicativo BANCO <sub>2</sub> .....	43
Gráfico 7-5 Ajuste a prioridades de conservación involucrando SE.....	49

## **IMPLEMENTACIÓN DEL MAPA DE RUTA PARA LA ADAPTACIÓN DEL SECTOR ENERGÉTICO AL CAMBIO CLIMÁTICO (INCLUYENDO EL USO DE LA HERRAMIENTA DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS) E IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE VULNERABILIDAD DEL SECTOR MINERO Y DE LÍNEAS GRUESAS DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN**

### **Informe del piloto de implementación de la herramienta informática “Servicios ecosistémicos para el sector minero energético” para la adaptación al cambio climático en dos proyectos de hidrogenación**

#### **INTRODUCCIÓN**

El Informe del piloto de implementación de la herramienta informática “Servicios ecosistémicos para el sector minero energético” para la adaptación al cambio climático en dos proyectos de hidrogenación, constituye el quinto entregable del contrato No. C-314484-2015 celebrado entre Ambiental Consultores y Cía. Ltda. (ACON) y la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). El documento presenta un análisis basado en la herramienta de Servicios Ecosistémicos desarrollada por la UPME en Convenio con TNC (2014) aplicada a dos proyectos de hidrogenación, se detalla la metodología empleada y se hace una propuesta con respecto a la utilidad de la información arrojada por la herramienta.

En la primera sección se presenta una revisión de la herramienta mencionada (UPME – TNC 2014) con un polígono aleatorio, de tal forma que se pueda realizar una exploración de las funcionalidades de la herramienta “*Análisis de servicios ecosistémicos del sector minero energético*”.

La segunda sección presenta la información, con la que se cuenta para el desarrollo del análisis sobre los polígonos que se determinen en conjunto con las empresas y las corporaciones. Para este piloto se trabajó con las empresas E.P.M y AES Chivor, y con las corporaciones Cornare y Corpochivor. Posteriormente, se corre la herramienta sobre los dos polígonos de estudio, estableciendo la oferta de servicios ecosistémicos en cada una de estas áreas.

La tercera sección hace una reflexión sobre la información contenida y resultante de la aplicación de la herramienta. Este capítulo analiza los resultados gráficos y numéricos obtenidos de la herramienta, una vez se ejecuta para un área de estudio específica, identificando algunas limitaciones relacionadas con la información base con la que se desarrolla el análisis para cada uno de los servicios ecosistémicos.

La cuarta sección presenta una serie de alternativas en las cuales la herramienta “Análisis de servicios ecosistémicos del sector minero energético” puede proporcionar información adicional útil en la toma de decisiones. Las corporaciones pueden hacer uso de la información adicional

de oferta de servicios ecosistémicos dentro de sus jurisdicciones para la toma de decisiones relacionada con la configuración de las estructuras ecológicas principales, áreas de conservación, formulación y/o ajuste de los POMCA, entre otras.

Por otra parte, las empresas generadoras pueden hacer uso de la información para priorizar sus esfuerzos de responsabilidad ambiental y social en áreas con alta prestación de servicios pero dentro de sus cuencas aferentes, así como para la toma de decisiones en adquisición de predios, recuperación de ecosistemas u otros mecanismos de conservación como pago por servicios ambientales.

Finalmente, el documento presenta una primera aproximación a la valoración de los servicios ecosistémicos presentes en las jurisdicciones de las corporaciones analizadas en el piloto. La valoración se realiza teniendo en cuenta información secundaria que permita realizar aproximaciones acertadas para este estudio. De igual forma, el documento presenta una guía que explica los pasos e información a tener en cuenta al realizar las valoraciones económicas con información primaria.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 General del proyecto**

Promover la implementación por parte de los actores estratégicos, de acciones identificadas en el mapa de ruta de adaptación del sector energético al cambio climático (incluyendo el uso de la herramienta de servicios ecosistémicos) e identificar factores de vulnerabilidad del sector minero y de líneas gruesas de medidas de adaptación.

### **1.2 Específico**

Desarrollar un piloto de implementación de la herramienta de identificación y valoración de servicios ecosistémicos para la adaptación al cambio climático en dos proyectos de hidrogenación.

Por lo tanto, se trata de realizar un ejercicio de análisis e identificación de oportunidades para la implementación de la herramienta mencionada, en procesos decisionales de las empresas hidroeléctricas y de las corporaciones, sin embargo la información proporcionada por la herramienta puede ser de utilidad para otros actores como el MADS, la ANLA, entes territoriales y/o ONGs. Este ejercicio de análisis se realizará tomando como base los resultados obtenidos para la presencia de tres servicios ecosistémicos en las cuencas estudiadas y realizando una estimación monetaria que permita una aproximación hacia una valoración económica de los servicios.

## **2. ALCANCE**

El documento presenta los resultados de la implementación de la herramienta de servicios ecosistémicos desarrollada por la UPME en convenio con TNC en 2014, en dos áreas dentro de las cuales se encuentran dos proyectos de hidrogenación, determinadas en conjunto con las empresas generadoras y las corporaciones autónomas regionales. Se lleva a cabo un análisis con los resultados obtenidos una vez evaluadas las áreas de trabajo, a través de la herramienta, y se realiza una comparación de estos datos con información actualizada y detallada obtenida a partir de las corporaciones y la literatura disponible.

De igual forma, se presenta un marco de trabajo que permite la implementación de la herramienta dentro de los procesos de toma de decisión, tanto en las empresas generadoras como en las corporaciones, asegurando de esta forma que los servicios ecosistémicos hagan parte de dicho proceso. El documento también presenta una primera aproximación a la valoración de los servicios ecosistémicos en estas áreas (con base en la metodología indirecta de transferencia de beneficios), lo que evidencia que para llegar a una valoración y caracterización precisa se debe seguir una serie de recomendaciones para la consecución de la información primaria, fundamental para la contextualización de la valoración.

Finalmente, el documento evidencia las ventajas y barreras identificadas durante la implementación del piloto, según esta información se presentan recomendaciones para facilitar la inclusión de la herramienta en los procesos decisionales de empresas y corporaciones.

### 3. ANTECEDENTES

El enfoque de Servicios Ecosistémicos (SE) se dio a conocer -a partir de 1980, aunque en publicaciones anteriores (King, 1969) se pueden encontrar referencias para valorar los beneficios de los ecosistemas naturales. En los últimos años este enfoque se ha convertido en un vínculo conceptual y empírico entre la salud ecológica y el bienestar humano, además de aplicarse como un vehículo para comunicar la importancia de la conservación de la naturaleza a los responsables políticos y al público en general (Collins et al. 2011).

El concepto que en su forma más simple se puede definir como **“los beneficios que las sociedades humanas reciben de los ecosistemas”** (MEA, 2005), también ha adquirido importancia en los espacios políticos y académicos de Colombia. En la actualidad, se considera que sus aplicaciones son significativas para la construcción de mejores decisiones en temas de ordenamiento territorial, gestión del desarrollo y gestión de la biodiversidad, como se plantea en la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos – PNGIBSE (MADS, 2012b), en la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico – PNGIRH (MADS, 2010), en el Manual para la Asignación de Compensaciones por Pérdida de Biodiversidad (MADS, 2012a) y más recientemente, en la Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (MADS, 2013).

La Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE) del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS, 2012b) define los SE como “(...) los beneficios directos e indirectos que la humanidad recibe de la biodiversidad y que son el resultado de la interacción entre los diferentes componentes, estructuras y funciones que constituyen la biodiversidad”. Estos servicios están directamente e indirectamente relacionados con muchas de las actividades humanas de producción, extracción, asentamiento y consumo de la sociedad. Es por esto que la política propone un marco de acción que permita un balance en el mantenimiento de los servicios ecosistémicos claves para el bienestar humano a largo plazo.

Bienestar humano y desarrollo socioeconómico son conceptos asociados al de Servicios Ecosistémicos, convirtiéndose en un enfoque altamente relevante para un país complejo (ambiental y socioculturalmente), con serios problemas en la implementación del Ordenamiento Territorial, con falencias técnicas y humanas en la institucionalidad ambiental, con escasos niveles de información en temas ecológicos, con crecientes niveles de inequidad socioeconómica y con notorios problemas de gobernabilidad, corrupción, entre otros.

El uso indiscriminado de recursos resulta en la pérdida de capital natural y una vez alcanzados los puntos de inflexión de los ecosistemas la restauración de los mismos requiere esfuerzos significativos en términos de tiempo y dinero. Igualmente, teniendo en cuenta que muchas de

las presiones sobre los ecosistemas trascienden el ámbito local, el diseño de políticas y planes de conservación debe considerar estas consecuencias, pues los análisis económicos demuestran que es menos costoso el mantenimiento de los ecosistemas que su recuperación (Pacha, 2014), motivo por el cual los esfuerzos se han centrado en determinar un valor para los servicios prestados por un área y de esta forma proponer las medidas de conservación y mantenimiento.

La valoración de servicios ecosistémicos puede ayudar en la toma de decisiones informadas sobre diferentes aspectos como son el ordenamiento territorial, evaluaciones ambientales estratégicas, compensaciones por carbono y pago por servicios ambientales. Actualmente, la identificación de servicios ecosistémicos es aplicada al diseño de políticas y gestión del territorio pues este conocimiento puede generar ahorros en costos futuros, así como impulsar economías locales centradas en los servicios disponibles, mejorar la calidad de vida y garantizar medios de subsistencia (Pacha, 2014).

El programa sobre la Economía de los Ecosistemas y de la Biodiversidad (TEEB por sus siglas en inglés) propone que la inclusión de servicios ecosistémicos en la toma de decisiones para planeación territorial y generación de política, se lleve a cabo siguiendo seis pasos: la identificación de servicios ecosistémicos locales y más relevantes para cada caso, identificación de problemas con los actores interesados, definición de las necesidades de información, evaluación de los servicios ecosistémicos, identificación y evaluación de las opciones de medidas a implementar y evaluación de la distribución de impactos (TEEB, 2015).

En el 2014, TNC diseñó para la UPME la herramienta "Servicios ecosistémicos para el sector minero energético" que, como su nombre lo indica, tiene como fin la identificación, análisis y seguimiento de algunos servicios ecosistémicos claves para el sector minero energético. La herramienta se fundamenta en un estudio realizado por TNC para identificar los principales servicios ecosistémicos para el territorio colombiano (almacenamiento de carbono, retención de sedimentos y retención de nutrientes). Esta investigación se basa en los resultados obtenidos por medio de la herramienta desarrollada por el Natural Capital Project (InVEST) que toma como base diferentes mapas de información que representen la disponibilidad de los servicios ecosistémicos, la ubicación y demanda existente para los mismos (Natural Capital Project, 2010).

La herramienta está diseñada para ser un insumo y proporcionar información a las empresas para la toma de decisiones relacionadas con el diseño de estrategias de gestión ambiental que son centrales en la continuidad del negocio. Además de ser una herramienta de apoyo a las

---

\* La herramienta puede ser consultada en el siguiente enlace: [http://sig.simec.gov.co/UPME\\_DE\\_Oferta\\_Ambiental/](http://sig.simec.gov.co/UPME_DE_Oferta_Ambiental/)

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación

Corporaciones Autónomas Regionales, en sus diferentes procesos y actividades relacionadas con la conservación y gestión de las cuencas hídricas y sus recursos naturales asociados.

## 4. EVALUACIÓN DE LA HERRAMIENTA

### 4.1 Naturaleza, tipo y alcances (espaciales y de análisis) de la información contenida en la herramienta

La herramienta “Análisis de servicios ecosistémicos del sector minero energético” presenta dos (2) tipos de información espacialmente explícita, a escala nacional. En primer lugar, considera información político administrativa (Departamentos y municipios), subzonas hidrográficas, parques nacionales, RUNAP (Registro Único Nacional de Áreas Protegidas) y resguardos indígenas, que al ser contrastada con otras bases de datos (por ejemplo: TremarcosColombia 3.0), representa información oficial y avalada por la institucionalidad ambiental (IGAC, IDEAM, UAESPNN, INCODER) y conforma la base oficial para concentrar diferentes análisis.

En segundo lugar, este instrumento considera capas de información espacial de la “oferta potencial” de los siguientes servicios ecosistémicos:

**Almacenamiento de Carbono:** presentado en la herramienta a escala 1:500000, con información y cobertura nacional, fue modelado con la Herramienta INVEST v3.0.1 ([Anexo 1](#)).

**Retención de sedimentos:** presentado en la herramienta a escala 1:500000, con información y cobertura nacional, fue modelado mediante la Herramienta INVEST v3.0.1 ([Anexo 2](#)).

**Retención de nutrientes:** presentado en la herramienta a escala 1:500000, con información y cobertura nacional, fue modelado haciendo uso de la Herramienta INVEST v3.0.1 ([Anexo 3](#)).

El módulo de análisis de la Herramienta permite interpolaciones espaciales en línea, reportando las ofertas potenciales de dichos servicios de acuerdo a un “shape file” o área provista por el usuario. Esta cualidad focaliza el análisis, pero no mejora o cambia la escala del análisis de resultados, que siempre es de una base nacional o escala 1:500000.

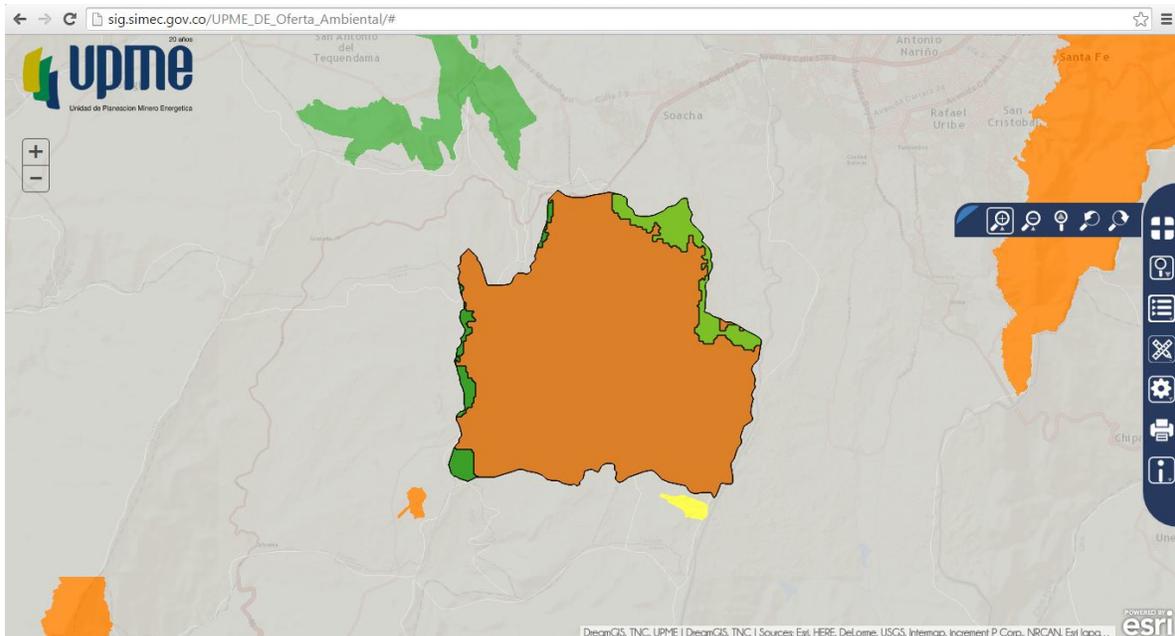
Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, se realiza un ejercicio de verificación y aplicación de la herramienta con el fin de identificar el tipo de información que entrega como resultado del análisis de un polígono.

Tras ejecutar la herramienta de servicios Ecosistémicos para el sector minero energético, para un área cualquiera, ésta entrega la información en forma de imágenes de mapas, en tablas y adicionalmente permite la descarga de la información en una geodatabase con los respectivos cortes de ofertas potenciales de cada uno de los servicios: Almacenamiento de Carbono, Retención de Sedimentos y Retención de Nutrientes para el área seleccionada. Las figuras que se presentan a continuación son el resultado visualizado directamente en la herramienta en línea.

Para la realización de este ejercicio, se estableció un polígono de la cuenca del río Muña. La primera verificación que se realiza es sobre el área del polígono del área de estudio. De dicha revisión se encuentra que el polígono original tiene un área de 13.421 ha; sin embargo, una vez es cargado por la aplicación su área aumenta a 13.593 ha, esto se debe a un proceso interno de la herramienta que ajusta la información espacial, suavizando las curvas y ángulos del polígono original. Esto quiere decir que la información presentada en las tablas de resultado es una aproximación de la oferta potencial de servicios ecosistémicos existentes en las áreas evaluadas.

Analizando los resultados, el primer servicio que muestra la herramienta es la capacidad de almacenamiento de Carbono en el área de estudio. Como se puede observar en **Figura 4-1** y **Figura 4-2**, los resultados entregados son tanto gráficos, por medio de los mapas, como en la tabla. Los rangos representan la capacidad de los ecosistemas en la zona para retener el carbono, expresado en toneladas de carbono retenido por hectárea.

**Figura 4-1** Almacenamiento de carbono



**Fuente:** Herramienta para identificación de Servicios ecosistémicos para el sector minero energético, 2015.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación

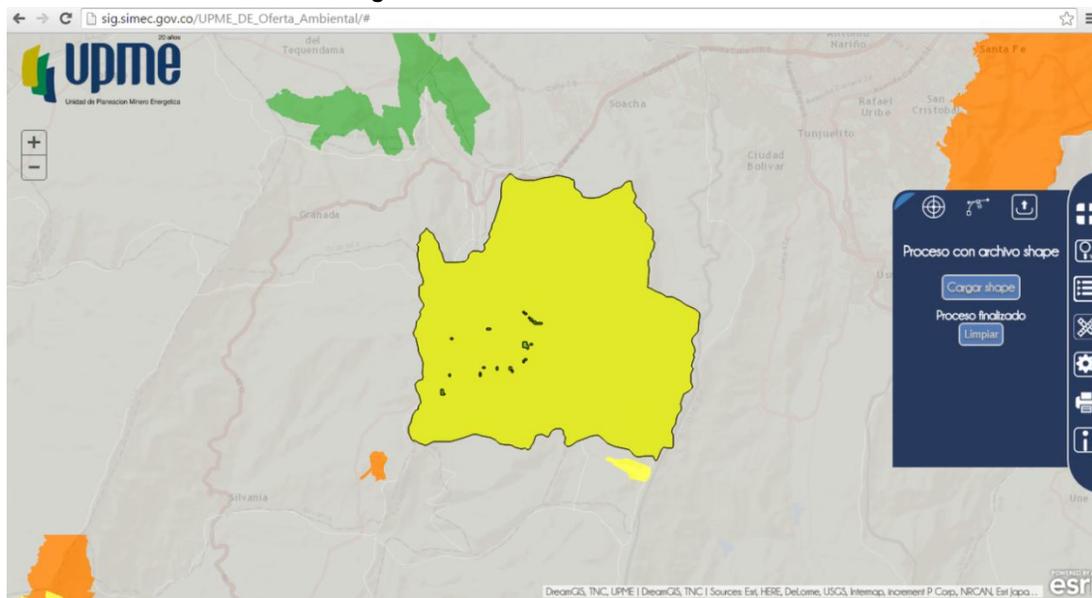
**Figura 4-2** Capacidad almacenamiento carbono



**Fuente:** Herramienta para identificación de Servicios ecosistémicos para el sector minero energético, 2015.

De igual forma, las **Figura 4-3**, **Figura 4-4**, **Figura 4-5** y **Figura 4-6** ilustran los resultados obtenidos para los dos servicios ecosistémicos restantes: retención de sedimentos y retención de nutrientes.

**Figura 4-3** Retención de Sedimentos



**Fuente:** Herramienta para identificación de Servicios ecosistémicos para el sector minero energético, 2015.

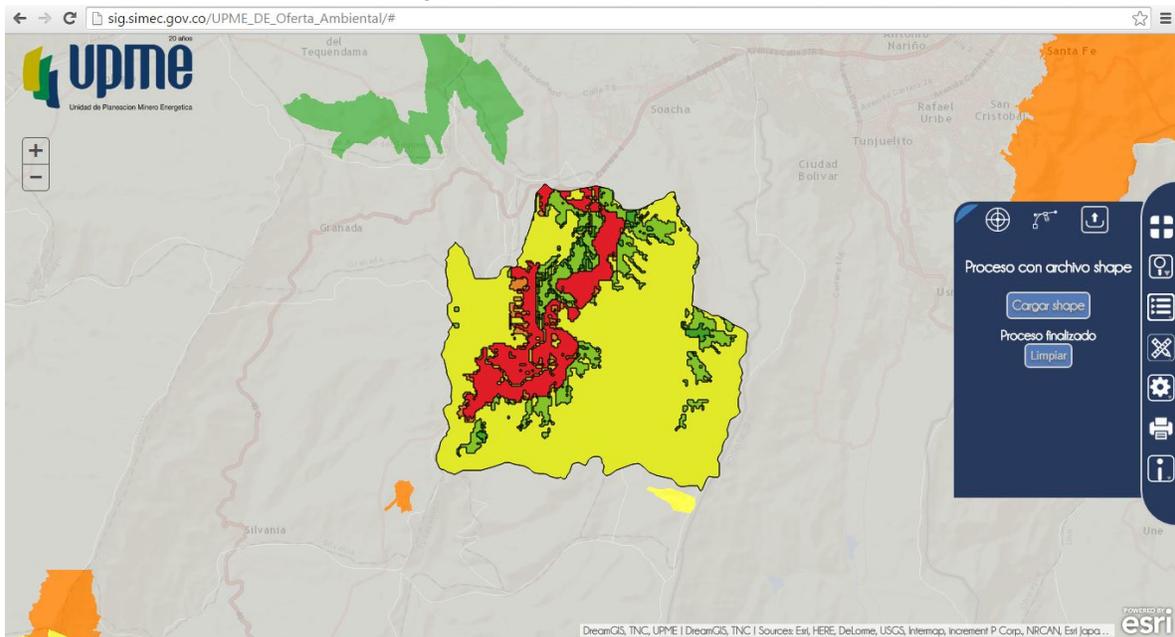
Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación

**Figura 4-4** Capacidad retención de sedimentos



**Fuente:** Herramienta para identificación de Servicios ecosistémicos para el sector minero energético, 2015.

**Figura 4-5** Retención de nutrientes



**Fuente:** Herramienta para identificación de Servicios ecosistémicos para el sector minero energético, 2015.

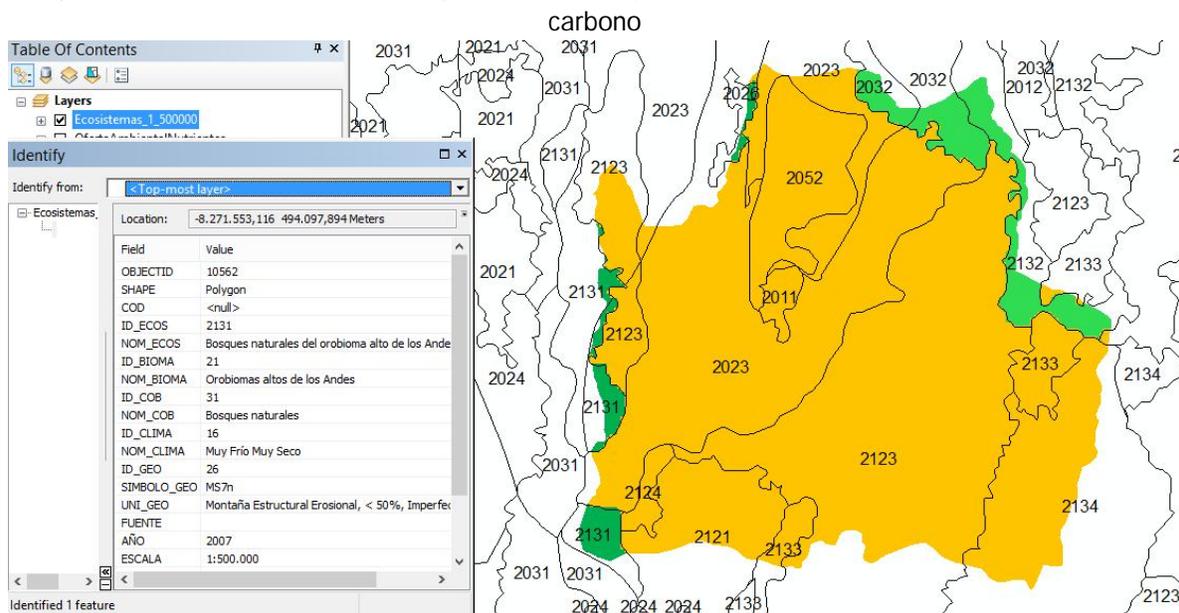
**Figura 4-6** Capacidad retención de nutrientes



**Fuente:** Herramienta para identificación de Servicios ecosistémicos para el sector minero energético, 2015.

Una vez descargada la Geodatabase generada por la herramienta y que contiene los cortes de las capas para cada uno de los tres servicios ecosistémicos analizados, se compara dicha información con información actualizada y a una escala de mayor detalle, que para el caso del piloto, fue solicitada a las corporaciones. En este caso, se utilizó información con la que ya cuenta la consultoría para el polígono aleatorio. Las capas de información más detalladas se sobreponen, con el resultado que arroja la herramienta.

**Figura 4-7** Cruce capa cobertura vegetal actualizada y resultados de la herramienta para captura de

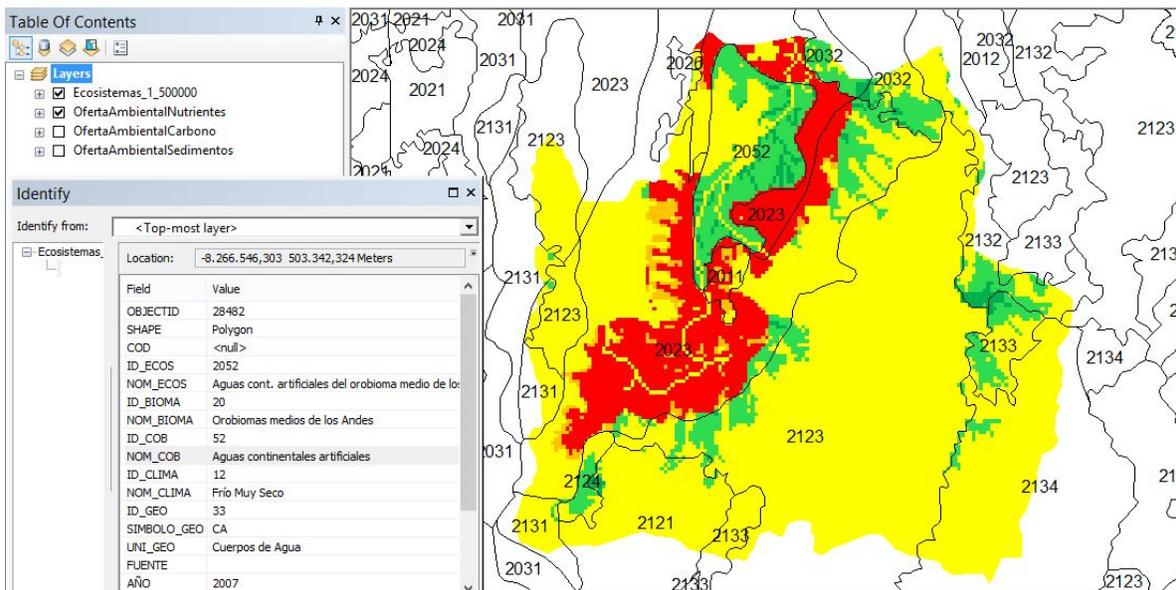


**Fuente:** ACON, miembro del grupo INERCO, 2015.

La **Figura 4-7** presenta el cruce de los resultados obtenidos para captura de carbono y los ecosistemas de 2007 existentes en el área evaluada. Se observa que para este caso, las capas correspondientes a bosques naturales (representadas en la gráfica con el código 2131), vegetación secundaria (2032, 2132) presentan un alto almacenamiento de carbono. Al comparar la información de las capas, se identifican diferencias en la distribución de las coberturas, modificando así la oferta potencial de servicios ecosistémicos dentro del área de estudio. Dado que la herramienta presenta los resultados basándose en las capas precargadas, la información observada sirve de guía para los procesos de toma de decisiones informadas tanto en las empresas como en las corporaciones. Esto, debido a que no es posible hacer la relación directa entre la información precisa y la de la herramienta; sin embargo, más adelante en el documento se presenta en detalle cómo integrar los resultados de la herramienta “Análisis de servicios ecosistémicos del sector minero energético” en procesos decisionales.

Caso similar ocurre con la información entregada por la herramienta para el servicio de retención de nutrientes, como lo muestra la **Figura 4-8**, tras realizar el cruce de las capas; esto quiere decir, la capa de la herramienta con la información más detallada del año 2015.

**Figura 4-8** Cruce capa cobertura vegetal actualizada y resultados de la herramienta para retención de nutrientes



Fuente: ACON, miembro del grupo INERCO, 2015.

Al realizar el análisis de la capa de retención de nutrientes resultado de la herramienta “Análisis de servicios ecosistémicos del sector minero energético” en ArcGIS y verificar las áreas de cada una de las categorías de oferta, se identificó un error en el aplicativo. Cuando la herramienta realiza el corte del área de estudio o interés para las áreas de retención de nutrientes, el servidor no recalcula el área en la capa definitiva, por lo que al publicar los resultados se

suman las áreas presentadas en cada uno de los rangos y se obtiene un área total mayor al total inicial del polígono y no permite identificar un valor real para los rangos de presencia del servicio. No obstante, las áreas pueden ser verificadas realizando el proceso de forma manual en el software ArcGIS para determinar cuál es la presencia real del servicio para cada rango.

En conclusión, la herramienta *“Análisis de servicios ecosistémicos del sector minero energético”* presenta la información sobre la distribución de oferta de servicios ecosistémicos dentro del área de estudio evaluada. Pero, debido a que la información contenida en la herramienta se encuentra a escala nacional, los resultados entregados por la herramienta se encuentran igualmente a escala nacional, lo que genera diferencias entre la información actualizada y a escalas menores. De igual forma, es importante recordar que debido a que la herramienta funciona con las capas precargadas de los tres servicios ecosistémicos, fijación de carbono, retención de nutrientes y retención de sedimentos no es posible realizar los análisis con información actualizada que permita una evaluación más certera de los ecosistemas y sus servicios.

## **5. IMPLEMENTACIÓN HERRAMIENTA**

Como se mencionó anteriormente, el presente estudio busca implementar la herramienta “Análisis de servicios ecosistémicos del sector minero energético” en dos proyectos hidroenergéticos. A continuación se presenta la determinación de las áreas para el desarrollo del piloto y la implementación de la herramienta en ellas.

### **5.1 Identificación de las áreas de estudio**

Para la identificación de las empresas que participarán en el piloto de implementación de la herramienta, se tuvieron en cuenta factores como los proyectos realizados en una misma cuenca, la información cartográfica disponible en cada cuenca y el área de influencia de los proyectos. Para la implementación del piloto, las empresas hidrogeneradoras seleccionadas fueron Chivor AES y EPM en el oriente antioqueño, por lo que las corporaciones que deben ser incluidas en el estudio son Corpochivor y Cornare respectivamente.

### **5.2 Recolección de información**

Tras determinar las empresas y corporaciones con las cuales se llevaría a cabo la implementación de los pilotos de la herramienta, se desarrolló una reunión con cada una de ellas para explicar el objetivo del piloto e identificar los proyectos hidroenergéticos en las cuencas, las áreas de conservación que se estén considerando según las diferentes metodologías de compensación que hayan o vayan a ser implementadas y los proyectos nuevos.

La primera reunión se realizó con las empresas hidrogeneradoras, de tal forma que se pudo entender la influencia sobre las cuencas, identificar los proyectos futuros o en construcción, además de conocer las metodologías por las cuales han realizado las compensaciones ambientales a la fecha. Las compensaciones a tener en cuenta no solo incluyen las de pérdida de biodiversidad por la construcción de los proyectos, sino que también consideran el 1% y compensaciones por levantamientos de veda o por aprovechamiento forestal.

La empresa hidrogeneradora AES Chivor se ubica en el sur del departamento de Boyacá. El aprovechamiento hídrico para energía se realiza mediante el aprovechamiento del caudal del Río Bata (conformado por los ríos Garagoa y Somondoco) y de las desviaciones de los ríos Tunjita, Negro y Rucio, en el embalse La Esmeralda, que cuenta con una capacidad de almacenamiento total de 569,64 millones de metros cúbicos. El agua embalsada se conduce a la Casa de Máquinas y luego es descargada al río Lengupá (AES CHIVOR, 2014).

La empresa, actualmente, está desarrollando un proyecto en la cuenca del Bata que llega al Garagoa y consta de una pequeña central hidroeléctrica – PCH Tunjita. El desarrollo de este

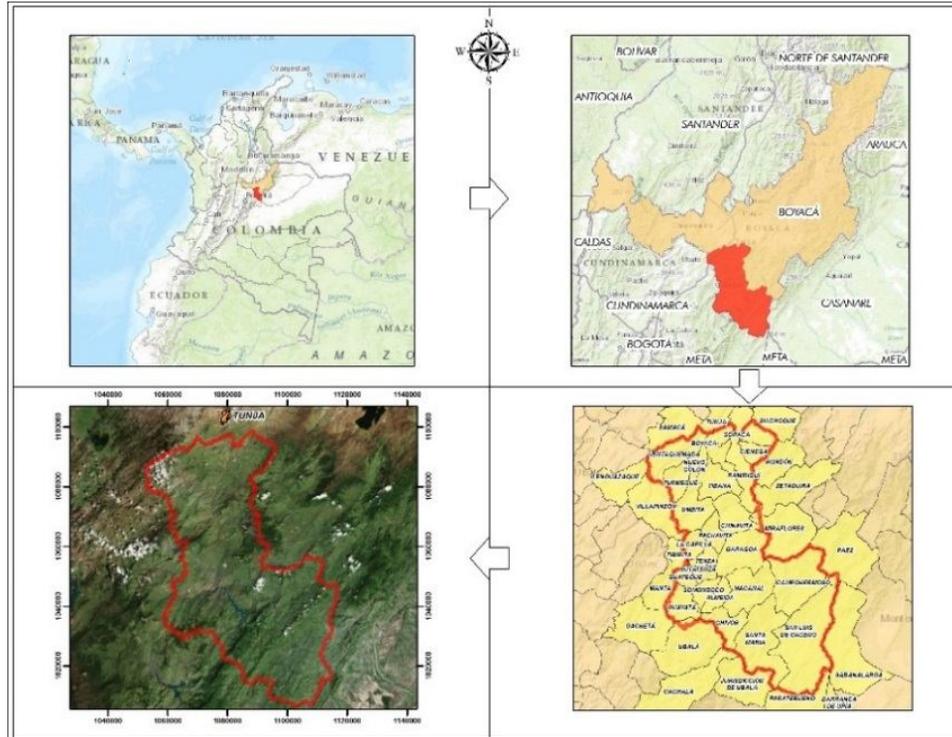
proyecto requirió compensaciones por aprovechamiento forestal, y el valor a compensar fue acordado en conjunto con la corporación. Corpochivor determinó que la alternativa estratégica para la corporación era que la empresa adquiriera los predios que serán parte de los nuevos Distritos Regionales de Manejo Integrado - DMRIs, de manera que se pueda iniciar su aislamiento y conservación. Estos predios se ubican, todos, en zonas de recarga hídrica que son de relevancia para la empresa, pues contribuyen al aporte hídrico del embalse y la PCH. Por otro lado, para la renovación de la concesión de agua también se exigieron compensaciones, al igual que para la PCH, y actualmente se está trabajando de la mano con Corpochivor para que dichas compensaciones sean aplicadas en zonas que se consideren estratégicas y determinando el método por el cual se desarrollará la compensación.

En relación con la determinación del polígono para el área de estudio sobre la cual se llevará a cabo la implementación de la herramienta *"Análisis de servicios ecosistémicos del sector minero energético"* y a fin de determinar la oferta de servicios ecosistémicos en esta área, la empresa considera que aunque el embalse y la generación se realizan dentro de la cuenca del río Garagoa se debe tener en cuenta que los acuerdos realizados con la corporación para las compensaciones, anteriormente mencionadas, no se encuentran limitadas a la cuenca de dicho río, por lo que el área de estudio debería corresponder a la totalidad de la jurisdicción de la corporación.

De otra parte, en la subregión del oriente antioqueño, EPM cuenta con dos (2) centrales hidroeléctricas El Peñol - Guatapé y Playas. EPM, al igual que AES Chivor, considera que el análisis se debe realizar sobre la totalidad de la jurisdicción de Cornare, dado que los embalses se encuentran ubicados sobre subcuencas diferentes y que el análisis realizado sobre la cuenca debería involucrar todos los embalses y centrales eléctricas presentes sobre la cuenca del río Nare aunque no todos sean de EPM. En cuanto a las compensaciones y teniendo en cuenta que las centrales mencionadas anteriormente son proyectos que no requirieron compensaciones ambientales, no se han desarrollado acciones relacionadas con las compensaciones ambientales.

Debido a que cada corporación desarrolla estudios y cartografía adicional a la nacional para la caracterización y gestión de las cuencas bajo su jurisdicción y que la relación con las empresas para el pago de compensaciones ambientales es estrecha, se realizó una entrevista con cada una de ellas a saber Corpochivor y Cornare.

**Figura 5-1** Localización general

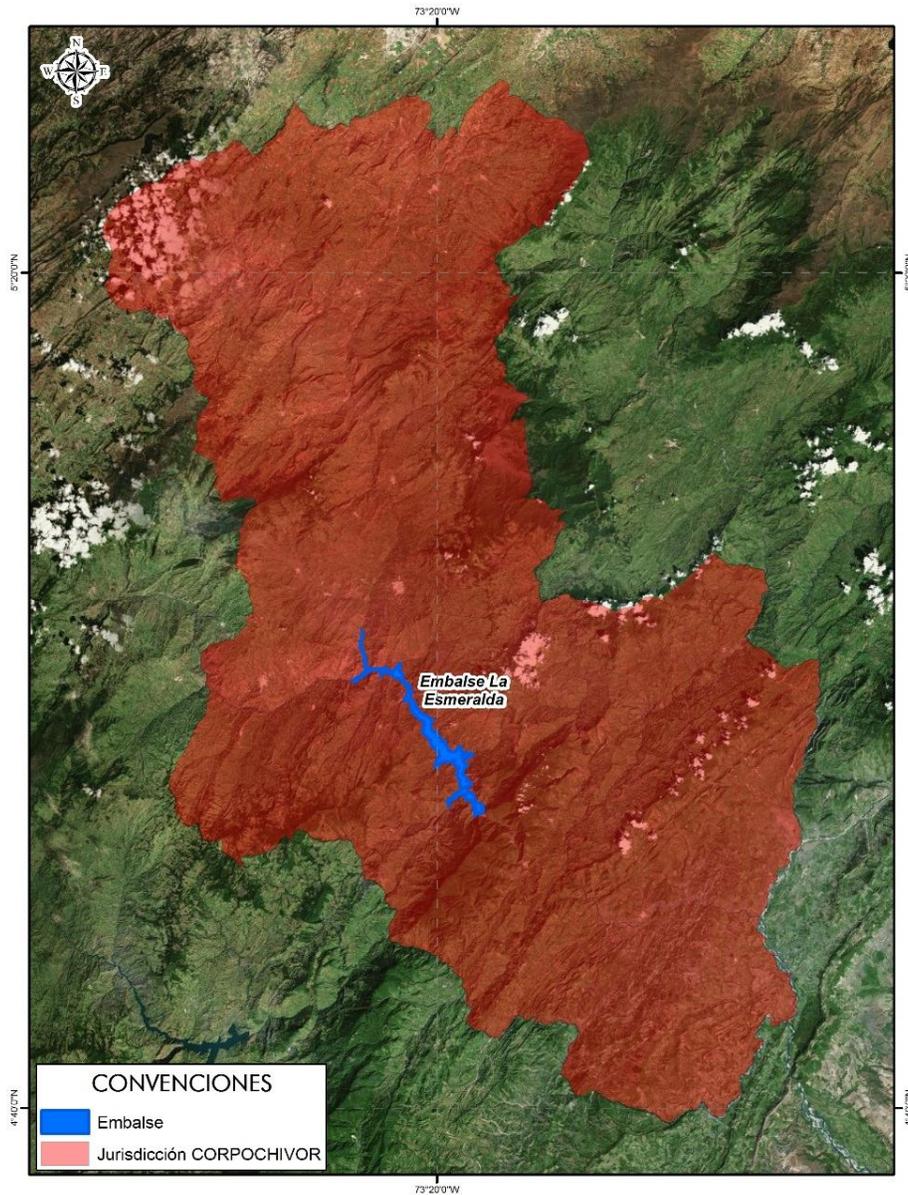


**Fuente:** ACON, miembro del grupo INERCO, 2015.

La primera corporación, Corpochivor, se encuentra ubicada en el sur del departamento de Boyacá y está conformada por las cuencas hidrográficas de los ríos Garagoa, Lengupá, Guavio y Upía los cuales drenan sus aguas al río Meta y éste a su vez al río Orinoco. Dentro de su jurisdicción se encuentra el embalse La Esmeralda sobre el río Tibaná. Durante la reunión con la Corporación, se transmitió la sugerencia de la empresa hidrogenadora AES Chivor, relacionada con la posibilidad de implementar la herramienta en la totalidad del área sobre la cual tienen jurisdicción, a lo cual la corporación dio su aprobación. La entidad expresó que se están llevando a cabo procesos de actualización de POMCAS y límites de páramos dentro de su jurisdicción proceso para los cuales sería recomendable contar con información adicional relacionada con servicios ecosistémicos.

Dado que la Corporación cuenta con información a menor escala y más actualizada que la base cartográfica de la herramienta, se solicitaron y obtuvieron las siguientes capas: cobertura boscosa 2014, embalse La Esmeralda, SIRAP Corpochivor, zonificación del Plan General de Ordenación Forestal - PGOF.

**Figura 5-2** Localización embalse La Esmeralda

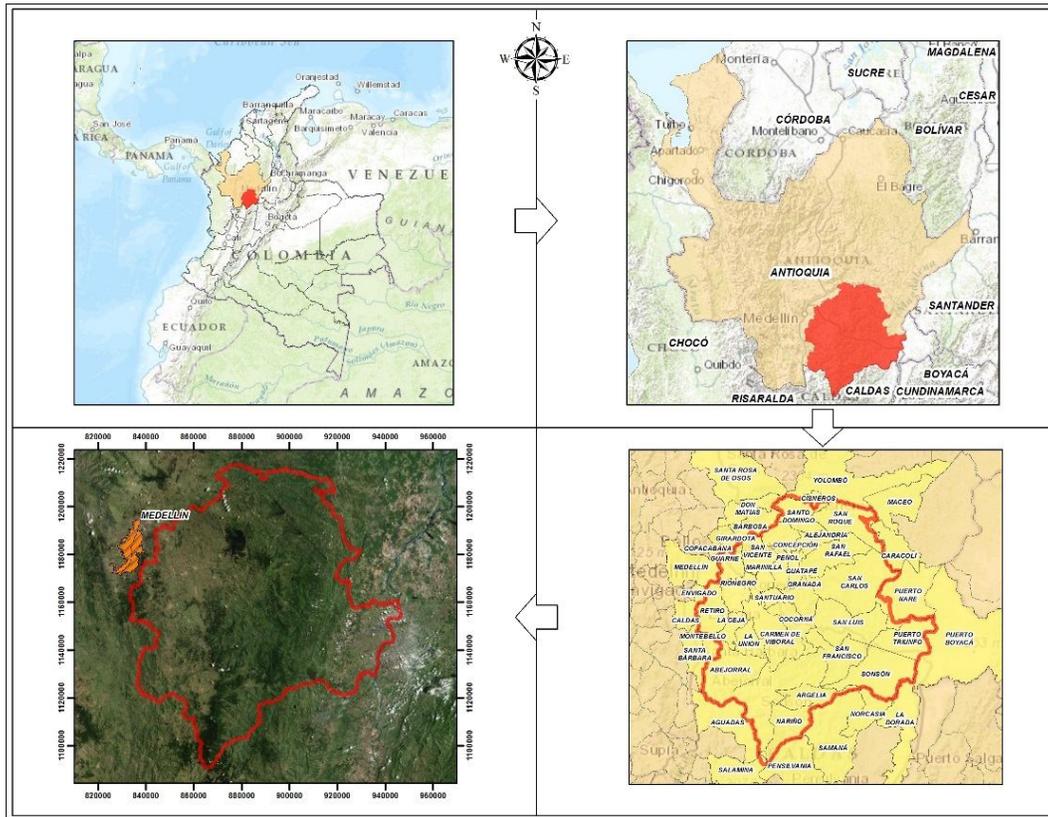


**Fuente:** ACON, miembro del grupo INERCO, 2015.

Por su parte CORNARE, ubicada en el suroriente antioqueño, está conformada por 23 municipios del oriente, dos de la zona nordeste y uno de la zona del Magdalena medio y se encuentra en las cuencas de los ríos Nare, Samaná Norte y Sur, Nús, Negro y Arma, Río Claro – Cocorná Sur y Río Grande, todos estos afluentes del río Magdalena.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación

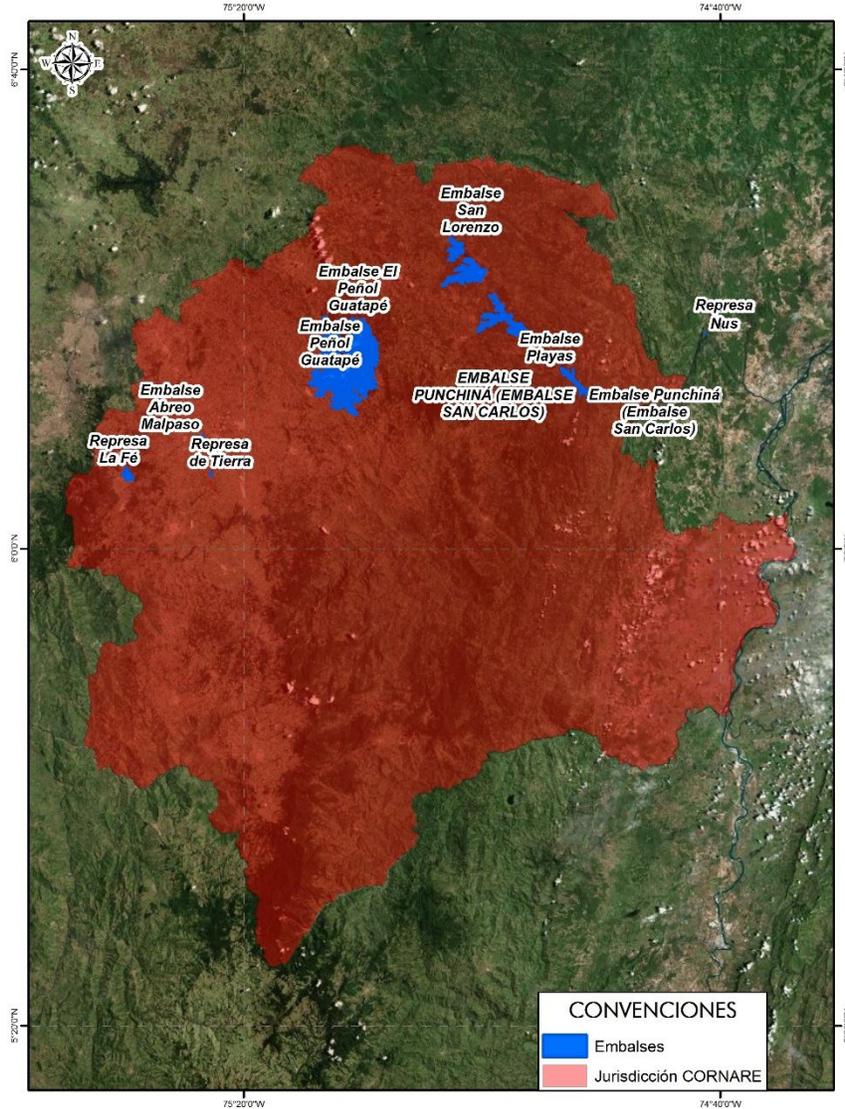
**Figura 5-3** Localización general CORNARE



Fuente: ACON, miembro del grupo INERCO, 2015.

Dentro de su jurisdicción se encuentran siete (7) embalses operados por diferentes empresas generadoras. Al igual que Corpochivor, Cornare también estuvo de acuerdo en trabajar con toda su jurisdicción, especialmente por el proyecto BanCO<sub>2</sub>, que busca promover la conservación de ecosistemas estratégicos a través del reconocimiento y valoración de servicios ecosistémicos.

**Figura 5-4** Localización embalses CORNARE



Fuente: ACON, miembro del grupo INERCO, 2015.

Para la comparación de la información presentada por la herramienta, se solicitó la información más detallada a Cornare; la corporación entregó información de cobertura vegetal 1:25000, localización de embalses 1:10000, red hídrica, cuencas y los predios participantes del proyecto BanCO<sub>2</sub> (2013).

### 5.3 Implementación de la herramienta

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada una de las jurisdicciones de las corporaciones. La información presentada corresponde en cada caso, a los resultados de la herramienta una vez se descarga la Base de datos geográfica - GDB y ésta es analizada en ArcGIS.

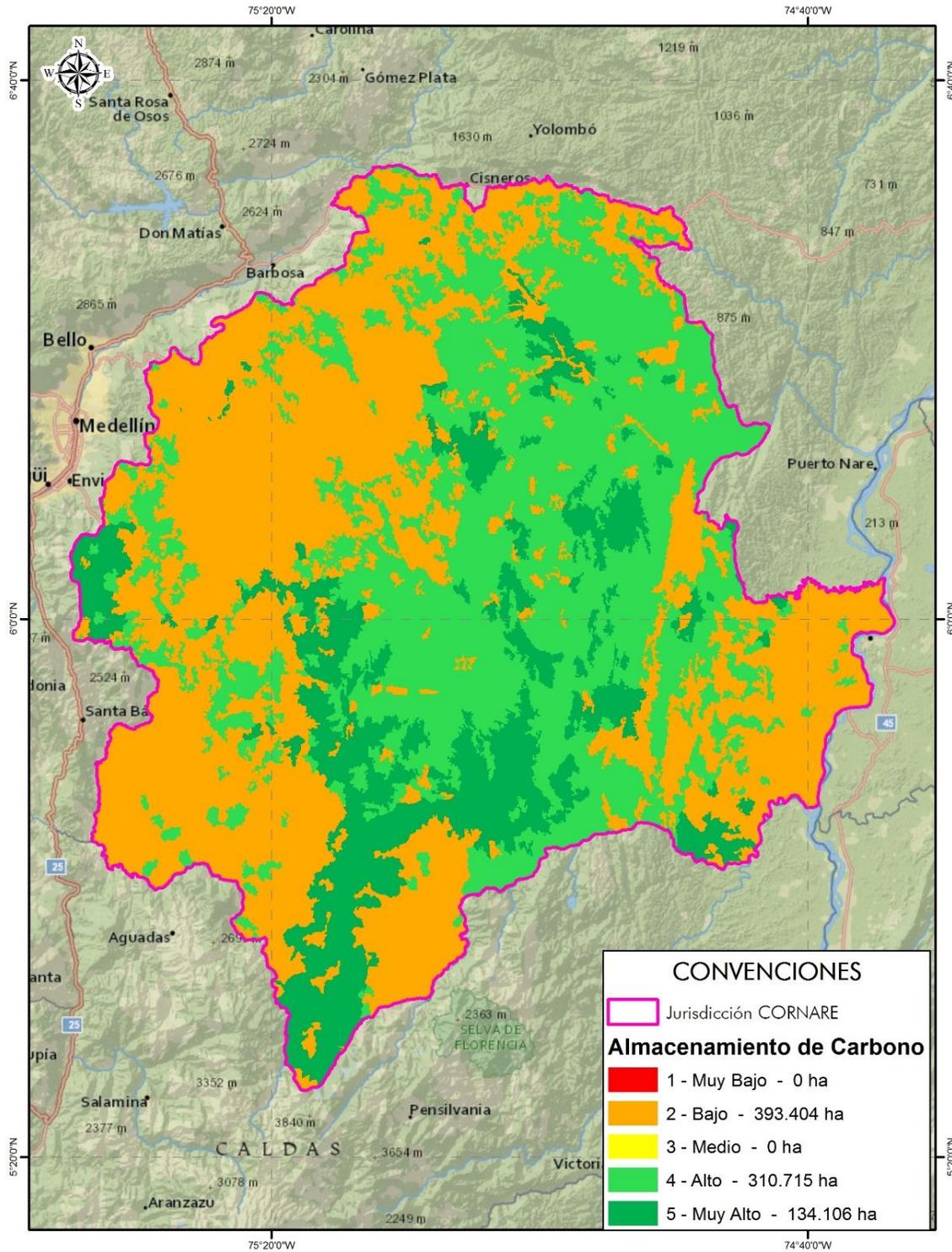
#### 5.3.1 Distribución de Servicios Ecosistémicos CORNARE

Una vez corrida la herramienta de “Análisis de servicios ecosistémicos del sector minero energético” para la jurisdicción de Cornare, se realiza el análisis de las capas obtenidas. En la **Figura 5-5** se observa la distribución de este servicio dentro del área de estudio. Aquí en especial se aprecia que en general la oferta de este servicio es alta o muy alta para la zona central de la jurisdicción, que corresponde con una cobertura vegetal de bosque natural y vegetación secundaria. En el costado occidental, sin embargo, se presenta que la oferta es media, y esto se debe principalmente a que en esta zona se concentra la producción agrícola y pecuaria de la zona, lo que genera que la cobertura vegetal sea en su mayoría pastos, pastos arborizados y mosaico de cultivos.

El servicio retención de nutrientes en la jurisdicción de Cornare se presenta en la **Figura 5-6**. En ella, se puede observar que el servicio se encuentra relacionado directamente con los cuerpos hídricos; adicionalmente, al analizar los suelos del área se determinó que en la zona noroccidental los suelos son principalmente arenosos por lo que la retención de nutrientes es menor que en el oriente, donde los suelos son arcillosos.

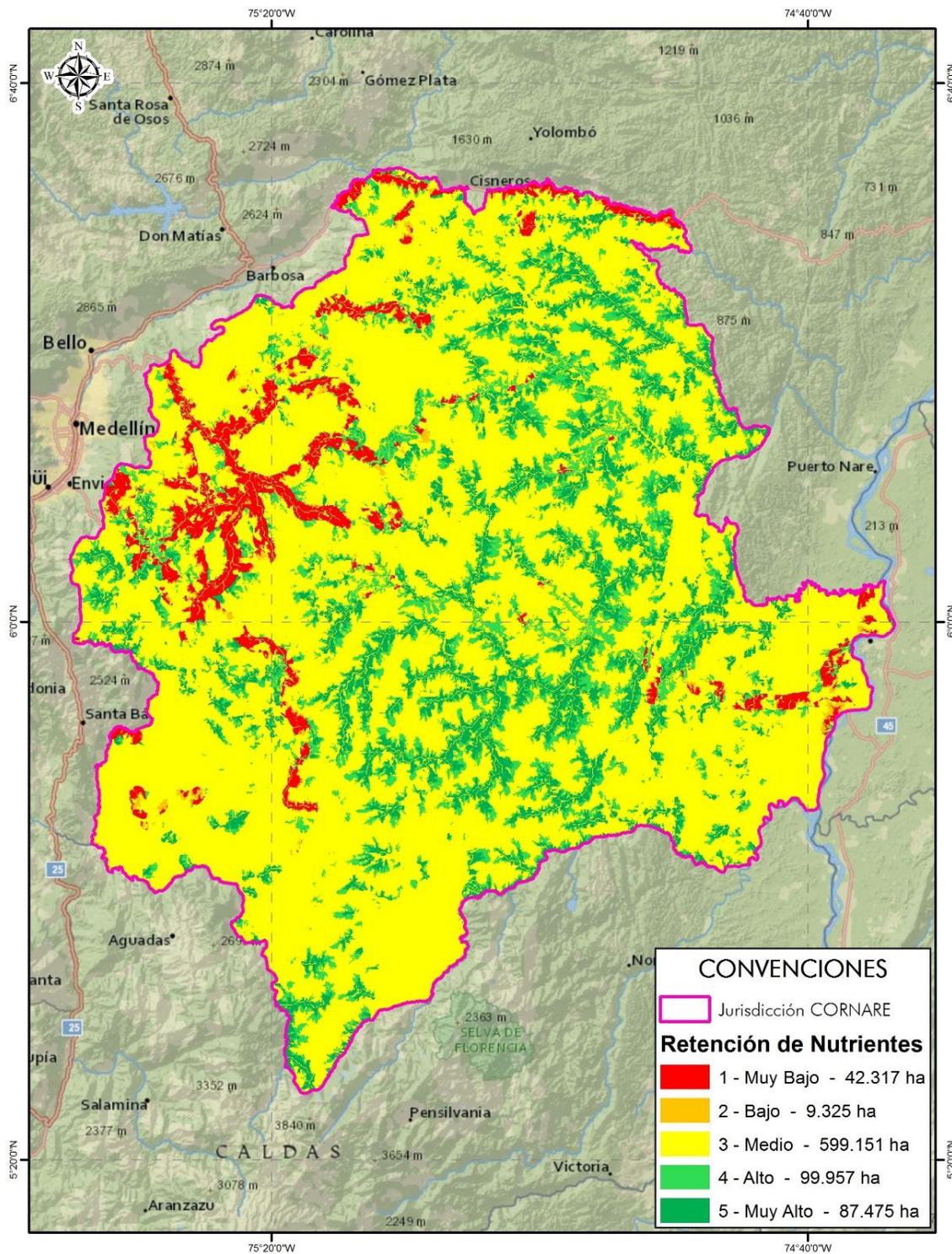
Por último, la oferta del servicio ecosistémico de retención de sedimentos es presentado en la **Figura 5-7**. Al igual que la retención de nutrientes, este servicio se encuentra relacionado con los cuerpos de agua y con el tipo de suelo; además, este servicio debe tener en cuenta la pendiente del terreno y la cobertura vegetal, pues mayores pendientes facilitan el aporte de sedimento. Como se observa en la figura, la oferta del servicio es media en la mayoría del territorio.

**Figura 5-5** Fijación de carbono Cornare



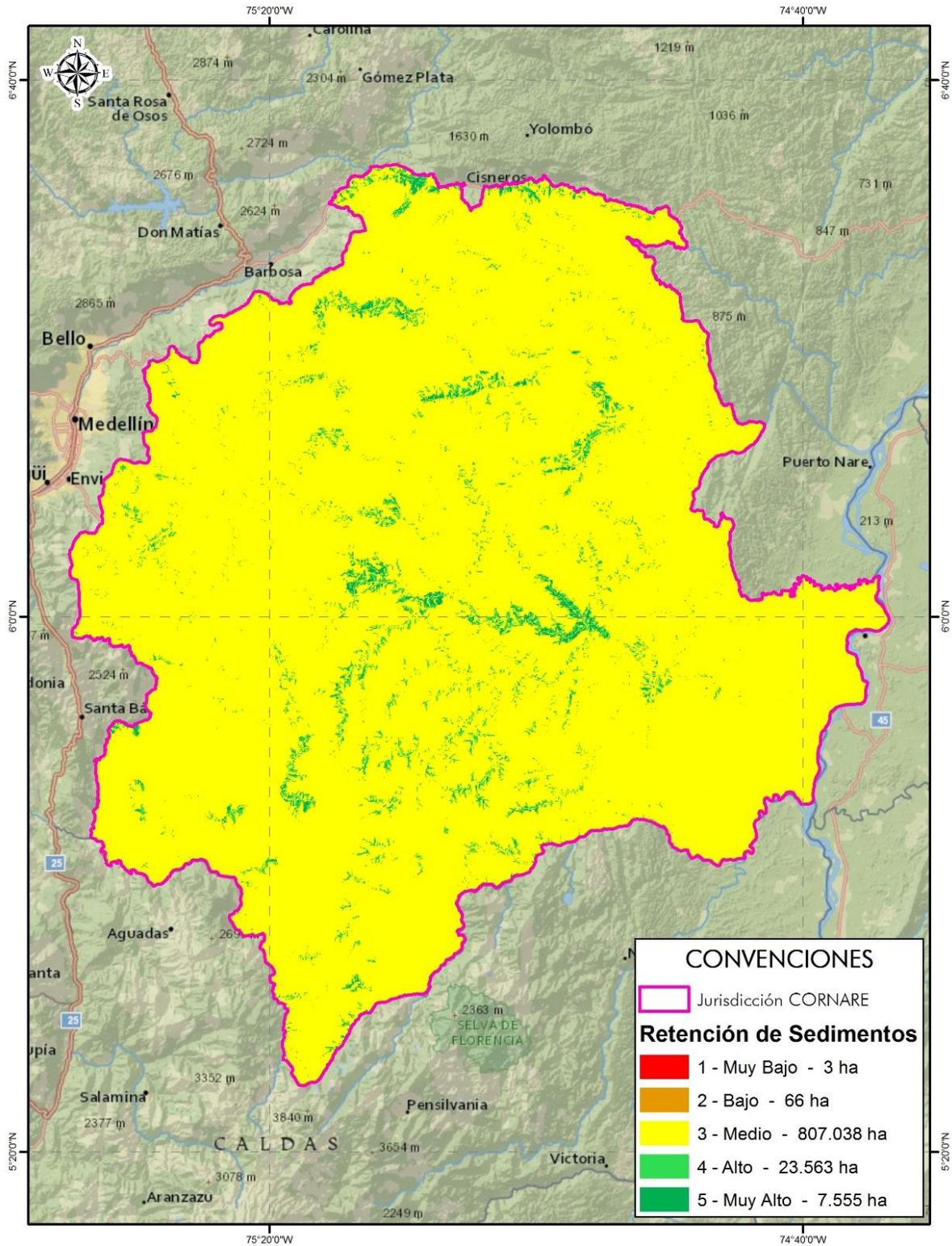
Fuente: ACON, miembro del grupo INERCO, 2015.

**Figura 5-6** Retención de nutrientes



Fuente: ACON, miembro del grupo INERCO, 2015.

**Figura 5-7** Retención de sedimentos



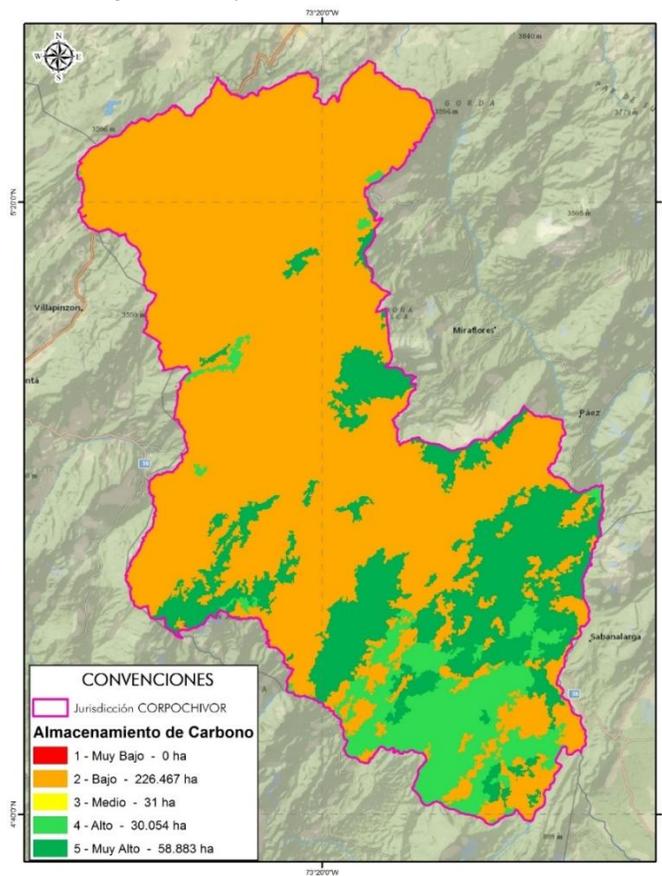
Fuente: ACON, miembro del grupo INERCO, 2015.

### 5.3.2 Distribución de la oferta de Servicios Ecosistémicos CORPOCHIVOR

Realizando el análisis de la capa de cobertura vegetal y la oferta del servicio de fijación de carbono presentada en la **Figura 5-8**, es posible observar que el servicio presenta una oferta alta y muy alta hacia la zona sur de la jurisdicción. En esa área la Corporación cuenta con áreas de conservación, lo que implica que la cobertura en esta zona son bosques naturales o vegetación secundaria.

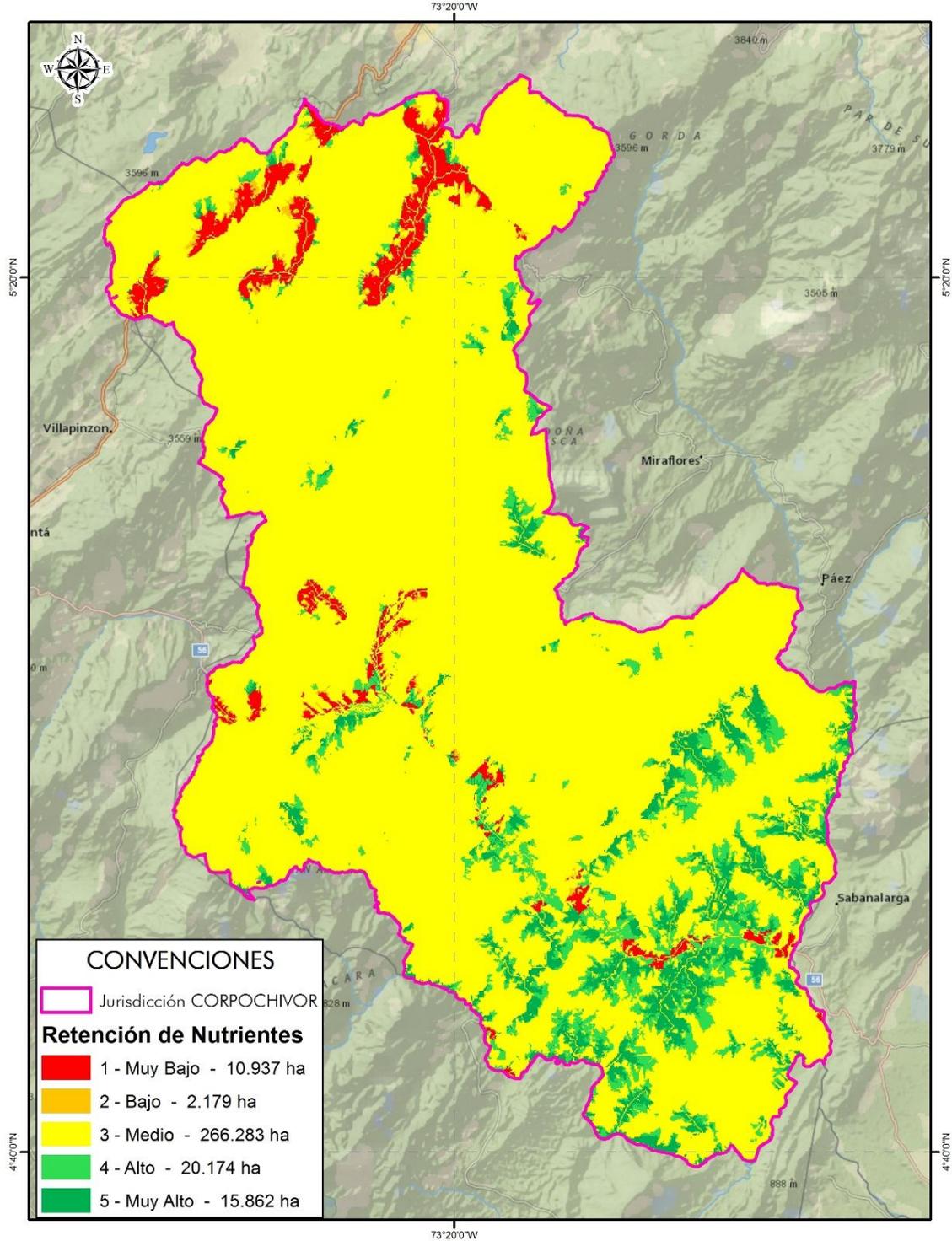
En relación con la oferta de retención de nutrientes y retención de sedimentos ilustradas por la **Figura 5-9** y la **Figura 5-10**, es en su mayoría media.

**Figura 5-8** Fijación de carbono Corpochivor



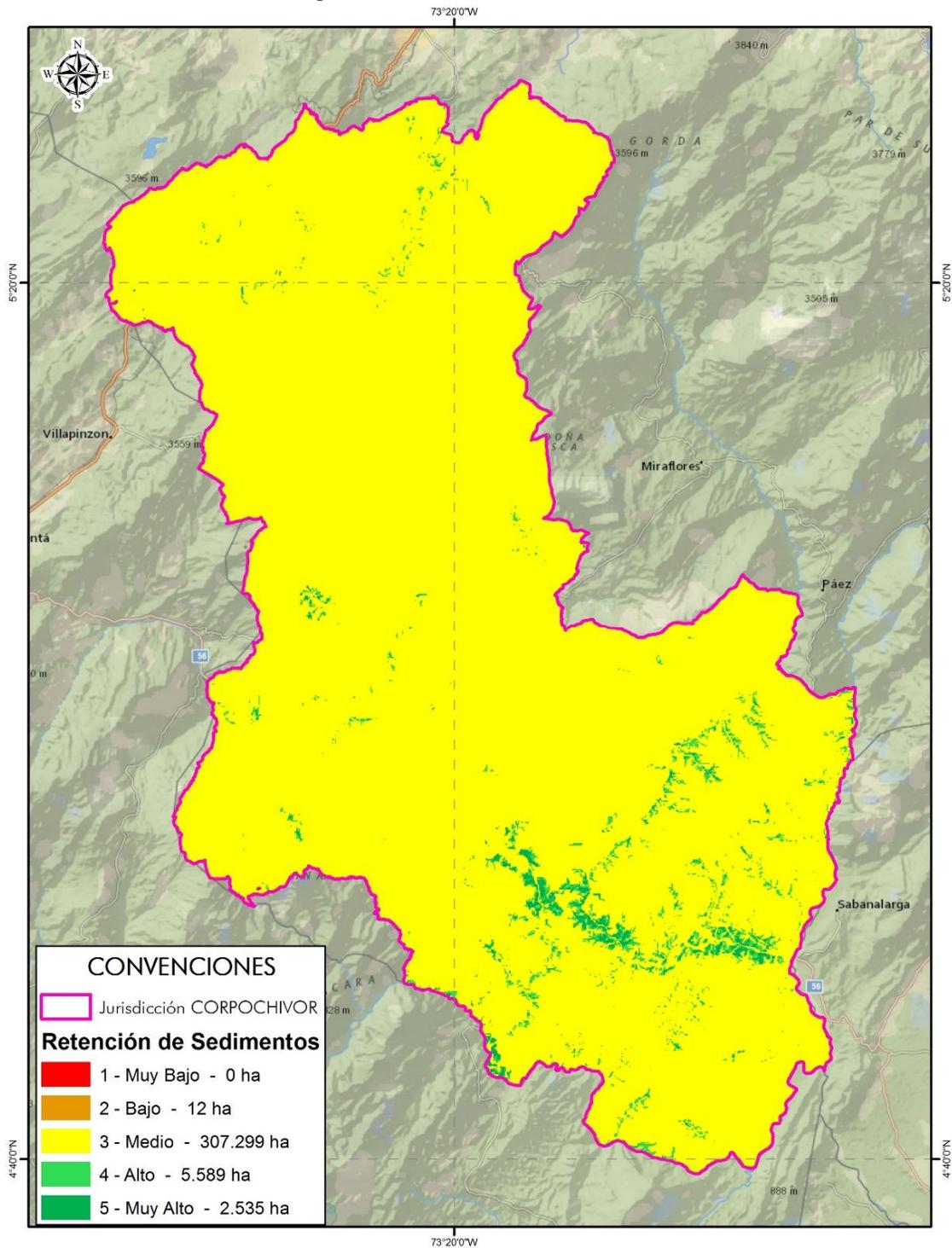
Fuente: ACON, miembro del grupo INERCO, 2015.

Figura 5-9 Retención de nutrientes



Fuente: ACON, miembro del grupo INERCO, 2015.

Figura 5-10 Retención de sedimentos



Fuente: ACON, miembro del grupo INERCO, 2015.

## **6. INFORMACIÓN CONTENIDA EN LA HERRAMIENTA, EN TÉRMINOS DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN COLOMBIA Y SU POSTERIOR VALORACIÓN**

La herramienta desarrollada y titulada: “*Análisis de servicios ecosistémicos del sector minero energético*”, representa un aporte significativo a la gestión de algunos servicios ecosistémicos en Colombia. Al mismo tiempo, es necesario señalar algunas áreas de mejora de la misma.

En primer lugar, se debe resaltar nuevamente que las capas de información de los tres (3) servicios ecosistémicos contenidos en la herramienta están modeladas con base a información nacional de escalas 1:500000, lo que permite que la herramienta sea un buen indicativo para entender (a escala nacional) el comportamiento de dichos servicios ecosistémicos y priorizar las áreas para su estudio a escala más detallada. Sin embargo, no permite la toma de decisiones a escala regional o subregional dada la incertidumbre que genera este tipo de escalas gruesas.

Desde la revisión y análisis de la producción académica global, se conocen relativamente bien las bases científicas, ecológicas, económicas, culturales y operativas del enfoque de Servicios Ecosistémicos. Se cuenta con un sinnúmero de publicaciones en estos aspectos, pero es necesario destacar la reciente revisión de McKenzie y colaboradores (2014) sobre el papel del enfoque en la construcción de decisiones. Los autores describen tres casos: el análisis de la planificación costera nacional en Belice, la planificación marina en la isla de Vancouver-Canadá y la Ordenación del Territorio en la isla de Oahu-Hawaii. En el estudio se evidencia cómo los tomadores de decisiones, científicos y demás partes interesadas han colaborado, en cada caso, utilizando herramientas estandarizadas para la caracterización, la valoración y la contabilidad de servicios ecosistémicos, con la finalidad de apoyar el Ordenamiento del Territorio. Sin embargo, estas experiencias advierten sobre la necesidad de contar con mejores datos, más detallados y a múltiples escalas, en especial en la caracterización de los procesos ecosistémicos, en la demostración de la existencia de los servicios, en la cuantificación de sus flujos biofísicos (stocks) y en su valoración integral.

En Colombia se destacan algunos esfuerzos en la construcción de este necesario conocimiento, como por ejemplo: la Estrategia Capital Natural de Colombia (2015), los trabajos del Instituto Alexander Von Humboldt, los avances de la academia en general y de algunas ONG. A pesar de esto, el conocimiento de los servicios ecosistémicos y del capital natural de Colombia sigue siendo disperso (Balbanera et al., 2012), no se cuenta con marcos metodológicos homogéneos que permitan usar esta información en la construcción de decisiones (Cowell & Lennon, 2014), y su valor no es tan comprendido completamente; generando que los SE sean subvalorados por los mercados y el gobierno (Orenstein & Groner, 2013).

Portman (2013) plantea que hay dos grandes obstáculos que deben ser superados para incorporar efectivamente el enfoque de SE en los procesos de construcción de decisiones frente

al manejo del Territorio: 1) la dificultad de simplificar las complejidades entre los servicios, para que los procesos de planificación legal puedan incorporar el enfoque, y 2) la falta de métodos y experiencias para la evaluación transversal del paisaje (por ejemplo en los espacios marino-costeros).

Además de los obstáculos técnicos, se han requerido avances fundamentales para sostener y ampliar los esfuerzos pioneros que están actualmente en marcha y aumentar el atractivo del enfoque de Servicios Ecosistémicos para la toma de decisiones. La comunidad científica debe trabajar en la entrega de los conocimientos en Servicios Ecosistémicos a través de herramientas de mapeo para ayudar a los responsables de la planificación y gestión del territorio a su integración explícita en los marcos institucionales formales. Igualmente, mucho se ha escrito sobre la necesidad de desarrollar indicadores apropiados para el monitoreo de los servicios ecosistémicos claves de un territorio con el fin de lograr un cambio en la toma de decisiones según los valores de los SE.

Asimismo, el enfoque de Servicios Ecosistémicos puede ser una buena herramienta para el fortalecimiento del ordenamiento territorial y de los esfuerzos de conservación en Colombia. No obstante, para que esto suceda, el lenguaje de los servicios de los ecosistemas debe expandirse más allá de la literatura académica. A pesar de toda su complejidad, hay muchas ventajas básicas del enfoque que pueden convencer a profesionales de innumerables disciplinas. La generación de este conocimiento científico es fundamental si la comunidad de investigadores en Servicios Ecosistémicos desea mejorar la toma de decisiones y las partes interesadas pretenden lograr mejores resultados en su interpretación y usos. Para lograr esto, es necesario mejorar el conocimiento actual que hay en Colombia y entender las realidades de cómo, cuándo, por quién y bajo qué condiciones se utiliza el conocimiento generado con el ánimo de evitar los usos indebidos o erróneos del mismo.

Además, es necesario un mayor entendimiento sobre las bases, dimensiones e interacciones de los servicios ecosistémicos. Por ejemplo, en ocasiones las evaluaciones sobre servicios ecosistémicos hidrológicos y sus mecanismos de retribución están asociados a la provisión de agua para consumo humano y, así dejando de lado el papel fundamental en la funcionalidad del ecosistema o su papel regulatorio en el clima, entre otros muchos servicios ecosistémicos que proveen los ecosistemas.

Adicionalmente, se debe recordar que los resultados que arroja el modelo constituyen una visión a gran escala de la realidad, pues la herramienta de la UPME fue desarrollada con base en la información generada por la herramienta InVEST. Es cierto que ésta permite tener un modelo de línea base para la evaluación de políticas, programas y proyectos, pero el límite es la visión regional que presenta la herramienta. Muchas veces la información requerida para los modelos de InVEST existe en diferentes instituciones locales o nacionales; sin embargo, en ocasiones no es divulgada, por lo que no se tiene conocimiento de la misma. Además de ello,

aún hace falta la realización de estudios hidrológicos, edafológicos, climatológicos, etc. que tienen que promoverse para desarrollar una mejor evaluación de los ecosistemas y los servicios que se provén.

Los modelos de InVEST están en constante actualización de acuerdo con las recomendaciones de usuarios a nivel mundial, creando una oportunidad para que los usuarios en Colombia, que tiene muchas particularidades, puedan promover la incorporación de estos cambios en los modelos. Igualmente, nuevos modelos se están desarrollando, como el de Open Acces (libre acceso a productos forestales no maderables) y algunos modelos marinos.

Para realizar un análisis de la información bajo diferentes escenarios, es necesario un mapa de coberturas en función del horizonte del proyecto a evaluar, que puede ser desarrollado con diferentes metodologías. InVEST contará con un generador de escenarios que será lanzado al público en general.

En segundo lugar, y si bien al correr el análisis de la herramienta se pueden obtener métricas (unidades físicas) de la oferta de cada servicio ecosistémico por unidad de área, estos valores no permiten el desarrollo de una valoración económica directa. La valoración económica de bienes y servicios ecosistémicos es contexto-dependiente y demandante de datos socioeconómicos detallados, que describan con detalle a los demandantes de estos servicios, sus actividades económicas y su cambio en métricas de bienestar. Esta caracterización implica trabajo de campo y levantamiento de información socioeconómica caso a caso (MEA, 2005), (TEEB, 2015), (Watson et al., 2011), (Farley, 2012). En particular, la asignación de valores monetarios y la espacialización de los mismos, ha llegado a ser un tema de investigación activa (Troy & Wilson, 2006), (Maes et al., 2011a), (Maes et al., 2011b), (Ghermandi & Nunes, 2013), (Schägnner, Brander, Maes, & Hartje, 2013) que a la fecha aún no tiene una única metodología para su desarrollo.

La asignación de valores monetarios requiere que éstos sean relacionados con las áreas de provisión de los servicios (Farley, 2012). Esto se puede realizar ya sea por el desarrollo de un nuevo estudio de valoración, o mediante la transferencia de valores a partir de estudios existentes para áreas similares (Navrud & Ready, 2007). La primera aproximación implica estimar el valor monetario de los servicios ecosistémicos en el área de estudio, a través de la aplicación de alguno de los métodos de valoración de mercado o no mercado disponibles. La segunda aproximación implica la transferencia de los valores calculados en uno o múltiples estudios previos, en donde el servicio ha sido valorado, al sitio de estudio (a menudo sitio denominado de la política).

Sin embargo hay opciones metodológicas para desarrollar, en un análisis independiente a lo que permite realizar la herramienta hoy en día, aproximaciones a la valoración económica de estos servicios en estudios de caso. Frente a esta dificultad existe una técnica conocida como

transferencia de beneficios (Spash & Vatn, 2006), que permite aprovechar el esfuerzo realizado en estudios puntuales preexistentes, para construir una primera aproximación a la valoración en otras regiones u áreas similares, de forma rápida y económica. Esta técnica consiste en la *“adaptación de los valores monetarios de bienes ambientales estimados en una investigación original (sitio de estudio), a un contexto similar (sitio de la política), donde se desconoce el valor”* (Rosenberg & Stanley, 2006). La transferencia de beneficios tiene la ventaja de basarse en un metaanálisis de los resultados de los estudios realizados a manera de síntesis estadística, lo que permite: sintetizar la literatura de un tema particular, evaluar la hipótesis respecto a los efectos de las variables exploratorias en la construcción de los valores de interés, y usar el modelo estimado de metaanálisis para predecir valores estimados a través del tiempo y del espacio (Rosenberg & Loomis, 2003), (Rosenberg & Stanley, 2006).

Según Schägner et al. (2013), el 84% de los estudios de valoración económica de servicios ecosistémicos publicados usan la transferencia de beneficios de forma total o parcial, debido a la practicidad de la técnica, su costo eficiencia y su potencial como herramienta para la síntesis de información dispersa. Más adelante en este documento, se desarrollará la estimación de la valoración económica de los servicios ecosistémicos presentes en las áreas de estudio.

## **7. INTEGRACIÓN DE LA HERRAMIENTA EN LA TOMA DE DECISIONES**

Considerando las características de la herramienta mencionadas anteriormente, el presente capítulo expone que es posible apoyar en ella algunas decisiones “macro” que involucran el accionar de las Autoridades Ambientales Regionales (CARs) y algunos actores privados corporativos.

Los análisis que se presentan a continuación se realizaron mediante la creación de una única capa de oferta de servicios ecosistémicos desarrollada al sobreponer los tres servicios ecosistémicos evaluados por la herramienta “Análisis de servicios ecosistémicos del sector minero energético”. La reclasificación de áreas se realiza tomando la mayor oferta disponible sin diferenciar el servicio del que provenga, de tal forma que el mapa final presenta la oferta de servicios ecosistémicos total del territorio.

### **7.1 Autoridades ambientales regionales (CARs)**

Teniendo en cuenta que las Corporaciones Autónomas Regionales tienen por objeto:

*“La ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables así como dar cumplida y oportuna aplicación a las disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento, conforme a las regulaciones, pautas y directrices expedidas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible” (CARDER, 2015).*

Estas pueden fortalecer, haciendo uso de los resultados globales que arroja la Herramienta para los tres servicios analizados, las siguientes decisiones.

#### **7.1.1 Ajuste de su Estructura Ecológica Principal (EEP), complementada con las áreas que presentan mayor oferta de estos Servicios Ecosistémicos**

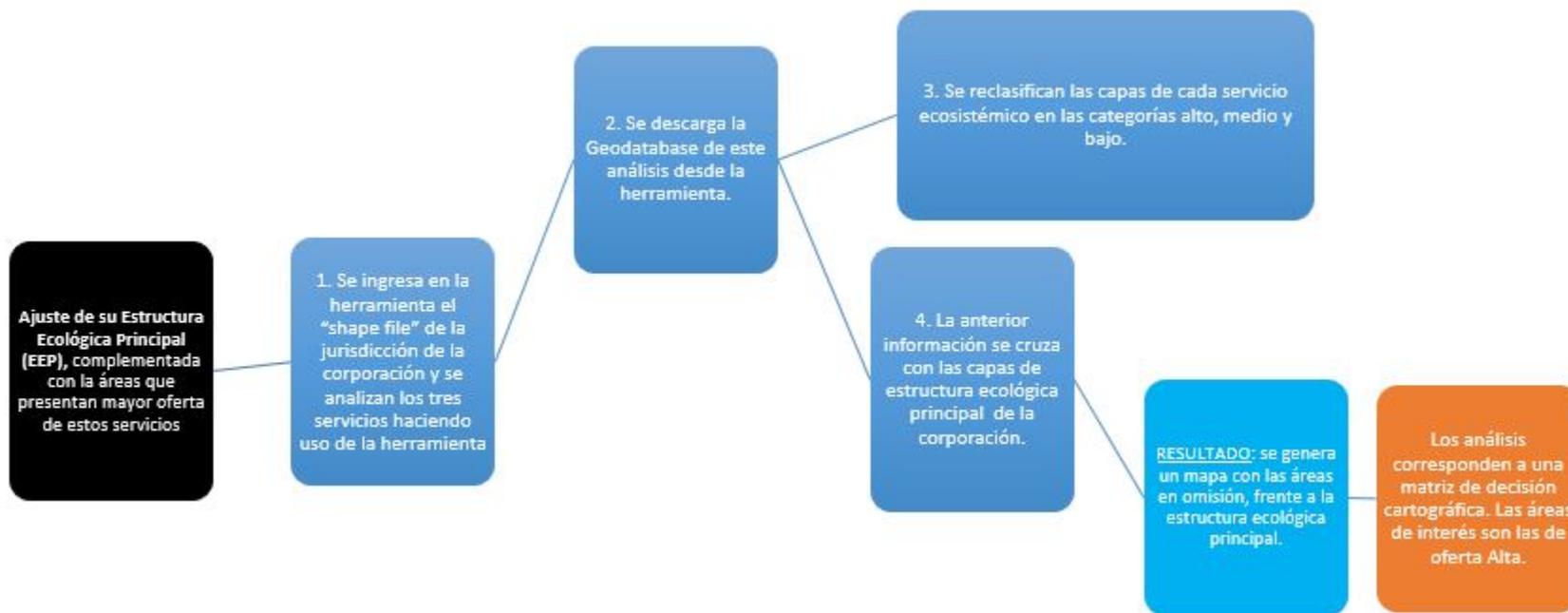
La Estructura Ecológica Principal (EEP) es el eje estructural del Ordenamiento Territorial, en tanto contiene un sistema espacial, estructural y funcionalmente interrelacionado que define corredores ambientales de sustentación, de vital importancia para el mantenimiento del equilibrio ecosistémico del territorio en el cual se consolida un conjunto de elementos bióticos y abióticos que dan sustento a los procesos ecológicos esenciales. Su finalidad principal es la preservación, conservación, restauración, uso y manejo sostenible de los recursos naturales renovables dentro de un área determinada (SIAC, 2015).

Teniendo en cuenta la importancia de la EEP para el correcto ordenamiento del territorio de las corporaciones, contar con información macro sobre la oferta de servicios ecosistémicos dentro de sus territorios permite que realicen los análisis necesarios para la redistribución del territorio

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación

en los nuevos acuerdos. Los pasos metodológicos para desarrollar el análisis que incluya servicios ecosistémicos en la estructuración de la EEP, se puede llevar a cabo mediante los siguientes pasos metodológicos, con base en la información regional (gruesa) de base que provee la herramienta.

**Gráfico 7-1** Estructuración de la EEP incorporando los SE



Fuente: ACON, miembro del grupo INERCO, 2015.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Guesas de Medidas de Adaptación

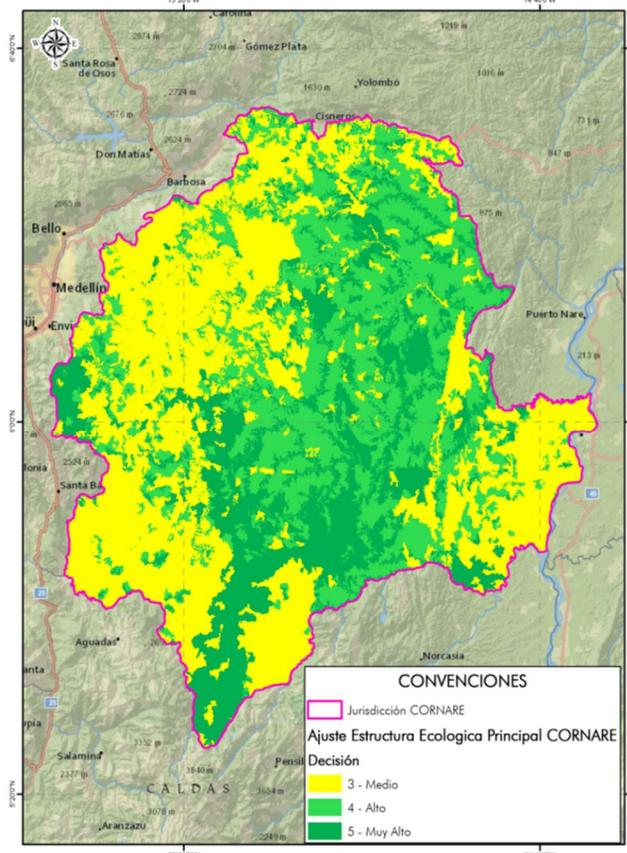
El resultado obtenido corresponde a un Mapa a escala de la jurisdicción de la Corporación, con las áreas de mayor oferta de estos tres (3) servicios que están por fuera de la definición de la Estructura Ecológica Principal existente. Estas serán las áreas priorizadas sobre las cuales podrían definir nuevas estrategias de conservación a escala de la jurisdicción.

Considerando las diferentes limitaciones y ventajas de esta herramienta, se realiza el cruce de las tres capas y se genera una única capa, que representa la mayor oferta de servicios ecosistémicos.

### 7.1.1.1 Resultados del análisis para la jurisdicción CORNARE

Realizando el cruce anterior se obtiene la distribución de oferta de servicios ecosistémicos para la jurisdicción de CORNARE así como lo muestra la **Figura 7-1**.

**Figura 7-1** Áreas con oferta de servicios ecosistémicos CORNARE



Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

Los resultados para esta área indican que un 44% de la extensión de la jurisdicción se encuentra en áreas de oferta media de los servicios ecosistémicos: Captura de carbono, oferta –retención de sedimentos y oferta de nutrientes y un 25% se encuentra en áreas con oferta Muy Alta de SE.

**Tabla 7-1** Áreas con ofertas de servicios ecosistémicos CORNARE

Oferta integrada de servicios	Áreas en hectáreas	Porcentaje
Media	371.742,2	44%
Alta	261.617,8	31%
Muy alta	204.865,7	25%
<b>Total general</b>	<b>838.225,7</b>	<b>100%</b>

Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

### 7.1.1.2 Resultados de este análisis para la jurisdicción Corpochivor

Para el caso de Corpochivor, se lleva a cabo el mismo análisis y se sobreponen las tres capas de servicios ecosistémicos, de lo que se obtiene una capa general que presenta la distribución de oferta de servicios ecosistémicos. Se concluye que el 69% de la extensión de la jurisdicción se encuentran en áreas con oferta Media para el cruce de los servicios ecosistémicos analizados. De igual forma, el 21% del área de la jurisdicción presenta una oferta Muy Alta SE (Tabla 7-2).

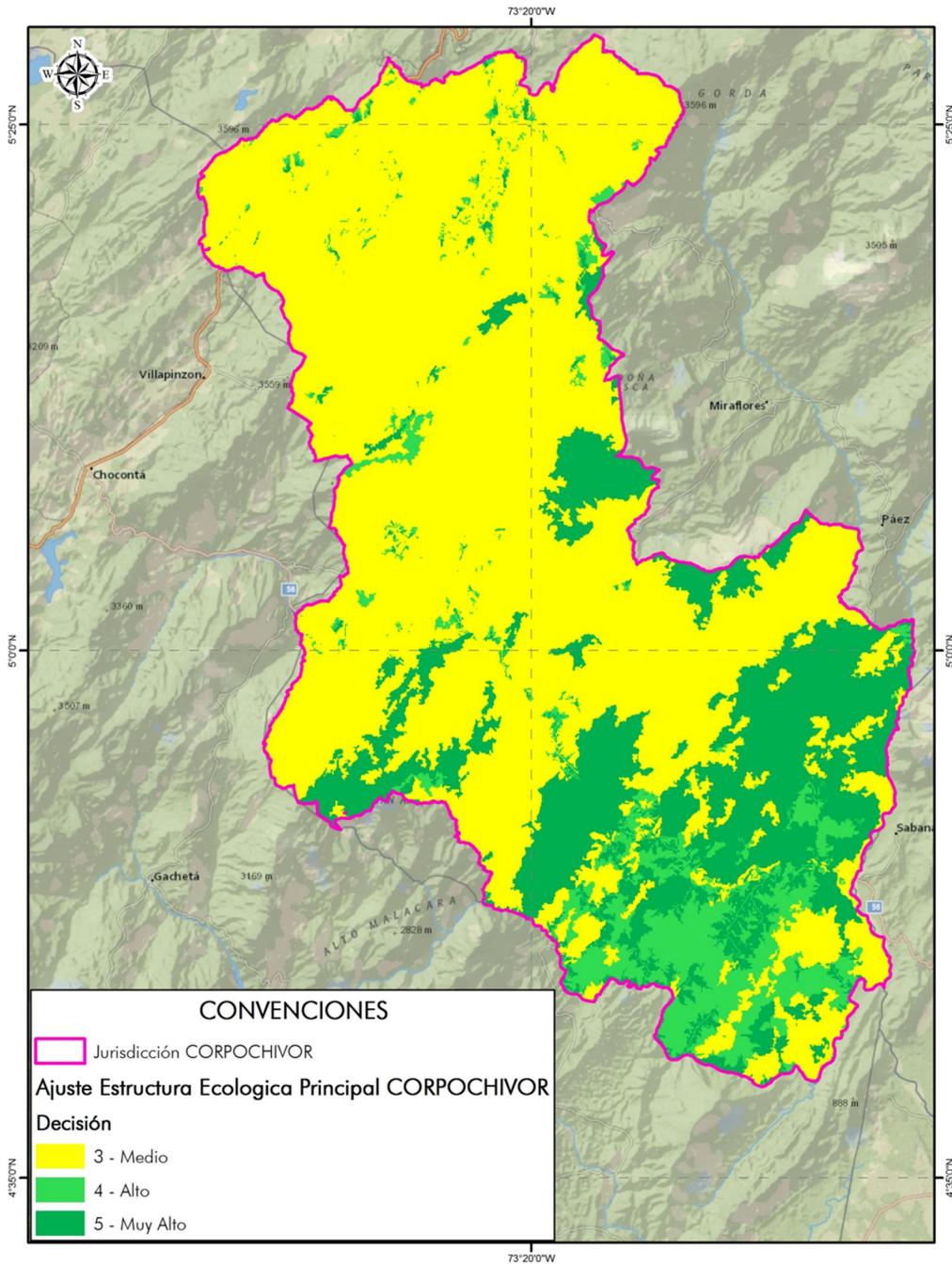
**Tabla 7-2** Áreas con ofertas de servicios ecosistémicos CORPOCHIVOR

Oferta de servicios	Áreas en hectáreas	Porcentaje
Media	219.581,1	69%
Alta	27.221,8	10%
Muy alta	68.633,0	21%
<b>Total general</b>	<b>315.435,9</b>	<b>100%</b>

Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

La siguiente figura presenta la distribución de la oferta de servicios ecosistémicos en la jurisdicción de Corpochivor.

**Figura 7-2** Áreas con ofertas de servicios ecosistémicos CORPOCHIVOR



Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

Teniendo en cuenta los resultados, las corporaciones pueden construir decisiones relacionadas con la determinación de sus Estructuras Ecológicas Principales, incorporando las áreas que presentan ofertas altas y muy altas de estos servicios y que en la actualidad no tienen una caracterización real para su inclusión en las EEP. Teniendo en cuenta resultados como el presentado anteriormente las

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación

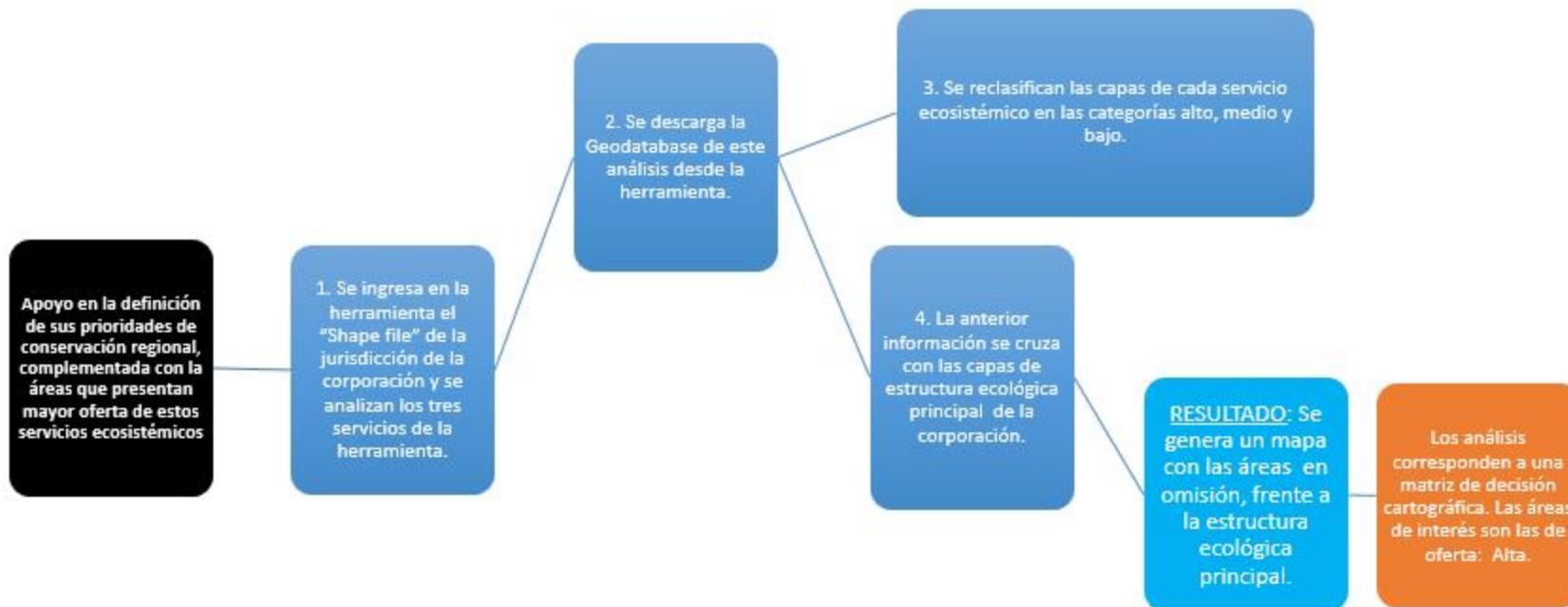
corporaciones regionales pueden identificar zonas claves con los servicios ecosistémicos como determinantes ambientales importantes para la estructura ecológica. Además, considerando que la EEP es adoptada mediante acuerdo y que es dinámica, se puede realizar la inclusión de la capa servicios ecosistémicos como un indicativo de las posibles áreas que podrían tener una mayor oferta de servicios.

### **7.1.2 Apoyo en la definición de prioridades de conservación regional, complementada con las áreas que presentan mayor oferta de Servicios Ecosistémicos**

Otro de los usos que puede tener la herramienta dentro de los procesos decisionales de las corporaciones en la definición de áreas de conservación. Lo que se busca en este punto, es que la decisión no esté basada únicamente de diversidad ecológica y disponibilidad de recursos, sino que incluya también la oferta de servicios ecosistémicos. Los pasos metodológicos para desarrollar este análisis con base en la información regional (gruesa), capa de información que provee la herramienta, se presentan el **Gráfico 7-2**.

El resultado obtenido mediante este proceso corresponderá a un Mapa a escala de la jurisdicción de la Corporación, con las áreas de mayor oferta de estos tres (3) servicios que están por fuera de la definición de la Estructura Ecológica Principal existente. Posteriormente se puede definir (desde un análisis de factibilidad de la autoridad ambiental) si la opción es la declaración de nuevas áreas protegidas del orden regional.

**Gráfico 7-2** Definición de prioridades de conservación regional teniendo en cuenta SE



Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

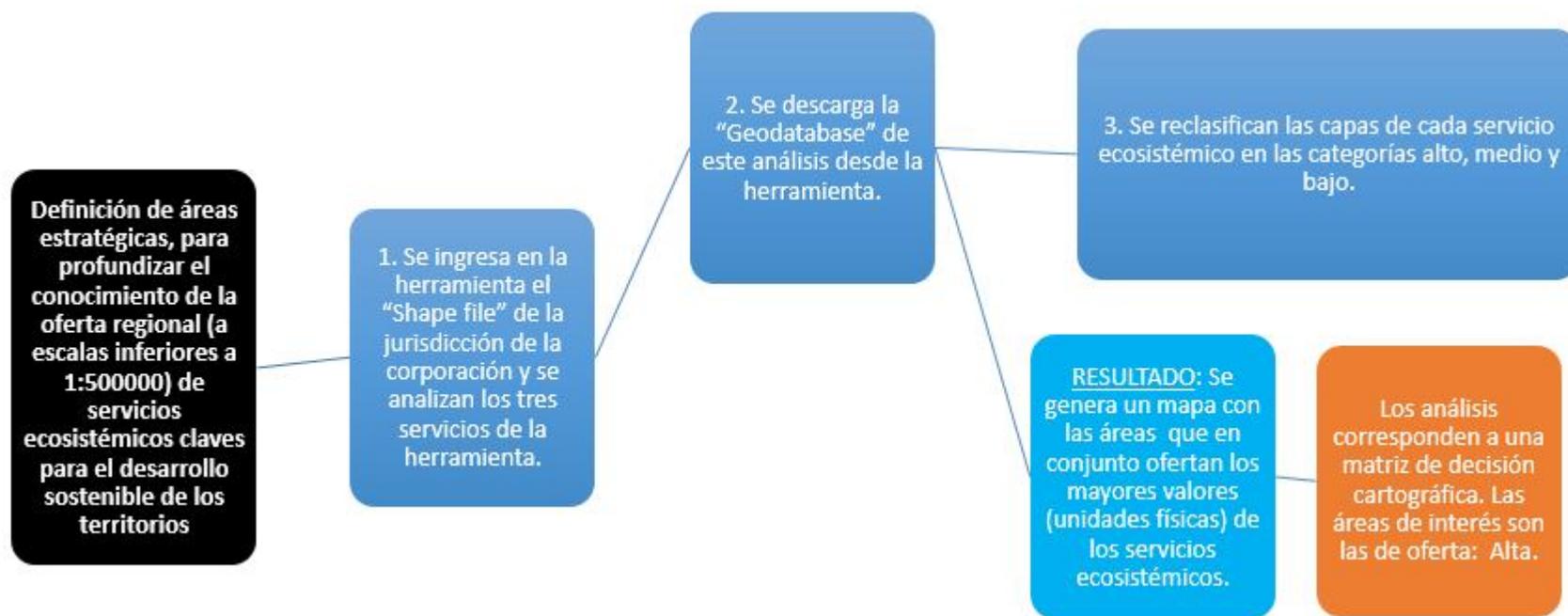
### **7.1.3 Definición de áreas estratégicas, para profundizar el conocimiento de la oferta regional (a escalas de mayor detalle) de servicios ecosistémicos.**

Teniendo en cuenta que la herramienta presenta los resultados a escala nacional 1:500000, el cruce de las capas puede servir de base para gestionar y optimizar las áreas sobre las cuales es prioritario tener información con mayor detalle, a fin de establecer por ejemplo planes de acción para recuperación de cobertura vegetal, planes de gestión del riesgo asociados a deslizamientos en masa o áreas de protección y conservación entre otras. Debido a que la toma de decisiones regionales se debe basar en información con mayor detalle se debe mejorar la escala de análisis, de tal forma que las áreas con las que se vaya a trabajar a futuro estén ajustadas lo más cercanamente a la realidad, por lo que la herramienta facilita la determinación de áreas sobre la cuales es más urgente realizar dicha precisión de escala.

Es posible que en la implementación de este proceso, áreas previamente inidentificadas (por la herramienta UPME – TNC del 2014) como de ofertas altas y muy altas en Servicios Ecosistémicos, después de ser contrastadas con cartografía más detallada y un riguroso trabajo de campo, se presenten como áreas deterioradas. En estos casos lo más recomendable es sugerir estrategias de reforestación y restauración ecosistémica de dichas áreas en particular.

Para realizar un priorización de áreas en las cuales se puedan promover estudios más detallados, se deben llevar a cabo los pasos metodológicos presentados en el **Gráfico 7-3**. El resultado obtenido corresponderá a un Mapa a escala de la jurisdicción de la Corporación, con las áreas de mayor oferta de estos tres (3) servicios (en conjunto) que dependiendo de lo que se requiera, se priorizarán para adelantar estudios y análisis futuros a escalas más detalladas, con la mejor verificación de campo posible.

**Gráfico 7-3** Priorización áreas de estudio para profundización de conocimiento



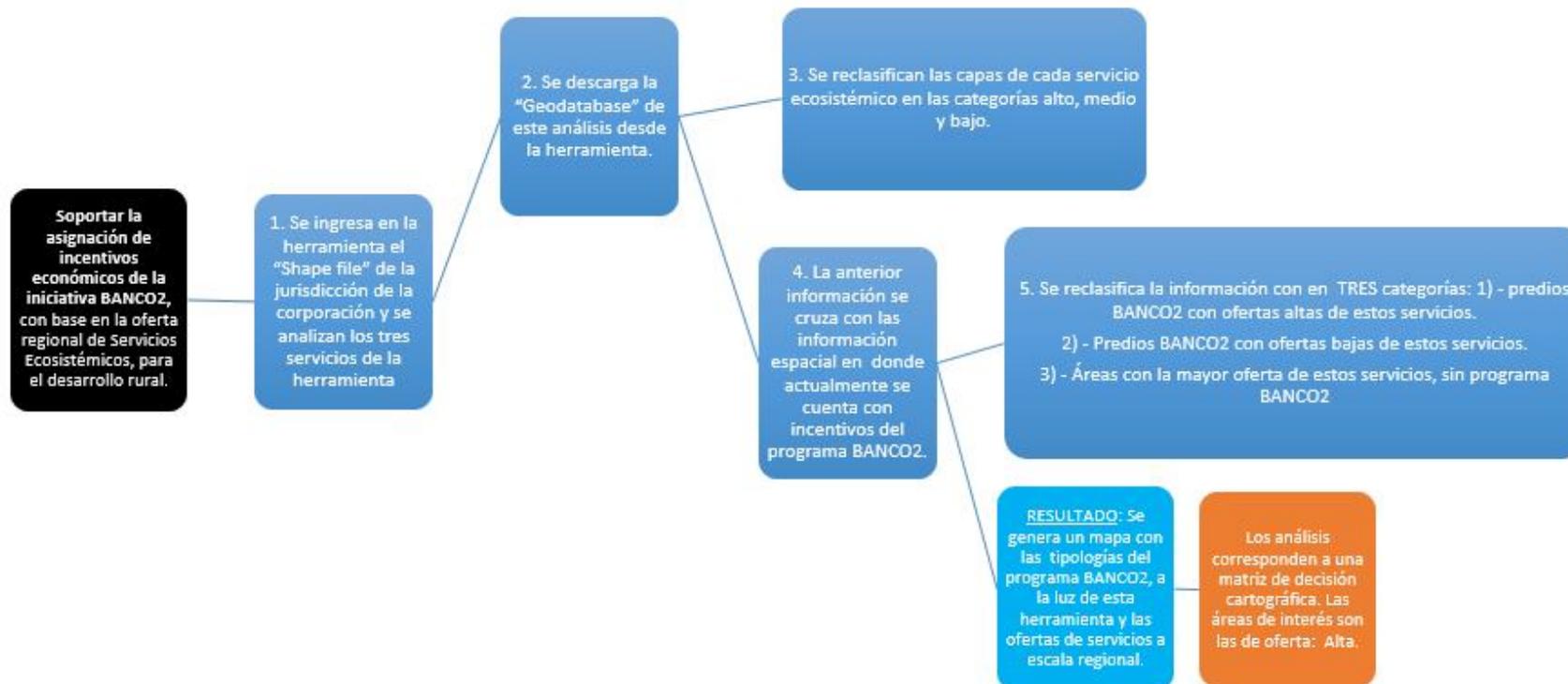
Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

#### **7.1.4 Soporte a la asignación de incentivos económicos, con base en la oferta regional de Servicios Ecosistémicos, para el desarrollo rural**

Tomando como ejemplo la iniciativa BANCO<sub>2</sub>, una estrategia que busca promover la conservación de los ecosistemas estratégicos del país, a través del reconocimiento y la valoración por los servicios ambientales presentes (fijación de carbono) en dichos ecosistemas, la herramienta de cuantificación de servicios ecosistémicos podría complementar los esfuerzos realizados por CORNARE, al incorporar nuevos servicios ecosistémicos a su esquema existente. Para esto, el siguiente diagrama expresa los pasos metodológicos que deberán desarrollarse para incluir los resultados de la herramienta en BANCO<sub>2</sub>.

El resultado obtenido corresponde a un Mapa a escala de la jurisdicción de la Corporación, con las tipologías del programa BANCO<sub>2</sub>. Debido a que actualmente hay 16 corporaciones aliadas (BANCO<sub>2</sub>, 2015) que están haciendo uso de este aplicativo, el ejercicio puede ser replicable a todas estas jurisdicciones.

**Gráfico 7-4** Integración de SE con el aplicativo BANCO<sub>2</sub>



Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

Teniendo en cuenta que CORNARE es la corporación pionera en la implementación del aplicativo, se lleva a cabo el cruce de los predios adscritos al programa. Para el caso de Corpochivor, que está iniciando el proceso de aliarse con la iniciativa, se realiza un análisis con cinco (5) áreas que tienen designadas como Distritos Regionales de Manejo Integrado.

#### 7.1.4.1 Análisis para la jurisdicción CORNARE

Tras realizar el cruce de la capa única de oferta de servicios ecosistémicos con los predios inscritos a la iniciativa BANCO<sub>2</sub> se determina que el 50% de la extensión de los predios, que en la actualidad hacen parte del programa, se encuentran en áreas con oferta Alta de los servicios ecosistémicos. El 32% del área total de los predios se encuentra en áreas con oferta Muy Alta tal y como se indica en la **Tabla 7-3**.

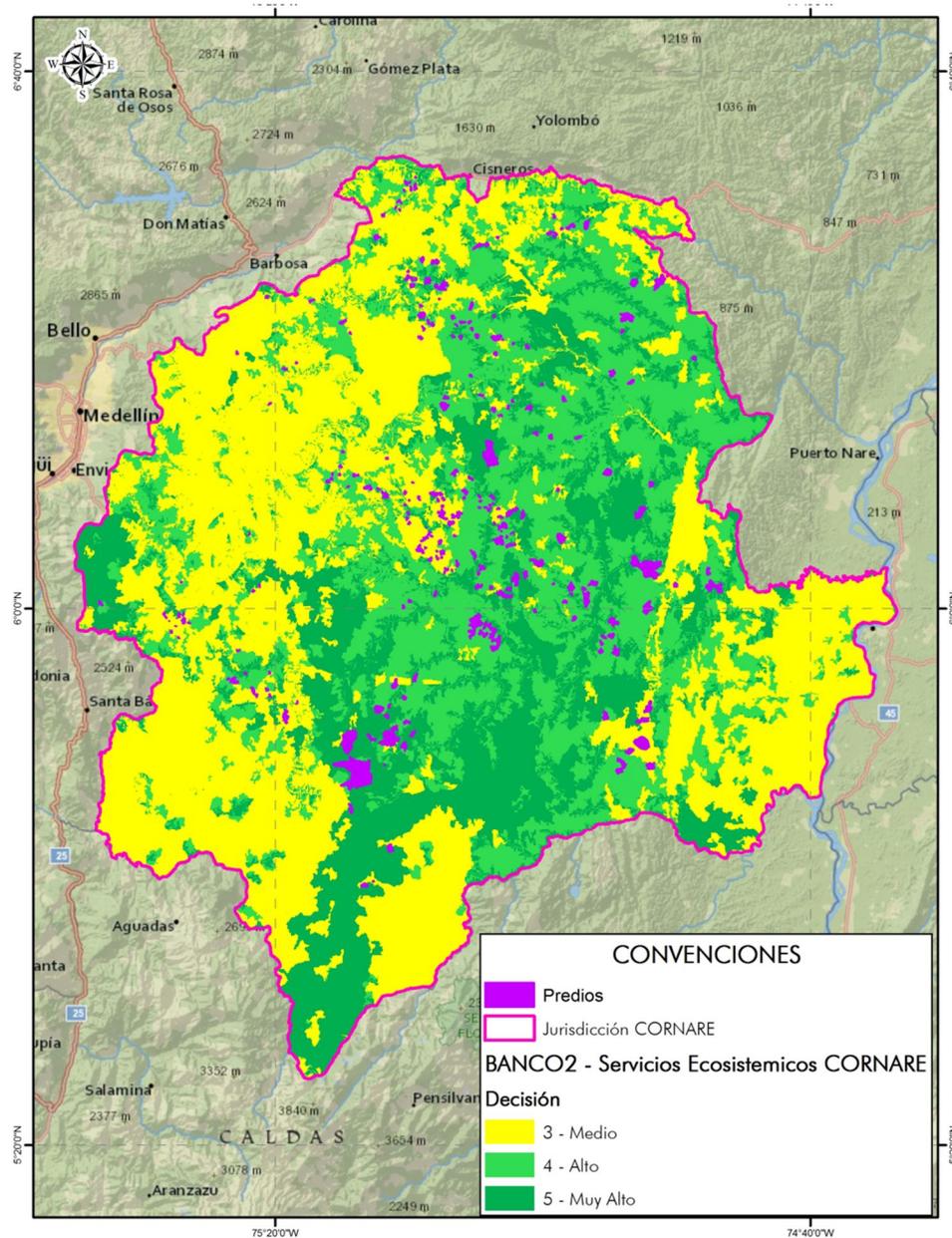
Estos resultados le permitirán a CORNARE construir decisiones relacionadas con la necesidad de complementar su esquema de predios beneficiarios del programa BANCO<sub>2</sub>, incorporando aquellos que se encuentren en zonas con ofertas altas y muy altas de servicios y que en la actualidad no están inscritos. Además de complementar con este tipo de análisis su portafolio de servicios de compensación por servicios ecosistémicos (diferentes al Carbono), que puede ser relevante para la decisión de donantes y socios, según sea el caso.

**Tabla 7-3** Oferta de Servicios Ecosistémicos en los predios de BANCO<sub>2</sub>

Ofertas de servicios	Área en hectáreas	Porcentaje
Media	1.783,0	18%
Alta	4.645,1	50%
Muy alta	3.001,6	32%
<b>Total General</b>	<b>9.429,7</b>	<b>100%</b>

Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

**Figura 7-3** Áreas con ofertas de servicios ecosistémicos, para la jurisdicción CORNARE – Programa BANCO<sub>2</sub>



Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

#### 7.1.4.2 Resultados de este análisis para la jurisdicción de Corpochivor

Para el caso de Corpochivor, como se indicó anteriormente este análisis se realiza mediante el cruce de la capa única de oferta de servicios ecosistémicos y la capa de predios identificados para el establecimiento de nuevos DRMI. En este caso, se determina que el 76% de los predios, se encuentran en áreas con oferta Media de servicios ecosistémicos, mientras sólo el 24% de se encuentra en áreas con oferta Alta a Muy Alta (**Tabla 7-4**)

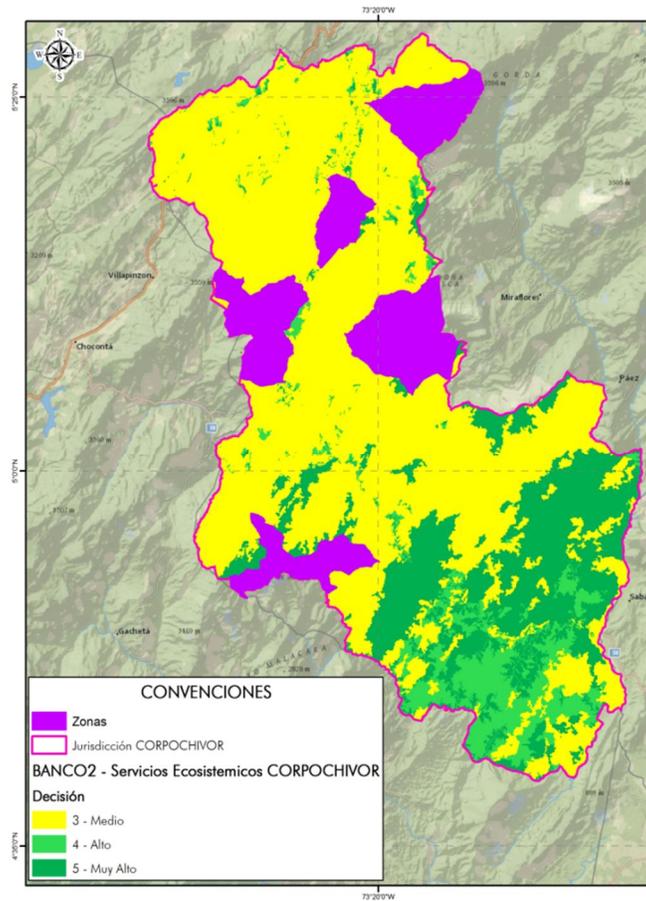
Estos resultados le permitirán a CORPOCHIVOR construir decisiones relacionadas con la necesidad de complementar o modificar en cierto grado las áreas propuestas para el establecimiento de los DRMI. Se podrán incorporar las áreas que presentan ofertas altas de estos servicios y que en la actualidad no están consideradas. Además, se podría revisar el estado de algunas áreas que sin tener una alta clasificación en cuanto a los servicios ecosistémicos, hubieran quedado priorizadas para el establecimiento del DRMI.

**Tabla 7-4** Oferta de servicios ecosistémicos en DRMI proyectados

<b>Oferta de servicios</b>	<b>Área en hectáreas</b>	<b>Porcentaje</b>
Media	31.387,2	76%
Alta	1.306,5	4%
Muy alta	8.605,2	20%
<b>Total</b>	<b>41.298,9</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

**Figura 7-4** Relación de los DRMI y la oferta de servicios ecosistémicos



Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

## 7.2 Actores corporativos: generadores de hidroelectricidad

En el caso de los estudios piloto, las empresas generadoras se pueden beneficiar del uso de la herramienta de análisis de servicios ecosistémicos del sector minero energético en varias formas. Por un lado, EPM puede revisar los resultados del análisis realizado para los predios inscritos en BANCO2 y decidir con base en la disponibilidad de servicios ecosistémicos a cuál de los predios desea enfocar la compensación. Lo anterior previo trabajo de campo para verificar la información proveída por la herramienta. Por el otro, AES Chivor puede decidir que predios generarán mayores beneficios a largo plazo, por la disponibilidad de Servicios Ecosistémicos, que aseguren los ciclos hídricos de la zona y por lo tanto la disponibilidad de agua en la cuenca, para realizar las compensaciones a las que se vean sujetos, como también esquemas tipo *Pago por servicios Ambientales*, compra de predios, recuperación de áreas degradadas, y demás acciones en convenio con CORPOCHIVOR.

Hay otros análisis de la herramienta que pueden fortalecer, basados en los resultados globales que arroja (para estos tres servicios), las siguientes decisiones:

ACON-Miembro Grupo INERCO

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME)-0580-112-

V.02-noviembre/2015

### 7.2.1 Ajuste prioridades de conservación y gestión

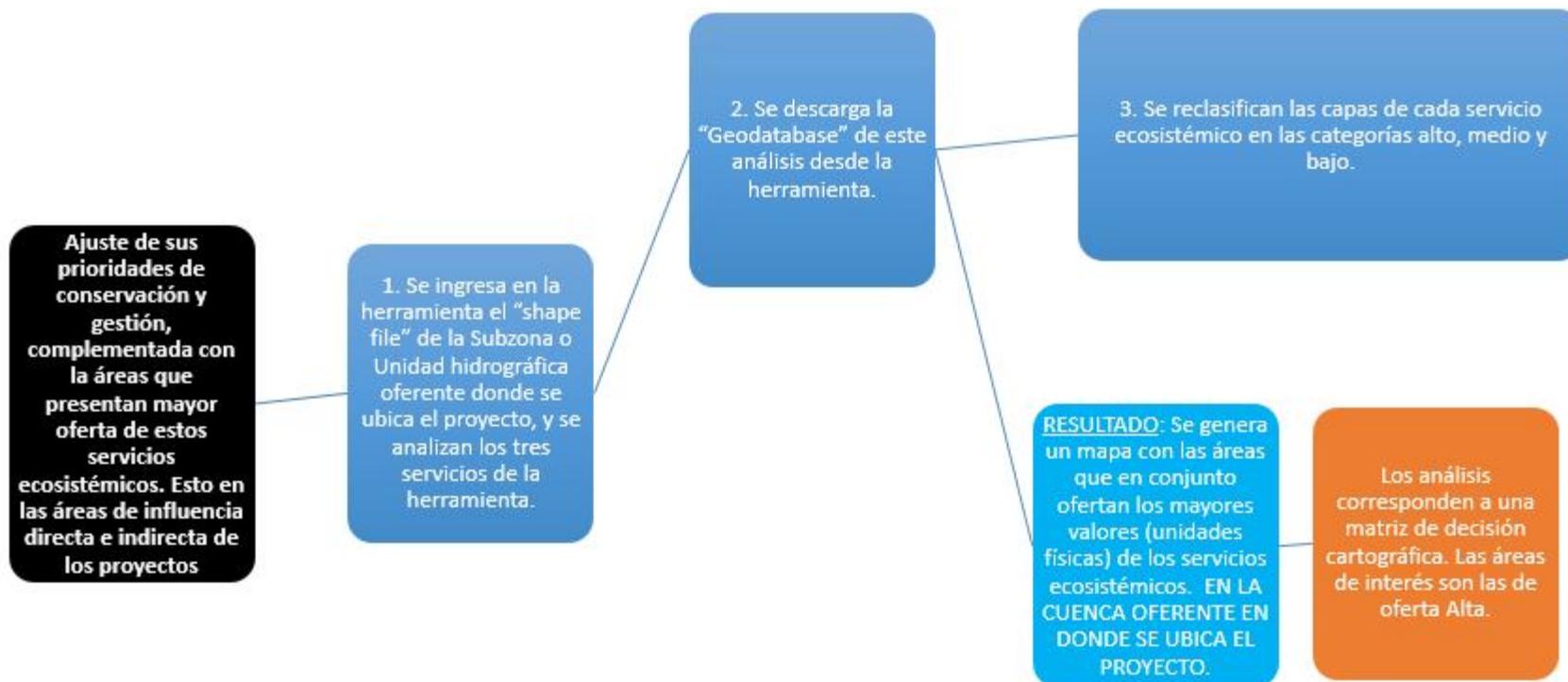
Las decisiones en cuanto a áreas y acuerdos de conservación y gestión que le corresponden a cada empresa generadora pueden ser complementadas con las áreas que presentan mayor oferta de servicios ecosistémicos, pues éstos pueden ser beneficiosos para la retención de sedimentos y mantenimiento de los ciclos hídricos en el tiempo.

Los pasos metodológicos para desarrollar este análisis con base en la información regional (gruesa) que provee la herramienta se presentan en el **Gráfico 7-5**. Los resultados obtenidos tras este proceso corresponden a Mapas a escala de cuenca en donde se ubica el proyecto, con las áreas de mayor oferta de los tres servicios combinados.

Este tipo de mapas, a escala de cuenca pero basados en información global, en donde se ubica el proyecto, puede orientar la construcción de las siguientes decisiones puntuales:

- Apoyar en la definición de áreas importantes que orienten y concentren las Compensaciones Ambientales a las que estén sujetos los proyectos.
- Soportar la asignación de incentivos económicos, con base en la oferta regional de Servicios Ecosistémicos, para el desarrollo rural.
- Proyectar, a través de estimaciones económicas indirectas (Técnica de Transferencia de Beneficios), costos estimados generados por cambios en el uso de los suelos (negativos y/o positivos). Esto en las áreas de influencia directa e indirecta de sus proyectos.
- Focalizar inversiones desde los programas de Responsabilidad Social y Ambiental Corporativa. Por ejemplo: focalizando sus acciones voluntarias en las áreas que presentan mayor oferta de estos servicios ecosistémicos.

Gráfico 7-5 Ajuste a prioridades de conservación involucrando SE



Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

## 7.2.2 Cuencas aferentes EPM

Tras realizar el cruce de la capa modificada de servicios ecosistémicos y las cuencas aferentes de los embalses de EPM, se determina que en la cuenca aferente del río Nare el 48% de su extensión presenta una oferta Media, y el 52% presenta una oferta entre Alta y Muy Alta. La cuenca aferente del río Negro, tiene en un 74% de su extensión una oferta Media y el 26% entre Alta y Muy Alta, y finalmente en la cuenca aferente de Samaná Norte, se determina que el 49% de su extensión presenta una oferta Alta.

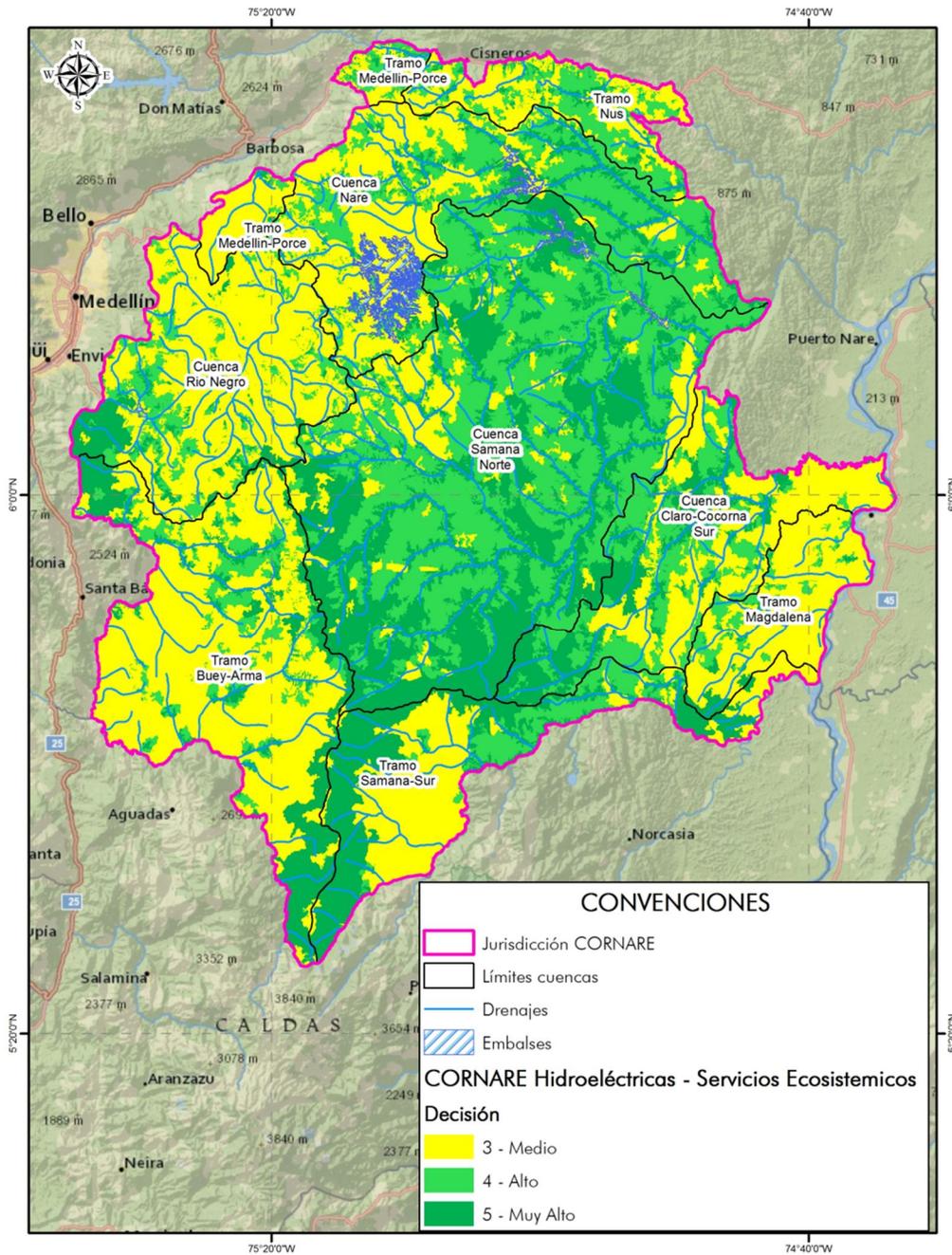
**Tabla 7-5** Áreas con ofertas de servicios ecosistémicos en las cuencas aferentes EPM

Cuencas oferentes y oferta de servicios ecosistémicos	Área en hectáreas	Porcentaje
<b>Cuenca Nare</b>	<b>109.061,2</b>	<b>100%</b>
Media	52.656,7	48%
Alta	42.525,9	38%
Muy alta	13.878,6	14%
<b>Cuenca Río Negro</b>	<b>92.127,4</b>	<b>100%</b>
Media	68.293,5	74%
Alta	14.784, 1	17%
Muy alta	9.049,9	9%
<b>Cuenca Samaná Norte</b>	<b>256.149,4</b>	<b>100%</b>
Media	29.276,2	12%
Alta	127.025,1	49%
Muy alta	99.848,2	39%
<b>Total general</b>	<b>457.338,2</b>	

Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

Con estos resultados, EPM puede involucrar los servicios ecosistémicos presentes en cada cuenca, dentro de la planeación del manejo de cuencas y embalses, dependiendo de la oferta de los mismos.

**Figura 7-5** Servicios Ecosistémicos en las cuencas aferentes de EPM



Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

### 7.3 Cuencas aferentes de AES Chivor

Realizando el mismo análisis que para EPM, se determinó que las cuencas aferentes de los ríos Garagoa, Guavio Alto y Lengupá cuentan con una oferta Media de servicios ecosistémicos. Por su parte, la cuenca Guavio Bajo tiene una oferta principalmente Alta. Finalmente, la cuenca Upía es la única con una oferta en su mayoría Muy Alta.

**Tabla 7-6** Áreas con ofertas de servicios ecosistémicos en las cuencas aferentes AES Chivor

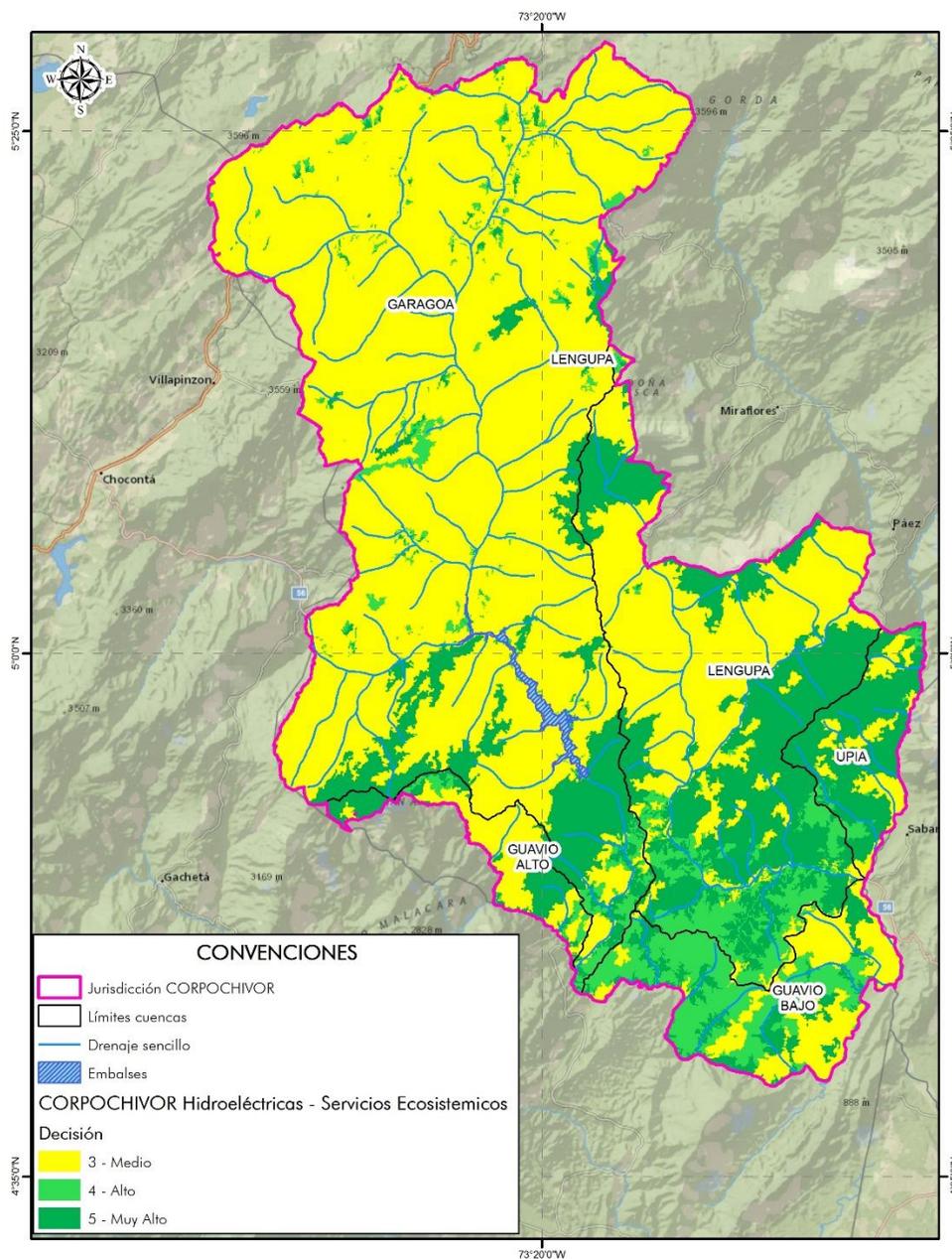
Cuencas y oferta de servicios ecosistémicos	Área en hectáreas	Porcentaje
<b>Garagoa</b>	<b>188.748,6</b>	<b>100%</b>
Media	163.348,6	86%
Alta	6.714,7	5%
Muy alta	18.685,2	9%
<b>Guavio Alto</b>	<b>9.292,2</b>	<b>100%</b>
Media	5.240,1	56%
Alta	769,6	8%
Muy alta	3.282,5	36%
<b>Guavio Bajo</b>	<b>24.006,1</b>	<b>100%</b>
Media	8.933,1	37%
Alta	10.506,1	43%
Muy alta	4.566,9	20%
<b>Lengupa</b>	<b>75.450,3</b>	<b>100%</b>
Media	35.589,2	47%
Alta	8.183,6	11%
Muy alta	31.677,5	42%
<b>Upía</b>	<b>13.425,1</b>	<b>100%</b>
Media	3.280,3	24%
Alta	675,6	6%
Muy alta	9.469,2	70%
<b>Total general</b>	<b>310.922,3</b>	

Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de

Lineas Gruesas de Medidas de Adaptación

**Figura 7-6** Servicios Ecosistémicos en las cuencas aferentes de AES Chivor



Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

## **8. APROXIMACIÓN A LA VALORACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS**

Anteriormente, en el capítulo 7, se describieron de forma general las limitaciones de esta herramienta para la realización de algunos análisis y se aclaró que con la información con la que cuenta actualmente no permite adelantar procesos de valoración económica formales, no sólo por la escala de la información de entrada, sino porque la valoración económica es principalmente contextual.

Sin embargo, en este capítulo se realizará una aproximación a la valoración económica, por transferencia de beneficios, de cambios potenciales en algunos servicios ecosistémicos, para las jurisdicciones de CORNARE y CORPOCHIVOR. De igual forma se realiza una breve guía con los criterios a considerar, para adelantar futuras valoraciones económicas detalladas en los estudios de caso (presentada en el Anexo 1 Recomendaciones Generales para desarrollar valoraciones económicas de servicios ecosistémicos en campo y con información primaria.

### **8.1 Valoración económica de la fijación de carbono**

Para el servicio ecosistémico de fijación de carbono se puede realizar una estimación de valoración económica mediante los mercados de carbono. Actualmente existen dos tipos de mercados de carbono: el de cumplimiento regulado y el mercado voluntario. El regulado es utilizado por empresas y gobiernos que, por ley, deben rendir cuentas de sus emisiones de GEI. Este mercado se encuentra regulado por regímenes obligatorios de reducción de carbono, ya sean nacionales, regionales o internacionales. En el mercado voluntario, en cambio, el comercio de créditos se produce sobre una base facultativa. Las dimensiones de los dos mercados difieren notablemente. En 2008, se comerciaron en el mercado regulado 119.000 millones de dólares estadounidenses (US\$), y en el voluntario, 704 millones US\$ [Hamilton et al., 2009].

Los tres mecanismos del Protocolo de Kioto son muy importantes para el mercado regulado: el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), la Implementación Conjunta (JI, siglas en inglés) y el Régimen para el comercio de derechos de emisión de GEI de la Unión Europea (ETS, siglas en inglés). Algunos países no han aceptado legalmente el Protocolo de Kioto, pero tienen otros esquemas de reducción de GEI vinculantes legalmente, a nivel estatal o regional. Los países en desarrollo sólo pueden participar en el MDL. En general, para proyectos AFOLU (fomento a la captura de carbono en la Agricultura, el Sector Forestal y Cambio de Uso de Suelo, por sus siglas en inglés) a pequeña escala en países en desarrollo, el mercado voluntario es más interesante que el regulado, porque el mercado de MDL tiene unos mecanismos y procedimientos bastante complejos para el registro de proyectos, que excluyen a la mayoría de proyectos agrícolas, forestales y de reducción de las emisiones derivadas de la deforestación y

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación degradación de los bosques (REDD). Además, muchas de las reglas establecidas valen también para el mercado voluntario (Seeberg-Elverfeldt, 2010).

La presente aproximación a la valoración económica del Carbono retenido en las formaciones vegetales de CORNARE y CORPOCHIVOR, se basó en los siguientes elementos o pasos metodológicos:

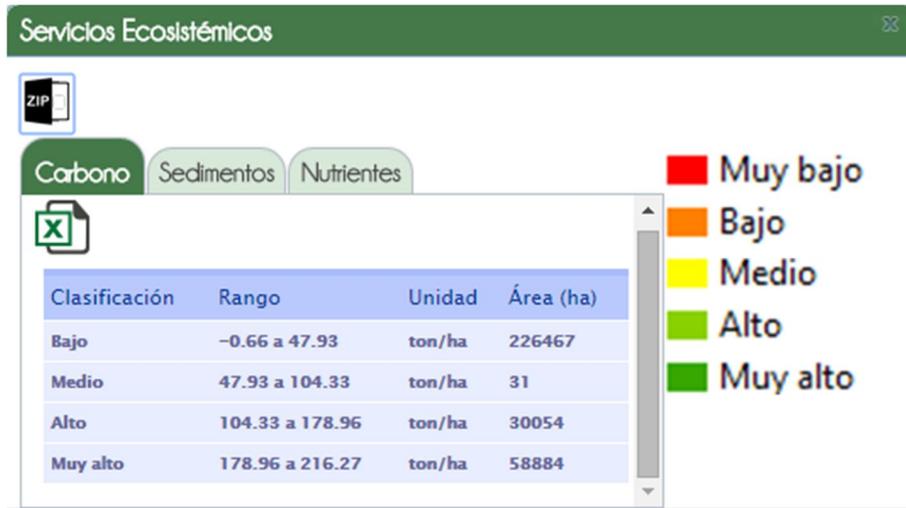
1. Cálculo, a partir de la herramienta de TNC – UPME, de las toneladas de carbono por hectárea almacenadas en las diferentes formaciones vegetales de las jurisdicciones de cada corporación.
2. Revisión de los precios promedios de la tonelada de carbono, en el mercado internacional, de acuerdo al <http://www.sendeco2.com/es/>.
3. Transferencia de beneficios, por categoría, a cada una de las jurisdicciones. Se realizó la transferencia de precios por hectárea y total.

#### **8.1.1 Desarrollo de la estimación de la valoración de carbono, por transferencia de beneficios.**

- 1) En primer lugar, se corre la herramienta *“Análisis de servicios ecosistémicos del sector minero energético”* para cada una de las áreas de estudio, Corpochivor y Cornare a fin de obtener la oferta del servicio ecosistémico clasificado por rangos. Las imágenes que se presenta a continuación son el resultado de la implementación.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación

**Figura 8-1** Fijación de carbono CORPOCHIVOR (a)



**Fuente:** Herramienta para identificación de Servicios ecosistémicos para el sector minero energético. 2015.

**Figura 8-2.** Fijación de carbono CORNARE (b)



**Fuente:** Herramienta para identificación de Servicios ecosistémicos para el sector minero energético. 2015.

- 2) En segundo lugar, se realiza una revisión de los precios de la tonelada de carbono en el mercado internacional. Teniendo en cuenta la información presentada en

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación SENDECO<sub>2</sub><sup>1</sup>, a continuación se presenta el promedio de precios del carbono, del mercado voluntario.

**Tabla 8-1** Promedio precios del carbono

Precios CO2 (SPOT)	EUA	CER
Último cierre (16-10-2015)	8,35 €	0,58 €
Media de las últimas 5 sesiones	8,35 €	0,58 €
Media de las últimas 30 sesiones	8,16 €	0,54 €
Media de los últimos 12 meses	7,34 €	0,29 €

Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

Para efectos de la presente transferencia de beneficios, se tomará como base el promedio de CER (Certificados de Emisiones Reducidas - 1Ton CO<sub>2</sub> - Equivalente). El promedio, en valores de cambio del peso colombiano (más conservador) es de COP \$1.972 por cada CER, equivalente a una tonelada de CO<sub>2</sub> retenida.

- 3) Posteriormente se realiza la transferencia de beneficios, por categoría, a cada una de las jurisdicciones tomando dos precios como base: el precio por hectárea y el precio total.

### 8.1.2 Resultados de la valoración económica para la fijación de carbono

A continuación se presentan los resultados la implementación de la metodología presentada anteriormente a cada una de las jurisdicciones.

#### 8.1.2.1 Valoración para la oferta del servicio CORPOCHIVOR

La tabla que se presenta a continuación ilustra los resultados de los valores obtenidos para cada uno de los rangos de oferta del servicio.

---

<sup>1</sup> [www.sendeco2.com/es/](http://www.sendeco2.com/es/)

**Tabla 8-2** Transferencias de valores para Corpochivor

Categoría	Rango bajo	Rango alto	Unidad	Área (ha)	Precio total: (año 2015). Rango bajo: COP\$	Precio total: (año 2015). Rango alto: COP\$/.
<b>Bajo</b>	0,66	47,93	Ton CO <sub>2</sub> eq / Ha	226.467	294.751,33	21.405.198,85
<b>Medio</b>	47,93	104,33	Ton CO <sub>2</sub> eq / Ha	31	2.930,057	6.377,90
<b>Alto</b>	104,33	178,96	Ton CO <sub>2</sub> eq / Ha	30.054	6.183.272,69	10.606.330,69
<b>Muy alto</b>	178,96	216,27	Ton CO <sub>2</sub> eq / Ha	58.884	20.780.700,62	25.113.109,77

Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

De aquí es posible concluir que en la jurisdicción de Corpochivor, las áreas con las mayores retenciones de carbono forestal (Muy alto), presentan un valor potencial estimado de COP\$20.780.700,6/Año bajo el escenario más conservador y de COP\$25.113.109,77/Año en el más optimista. Evidenciando un potencial realmente importante en la jurisdicción de Corpochivor, para el desarrollo de proyectos relacionados con la retención de carbono forestal (REDD, por ejemplo). Además de la potencial ubicación de dichos proyectos pues la **Figura 5-8** presenta la distribución del servicio en la jurisdicción.

### 8.1.2.2 Valoración para la oferta del servicio CORNARE

Realizando el mismo ejercicio que en el caso anterior se obtiene la siguiente tabla con los valores estimados para la transferencia de valores en la jurisdicción de Cornare.

**Tabla 8-3** Tabla de transferencias de valores

Categoría	Rango bajo	Rango alto	Unidad	Área (ha)	Precio total: (año 2015). Rango bajo: COP\$.	Precio total: (año 2015). Rango alto: COP\$
Bajo	-0,66	47,93	Ton CO <sub>2</sub> eq / Ha	393.404	12.023,174	37.183.743,536
Alto	104,33	178,96	Ton CO <sub>2</sub> eq / Ha	310.715	63.926.118,813	109.654.157,221
Muy alto	178,96	216,27	Ton CO <sub>2</sub> eq / Ha	134.106	47.327.230,447	57.194.122,311

Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

De lo anterior es posible concluir que las áreas con alta fijación de carbono forestal (Muy alto) tienen un valor potencial de COP\$47.327.230,5/Año en el escenario más conservador mientras en el escenario más optimista tiene un valor de COP\$57.194.122,3/Año, lo que representa, al igual que para la Corpochivor, un potencial importante en la jurisdicción de CORNARE, para el desarrollo de proyectos relacionados con la retención de carbono forestal (REDD, por ejemplo).

## 8.2 Valoración por transferencia de beneficios

La asignación de valores monetarios requiere que estos sean relacionados con las áreas de provisión de los servicios. Esto se puede realizar ya sea por el desarrollo de un nuevo estudio de valoración, o mediante la transferencia de valores a partir de estudios existentes para áreas similares (Navrud & Bergland, 2001), (Navrud & Ready, 2007).

La primera aproximación implica estimar el valor monetario de los servicios ecosistémicos en el área de estudio, a través de la aplicación de alguno de los métodos de valoración de mercado o no mercado disponibles. La segunda aproximación implica la transferencia de los valores calculados en uno o múltiples estudios previos, en donde el servicio ha sido valorado, al área de estudio (a menudo sitio denominado de la política).

Construir una aproximación precisa al valor de los servicios ecosistémicos de los Andes colombianos, a través de estudios puntuales y originales, es un proceso que configura un trabajo dispendioso y costoso, requiriendo el levantamiento de una gran cantidad de información para determinar el capital natural. Frente a esta dificultad, existe una técnica conocida como transferencia de beneficios (Spash & Vatn, 2006), (Plummer, 2009), que permite aprovechar el esfuerzo realizado en estudios puntuales preexistentes, para construir una primera aproximación a la valoración en otras regiones u áreas similares, de forma rápida y económica (Brouwer, 2000). Esta técnica consiste en la *“adaptación de los valores monetarios de bienes ambientales estimados en una investigación original (sitio de estudio), a un contexto similar (sitio de la política), donde se desconoce el valor”* (Rosenberg & Loomis, Benefit transfer, 2003), (Osorio & Correa, 2004).

En el presente estudio se realizó una transferencia de beneficios a partir de la aplicación de valores medios, con el fin de tener una aproximación al valor de los cambios en la oferta de los servicios ecosistémicos de retención de sedimentos y de nutrientes.

Para esto se siguieron los pasos propuestos en el Protocolo adaptado de Rosemberg y Lomis (2000) para la información de Colombia, por Ruíz et al. (2011):

1. **Identificar el recurso o servicio objeto de la valoración:** el primer paso requiere la identificación del recurso natural o servicio a evaluar y caracterizar la naturaleza del incremento o reducción de oferta ambiental (p. ej. incremento en el caudal de agua). Es recomendable enumerar todos los beneficios económicos del recurso o servicio y establecer el nivel de la oferta ambiental en el sitio de estudio y el sitio de intervención.
2. **Identificar los estudios potenciales relevantes para el ejercicio:** para llevar a cabo el segundo paso, es necesario realizar una extensa revisión de bibliografía. Ello significa identificar estudios que valoran recursos o servicios similares a aquellos del sitio de intervención.
3. **Evaluar la aplicabilidad de los estudios existentes:** el tercer paso debe revisar cuidadosamente los estudios identificados para establecer si sus medidas de beneficios son transferibles al sitio de intervención. Con el fin de aplicar los resultados de los estudios existentes, es necesario que la naturaleza de los recursos o servicios evaluados en el sitio de estudio sean comparables con los recursos o servicios del sitio de intervención. Las siguientes cuatro características deben cumplirse en un ejercicio adecuado de transferencia de beneficios:
  - Los estudios base de la transferencia de beneficios deben ser de alta calidad, es decir es imprescindible que sus datos sean adecuados y que los métodos económicos así como las técnicas empíricas sean correctos.
  - Las características del recurso o servicio valorado y de la población que lo valora deben ser similares en el sitio de estudio y el sitio de intervención. Algunas características que deben guardar similitud entre el sitio de estudio y el sitio de intervención son:
    1. Grupo de población beneficiado por el recurso o servicio.
    2. Sitios sustitutos.
    4. Área geográfica.
    5. Características socio-demográficas (ej.: edad, ingreso y educación).
    6. Calidad de los recursos o servicios ambientales.
  - El tamaño del mercado, es decir la población beneficiada por la existencia del recurso, debe ser similar en el sitio de estudio y en el sitio de intervención.
  - La asignación de los derechos de propiedad del recurso ambiental en el sitio de estudio y el sitio de intervención debe ser igual con el propósito de utilizar la misma medida de bienestar (p. ej. disponibilidad a aceptar o disponibilidad a pagar).

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación

4. **Llevar a cabo la transferencia de beneficios:** En el último paso se calculan los beneficios con base en los métodos descritos a continuación.

Existen dos métodos para realizar la transferencia de beneficios: transferencia de valor y transferencia de funciones. La primera transfiere un valor de un área a otra o un valor promedio de un conjunto de estudios a la nueva área de estudio. La segunda consiste en adaptar una función de demanda o una regresión meta-análisis a la nueva área de estudio.

Dados los limitantes de información (calidad y cantidad) para el área de estudio, en este proyecto se emplea el primer método es decir transferencia de valor.

### 8.2.1 Valoración económica: transferencia de beneficios económicos por generación hidroeléctrica

Siguiendo la metodología planteada, a continuación se presentan los resultados de la valoración económica de los beneficios económicos por generación hidroeléctrica de los embalses de EPM en el Oriente Antioqueño (Guatapé – Peñol y Playas).

El primer modelo a partir de Young R. (1996) busca calcular el valor del agua a partir de una ecuación que mide los ingresos y los egresos de manera que el diferencial sea el valor por metro cúbico de agua. Esto de acuerdo al siguiente modelo:

$$V = [Y_F X_1 e h] - \left[ \frac{X_1 C (\alpha + \beta)}{X_2 F} \right]$$

Donde:

- V = Valor en pesos de un metro cúbico de agua para un año  
Y<sub>F</sub> = Precio de la electricidad (en pesos por kWh) dada una capacidad F<sup>2</sup>  
e = Eficiencia promedio (hidráulica, mecánica y eléctrica)  
h = Promedio de altura efectiva de caída en metros  
C = Costos de capital en pesos por Kilovatio Hora (kWh) de capacidad instalada del proyecto (incluye costos de activos de la generadora, represa, líneas de transmisión y subestaciones eléctricas).  
αC = Depreciación de la inversión o costos anualizados, donde α es el factor de descuento

---

<sup>2</sup> Para una descripción de los inconvenientes de usar el precio de venta de Kwh en mercados regulados ver Gibbons, D. 1986 y Young, R., 1996.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación

$\beta C$  = Costos anuales de operación y mantenimiento, donde  $\beta$  se asume como un porcentaje constante del costo de capital.

F = Factor de utilización anual (relación entre el promedio de generación y su capacidad máxima instalada).

$X_1$  = Constante que relaciona los metros cúbicos de agua con los kWh.

$X_2$  = Constante que representa el número de horas en un año

### 8.2.1.1 Resultados de la valoración por transferencia de beneficios para EPM

Considerando que para este ejercicio piloto no se realizó un levantamiento de información primaria, sino que se realizó una búsqueda de información secundaria que permitiera una valoración inicial, se transfirieron los siguientes datos provenientes del trabajo de Murtinho (2006), para EMGESA:

**Tabla 8-4** Variables utilizadas en modelo de Young, para la presente transferencia de beneficios

	<b>Descripción variable (Información 2005) A precios actuales.</b>	<b>Valor</b>
$Y_F$	Precio de la electricidad (en pesos por kWh) dada una capacidad	73,9
E	Eficiencia promedio (hidráulica, mecánica y eléctrica)	0,850
H	Promedio de altura efectiva de caída en metros (prom. ponderado Paraiso 865m y Guaca 1015m)	946,0
C	Costos de capital en pesos por Kilovatio de Capacidad instalada del proyecto (incluye costos de activos de la generadora, represa, líneas de transmisión y subestaciones eléctricas).	6.379.921,7
$\alpha C$	Depreciación de la inversión o costos anualizados, donde $\alpha$ es el factor de descuento	637.992,2
$\beta C$	Costos anuales de operación y mantenimiento, donde $\beta$ se asume como un porcentaje constante del costo de capital	8.128,6
F	Factor de utilización anual (relación entre el promedio de generación y su capacidad máxima instalada)	0,6
$X_1$	Constante que relaciona los metros cúbicos de agua con los kWh	2,99
$X_2$	Constante que representa el número de horas en un año	8.760,0
$Y_F$	<b>Capacidad instalada en Kwh – Guatapé –Peñol</b>	<b>560.000</b>
$Y_F$	<b>Capacidad instalada en Kwh – Playas</b>	<b>208.000</b>

Fuente: IAVH (2006) – Caso EMGESA, 2006

Esta metodología presenta los resultados para desarrollar cálculos posteriores, y aunque no mide directamente el valor del agua de las cuencas aferentes de estos dos proyectos (Guatapé – Peñol y Playas), sirve para tener una aproximación de los costos de oportunidad en que incurriría el país, si por una eventual disminución de caudales a lo largo del año (sequías más

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación prolongadas en verano por ejemplo), estas generadoras disminuirían el factor de utilización anual, es decir la relación entre el promedio de generación efectiva y su capacidad instalada (en estos casos 560MWh y 208 MWh). Esto implicaría que el SIN (Sistema Interconectado Nacional) deberá usar energía a partir de otras fuentes, posiblemente termoeléctricas (energía que es más cara que la hidroeléctrica).

Lo anterior indica que a una menor provisión de recursos hídricos disminuye la generación efectiva de energía de la hidroeléctrica. Así, para estimar el costo de una reducción en la generación de energía se requiere calcular la cantidad de energía generada por la hidroeléctrica bajo condiciones normales de oferta del recurso hídrico. La siguiente ecuación se construye a partir del modelo presentado por Young R. (1996):

$$E = F_y * F$$

donde  $E$  es la cantidad de energía generada por la hidroeléctrica.

Considerando esta ecuación se tiene que la energía generada por Guatapé - El Peñol es de 336.000 kWh y de 124.800 kWh por Playas.

Por otro lado, dado que no se tiene el precio promedio del kWh de generación por una termoeléctrica, se asume que los precios de equilibrio<sup>3</sup> en bolsa nacional entre 1997 y 1998 reflejan un período en el que por el fenómeno de El Niño, los embalses no pudieron generar normalmente y las termoeléctricas aportaron más al sistema de lo usual (con precios de ventas mayores). Según CAF (2000), en estos años el fenómeno climático de El Niño generó grandes pérdidas al país, entre ellos, las causadas por la disminución en el caudal de agua para los embalses del país. De acuerdo con este informe, los embalses en Colombia tuvieron una disminución en esa época de 76% (promedio) y problemas de corrosión en sus equipos debido a la concentración de contaminantes.

Los daños totales, directos e indirectos sumando todos los sectores afectados, fue de 563 millones de dólares de los cuales el 54% son atribuidos al sector de generación eléctrica (CAF, 2000).

---

<sup>3</sup> La Bolsa Nacional de Energía realiza una subasta todos los días para comprar energía a cada generadora (hidroeléctrica o termoeléctrica). Este precio de equilibrio refleja el precio de la energía más cara (la última oferta en ser comprada), es decir el punto en que la oferta es igual a la demanda de energía en el mercado mayorista.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación

De acuerdo con estimaciones para 1997-1998, el precio en los meses críticos fue de \$125/KWh, llegando hasta \$215/KWh, mientras los precios normales estaban entre 20 y 30 pesos el kilovatio hora. Es decir, el precio pico en esos años estuvo entre 5 y 8,6 veces mayor que el precio promedio, información que será utilizada más adelante en el cálculo del costo de oportunidad por energía pagada a termoeléctricas para satisfacer la demanda por este servicio.

De esta manera se pueden realizar escenarios, para una disminución de un porcentaje del factor de utilización promedio anual de las dos plantas generadoras de EPM. Si por la pérdida de los ecosistemas naturales y seminaturales se modifica el ciclo hidrológico (se disminuye la capacidad de almacenamiento y regulación hídrica), generando mayores sequías en verano o en eventos de variación climática como el fenómeno del niño, se podría plantear un escenario en el que el factor de utilización disminuyera en 1%.

Considerando un factor de utilización anual F de 0,6 (**Tabla 8-4**) y una capacidad instalada de 560.000 kWh para Guatapé-Peñol y 208.000 kWh para Playas, se tiene que la generación efectiva en un escenario de reducción del 1% en el factor de utilización del recurso hídrico sería de 332.640 kWh y 123.552 kWh, respectivamente.

Se puede asumir que el resto de la energía que antes proveía estas hidroeléctricas (3.360Kwh Guatapé – Peñol; 1.248Kwh Playas) tendría que ser suplida por termoeléctricas a un precio entre 5 y 8,6 veces mayor (según las estimaciones para los años de 1997-1998).

En la **Tabla 8-5** se presentan escenarios de los costos adicionales en que se incurriría si las dos plantas hidroeléctricas disminuyen su producción y esta debiera ser reemplazada por termoeléctricas, para un rango de precios posibles (con base a los estimados entre 1997 y 1998), y para diferentes disminuciones en el factor de utilización promedio anual.

**Tabla 8-5** Escenarios por disminución de utilización energía de Guatapé –Peñol y Playas

Factor utilización	Generación hidro-Eléctrica kWh*	Generación termo-Eléctrica kWh	Estimación costos generación termoeléctrica por año			
			Precio 5 veces mayor	Precio 6 veces mayor	Precio 8 veces mayor	
Sin disminución (promedio 2005)	460.800	0	0	0	0	
Disminución de 1%	456.192	4608	Precio multiplicado \$**	369,5	443,4	591,2
			Costo estimado de oportunidad \$	1.702.656	2.043.187	2.724.250

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación

Factor utilización	Generación hidro-Eléctrica kWh*	Generación termo-Eléctrica kWh	Estimación costos generación termoeléctrica por año			
			Precio 5 veces mayor	Precio 6 veces mayor	Precio 8 veces mayor	
Disminución de 10%	414720	46080	Costo estimado de oportunidad \$	17.026.560	20.431.872	27.242.500

\* Los valores aquí registrados son la sumatoria de los cálculos estimados para Guatapé-El Peñol y Playas

\*\* Estos costos se estiman con el precio de la electricidad (en pesos por kWh) equivalente a \$73,9, de acuerdo con la Tabla 8-4

Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

De esta manera, se puede inferir que el aporte de los ecosistemas que ayudan a regular y almacenar el recurso hídrico en las cuencas oferentes, genera beneficios al país (a través del Sistema Interconectado Nacional) entre \$ 1.702.656 y \$ 2.724.250 de pesos al año, por evitar la disminución en 1% el factor de utilización de las plantas generadoras de Guatapé – Peñol y Playas.

Para calcular el beneficio que aporta el área estratégica, se pueden utilizar los cálculos realizados por Niño (2004) donde se estima que el aporte de la cuenca es de 3,2% del aporte del caudal. Así, se puede inferir que el aporte de estos ecosistemas estratégicos, generan beneficios entre 54.484 y 87.176 pesos, por evitar la disminución en 1% el factor de utilización de las plantas hidroeléctricas de Guatapé – Peñol y Playas.

### 8.2.1.2 Resultados valoración por transferencia de beneficios para AES Chivor

Del mismo modo que para la estimación realizada para EPM, se transfirieron los mismos valores del trabajo de IAVH (2006), para EMGESA tomando en cuenta algunos datos específicos para la hidroeléctrica AES Chivor. La siguiente tabla presenta los valores usados para cada una de las variables requeridas para la modelación.

**Tabla 8-6** Variables utilizadas en modelo de Young, para la presente transferencia de beneficios

Descripción variable (Información 2005 transferida)	VALOR
$Y_F$ Precio de la electricidad (en pesos por kWh) dada una capacidad	73.9
E Eficiencia promedio (hidráulica, mecánica y eléctrica)	.850
H Promedio de altura efectiva de caída en metros (promedio ponderado Paraiso 865m y Guaca 1015m)	946.0
C Costos de capital en pesos por Kilovatio Hora (KwH) de capacidad instalada del proyecto (incluye costos de activos de la generadora, represa, líneas de transmisión y subestaciones eléctricas).	6,379,921.7

ACON-Miembro Grupo INERCO

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME)-0580-112-V.02-noviembre/2015

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación

Descripción variable (Información 2005 transferida)	VALOR
$\alpha C$ Depreciación de la inversión o costos anualizados, donde $\alpha$ es el factor de descuento	637,992.2
$\beta C$ Costos anuales de operación y mantenimiento, donde $\beta$ se asume como un porcentaje constante del costo de capital	8,128.6
F Factor de utilización anual (relación entre el promedio de generación y su capacidad máxima instalada)	.6
$X_1$ Constante que relaciona los metros cúbicos de agua con los kWh	2.99
$X_2$ Constante que representa el número de horas en un año	8,760.0
$Y_F$ Capacidad instalada en Kwh – AES Chivor	1000,000.0
$Y_F$ Capacidad instalada en Kwh – PCH tunjita	19,800.0

Fuente: IAVH (2006) – Caso EMGESA, 2006.

Tomando como base las mismas estimaciones realizadas para 1997-1998, se asume que el precio en los meses críticos fue de \$125 kWh, llegando hasta \$215 kWh, mientras los precios normales estaban entre 20 y 30 pesos el kilovatio hora. De esta manera se conforman los escenarios para una disminución de la energía generada por AES Chivor. Si por pérdida de los ecosistemas naturales y seminaturales se modifica el ciclo hidrológico, generando mayores sequías, se podría plantear un escenario donde el factor de utilización disminuye en 1%, es decir la producción de estas plantas en promedio bajaría de 600.000 kWh a 594.000 kWh para la AES-Chivor y de 11.880 kWh a 11.761 kWh. Para PCH-Tunjita.

En ese caso se puede asumir que la energía faltante tendría que ser suplida por termoeléctricas a un precio entre 5 y 8 veces mayor. La **Tabla 8-7** presenta algunos escenarios de los costos adicionales en que se incurriría si el proyecto disminuyera su producción y esta debiera ser reemplazada por energía generada por termoeléctricas.

**Tabla 8-7** Escenarios por disminución de utilización de energía de AES Chivor

Factor utilización	Generación hidro-Eléctrica kWh*	Generación termo-Eléctrica kWh	Estimación costos generación termoeléctrica al año			
			Precio 5 veces mayor	Precio 6 veces mayor	Precio 8 veces mayor	
Sin disminución (promedio 2005)	1.019.800	0	0	0	0	
Disminución de 1%	601.682	10.198	Precio multiplicado \$**	369,5	443,4	591,2
			Costo estimado de oportunidad \$	3.768.161	4.521.793	6.029.058

Factor utilización	Generación hidro-Eléctrica kWh*	Generación termo-Eléctrica kWh	Costo estimado de oportunidad \$	Estimación costos generación termoeléctrica al año		
				Precio 5 veces mayor	Precio 6 veces mayor	Precio 8 veces mayor
Disminución de 10%	509.900	101.980	Costo estimado de oportunidad \$	37.681.610	45.217.932	60.290.576

\* Los valores aquí registrados son la sumatoria de los cálculos estimados para AES Chivor y PCH- Tunjita

\*\* Estos costos se estiman con el precio de la electricidad (en pesos por kWh) equivalente a \$73,9, de acuerdo con la Tabla 8-6

Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

Se puede inferir que el aporte de los ecosistemas que ayudan a regular y almacenar el recurso hídrico en las cuencas oferentes, genera beneficios al país (a través del Sistema Interconectado Nacional), entre 3,77 y 6,02 millones de pesos al año, por evitar la disminución en 1% el factor de utilización de la planta generadora de AES Chivor y de PCH-Tunjita. Mientras que estos valores oscilan entre 37,68 y 60,29 millones de pesos cuando hay una disminución del 10% del factor de utilización.

Tras realizar los cálculos (Niño, 2004) para valorar los beneficios se estima que el aporte de la cuenca es de 3,2% del aporte del caudal. De esta manera se puede inferir que el aporte de estos ecosistemas estratégicos, generan beneficios entre COP\$120.581 y COP\$192.930 al año, por evitar la disminución en 1% el factor de utilización de la planta hidroeléctrica de AES Chivor.

### 8.2.2 Resultados valoración económica: transferencia de beneficios económicos para retención de sedimentos

Cuando se realiza un adecuado manejo de coberturas boscosas se favorece la provisión de servicios ecosistémicos que permiten reducir la erosión del suelo y disminuir la carga de sedimentos a las fuentes de agua potable. Esto, por supuesto, se traduce en ahorro en los costos requeridos para tratamiento de aguas para mejorar los índices de turbiedad.

Del total de volumen de precipitación que es aportado al suelo, se estima que el valor retenido en el sedimento llega a ser del 50% del volumen total, ya que por la escorrentía y evaporación se pierde una fracción del volumen que genera dicha precipitación.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación

Teniendo en cuenta que la precipitación promedio de CORPOCHIVOR es de 2.750 m<sup>3</sup>/ha/año<sup>4</sup>, se estima que su valor retenido en el sedimento es del 50% y que equivale a 1.375 m<sup>3</sup>/ha/año de precipitación en el área de estudio. Para el caso de CORNARE, su precipitación promedio anual es de 3.137 m<sup>3</sup>/ha/año<sup>5</sup>, se estima entonces que su valor de regulación hídrica es de 1.568 m<sup>3</sup>/ha/año.

Para la valoración económica de este servicio ambiental se realizó la transferencia de beneficios a partir del costo de tratamiento por turbiedad (sedimentación), indicado en la Resolución 240 de 2004 del MAVDT que equivale a COP\$ 50 por m<sup>3</sup> de agua. Además, se considera la capacidad estimada en este estudio de cada una de las áreas Corpochivor y Cornare para retener sedimentos (Figura 8-3).

**Figura 8-3** Capacidad retención de sedimentos de cada una de las áreas de estudio



Fuente: Ambiental Consultores – Miembro Grupo INERCO, 2015

Teniendo en cuenta esta información, se obtienen los resultados que se muestran en la **Tabla 8-8** donde el beneficio ambiental total por la retención de sedimentos de la Jurisdicción de CORNARE equivale a **COP\$ 65.716.840.000**.

<sup>4</sup>[http://www.guatape-antioquia.gov.co/apc-aa-files/37306562613636653731306630303361/PLAN\\_DE\\_DESARROLLO\\_DE\\_GUATAP\\_\\_2012\\_\\_2015.pdf](http://www.guatape-antioquia.gov.co/apc-aa-files/37306562613636653731306630303361/PLAN_DE_DESARROLLO_DE_GUATAP__2012__2015.pdf)

<sup>5</sup>[http://www.cornare.gov.co/POMCAS/DESCRIPCION/DESCRIPCION\\_GENERAL\\_DE\\_LA\\_CUENCA\\_HIDROGRAFICA\\_DEL\\_RIO\\_NARE.pdf](http://www.cornare.gov.co/POMCAS/DESCRIPCION/DESCRIPCION_GENERAL_DE_LA_CUENCA_HIDROGRAFICA_DEL_RIO_NARE.pdf)

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación

**Tabla 8-8** Valoración económica de retención de sedimentos de la jurisdicción de CORNARE (COP\$)

Categoría	Área (ha)	Regulación hídrica m <sup>3</sup> /ha/año	Total de regulación hídrica por m <sup>3</sup> /ha/año	Costo de tratamiento de turbiedad m <sup>3</sup> (COP\$)	Valor total por año(COP\$)
Muy bajo	3	1.568	4.704	50	235.200
Bajo	66		103.488		5.174.400
Medio	807.038		1.265.435.584		63.271.779.200
Alto	23.563		36.946.784		1.847.339.200
Muy alto	7.555		11.846.240		592.312.000
<b>TOTAL</b>	<b>838.225</b>		<b>1.314.336.800</b>		<b>65.716.840.000</b>

\* El valor del m<sup>3</sup> de agua se obtuvo de la Resolución 240 de 2004 del MAVDT, y se actualizó, según los índices de inflación del período.

Fuente: Ambiental Consultores – Miembro Grupo INERCO, 2015

Asimismo, se realizó el cálculo para la jurisdicción de CORPOCHIVOR donde el valor total por la retención de sedimentos asciende a **COP\$ 211.766.156.250**.

**Tabla 8-9.** Valoración económica de retención de sedimentos de la jurisdicción de CORPOCHIVOR (COP\$)

Categoría	Área (ha)	Regulación hídrica m <sup>3</sup> /ha/año	Total de regulación hídrica por m <sup>3</sup> /ha/año	Costo de tratamiento de turbiedad m <sup>3</sup> (COP\$)	Valor total por año(COP\$)
Muy bajo	0	1.375	-	50	-
Bajo	12		16.500		825.000
Medio	3.072.099		4.224.136.125		211.206.806.250
Alto	5.589		7.684.875		384.243.750
Muy alto	2.535		3.485.625		174.281.250
<b>TOTAL</b>	<b>3.080.235</b>		<b>4.235.323.125</b>		<b>211.766.156.250</b>

\* El valor del m<sup>3</sup> de agua se obtuvo de la Resolución 240 de 2004 del MAVDT, y se actualizó, según los índices de inflación del período.

Fuente: Ambiental Consultores – Miembro Grupo INERCO, 2015

Los valores aquí estimados representan el costo evitado por un adecuado manejo de las coberturas boscosas, que al reducir la carga de sedimentos a los cuerpos de agua, reducen la turbiedad y mejoran la calidad de la misma.

## 9. CONCLUSIONES

El piloto de implementación de la herramienta de “Análisis de servicios ecosistémicos del sector minero energético” se llevó a cabo para las centrales generadoras del oriente antioqueño de EPM ubicadas dentro de la jurisdicción de Cornare y para las centrales hidroeléctricas de AES Chivor ubicadas en la jurisdicción de Corpochivor.

La implementación de la herramienta se realizó sobre cada una de las jurisdicciones de las corporaciones regionales teniendo en cuenta que la oferta de servicios ecosistémicos es relevante no solo a nivel puntual (en los alrededores de los embalses), sino que debe considerar la interacción de los ecosistemas y cuencas aferentes. Para cada una de las corporaciones se descargaron las capas de los servicios ecosistémicos analizados por la herramienta fijación de carbono, retención de nutrientes y retención de sedimentos. Para determinar qué decisiones pueden nutrirse con la información proporcionada por la herramienta, se realizó una superposición de las tres capas de servicios, creando una nueva capa general de oferta de servicios ecosistémicos.

La capa general de servicios ecosistémicos presenta la distribución de los mismos dentro de la jurisdicción de cada corporación. Con esta información se propone el uso de la herramienta como medida complementaria para:

- El Ajuste de la Estructura Ecológica Principal (EEP, previamente definida por las CARs) complementada con las áreas que presentan mayor oferta de estos servicios ecosistémicos. La herramienta presenta información robusta sobre la distribución de los servicios en las jurisdicciones de las corporaciones, que se puede usar para la determinación de los acuerdos de estructuras ecológicas principales.
- La información generada por la herramienta puede prestar apoyo en la definición de prioridades de conservación regional al complementar la definición de dichas áreas de acuerdo con la oferta de servicios ecosistémicos.
- La capa única de oferta de servicios ecosistémicos puede ser un soporte en la definición de áreas estratégicas, para profundizar en el conocimiento de la oferta regional. Es decir, la herramienta permite determinar las áreas prioritarias para realizar estudios más detallados (a escalas de mayor detalle por ejemplo a 1:100000) de la oferta de servicios ecosistémicos en la jurisdicción.
- El soporte de la asignación de incentivos económicos con base en la oferta regional de Servicios Ecosistémicos para el desarrollo rural. El aplicativo BANCO<sub>2</sub> que busca promover la conservación de los ecosistemas estratégicos del oriente antioqueño, actualmente contempla la fijación de carbono como criterio para la selección de predios incluidos en la herramienta. La inclusión de la capa única con información

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación macro de oferta de servicios ecosistémicos permitiría incluir nuevos predios en el programa, así como el que las empresas tengan mejores criterios de decisión para realizar las compensaciones en los predios.

De igual forma, esta capa única de servicios ecosistémicos puede ser implementada por las empresas generadoras para complementar decisiones como:

- El ajuste de las prioridades de conservación y gestión, considerando aquellas áreas que presentan mayor oferta de estos servicios ecosistémicos.
- La definición de las áreas importantes que orientan y concentran las Compensaciones Ambientales a las que estén sujetas los proyectos, fundamentado desde la conservación de la cuenca aferente sobre la que se ubica el proyecto hidroeléctrico.
- El soporte en la asignación de incentivos económicos, con base en la oferta regional de Servicios Ecosistémicos, para el desarrollo rural. Como se mencionó anteriormente, proyectos como BANCO<sub>2</sub>, en los que las empresas pueden decidir en qué predios realizar sus compensaciones, pueden ser complementados por la oferta de servicios ecosistémicos dentro de sus cuencas aferentes. Igualmente permitirá implementar otros esquemas como los Pagos por Servicios Ambientales.
- La focalización de las inversiones desde los programas de Responsabilidad Social y Ambiental Corporativa.

De otro lado, se realizó una primera aproximación a la valoración de los servicios ecosistémicos evaluados por la herramienta de *"Análisis de servicios ecosistémicos del sector minero energético"*, mediante diferentes metodologías que permiten establecer un valor monetario aproximado a dichos servicios. La valoración del servicio de retención de sedimentos generó como resultado que las empresas generadoras podrían ahorrar aproximadamente un 1% en costos de tratamiento. Por su parte, el servicio de fijación de carbono indicó que es altamente relevante en las dos corporaciones con unos costos potenciales del orden de COP\$30mil millones anuales en cada corporación. Finalmente, se desarrolló una guía que presenta la metodología e información de campo a tener en cuenta para la valoración de servicios ecosistémicos considerando el contexto y objeto de la valoración.

La implementación de este piloto de la herramienta *"Análisis de servicios ecosistémicos del sector minero energético"* demuestra ser útil para las corporaciones y empresas generadoras al producir información complementaria para la toma de decisiones; sin embargo, teniendo en cuenta que la información de base de la herramienta no está en ningún momento directamente relacionada con la generación hidroeléctrica del país, un posible paso a seguir puede ser la

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación  
identificación de oportunidades para la implementación de la herramienta en los toma de decisiones en proyectos de energía, minas y otros sectores.

## BIBLIOGRAFÍA

- AES CHIVOR. (2014). *La Central hidroeléctrica de Chivor*. Obtenido de <http://www.chivor.com.co>
- Balvanera, P., Uriarte, M., Almeida-Leñero, L., Altesor, A., DeClerck, F., Gardner, T., . . . Hernández-Sánchez, A. P. (2012). *Ecosystem services research in Latin America: the state of the art*. *Ecosystem Services* (Vol. 2).
- BANCO2. (2015). *BANCO2*. Obtenido de [www.banco2.com/v2/index.php/nuestros-aliados/corporaciones-autonomas](http://www.banco2.com/v2/index.php/nuestros-aliados/corporaciones-autonomas)
- Bergstrom, J. C., & Taylor, L. O. (Diciembre de 2006). Using meta-analysis for benefits transfer: Theory and practice. *Ecological Economics*, 60, 351–360. doi:10.1016/j.ecolecon.2006.06.015
- Bonilla-Castro, E., & Rodríguez, P. (1995). *Más allá del dilema de los métodos: la investigación en ciencias sociales*. Santafé de Bogotá D.C.: Universidad de los Andes.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P., & Rothstein, H. R. (2009). *Introduction to Meta-Analysis*. Wiley. doi:10.1002/9780470743386
- Brouwer, R. (2000). *Environmental value transfer: state of the art and future prospects*. Obtenido de <http://directory.umm.ac.id/Data%20Elmu/jurnal/E/Ecological%20Economics/Vol32.Issue1.Jan2000/961.pdf>
- CAF, C. A. (2000). *Las lecciones de El Niño: Memorias del Fenómeno El Niño 1997 - 1998: Retos y propuestas para la Región Andina: Ecuador* (Vol. 3). Caracas.
- Canessa, R. (2000). *Estimación de los beneficios económicos derivados de la política de protección del recurso hídrico en el Parque Natural Chingaza*. Santafé de Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes.
- Capital Natural Colombia. (2015). *Capital Natural Colombia*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/capitalnaturalcolombia/iniciativa-capital-natural-colombia>
- CARDER. (2015). *Objetivos y Funciones*. Obtenido de <http://www.carder.gov.co/>
- Carriazo, F., & Ibáñez, A. M. (2003). Valoración de los beneficios económicos provistos por el Sistema de Parques Nacionales Naturales: una aplicación del análisis de transferencia de beneficios. *Documento CEDE*, 44. Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes.
- Collins, S. L., Carpenter, S. R., Swinton, S. M., Orenstein, D. E., Childers, D. L., Gragson, T. L., . . . Whitmer, A. C. (30 de Noviembre de 2011). *An integrated conceptual framework for long-term social-ecological research*. Obtenido de [http://temperate.lternet.edu/collins/sites/temperate.lternet.edu/collins/files/publications/Collins\\_etal\\_2011\\_FEE.pdf](http://temperate.lternet.edu/collins/sites/temperate.lternet.edu/collins/files/publications/Collins_etal_2011_FEE.pdf)

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación

- Cowell, R., & Lennon, M. (Enero de 2014). The utilisation of environmental knowledge in land use planning: drawing lessons for an ecosystem services approach. *Environment and Planning C: Government and Policy*, 32(1), 263–282.
- Farley, J. (Julio de 2012). Ecosystem services: The economics debate. *Ecosystem Services*, 1, 40–49.
- Ghermandi, A., & Nunes, P. A. (Febrero de 2013). A global map of coastal recreation values: Results from a spatially explicit meta-analysis. *Ecological Economics*, 86, 1-15.
- ISAGEN. (11 de 2012). *Transferencias de Ley del sector eléctrico*. Obtenido de Artículo 222 de la ley 1450 de 2011: [www.isagen.com.co/comunicados](http://www.isagen.com.co/comunicados)
- King, R. (1969). Valuation of wildlife resources. *Regional Studies*, 3(1), 41- 47.
- MADS, M. d. (Mayo de 2010). *Política Nacional para la Gestión del Recurso Hídrico*. Obtenido de [https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Presentaci%C3%B3n\\_Pol%C3%ADtica\\_Nacional\\_-\\_Gesti%C3%B3n/libro\\_pol\\_nal\\_rec\\_hidrico.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Presentaci%C3%B3n_Pol%C3%ADtica_Nacional_-_Gesti%C3%B3n/libro_pol_nal_rec_hidrico.pdf)
- MADS, M. d. (Septiembre de 2012a). *Manual para la asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad*. Obtenido de [http://www.tremarcoscolombia.org/pdf/MANUAL\\_compensaciones%20Final.pdf](http://www.tremarcoscolombia.org/pdf/MANUAL_compensaciones%20Final.pdf)
- MADS, M. d. (Julio de 2012b). *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos*. Obtenido de [https://www.siac.gov.co/documentos/DOC\\_Portal/DOC\\_Biodiversidad/010812\\_PNGI\\_BSE\\_2012.pdf](https://www.siac.gov.co/documentos/DOC_Portal/DOC_Biodiversidad/010812_PNGI_BSE_2012.pdf)
- MADS, M. d. (Diciembre de 2013). *Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas*. Obtenido de <http://www.asocars.org.co/attachments/article/510/Guia%20General%20POMCAS.pdf>
- MADS, M. d. (2014). *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos*. Obtenido de [https://www.siac.gov.co/documentos/DOC\\_Portal/DOC\\_Biodiversidad/010812\\_PNGI\\_BSE\\_2012.pdf](https://www.siac.gov.co/documentos/DOC_Portal/DOC_Biodiversidad/010812_PNGI_BSE_2012.pdf)
- Maes, J., Braat, L., Jax, K., Hutchins, M., Furman, E., Termansen, M., . . . Katwinkel, M. (2011a). *A Spatial Assessment of Ecosystem Services in Europe: Methods, Case Studies and Policy Analysis. Phase 1*. PEER. Italia: Ispra.
- Maes, J., Paracchini, M. L., & Zulian, G. (2011b). *A European Assessment of the Provision of Ecosystem Services. Towards an Atlas of Ecosystem Services*. (P. O. Union, Ed.) Obtenido de European Commission: <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC63505>
- McKenzie, E., Posner, S., Tillmann, P., Bernhardt, J. R., Howard, K., & Rosenthal, A. (Abril de 2014). Understanding the use of ecosystem service knowledge in decision making:

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación

- lessons from international experiences of spatial planning. *Environment and Planning C: Government and Policy*, 32(2), 320-340.
- MEA, M. E. (2005). *Ecosystems and Human Well - Being*. Washington. D.C.: Island Press. Obtenido de <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>
- Morrison, M., & Bergland, O. (Febrero de 2006). Prospects for the use of choice modelling for benefit transfer. *Ecological Economic*, 420-428. doi:10.1016/j.ecolecon.2006.06.014
- Murtinho, F., Moreno, C. A., Borda, C. A., Fernández, M. A., & Villegas, H. (2006). *Proyecto Valoración Económica de los principales bienes y servicios ambientales provistos por los ecosistemas estratégicos de la jurisdicción CAR y diseño de instrumentos de política que promuevan el uso sostenible de los recursos naturales*. Bogotá: Instituto Alexander von Humboldt, CAR.
- Natural Capital Project. (2010). *InVEST: A tool for Integrating Ecosystem Services into Policy and Decision-Making*. Obtenido de [www.naturalcapitalproject.org](http://www.naturalcapitalproject.org)
- Navrud, S., & Bergland, O. (2001). *Value Transfer and Environmental Policy*. (C. L. Spash, & C. Carter, Edits.) Obtenido de [http://www.macaulay.ac.uk/economics/research/eve/PRB8\\_2.pdf](http://www.macaulay.ac.uk/economics/research/eve/PRB8_2.pdf)
- Navrud, S., & Ready, R. (2007). Review of methods for value transfer. (S. Navrud, & R. Ready, Edits.) *The Economics of Non-Market Goods and Resources*. *Environmental Value Transfer: Issues and Methods*, 1-10.
- Niño, L. (2004). *Balance Hídrico para las cuencas de segundo orden del área CAR. Estimación de la oferta y de la demanda hídrica para los años 2003 y 2010*.
- Orenstein, D. E., & Groner, E. (Junio de 2013). Multicultural assessment of ecosystem services across an international border: lesson for land use policy in hyper-arid regions. *Paper presented at the joint AESOP/ACSP congress*. Dublín, Irlanda.
- Osorio, J. D., & Correa, F. (Enero-junio de 2004). Valoración económica de costos ambientales: Marco conceptual y métodos de estimación. *Semestre Económico*, 7(13), 159-193.
- Pacha, M. J. (2014). *Valoración de los servicios ecosistémicos como herramienta para la toma de decisiones: Bases conceptuales y lecciones aprendidas en la Amazonía*. Obtenido de WWF, WWF Iniciativa Amazonía Viva: [http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/05\\_11\\_2014\\_wwf\\_ecosystems\\_esp\\_final\\_internet\\_150dpi\\_\\_spread.pdf](http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/05_11_2014_wwf_ecosystems_esp_final_internet_150dpi__spread.pdf)
- Plummer, M. L. (Febrero de 2009). Assessing benefit transfer for the valuation of ecosystem services. *Frontiers in ecology and the environment*, 7(1), 38-45.
- Portman, M. E. (Diciembre de 2013). Ecosystem services in practice: Challenges to real world implementation of ecosystem services across multiple landscapes - A critical review. *Applied Geography*, 45, 185-192.

- Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación
- Rosenberg, R. S., & Loomis, J. B. (2001). *Benefit Transfer of Outdoor Recreation Use Values: A technical document supporting the Forest Service Strategic Plan (2000 Revision)*. Obtenido de [http://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs\\_gtr072.pdf](http://www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs_gtr072.pdf)
- Rosenberg, R. S., & Loomis, J. B. (2003). Benefit transfer. (P. A. Champ, T. C. Brown, & K. J. Boyle, Edits.) *The Economics of Non-Market Goods and Resources. A primer on Nonmarket Valuation*, 445-482.
- Rosenberg, R. S., & Stanley, T. D. (Febrero de 2006). Measurement, generalization, and publication: Sources of error in benefit transfers and their management. *Ecological Economic*, 60(2), 372-378.
- Ruiz-Agudelo, C. A., Bello, C., Londoño-Murcia, M. C., Alterio, H., Urbina-Cardona, J. N., Buitrago, A., . . . Rodríguez, J. V. (2011). *Protocolo para para la valoración económica de los servicios ecosistémicos en los Andes colombianos, a través del método de transferencia de beneficios*. Obtenido de [http://www.academia.edu/728346/Protocolo\\_para\\_la\\_valoraci%C3%B3n\\_econ%C3%B3mica\\_de\\_los\\_servicios\\_ecosist%C3%A9micos\\_en\\_los\\_Andes\\_colombianos\\_a\\_trav%C3%A9s\\_del\\_m%C3%A9todo\\_de\\_transferencia\\_de\\_beneficios.\\_Reflexiones\\_sobre\\_el\\_Capital\\_Natural\\_de\\_Colombia\\_No](http://www.academia.edu/728346/Protocolo_para_la_valoraci%C3%B3n_econ%C3%B3mica_de_los_servicios_ecosist%C3%A9micos_en_los_Andes_colombianos_a_trav%C3%A9s_del_m%C3%A9todo_de_transferencia_de_beneficios._Reflexiones_sobre_el_Capital_Natural_de_Colombia_No).
- Sarmiento, A., Marcelo, D., & Villa, J. M. (Diciembre de 2005). *Propuesta metodológica para la evaluación del impacto de la contaminación de las cuencas hídricas del país: Estudio de caso del río "La vieja"*. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Estudios%20Economicos/297.pdf>
- Schägnler, J. P., Brander, L., Maes, J., & Hartje, V. (Junio de 2013). Mapping ecosystem services' values: Current practice and future prospects. *Ecosystem Services*, 4, 33–46.
- Seeberg-Elverfeldt, C. (2010). *Las posibilidades de financiación del carbono para la agricultura, la actividad forestal y otros proyectos de uso de la tierra en el contexto del pequeño agricultor*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/3/a-i1632s.pdf>
- SIAC. (Septiembre de 2015). *Estructura Ecológica Principal*. Obtenido de Una herramienta que apoya la Zonificación Ambiental del Territorio: [www.siac.gov.co/Especializacion\\_tematica/Estructura\\_Ecologica\\_principal.aspx](http://www.siac.gov.co/Especializacion_tematica/Estructura_Ecologica_principal.aspx)
- Sistema Europeo de Negociación de CO2 - SENDECO2. (s.f.). Obtenido de [www.sendeco2.com/es/](http://www.sendeco2.com/es/)
- Spash, C. L., & Vatn, A. (Diciembre de 2006). Transferring environmental value estimates: Issues and alternatives. *Ecological Economics*, 60(2), 379–388.
- TEEB, T. E. (Agosto de 2015). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity*. Obtenido de [www.teebweb.org](http://www.teebweb.org)
- Troy, A., & Wilson, M. A. (Diciembre de 2006). Mapping ecosystem services: practical challenges and opportunities in linking GIS and value transfer. *Ecological Economics*, 60(2), 435–449.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación

Watson, R., Albon, S., Aspinall, R., Austen, M., Bardgett, B., Bateman, I., . . . Bird, W. (Septiembre de 2011). *UK National Ecosystem Assessment: understanding nature's value to society. Synthesis of key findings*. Lancaster Environment Centre.

Young, R. A. (1996). Measuring economic benefits for water investments and policies. *World Bank Technical Paper No. 338*.

## ANEXOS

### **Anexo 1: Recomendaciones Generales para desarrollar valoraciones económicas de servicios ecosistémicos en campo y con información primaria**

La organización de información sobre la valoración económica ambiental, es un desafío que requiere una planificación estratégica formal, ya que la pluralidad de ejercicios hace difícil su síntesis y análisis. El presente documento determina una serie de recomendaciones para la divulgación de ejercicios de valoración económica de bienes y servicios ecosistémicos, con el fin que puedan ser comparables y empleados en la determinación de mejores aproximaciones del valor del Capital Natural, por medio de la transferencia de beneficios.

Es importante que los estudios que se seleccionen para ser analizados, cuenten con una consistencia para que puedan ser comparados. En muchos estudios primarios la información necesaria para determinar estas consistencias no se reporta, por lo que en el momento de la aplicación de las transferencias de beneficios los investigadores deben ser conscientes de las limitaciones y sesgos que hayan sido impuestos por las investigaciones primarias (2003).

Según Bergstrom & Taylor (2006), se espera que los estudios seleccionados tengan los siguientes tipos de consistencias:

- Consistencia en las condiciones biofísicas y socio-ambientales: los estudios que se considere deben provenir de áreas de estudio con ecosistemas similares.
- Consistencia de los bienes y servicios ecosistémicos evaluados: hace referencia a que se debe valorar aproximadamente el mismo bien o servicio para que sean compatibles. Sin embargo, definir esto a veces resulta complicado por las características del bien y/o servicio. Por ejemplo, en algunos casos se valora el bien o servicio como producto final (producción de peces) y en otros se valora la función del ecosistema que sostiene la producción de peces. Para agrupar estos datos se propone usar la lógica lancasteriana de la utilidad. La cual en pocas palabras dice que si un bien o servicio Q1 y un bien o servicio Q2 proveen aproximadamente el mismo servicio a una persona o población, entonces se pueden combinar y así entonces, se considera que tienen consistencia.
- Consistencia temporal: para poder hacer la transferencia de beneficios los valores deben tener consistencia temporal (estar expresados en el mismo año), ya que la percepción de valor de los bienes y servicios ecosistémicos cambia según el estado y la evolución de los mismos, de acuerdo con el cambio en las condiciones sociales.
- Consistencia espacial: para poder realizar la transferencia de beneficios, los valores deben estar determinados para la misma área espacial (m<sup>2</sup>, ha, acres, etc.). Para lograr esto, los

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación

estudios deben reportar el tamaño del área en la cual fueron realizados, con el fin de poder homogeneizar los valores a una medida de área estándar que permita su comparación.

- Consistencia en el tipo de medida: los estudios seleccionados deben haberse desarrollado a partir de métodos de valoración económica que sean válidos y con soporte en literatura científica. Además, las medidas deben ser comparables entre ellas. Existe un problema en la comparación de las medidas de valoración económica de bienes y servicios ecosistémicos que influyen directamente en el cálculo del bienestar social reflejado en el valor económico, por ejemplo los estudios que son realizados a partir del cálculo de la disponibilidad a pagar (DAP) revelan una mediad Hicksiana, mientras que los estudios realizados a partir de la valoración de costos de viaje revelan una medida Marshalliana.
- Consistencia en las variables exploratorias: los estudios seleccionados deben mostrar una consistencia en las variables exploratorias de tal forma que sean comparables. Se sugiere que las variables exploratorias principales sean las definidas en los modelos de utilidad llamados “Weak Structural Utility Theoretic” (WSUT). Es necesario aclarar que la utilización del modelo de utilidad WSUT permite la inclusión de otro tipo de variables exploratorias como las de tipo biofísico.

El Protocolo para la valoración económica de los servicios ecosistémicos en los Andes colombianos, a través del método de transferencia de beneficios (Ruíz et al. 2011), determina cuatro (4) tipos de información que debe ser extraída de los estudios originales:

1. Información descriptiva del estudio.
2. Información del lugar de estudio.
3. Información relacionada con la valoración del servicio ecosistémico.
4. Información socioeconómica.

**A. Información descriptiva el estudio:** hace referencia a la información descriptiva del tipo de estudio, autores, nombre, año, etc. Las variables son:

**Tabla 1 Información descriptiva del estudio**

Variable	Descripción de la variable y comentarios	Ejemplo
Nombre	Variable cualitativa: título completo del estudio.	Valoración económica del Humedal La Florida por servicios de recreación. Una aplicación de los métodos costos de viaje y valoración contingente.
Autor	Variable cualitativa: nombre del	Bullón García, Víctor

Variable	Descripción de la variable y comentarios	Ejemplo
	autor(es) del estudio.	
Contacto del autor	Variable cualitativa: dirección de correo electrónico o teléfono donde se pueda tener contacto con el autor con el fin de resolver alguna inquietud sobre el estudio.	<a href="mailto:bullonvictor@gmail.com">bullonvictor@gmail.com</a>
Tipo de estudio	Variable cualitativa: tipo de estudio (tesis maestría, de pregrado, artículo científico, documento técnico, etc.)	(ej.: tesis maestría, artículo científico, Informe técnico, etc.)
Año de publicación	Variable cuantitativa: año en que fue publicado el estudio.	1999
Lugar de publicación	Variable cualitativa: información de la revista, libro, o demás donde se pueda conseguir el estudio. Debe incluir el volumen, el número, la fecha, el número de páginas.	Revista Forest. Número 3, Volumen 47, pág. 15-35
Entidad realizadora	Variable cuantitativa: Nombre de la entidad que apoyo la realización del estudio.	Instituto de Investigaciones Científica Alexander von Humboldt
Objetivo del estudio	Variable cualitativa: describe el objetivo principal del ejercicio de valoración, con qué fin se desarrolló la valoración económica.	Valorar económicamente el recurso hídrico derivado de la microcuenca quebrada La Fría que abastece a las poblaciones de Ejido del Municipio. Campo Elías y la Parroquia Jacinto Plaza del Estado Mérida.

Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

**B. Información del lugar de estudio:** la descripción exhaustiva de las características, ubicación, límites, área y condiciones biofísicas del lugar en donde se realiza la valoración permite que se realice la mejor selección de los estudios para ser aplicados al sitio de la política en los procesos de transferencia de beneficios (Bergstroma & Taylor, 2006). Además, da luces sobre la relación que hay entre las condiciones biofísicas del lugar con los servicios ecosistémicos valorados.

Los datos esenciales que se deben reportar en los estudios son:

- País: país donde fue desarrollado el estudio. Su explicitud es útil en el momento de la conversión de los valores (ej.: peso colombianos, argentinos, chilenos, etc.). Además, las condiciones biofísicas del país ayudan a determinar la consistencia entre ecosistemas similares que son comparables, (ej.: Páramos ecuatorianos, páramos venezolanos, páramos colombianos, etc.).
- Lugar: hace referencia al lugar puntual donde se realizó el estudio, bien sea comunidad indígena, parque nacional, etc. Se debe hacer mención del municipio y departamento a los cuales pertenece el lugar de estudio del ejercicio de valoración.
- Coordenadas geográficas: es el valor puntual de longitud y latitud del lugar donde se realizó el estudio. Estas coordenadas deben ser reportadas en un sistema geográfico de referencia, pueden estar en coordenadas planas o geográficas pero siempre se debe reportar en que sistema de coordenadas. Conocer la coordenada puntual del lugar donde se realizó el estudio permite asociar este a un espacio geográfico, introducir los resultados un sistema de información geográfico, asociar el valor del servicio ecosistémico a los atributos de distinta información geográfica, y realizar análisis espaciales del valor del capital natural.
- Altura sobre el nivel del mar (Msnm): elevación sobre el nivel del mar a la cual se desarrolló el estudio.
- Área: área del sitio de estudio para la cual se realizó la valoración económica, (ej. área de la cuenca, área de protección de un parque nacional área de intervención de la política que se está planteando). Es el área que se considera está proveyendo el servicio ecosistémico. Esta debe ser reportada con la unidad respectiva (ej. Hectáreas, m<sup>2</sup>, fanegadas, etc.).
- Estado de Conservación y protección: se debe hacer referencia explícita al estado de conservación en que se encuentra el lugar, ya que los servicios ecosistémicos varían con el grado de intervención de los ecosistemas que los proveen. Se debe reportar si existe sobre el área alguna figura de conservación, si esta es de carácter público o privado y si tiene algún objetivo de conservación específico.
- Región: hace referencia a la región natural en donde se ubica el sitio de estudio. Si se presenta en un accidente geográfico particular debe ser mencionado (ej. Región Andina, Cordillera Central).
- Ecosistema: se debe reportar el tipo de ecosistema para el cual se realiza el estudio de valoración con el fin de reducir las inconsistencias espaciales. Cada ecosistema tiene unas interrelaciones diferentes que hacen que la oferta de servicios ecosistémicos varíe. La asignación de un ecosistema específico se debe hacer según algún criterio de clasificación conocido y que se reporte a que sistema se asoció, (ej.: zonas de vida de Holdridge, Sistema de clasificación de la UICN, etc.). Se recomienda utilizar la cartografía oficial de ecosistemas del país donde se desarrolló el estudio. No solo se

recomienda reportar el ecosistema asociado al lugar, sino también el bioma al cual pertenece dicho ecosistema.

**C. Información relacionada con la valoración del Servicio Ecosistémico:** esta información es de gran importancia, ya que especifica el método de valoración económica usado, el servicio ecosistémico valorado y los valores obtenidos. Esta información permite que los estudios tengan consistencia metodológica. Las variables que deben ser referentes a esta sección son:

- Servicio Ecosistémico: hace referencia al servicio ecosistémico que se valoró. Es bueno reportar el tipo de servicio ecosistémico (soporte, regulación, hábitat, cultural). Debe ser claro qué servicio fue seleccionado para la valoración y si se conoce algo de su funcionamiento e interacciones con el medio ambiente. (ej.: disponibilidad de agua, recreación, cultural, etc.). La descripción completa del servicio ecosistémico reduce los errores de inconsistencia en el servicio valorado (Bergstroma & Taylor, 2006).
- Número de servicios ecosistémico valorados: en algunos estudios se valora más de un servicio ecosistémico, por eso es recomendable hacer claridad del número de servicios que se valoraron.
- Método usado para la valoración económica: la valoración económica se debe realizar con un método reconocido por la literatura, con el fin de asegurar un desarrollo sistemático de los ejercicios (Bergstroma & Taylor, 2006). La descripción debe ser rigurosa, reportando el método, si es directo o indirecto, en que literatura se ha reportado, las restricciones y supuestos que se toma el método seleccionado y la función de utilidad en la cual se basa.
- Valor: se refiere al valor final obtenido de la valoración económica<sup>6</sup>. Se debe reportar el valor con un referente monetario, uno espacial y uno temporal, por ejemplo: pesos colombianos de 1999/hogar u hogar por estrato/mes, o dólares 2001/hectárea/año. Conviene que se reporte el valor unitario, es decir para la unidad (hogar, ha) y el valor acumulado (valor unitario x número total de hogares, o hogares por estrato, hectáreas o años).

1. Valor Unitario
2. Valor acumulado

---

<sup>6</sup> Si la valoración se hace a partir de un mercado hipotético se recomienda hacer una pre-encuesta con una pregunta abierta sobre la disponibilidad a pagar o a aceptar, con el fin de definir los rangos para la encuesta definitiva.

- Desviación estándar del valor unitario: la desviación estándar del valor reportado permite conocer la variabilidad de las respuestas. Esta es muy útil al momento de hacer meta-regresiones en las que se tiene en cuenta la variabilidad entre y dentro de los estudios (Borenstein et al. 2009).
- Año datos: se refiere al año en que fueron colectados los datos, en muchos casos este año es diferente al año de publicación. Este dato permite homogeneizar los datos al valor presente y permite reducir las inconsistencias de temporalidad.
- Tamaño de la muestra: hace referencia al número de encuestas o hectáreas, toneladas, hogares, etc., a los que está asociada la valoración económica. Este tamaño muestral puede ser el 10% de la población total o bien puede ser hallado a partir de la fórmula del tamaño muestral, que contempla la variabilidad en la respuesta obtenida en una encuesta piloto.

$$n = \frac{Nz^2pq}{d^2 \times (N-1) + z^2pq} \quad (1)$$

Dónde:  $N$  es el total de la población;  $z2\alpha$  es 1,962 si la seguridad deseada es del 95 %;  $p$  es la proporción esperada (en este caso 5 % ó 0,05);  $q = 1 - p$  (en este caso  $1 - 0,05 = 0,95$ );  $d$  es la precisión (en este caso se desea un 3 %).

El tamaño de la muestra permite conocer la cobertura del estudio y ayuda a determinar el peso que se otorga al estudio en las funciones de meta-regresión (Borenstein et al. 2009).

- Modelo seleccionado: Se debe describir muy bien el modelo que relaciona la variable dependiente (valor hallado para el servicio ecosistémico) y las variables independientes. Este modelo puede ser lineal, exponencial, logarítmico, logístico (probit -logic), etc. Se debe explicar por qué se seleccionó esta aproximación, definir la fórmula que relaciona las variables, reportar los niveles de significancia de las variables incluidas en la regresión (pruebas T), los coeficientes de las variables independientes y la validación estadística del modelo. En este apartado también se recomienda reportar las estadísticas descriptivas de las variables independientes.
- Recolección de la información: La recolección de la información se debe adelantar de una forma sistémica, aplicando una entrevista estructurada que permita contabilizar la respuesta de cada encuestado. La información puede ser de dos formas (Bonilla-Castro & Rodríguez, 1995):
  1. **Información primaria**: Hace referencia a la información que se recoge directamente en campo. Es importante definir bajo que medio se realizó esta recolección (ej.: muestreo biofísico, entrevistas personales, entrevistas por teléfono, mail, etc.).

2. **Información secundaria:** es la información recopilada a partir de revisión de información bibliográfica.

Es necesario que se describa en detalle la metodología que se usó para la recolección de la información, si se tuvo o consideró algún sesgo de las encuestas, algún filtro en la búsqueda bibliográfica, o algún tratamiento específico de los datos. Esto conlleva a una consistencia metodológica, al momento de comparar los datos de diferentes estudios (Bergstroma & Taylor, 2006).

**D. Información socioeconómica:** la información socioeconómica permite conocer las características de la población que valora el servicio ecosistémico y recrear el mercado y la función de utilidad sobre los que se determina el valor del servicio. Según Bergstroma & Taylor (2006), se deben considerar como mínimo las variables que condicionan la función de utilidad, por ejemplo: los precios del mercado del bien o servicio ecosistémico, la cantidad del bien o servicio ecosistémico disponible para los individuos, la calidad del bien o servicio ecosistémico disponible para los individuos, los sustitutos disponibles para los individuos, el ingreso de los individuos, las características de los hogares, y la medida de información disponible para los individuo. Algunas de las variables socioeconómicas más importantes son:

- Población del lugar: hace referencia a toda la población afectada, bien puede ser la población que visita al año el lugar, o la población del casco urbano, etc. (ej.: 5200 habitantes).
- Ingreso: se refiere al ingreso promedio que tiene la población objetivo, también se deben reportar las estadísticas descriptiva de ese promedio. Además de este valor promedio, se recomienda reportar los porcentajes por rangos de ingreso. Se recomienda definir un salario mínimo legal vigente y definir los rangos en escalas de salarios mínimos (menos de un salario mínimo, 1-2 salarios mínimos, 3-4 salarios mínimos, etc.), con el fin de facilitar la homogeneización y comparación de los valores monetario de los diferentes estudios. De la misma forma, es necesario hacer explícito la unidad en que se está reportando ese ingreso (persona/hogar/ hectárea<sup>7</sup>).
- Hogares: cantidad de hogares en el área de estudio. En varios estudios el pago de compensación se realiza por hogares o usuarios.

---

<sup>7</sup> Algunos trabajos de valoración de agua para riego para el sector agrícola reportan los ingresos como los rendimientos de los cultivo en un área específica. En este sentido se puede entender este rendimiento como un ingreso, ya que el agricultor busca una utilidad de su cultivo

- Densidad de personas por hogar: número promedio de personas que habitan un hogar.
- Densidad de personas económicamente activas por hogar: número de personas que devengan salario en el hogar.
- Edad: edad promedio de la población afectada y sus estadísticas descriptivas. También es bueno reportar los porcentajes por rangos de edad.
- Educación: educación formal promedio de la población encuestada y sus estadísticas descriptivas. Se recomienda reportar los porcentajes por rangos de educación (primaria incompleta, Primaria completa, secundaria, educación superior, etc.).
- Estrato: promedio ponderado del estrato socioeconómico de la población encuestada y sus estadísticas descriptivas. Se recomienda reportar los porcentajes de población por estrato socioeconómico.
- Sexo: porcentaje de hombres o mujeres expresado en decimales. (ej.: 0,65).
- Estado civil: porcentajes de habitantes casados, en unión libre, divorciados, solteros o viudos.

**E. Variables complementarias:** en algunos casos se reportan otras variables independientes, en la determinación del valor económico del servicio ecosistémico. En muchos casos estas variables están relacionadas con las percepciones y relaciones directas que las personas tienen con el bien o servicio, con su calidad y cantidad.

Por ejemplo, es deseable en los estudios relacionados con el agua, reportar la oferta hídrica ( $m^3/s$ ), la demanda ( $m^3/s$  al día o al mes /hogar o persona, o hectárea de cultivo), la cercanía a la fuente de agua, si existe una fuente sustituta, la calidad del servicio, si se presenta racionamiento, el valor que paga normalmente por el servicio, si conoce el nacimiento de la fuente de agua, si está a favor de actividades de conservación, etc.

Cualquier otra variable independiente que se considere de importancia puede ser incluida, recordando reportar siempre como se halló y la unidad en que se encuentra.

**F. Recomendaciones para el tratamiento de los datos, en el proceso de compilación de los estudios para la transferencia de beneficios:** en los casos en que esta información esté disponible, se recomienda construir una base de datos con todas las variables descritas y mencionadas en el apartado anterior. Posteriormente, se le debe hacer un tratamiento de homogeneización a los datos con el fin que tengan consistencia temporal y espacial.

- Se deben homogeneizar los valores monetarios (valor, ingreso, desviación estándar del valor) a una moneda común para el año actual. Esta homogeneización debe

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de

Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación

realizarse con la inflación anual reportada para el país en donde se realizó el estudio y la tasa de cambio de la moneda en que se realizó el estudio.

- La homogeneización espacial se debe realizar, seleccionando los estudios que se reportan para el mismo tipo de ecosistema (seleccionar estudios realizados para el mismo servicio ecosistémico en el mismo tipo de ecosistema).
- Homogeneizar el tipo de método y de medida, es decir seleccionar los estudios que comparten la misma función de utilidad.
- De la misma forma se debe homogeneizar el tipo de servicio ecosistémico, de tal manera que todos los ejercicios de valoración seleccionados consideren el mismo servicio ecosistémico.

Una vez realizado este tratamiento preliminar a los datos, se puede considerar que se tiene una consistencia entre los estudios que reducirá los niveles de error en el proceso de transferencia de beneficios. Morrison & Bergland (2006) sugieren que un enfoque bayesiano puede beneficiar la transferencia a través del uso de modelos de elección, que son menos restrictivos que los modelos combinados o modelos meta analíticos.

**Anexo 2 Carbon Storage and Sequestration: Climate Regulation**

**Anexo 3 Sediment Delivery Ratio model**

**Anexo 4 Nutrient Retention: Water Purification**

**Anexo 5 Figuras**

**Anexo 6 Minutas de reuniones y socializaciones**