



INSTITUTO DE INVESTIGACION DE RECURSOS BIOLÓGICOS
ALEXANDER VON HUMBOLDT

Evaluación Ambiental Estratégica del sector Agropecuario

Altilanura y Altamontaña cundiboyacense

Componente ambiental

Áreas que deban ser intervenidas para mejoramiento de las condiciones
ambientales del sector - Escenarios de afectación de Funcionalidad

Productos 6 - 7

2012

María Teresa Palacios Lozano
Coordinación Técnica

Equipo Técnico
Luz Astrid Pulido Herrera
Natalia Uribe

Equipo Institucional
Cesar Rojas
Clarita Bustamante Zamudio

Bogotá, Enero de 2013

Contenido

Evaluación Ambiental Estratégica del sector Agropecuario.....	¡Error! Marcador no definido.
Áreas que deban ser intervenidas para mejoramiento de las condiciones ambientales del sector	3
INTRODUCCIÓN.....	3
Identificación de áreas por su funcionalidad ecosistémica.....	4
Propuesta metodológica para la generación del Índice de Funcionalidad Ambiental (IFA)	4
Bases conceptuales de la funcionalidad ambiental.....	4
Antecedentes.....	4
Aproximación a la Funcionalidad Ecosistémica (IFE)	8
Resultados de la Estimación del IFE.....	9
Escenarios de Afectación de la funcionalidad	13
Conclusiones y Recomendaciones.....	17
BIBLIOGRAFIA	18

Áreas que deban ser intervenidas para mejoramiento de las condiciones ambientales del sector

EAE PARA EL SECTOR AGROPECUARIO EN LA REGIÓN DE LA ALTILLANURA Y EN LA REGIÓN DE ALTAMONTAÑA CUNDIBOYACENSE.

INTRODUCCIÓN

Este documento contiene el tercer informe de avance del componente ambiental de la EAE del sector agropecuario para las zonas seleccionadas (correspondiente a los productos 6 y 7 del contrato).

De acuerdo con el convenio suscrito entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Instituto Alexander von Humboldt, dentro de los resultados esperados de la puesta en marcha de la EAE se espera la identificación y priorización de áreas que deban ser intervenidas para mejoramiento de las condiciones ambientales del sector.

El documento corresponde dentro de la fase de analítica del Modelo de evaluación ambiental desarrollado en el proceso de la Evaluación Ambiental Estratégica EAE para el sector agropecuario en la región de la Orinoquia y en la región Andina, dese la base conceptual ambiental soportada en información cartográfica y análisis espacial. Como resultado de esta fase se realizó una aproximación para identificar las áreas de mayor importancia por su funcionalidad ecosistémica, de manera a dar orientaciones tanto al sector productivo como al sector ambiental, de una parte sobre la necesidad de tener primordial vigilancia sobre dichas áreas de manera que los procesos de intervención derivados de intervenciones ligadas al sector agropecuario no generen impactos en la prestación de los servicios ecosistémicos de las zonas analizadas. Así mismo, se realizó una evaluación de la información disponible sobre dichos procesos de transformación con base en estudios sectoriales que en su mayoría apuntan a definir espacialmente las áreas potenciales para la expansión de algunos cultivos de importancia desde la mirada productiva.

De tal manera que el documento se estructura de la manera a saber:

Identificación de áreas por su funcionalidad ecosistémica: componente del modelo metodológico para el componente ambiental, abordado desde el concepto de funcionalidad ambiental, una propuesta de el índice de funcionalidad ambiental con una línea base entre 2007 – 2010, de acuerdo a la información cartográfica oficial disponible¹.

Escenarios de afectación de Biodiversidad Servicios Ecosistémicos

En tal sentido, el presente documento presenta en primera instancia, los resultados derivados de la aplicación de la metodología propuesta para la aproximación a la funcionalidad ecosistémica y en segunda, los análisis comparativos con los avances en materia de herramientas espaciales para la planificación productiva.

¹ Mayor detalle en capítulo SIG de la presente evaluación.

Identificación de áreas por su funcionalidad ecosistémica

Propuesta metodológica para la generación del Índice de Funcionalidad Ambiental (IFA)

El planteamiento de una metodología para evaluar la funcionalidad ambiental en el territorio, parte de la premisa de que esta, es la base para la sostenibilidad de los sectores que estén interesados en intervenir el territorio, puesto que la oferta ambiental conocida y bien manejada podría garantizar la calidad, productividad y sostenibilidad del sector agropecuario en cualquier región. A continuación se presenta un ejercicio de aproximación a la funcionalidad ambiental del territorio, desarrollado en esta Evaluación.

Bases conceptuales de la funcionalidad ambiental

Para evaluar El concepto de funcionalidad ambiental se asocia con la definición de función ambiental, establecida como la “capacidad de los procesos y componentes naturales de proporcionar los bienes y servicios que satisfacen directa o indirectamente las necesidades del ser humano” De Groot (1992), y de esta manera puede ser analizada desde el concepto de servicio ecológico (Daily 1997), haciendo referencia al conjunto de beneficios que la sociedad obtiene de los ecosistemas, ya sea en forma de bienes materiales o de servicios en sentido estricto.

En este marco, la funcionalidad ambiental en la EAE se define como la condición natural del territorio expresada en su función ecosistémica, donde se pueden tener áreas biodiversas que a su vez permiten el funcionamiento de procesos y ciclos biológicos que conserven la salud del ecosistema (Romero et al. 2011), y que presten servicios ecosistémicos al sector agropecuario y rural en pro de la sostenibilidad del mismo.

4

Antecedentes

Son diversos los ejercicios que se han llevado a cabo a lo largo del territorio nacional, con respecto a la identificación de áreas prioritarias para la conservación y se han desarrollado diversas herramientas que igualmente pueden aportar en este sentido, sin embargo el enfoque de la funcionalidad ha sido poco abordado, en la tabla 1, se hace una descripción de algunos estudios revisados para esta evaluación como punto de partida para el ejercicio propuesto. El enfoque de áreas prioritarias de conservación ha venido siendo desarrollada desde hace algunas décadas, La EAE presenta dos estudios, ya que son trabajos que contienen un completo inventario de las investigaciones sobre el tema que se han llevado a cabo en el país. Andrade y Corzo (2011), desarrollaron el trabajo ¿Qué y donde Conservar?, en el cual se identificaron las unidades de la tierra naturales y semi-naturales que mejor cumplen con los requisitos de priorización, para llenar vacíos de conservación; donde tuvieron en cuenta criterios fundamentales que están definidos en términos de **importancia**, **urgencia** y la **oportunidad** de los territorios para la conservación in-situ de la biodiversidad y que se entendería como la demanda y la oferta de la conservación a nivel nacional. De otro lado, Romero et al. 2012 realizaron una completa revisión de las diferentes investigaciones que se han llevado a cabo en Colombia, con un especial interés en la Orinoquía Colombiana, para definir e identificar áreas de alto valor de conservación (AAVC) tomando como base el enfoque de Bosque de Alto valor de Conservación. Los autores plantean, que el enfoque de AAVC, aporta a los lineamientos para la conservación de áreas con un alto valor de importancia en términos de funcionalidad ecosistémica y biodiversidad, ya que son zona que contienen importantes valores en biodiversidad, oferta de servicios ambientales de provisión de alimentos, soporte y regulación por los tipos de coberturas además de ser culturalmente importantes para las comunidades locales. Los criterios utilizados para la definición de estas áreas contribuyen en una planificación adecuada, para dar directrices sobre la utilización de un territorio a

los diferentes sectores productivos. La metodología de la investigación, se enfoco a la identificación de un manejo adecuado de sabanas altamente biodiversas, de tal manera que se logró un avance en la conservación de la biodiversidad de estos ecosistemas así como la dinámica ecológica, la oferta de servicios ecosistémicos. Para hacer la identificación de sabanas altamente biodiversidad, los autores plantearon cinco criterios, **Áreas excluidas** (áreas protegidas); **importancia biológica** (altas concentraciones de biodiversidad); **integridad** (coberturas en buen estado, que permiten la viabilidad de poblaciones); **singularidad** (coberturas raras o en peligro de extinción); **reservas de carbono** (áreas que representan un importante papel en el sistemas de carbono).

De otro lado, se reviso el trabajo desarrollado por el IDEAM, IAVH, IGAC, Fedepalma, Cenipalma, y el ministerio de agricultura, para identificar áreas aptas para el cultivo de la palma, este trabajo es de gran importancia en el sentido de la funcionalidad, ya que involucra aspectos ambientales con requerimientos productivos específicos de un sector agroindustrial, para definir las áreas aptas para la palma. A partir de este trabajo se obtuvieron resultados pueden aportar al Estándar Nacional de producción sostenible de biocombustibles y otras normas relacionadas, teniendo en cuenta los principios y criterios ambiental, socio-económicos, requerimientos del cultivo aplicados y adaptados a cultivos nuevos. La importancia de este trabajo radica en que es una herramienta de planeación estatal ambiental y aporta al ordenamiento ambiental territorial para el suelo rural.

Espinoza 2011, desarrollo su tesis de maestría, orientado a la caracterización de la funcionalidad del territorio en una vereda del municipio de San Antonio de Tequendama, su importancia radica en la propuesta de articular los componentes, sociales, ecológicos (funciones) y los productivos. Por lo tanto, el enfoque de este trabajo fue identificar las condiciones ecosistémicas que influyen en la producción rural en unidades espaciales, y en relación con la disponibilidad de los recursos naturales y el grado de sostenibilidad de la producción. Este trabajo se planteo bajo tres índices socio-ecológicos complementarios de acuerdo, que permiten establecer el Índice de Funcionalidad Ambiental (IFA), el **índice de valor de patrimonio natural**, el cual representa una síntesis de las variables biogeográficas y ecológicas en un ámbito ecopaisajístico, el **Índice de Productividad teórica**: De acuerdo con la metodología planteada por la FAO (1986), la evaluación de la productividad teórica, puede ser expresada a partir de las características intrínsecas del suelo y, **Factor de Intensidad de uso rural**: equivale al porcentaje posible de consumo intensivo de un recurso natural. A partir de este trabajo, se establecieron características de orden cualitativo y cuantitativo, que permiten explicar los comportamientos de los sistemas de producción de la región.

Marrull 2005, plantea unas metodologías paramétricas como herramientas para la planificación territorial y como base para Evaluaciones Ambientales Estratégicas, su propuesta se basa en el planteamiento de tres índices socio ecológicos, que permiten valorar el patrimonio natural, procesos de fragmentación y conectividad ecológica, y vulnerabilidad del territorio frente a diversas intervenciones a las que son sometidos los territorios, a partir de la formulación matemática y algoritmos que pueden ser aplicados bajo diferentes escenarios de transformación del territorio.

Tabla 1. Resumen de investigaciones desarrolladas con enfoque de áreas prioritarias de conservación y funcionalidad ecosistémica.

Metodologías paramétricas para la evaluación ambiental estratégica Marull 2005	Caracterización de la funcionalidad ambiental de los sistemas de Producción rural Espinosa 2011	¿Qué y Donde Conservar? Andrade y Corzo 2011	Propuesta metodológica para la identificación de sabanas biodiversas y áreas de bajo, medio y alto riesgo (revisión y recopilación)) Romero et al. 2012	Mapas de zonas aptas ambientalmente para el cultivo de palma de aceite en Colombia a escala 1:500.000. IDEAM et al. 2009
Se fundamenta en describir la naturaleza como no homogénea, dinámica, multiescalar y organizada jerárquicamente (Prigogine y Stengers, 1984). Considera características estructurales, sus propiedades funcionales y su organización.	Dos concepciones: funciones ambientales (Servicios ecosistémicos) y sistemas de producción. Se orientó hacia la identificación de las condiciones ecosistémicas que influyen en las características de producción rural de una unidad espacial.	Oportunidades de y áreas identificadas como "urgencias de conservación".	Caracterización y clasificación en rangos de biodiversidad, incluyendo la importancia funcional y social que poseen las Sabanas, así como también los efectos en el uso y manejo de las mismas en términos de biodiversidad	Incorporación de criterios ambientales en la identificación y caracterización de zonas aptas para el cultivo de palma de aceite en Colombia a escala 1:500000 para lo cual, además de las tradicionales comparaciones entre el uso de la tierra y los tipos de uso de la tierra para generar diferentes grados de aptitud para un cultivo, se utilizó el enfoque FAO ⁶
Biodiversidad Estructura + composición Servicios ecosistémicos	Índice de valor patrimonio natural (Biodiversidad + Servicios ecosistémicos) Índice de productividad Factor de intensidad de uso de recursos naturales	Identificación de áreas Urgentes, Oportunas e Importantes suficientes, insuficientes y Omisión)	Criterios Áreas excluidas Importancia biológica Integridad Singularidad Reserva carbono	Enfoque FAO (2003, 2007) para la evaluación de tierras, lo cual incorporó al análisis aspectos ecosistémicos (Sp, SE, Integridad), sociales y económicos.
Índice de Valor de patrimonio Natural	Índice de funcionalidad ambiental	Áreas prioritarias de conservación	Áreas de Alto valor de conservación	Áreas aptas para el cultivo de la palma

Por otro lado, diversas herramientas tanto desde lo espacial hasta la modelación matemática, se han desarrollado para dar respuesta a preguntas de ofertas ambientales en términos de servicios ecosistémicos, demandas, modelaciones de cambios de usos de suelo, huella hídrica, ecológica y riesgo, que desde su técnica y fundamentación aportan en ejercicios de planificación territorial, teniendo en cuenta componentes biofísicos, ambientales y ecosistémicos, en la tabla 2 se mencionan algunas de estas herramientas, que aunque no fueron utilizadas en esta evaluación por temporalidad, vale la pena mencionarlas para tenerlas en cuenta en futuros ejercicios con mayor temporalidad de ejecución.

Tabla 2. Herramientas desarrolladas que aportan a la funcionalidad ecosistémica

Herramienta	Escala	Temporalidad	Proposito	Relevancia	Utili en evaluación de transformación sobre la funcionalidad ecológica?
SWAT	Cuenca	Diario	Simular balance hidrológico completo, prácticas agrícolas, producción de sedimentos, productividad y calidad de agua. Servicios hidrológicos de regulación y oferta hídrica.	Permite evaluar el impacto en la producción de agua y regulación hídrica del impacto del uso del suelo del sector agropecuario, practicas en el suelo, irrigación, practica de cultivos (rotaciones), etc. adicional a esto, permite realizar escenarios del impacto del cambio climatico en el recurso.	X
INVEST	Regional	Anual	Estimar producción de agua (no contempla la parte de acuíferos) y producción de sedimentos.	El modelo está diseñado para asistir a los tomadores de decisiones sobre el manejo y conservación de los recursos naturales. Este modelo posee varios módulos como son: Oferta hídrica (no es muy robusto), Secuestro de carbono, polinización, producción maderera, contaminación, retención de sedimentos, biodiversidad, etc.	X
WEAP	Cuncas pequenas	Mensual	Simular procesos como lluvia-escorrentía, flujo base, recarga subterránea, etc. Servicios hidrológicos de regulación y oferta hídrica.	Tiene capacidad para hacer análisis sectoriales, de conservación de agua, operación de embalses, rastreo de contaminantes, valoración de vulnerabilidad y mantenimiento de los requerimientos de los ecosistemas, también cuenta con un módulo de análisis financiero que permite hace comparaciones beneficio-costos de diferentes proyectos o alternativas.	X
HUELLA HIDRICA	Sectorial	NA	Indicador geografico explicito del uso del agua que muestra de forma espacializada los volúmenes de uso del agua y de contaminación del recurso hídrico.	Presenta la herramienta Footprint network que tiene como objetivo coordinar los esfuerzos para desarrollar y difundir el conocimiento sobre los conceptos de la huella hídrica. No proporciona información sobre cómo el agua consumida afecta negativa o positivamente a los recursos naturales, ecosistemas y medios de subsistencia.	
HUELLA ECOLÓGICA	Global hasta hogares	NA	Evaluar el impacto sobre el planeta de un determinado modo o forma de vida y, compararlo con la biocapacidad del planeta.	Indicador clave para la sostenibilidad mediante un indicador del impacto ambiental generado por la demanda humana que hace de los recursos en los ecosistemas del planeta relacionándola con la capacidad ecológica de la tierra de regenerar recursos.	
ANÁLISIS DE RIESGO	Sectorial	Depende de la información base	Es un instrumento para estimar la probabilidad de que ocurra algún daño a los recursos naturales causado por la intervención antropica de los ecosistemas.	Permite tener la probabilidad de ocurrencia de un daño o un impacto que afecta la funcionalidad del territorio, debido a la interacción entre las actividades inadecuadas de las cadenas de producción agropecuaria y la vulnerabilidad de los socio-ecosistemas y sus componentes.	X
ANÁLISIS DE APTITUD	Sectorial	Depende de la información base	Proporciona información sobre zonas potencialmente aptas para determinado unidad productiva empleando variables biofísicas, legales, ambientales y socioeconómicas.	Proveen una base de información de utilidad para una planeación mejorada del uso de la tierra e inversiones en proyectos futuras de forma sostenibles.	X

7

Aproximación a la Funcionalidad Ecosistémica (IFE)

La funcionalidad ecosistémica para la EAE se desarrollo a partir del planteamiento de Marull 2005 y Espinoza 2011, tomando como referente el Índice de valor de patrimonio natural (descrito anteriormente), ya que involucra indicadores de estructura, composición y función del territorio, el índice de Marull propone 18 indicadores, de estos, se adaptaron seis para esta evaluación (tabla 3), tomando como unidad de análisis el Bioma. Los criterios de selección dependieron de la disponibilidad de información cartográfica para las dos regiones y de la relación con la definición de funcionalidad.

Tabla. 3. Indicadores definidos para el ejercicio de aproximación a la funcionalidad ecosistémica.

CÓDIGO	INDICADOR	DESCRIPCIÓN
I1	RIQUEZA DE ECOSISTEMAS	Determinado como el Número de ecosistemas por Bioma
I2	RAREZA DE ECOSISTEMAS	Es la proporción del área de cada ecosistema al interior de un bioma (< 5% raro) (adaptado de, MAVDT, TNC, WWF y CI 2012)
I3	DIVERSIDAD DE ECOSISTEMAS (Shannon)	Determinado a partir del índice de Shannon, que determina mayor o menor diversidad biológica
I4	FIJACION DE CARBONO	Capacidad de almacenamiento de CO ₂ , se estimó a partir de los depósitos de biomasa por encima del suelo de bosque natural en Colombia de estudio realizado por Phillips et al. IDEAM 2011
I5	REGULACION HIDRICA	Esta dado por el Índice de regulación, como producto de la interacción del sistema biofísico y bioclimático en función de las condiciones del suelo, tipo y estado de la vegetación, condiciones climáticas, características físicas y morfométricas de una cuenca del ENA 2010
I6	OFERTA HIDRICA	Determina el volumen medio en millones de metros cúbicos disponible para un año medio y para un año seco, ENA 2010

8

Para cada una de las regiones se midieron los indicadores seleccionados, los valores absolutos generados para cada uno de éstos fueron en concordancia con la metodología de Marull, llevados a valores discretos de acuerdo a la Tablas 4 y 5 de clasificación de índices parciales por valores discretos de 1 a 4 respectivamente para cada zona de estudio; luego de asignar los valores discretos, se generó una matriz consolidada del índice de funcionalidad para cada bioma, donde la sumatoria de los valores discretos re-escalada en un rango de 0 a 10, genera el valor final siendo 10 el que identifica las áreas de mayor funcionalidad ecosistémica.

Tabla 4. Valores consolidados para cada indicador de funcionalidad ecosistémica de la Altamontaña. Adaptados de Marrull 2005.

INDICADORES	DESCRIPCIÓN	VALOR DISCRETO			
		1	2	3	4
I1	Riqueza de Ecosistemas	<= 2 ecosistemas	3 - 4 ecosistemas	5 - 6 ecosistemas	>= 7 ecosistemas
I2	Rareza de Ecosistemas	0 ecosistemas	1 - 2 ecosistemas	3 - 4 ecosistemas	5 - 6 ecosistemas
I3	Diversidad de Ecosistemas (Shannon)	0.29 - 0.35	0.35 - 0.41	0.41 - 0.46	0.46 - 0.52
I4	Fijacion de carbono (TC/Ha)	0.74 - 1.69	1.69 - 2.65	2.65 - 3.6	3.6 - 4.55
I5	Regulacion hidrica	Sin informacion	Baja	Media	Alta
I6	Oferta hídrica (Mm ³)	2879.35 - 2942.46	2942.46 - 3005.57	3005.57 - 3068.68	3068.68 - 3131.79

Tabla 5. Valores consolidados para cada indicador de funcionalidad ecosistémica de la Altillanura. Adaptados de Marrull 2005.

INDICADORES	DESCRIPCIÓN	VALOR DISCRETO			
		1	2	3	4
I1	Riqueza de Ecosistemas	<= 1 ecosistemas	2 - 4 ecosistemas	5 - 7 ecosistemas	>= 8 ecosistemas
I2	Rareza de Ecosistemas	0 ecosistemas	1 - 2 ecosistemas	3 - 4 ecosistemas	5 - 6 ecosistemas
I3	Diversidad de Ecosistemas (Shannon)	0.44 - 0.58	0.58 - 0.72	0.72 - 0.86	0.86 - 1
I4	Fijación de carbono (TC/Ha)	25.64 - 45.33	45.33 - 65.01	65.01 - 84.7	84.7 - 104.38
I5	Regulación hídrica	Sin información	Baja	Media	Alta
I6	Oferta hídrica (Mm3)	5944.48 - 6267.26	6267.26 - 6590.04	6590.04 - 6912.81	6912.81 - 7235.58

Resultados de la Estimación del IFE

Altamontaña

Los valores identificados para evaluar la riqueza (I1) y rareza (I2) permiten establecer que el bioma 2 correspondiente al Orobiomas altos de los Andes que representa el 43% del área de estudio de la Altamontaña, es el que presenta mayor grado de funcionalidad ecosistemas en términos del número de ecosistemas y el área de éstos; en términos de diversidad ecosistémica (I3) se tiene que el bioma 1 correspondiente a los Helobiomas andinos que tiene un 5% de representación en el área de estudio y el bioma 2, son los que presentan mayor grado de valoración. En los índices discretos referente a los servicios ecosistémicos, se obtuvo que en captura de carbono (I4) y regulación hídrica (I5) también el bioma 2 el que presenta la mayor valoración con el bioma 3 correspondiente a los Orobiomas medios de los Andes que representa el 52% del área de estudio; y en términos de oferta hídrica (I6) es el bioma 1 el de mayor impacto para la funcionalidad ecosistémica.

De lo anterior, se determina que el bioma 2 es el que tiene el mayor valor del índice de funcionalidad (10) de ecosistemas en la zona de Altamontaña, lo cual representa que en la región geográfica de éste bioma se presenta la mayor contribución en términos de ecosistemas naturales esta región, seguido del bioma 3 con un valor del IFE de 4.4 y por último el bioma 1 con un valor de 1, (tabla 6 y figura 1).

Tabla 6. Resultados de la Funcionalidad ecosistémica para la Altamontaña

Indicador	BIOMA 1		BIOMA 2		BIOMA 3	
	Valor	Valor Discreto	Valor	Valor Discreto	Valor	Valor Discreto
I1	2	1	7	4	5	3
I2	0	1	6	4	4	3
I3	0.52	4	0.52	4	0.29	1
I4	0.74	1	4.55	4	2.77	3
I5	Bajo	2	Alto	4	Alto	4
I6	3131.8	4	2879.35	1	2972.88	2
Suma		13		21		16
IFE		1.0		10.0		4.4

Se puede apreciar que alrededor de las zonas de páramos correspondiente al bioma alto de los Andes, se tiene el mayor grado de valoración de la funcionalidad de los ecosistemas. No obstante, presenta una fuerte presión por el área correspondiente a la parte media de los Andes, donde ya se encuentra un mayor presión la funcionalidad ecosistémica en la mayor área de la zona de estudio. En la zona norte entre los municipios de Fuquene y Guacheta se presentan el menor valor de funcionalidad, al igual que en la zona sur en el municipio de subachoque; producto dl uso de suelo de pastoreo intensivo y en la

parte norte una porción correspondiente a los usos de la laguna de fuquene caracterizados por la industria lechera, la agricultura y la minería. En relación a la representación municipal (tabla 7), se aprecia con el mayor valor de funcionalidad ecosistémica los municipios de Tausa, Carmen de Carupa y Villapinzon localizados cerca de la zona de páramos; y con el menor valor se encuentran Fuquene, Guacheta y Tabio correspondientes a las zonas que se encuentran más afectadas en términos de la funcionalidad ecosistémica, por presiones asociadas a los usos mencionados anteriormente.

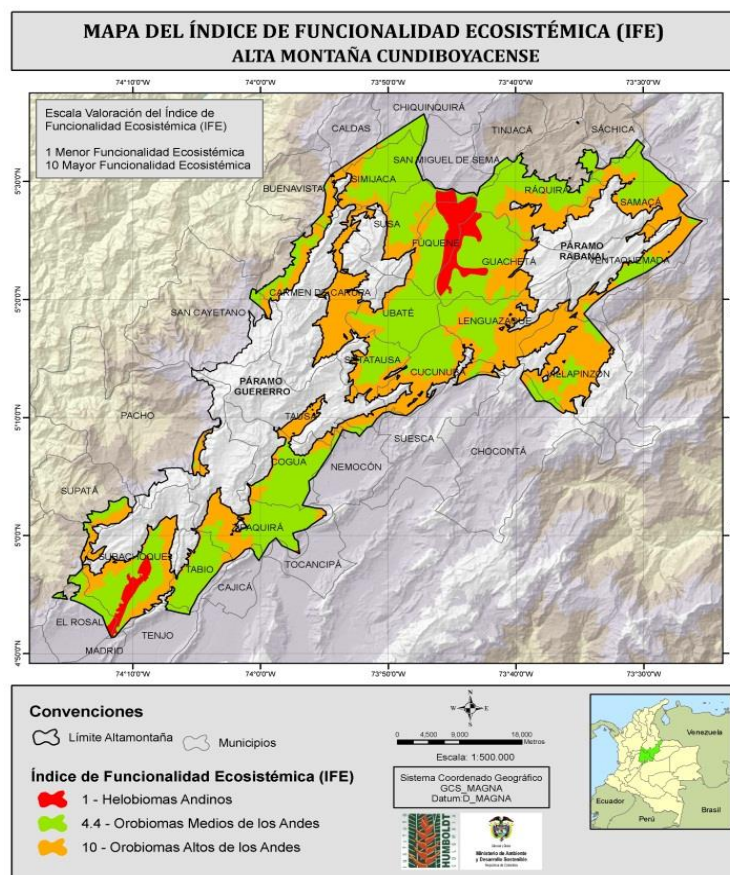


Figura 1. Funcionalidad ecosistémica para la Altamontaña

Tabla 7. Funcionalidad ecosistémica por municipio para la Altamontaña. Resaltado promedio del IFE.

Municipio	No. Píxeles	Área (ha)	MIN	MAX	Rango	Promedio	Desviación Estandar	SUM
CARMEN DE CARUPA	12275	9943	4	10	5.6	9.1	2.1	111505
COGUA	8729	7070	4	10	5.6	5.4	2.1	47110
CUCUNUBÁ	11153	9034	4	10	5.6	7.5	2.8	83356
FÚQUENE	9547	7733	1	10	9.0	4.0	2.9	38185
GUACHETÁ	17030	13794	1	10	9.0	5.0	3.0	85688
LENGUAZAQUE	14254	11546	4	10	5.6	7.5	2.8	106426
RÁQUIRA	15003	12152	1	10	9.0	6.7	2.8	100484
SAMACÁ	10987	8899	4	10	5.6	7.4	2.8	80884
SIMIJACA	10913	8840	4	10	5.6	5.7	2.3	61827
SUBACHOQUE	14716	11920	1	10	9.0	6.2	3.3	90654
SUSA	8325	6743	1	10	9.0	6.1	3.0	50429
SUTATAUSA	6275	5083	4	10	5.6	6.7	2.8	42159
TABIO	6412	5194	4	10	5.6	5.2	2.0	33533
TAUSA	3712	3007	4	10	5.6	9.7	1.3	35843
UBATÉ	10732	8693	4	10	5.6	5.6	2.3	59966
VENTAQUEMADA	6582	5331	4	10	5.6	8.2	2.6	54138
VILLAPINZÓN	14489	11736	4	10	5.6	9.0	2.1	130571
ZIPAQUIRÁ	12344	9999	1	10	9.0	6.6	2.7	81321

Altillanura

En la zona de Altillanura los valores identificados para evaluar la riqueza (I1) permiten establecer que el bioma 1 correspondiente al Helobiomas de la Amazonia y Orinoquia que representa el 23% del área de estudio, es el que presenta mayor grado de funcionalidad ecosistemas en términos del número de ecosistemas presentes; para el índice discreto de rareza (I2) el bioma 1 y el bioma 3 que corresponde a los Peinobiomas de la Amazonia y Orinoquia con el 53% de representación de área, tienen el mayor número de valoración; en términos de diversidad ecosistemas (I3) son el bioma 1 y el bioma 2 que corresponde a los Litobiomas de la Amazonia y Orinoquia con el 4% de representación en áreas los de mayor valoración. Para los índices de los servicios ecosistémicos, es el bioma 4 de Zonobioma húmedo tropical de la Amazonia y Orinoquia con el 21% de representación de áreas respecto al área de la altillanura que obtuvo el mayor valor en captura de carbono (I4); en regulación hídrica (I5) son los biomas 1 y 3 los de mayor valoración; y en términos de oferta hídrica (I6) es el bioma 2 el de mayor impacto para la funcionalidad ecosistémica.

Finalmente, se determina que el bioma 2 es el que tiene el mayor valor del índice de funcionalidad (I0) de ecosistemas en la zona de altillanura, lo cual representa que en la región geográfica de éste bioma se presenta la mayor contribución en términos de ecosistemas naturales. Seguido está el bioma 1 con un valor del IFE de 8.7; el bioma 3 con un valor estimado de 3.6 y por último el bioma 4 con un valor de 1 (tabla 8 y figura 2).

Tabla 8. Resultados de la Funcionalidad ecosistémica para la Altillanura

Indicador	BIOMA 1		BIOMA 2		BIOMA 3		BIOMA 4	
	Valor	Valor Discreto	Valor	Valor Discreto	Valor	Valor Discreto	Valor	Valor Discreto
I1	9	4	6	3	7	3	4	2
I2	6	4	4	3	5	4	2	2
I3	1.00	4	0.93	4	0.66	2	0.44	1
I4	45.57	2	63.24	3	25.64	1	104.38	4
I5	Alto	4	Medio	3	Alto	4	Bajo	2
I6	5944.48	1	7235.58	4	5957.15	1	6496.5	2
Suma		19		20		15		13
IFE		8.7		10.0		3.6		1.0

A nivel municipal, el IFE de mayor valor se encuentra localizado en la zona oriental en el municipio de Puerto Carreño, La Primavera y Santa Rosalía; y con el menor valor promedio del IFE, esta el municipio de Mapiripán. Se observa que el alto valor del IFE esta asociada a las zonas de las estribaciones del río Meta, y en menor proporción en el río Vichada, y las vegas de los afluentes o sabanas inundables como son conocidas para el helobioma de la Amazonia y orinoquia. El menor grado de valoración, se localiza en la zona sur occidental del bioma húmedo tropical de la Amazonia y orinoquia que drena al río Guaviare (tabla 9).

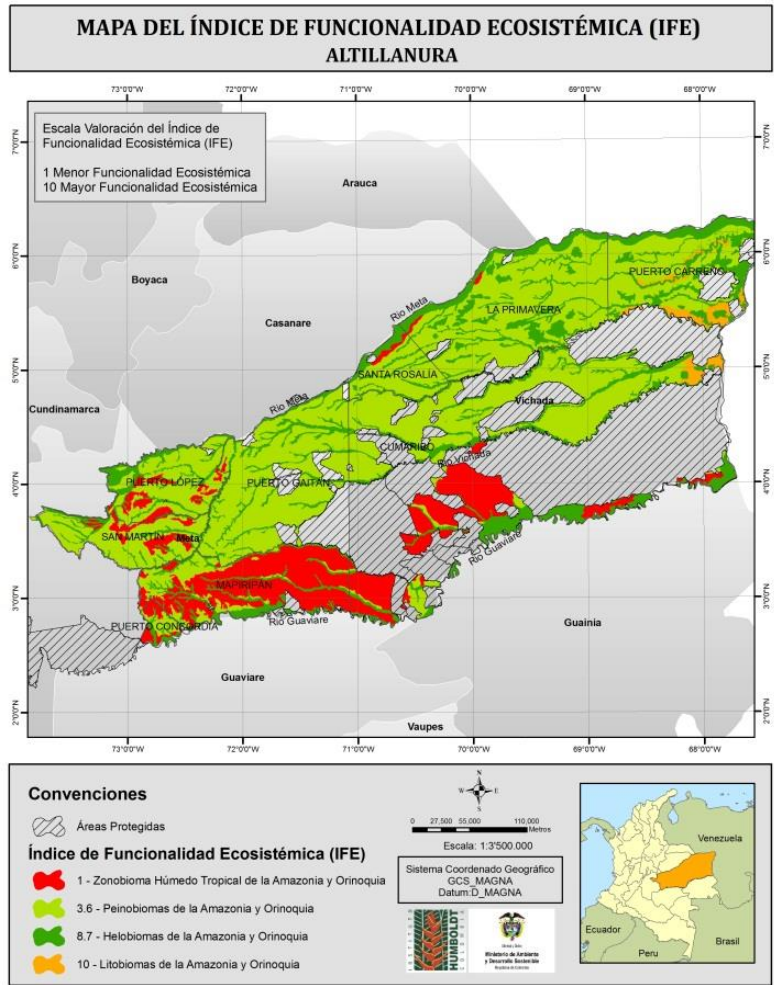


Figura 2. Funcionalidad ecosistemica para la Altillanura

Tabla 9. Funcionalidad ecosistemica por municipios para la Altillanura. Resultado promedio del IFE.

Municipio	No. Píxeles	Área (ha)	MIN	MAX	Rango	Promedio	Desviación Estandar	SUM
CUMARIBO	3277876	2655080	1	10	9	4	2.8	14042300
LA PRIMAVERA	2122957	1719600	1	9	8	5	2.3	10633300
MAPIRIPÁN	1418667	1149120	1	9	8	3	2.9	4104530
PUERTO CARREÑO	1320924	1069950	4	10	6	6	2.7	8095550
PUERTO CONCORDIA	134537	108975	1	9	8	4	3.0	529991
PUERTO GAITÁN	1707519	1383090	1	9	8	4	1.9	7621980
PUERTO LÓPEZ	836347	677441	1	9	8	4	2.5	3737200
SAN MARTÍN	716852	580650	1	9	8	4	2.3	2896450
SANTA ROSALÍA	482590	390898	1	9	8	5	2.4	2367460

Escenarios de Afectación de la funcionalidad

Con el fin de evidenciar los efectos de la transformación del territorio sobre la funcionalidad ambiental, se planteo un ejercicio de comparación y cruces de información utilizando escenarios futuros, que presenten la proyección del territorio en periodos posteriores. Este ejercicio fue posible hacerlo para la región de la Altillanura, puesto que de las regiones de interés para esta evaluación, a la fecha es la que presenta este tipo de modelaciones.

Con el fin de determinar la afectación del IFE bajo escenarios de transformación del territorio, se realizó un ejercicio de comparación entre la línea base del IFE y coberturas para el 2020, las cuales son resultado del trabajo desarrollado por Etter et al. (2009), del cual se tomó, para este análisis visual el mapa de probabilidad de extensión de la frontera agrícola; en el cual se puede ver una aproximación a la dimensión del cambio en la cobertura original de la zona, para el año 2020 (Figura 3).

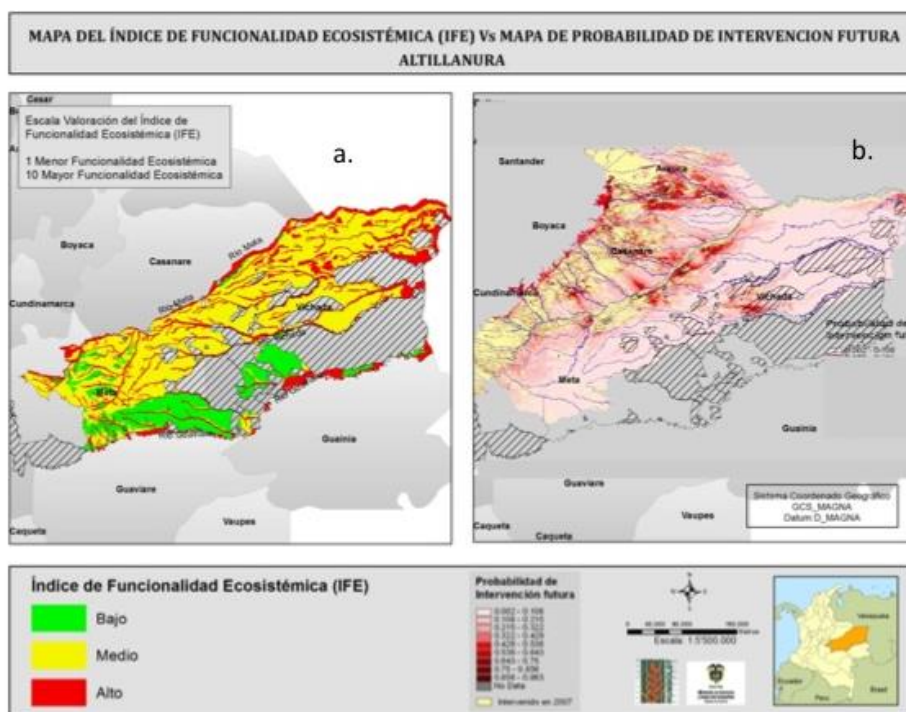


Figura 3. a. Índice de Funcionalidad Ecosistémica (IFE) Vs b. mapa de probabilidad de expansión de la frontera agrícola, Etter et al., 2009. Fuente: The Carbon Budget In The Colombian Llanos; realizado por Etter et al. 2009

En la figura 3b, se observa que la mayor transformación se centra en la zona de piedemonte, donde la accesibilidad de la región es mayor, alrededor de cabeceras municipales como Puerto Carreño y las sabanas planas ubicadas entre Puerto Gaitán y La Primavera; lugares donde el Índice de Funcionalidad Ecosistémica calculado (IFE) presenta altos valores. De acuerdo con los análisis del estudio de Etter et al., 2009, la tasa de cambio se incrementó desde 0.3% (1970-1985) a 0.9% (2000-2007), con un tendencia a 2% en el año 2020; representando una mayor afectación en a funcionalidad ecosistémica podría ser afectada pasando de un valor alto de funcionalidad (color rojo figura 3a) a valores medios o bajos dependiendo del grado de intervención. Por otra parte, se puede considerar que la expansión de intervención del sector agropecuario en estas zonas sería negativa, debido a que el índice IFE está mostrando valor altos por tener características positivas en regulación hídrica, captura de carbono en términos de bosques, alta conectividad y mínima fragmentación entre las coberturas de bosques y sabanas naturales, alta riqueza y diversidad de los ecosistemas y cualquier tipo de intervención que altere las características de los ecosistemas y servicios ecosistémicos sería de alto impacto negativo en

la funcionalidad del territorio en términos de la estructura ecológica actual de los bosques y herbazales naturales.

Adicionalmente, se comparó los mapas de aptitud de áreas potenciales de biocombustibles de Caña de azúcar y Palma de aceite del estudio “Evaluación del ciclo de vida de la cadena de producción de biocombustibles en Colombia” elaborado en el 2012 por el Consorcio CUE para el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) – Ministerio de Minas y Energía; **versus** el mapa resultante del estudio “Análisis histórico de los estudios para identificar áreas prioritarias de conservación en la Orinoquía Colombiana, 2007”, realizado por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAVH), WWF y Romero et al. 2012; que presenta el portafolio único de áreas prioritarias “in situ” para la conservación en Colombia; mediante la selección de los estudios que contemplan dentro de los objetivos contribuir a dar lineamientos para la conservación de áreas que tienen una importancia en términos de funcionalidad ecosistémica y biodiversidad en la región.

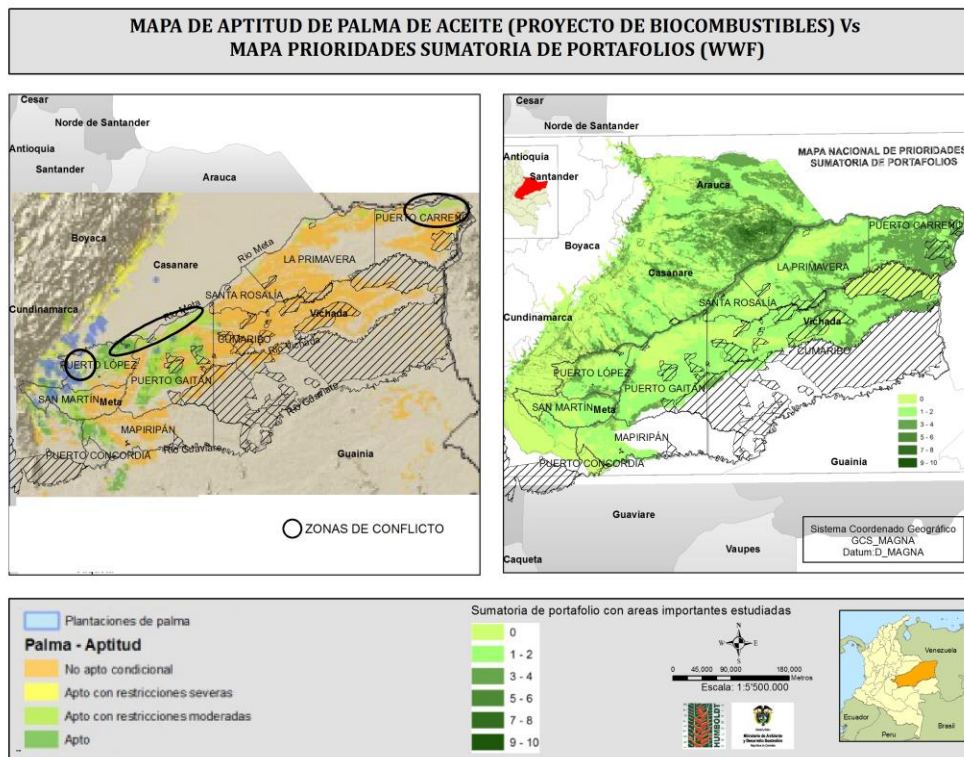


Figura 4. Mapa de aptitud de palma de aceite Vs. mapa de áreas importantes estudiadas. Fuente: Capítulo III. Estudio SIG- Potencial de expansión (2012) Romero-Ruiz y Flantua (2012).

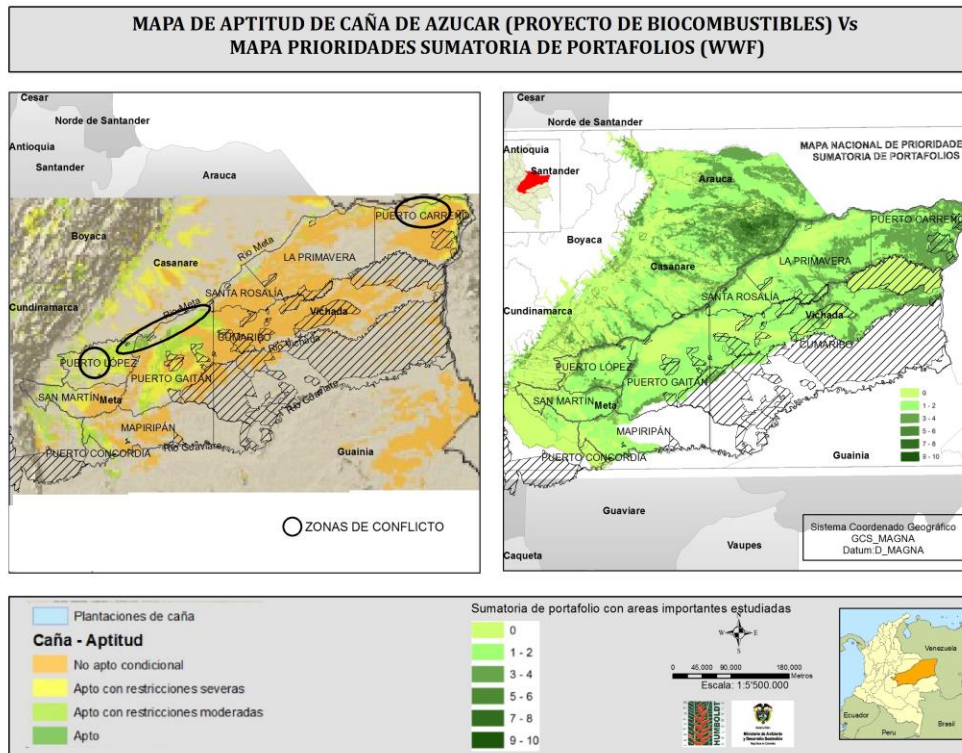


Figura 5. Mapa de aptitud de caña de azúcar Vs. mapa de áreas importantes estudiadas. Fuente: Capítulo III. Estudio SIG- Potencial de expansión (2012) y Romero-Ruiz y Flantua (2012).

Debido a que no se contó con la información de los mapas en formato digital, se realizó la georeferenciación de los archivos JPG de los estudios ya mencionados; con la finalidad de identificar las áreas de conflicto por la expansión posible de la palma de aceite y caña de azúcar sobre las áreas de alto valor de conservación ambiental. En las figuras 4 y 5 se visualizan en un círculo negro las áreas de conflicto sobre los mapas de aptitud que ya tiene contemplado la exclusión de las áreas protegidas y no aptas biofísicamente, áreas con menos de 40% en ahorro de GEI, puntos críticos de biodiversidad, áreas agrícolas y áreas de acceso limitado (áreas naranja) CUE (2012). Estas áreas se localizan sobre las estribaciones del Río Meta cerca de las localidades de Puerto Carreño, Puerto Gaitán y Puerto López. Por lo tanto, una expansión del cultivo de caña y palma de aceite en estos sectores identificados como zonas de conflicto (círculos negros), se presentará un impacto negativo en la funcionalidad ecosistémica en términos de afectación de la estructura de los ecosistemas de herbazales y bosques naturales del helobioma Amazonia y Orinoquia; el nivel de afectación será diferente y en áreas específicas dentro de las zonas señaladas en conflicto independientemente para el cultivo de caña y palma, no pudiéndose definir e identificar en este estudio por la falta de la información en formato Shapefile o Grid de los resultados de los estudios.

Otro análisis visual se realizó entre las áreas aptas de expansión de los biocombustibles versus el mapa obtenido del proyecto de sabanas biodiversas elaborado por WWF (proyecto SULU) para la región de los Llanos orientales; que contiene el portafolio de áreas prioritarias desde la perspectiva de funcionalidad por ser altamente biodiversas pero a la vez funcionales dentro del sistema (Figuras 6 y 7).

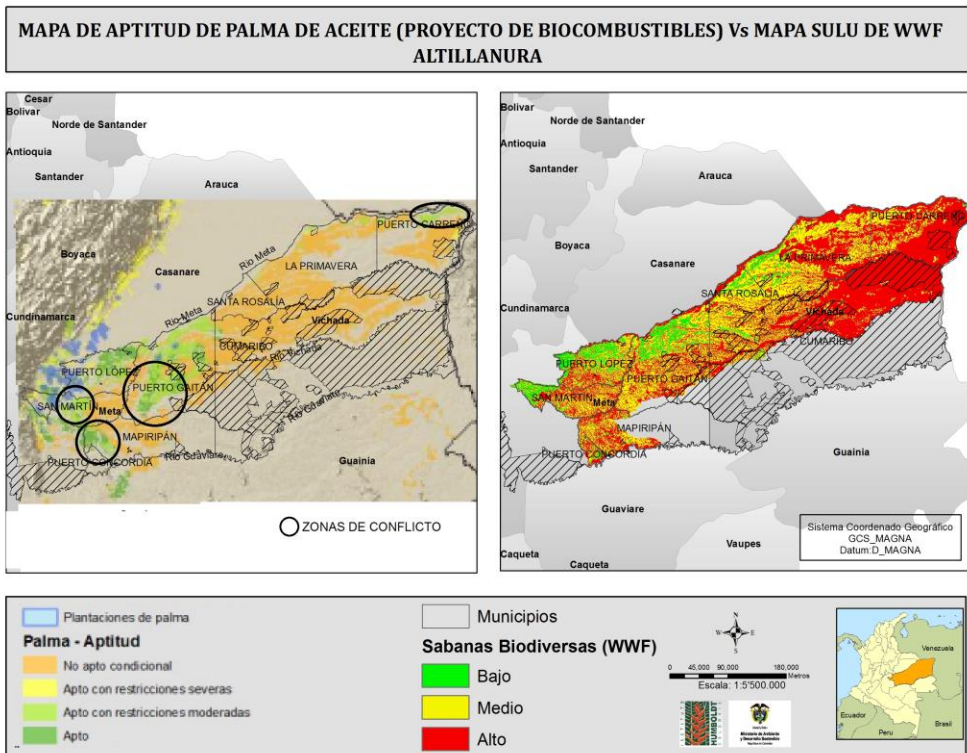


Figura 6. Mapa de aptitud de palma de aceite Vs. mapa sabanas biodiversas. Fuente: Capítulo III. Estudio SIG- Potencial de expansión (2012) y proyecto SULU de la WWF

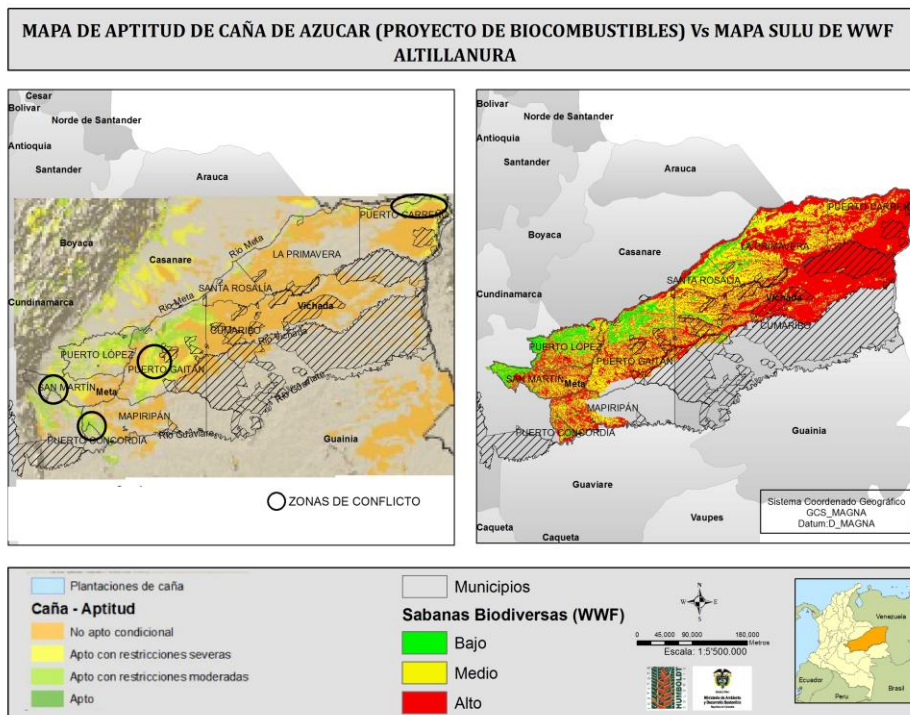


Figura 7. Mapa de aptitud de caña de azúcar Vs. sabanas biodiversas. Fuente: Capítulo III. Estudio SIG- Potencial de expansión (2012) y proyecto SULU de la WWF

En las figuras 6 y 7 se visualizan en los círculos negros las áreas de conflicto sobre los mapas de aptitud que ya tiene contemplado la exclusión de las áreas protegidas y no aptas biofísicamente, áreas con menos de 40% en ahorro de GEI, puntos críticos de biodiversidad, áreas agrícolas y áreas de acceso limitado (áreas naranja), Fuente: CUE. Una de las áreas de conflicto se localiza en las estribaciones del río Meta en el municipio de Puerto Carreño, otra en la parte sur del municipio de Puerto Gaitán, y dos más en el piedemonte de los municipios de San Martín y Mapiripán. En relación al posible impacto con la expansión del cultivo de caña y palma respecto a los resultados de áreas importantes para conservar; se puede considerar el posible impacto negativo o de alteración de la estructura ecológica de las coberturas naturales de bosques y herbazales y en la alteración de la calidad y cantidad del recurso hídrico. Estos impactos dependerán considerablemente del tipo de especie elegida para la caña y palma, y de la vulnerabilidad de los ecosistemas de herbazales y bosques naturales del helobioma amazonia y orinoquia y que se verán afectados. Lo que se puede determinar con estos resultados, es que en la zona demarcada en conflicto en el municipio de Puerto Carreño, se presenta la mayor área de expansión potencial por aptitud del cultivo de palma de aceite y es ahí donde se podría presentar el mayor impacto de afectación de los ecosistemas de herbazales o sabanas naturales en la región de la altillanura. No obstante, se necesita una análisis riguroso que contemple el calculo de áreas

En este sentido, al no tener la información digital de estos mapas no es posible realizar estimaciones de áreas y cruces espaciales que permitan definir con mejor exactitud las áreas de conflicto entre los mapas empleados. Por lo tanto, se recomienda realizar estos análisis, para definir qué porcentaje de las cerca de 1.000.000 hectáreas identificadas como áreas altamente aptas para el cultivo de palma y cerca de 2.900.000 hectáreas como moderadamente aptas a nivel, se encuentran localizadas en el departamento del Meta; y de ese porcentaje cuantas hectáreas están en conflicto con las áreas de alto valor para la conservación y cuantas hectáreas quedan en áreas donde no se presentan conflictos con el sector ambiental. Igualmente, sería para el cultivo de caña de azúcar que presento un potencial de expansión de hasta 1.518.000 hectáreas altamente aptas y 3.400.000 hectáreas moderadamente aptas a nivel nacional fuente.

Conclusiones y Recomendaciones

Las conclusiones y recomendaciones de este capítulo van en dos sentidos, el primero de ellos referido a los resultados propiamente el ejercicio de funcionalidad y el segundo, en cuanto a los vacíos de información, la herramienta como tal en el marco de la planificación territorial y sectorial y sus limitantes.

El IFE, estimado para la zona de Altamontaña, indica que alrededor de las zonas de páramos correspondiente al bioma alto de los Andes, se tiene el mayor valor de la funcionalidad de los ecosistemas; estando bajo una fuerte presión por el área correspondiente a la parte media de los Andes, donde ya se encuentra afectada la funcionalidad ecosistémica en la mayor área de la zona de estudio. En la zona norte entre los municipios de Fuquene y Guacheta se presentan el menor valor de funcionalidad, al igual que en la zona sur en el municipio de Subachoque; caracterizando estas dos zonas por el uso de suelo de pastoreo intensivo y en la parte norte una porción corresponde a la laguna de Fuquene.

Para la zona de Altillanura el IFE de mayor valor se encuentra localizado en la zona oriental en el municipio de Puerto Carreño. También, presenta un alto valor del IFE en las zonas de las estribaciones del río Meta, en menor proporción en el río Vichada, y en las vegas de los afluentes o sabanas inundables como son conocidas para el helobioma de la Amazonia y Orinoquia. El menor grado de valoración, se localiza en la zona sur occidental del bioma húmedo tropical de la Amazonia y Orinoquia que drena al río Guaviare.

Los resultados del Índice de Funcionalidad Ecosistémica a nivel municipal muestran que para la zona de Altamontaña el mayor valor de funcionalidad ecosistémica se presenta en los municipios de Tausa,

Carmen de Carupa y Villapinzon localizados cerca de la zona de páramos; y con el menor valor se encuentran Fuquene, Guacheta y Tabio representando las zonas que se encuentran mas afectadas en terminos de funcionalidad ecosistémica; y para la zona de altillanura, se obtuvo que la mayor funcionalidad ecosistémica se encuentra en los municipios de Puerto carreño, La primavera y Santa Rosalía; y con el menor valor promedio del IFE, esta el municipio de Mapiripán.

El Ejercicio de aproximación evidenció que a pesar del valioso avance de las diferentes metodologías, debido a los vacíos de información oficial de línea base actualizada y disponible, tanto para el sector agropecuario como el ambiental, sus resultados aun faltan de robustez.

Sin embargo, al definir estas áreas de alta funcionalidad ecosistémica, se presenta una aproximación de la disponibilidad de servicios ecosistémicos en áreas actualmente productivas, de tal manera que se tenga en cuenta para la planificación sectorial.

Se recomienda:

Continuar con el enfoque metodológico que se inicio en esta evaluación, para la definición de un índice de funcionalidad ambiental del territorio, de tal manera que se integren factores de los sectores productivos como (productividad, rendimiento, requerimientos de servicios ecosistemicos cuantificados), y se acerque a una aproximación de la disponibilidad de servicios ecosistémicos y su afectaciones para la planificación del sector agropecuario y así, determinar la sostenibilidad ambiental y productiva.

Analizar los indicadores del componente ambiental y ajustarlo mediante una mesa de expertos que aporten en la propuesta de lineamientos y variables que puedan mejorar la metodología para nuestro territorio.

BIBLIOGRAFIA

De Groot R.S., Alkemade R., Braat L., Hein L. Y Willemen L. 2010. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity* 7 : 260–272pp.

Etter, A., A. Sarmiento. y M. H. Romero. 2010. Land Use Changes (1970–2020) and the Carbon Emissions in the Colombian Llanos. In: MICHAEL J. HILL NIAL P. HANAN (Eds.) ECOSYSTEM FUNCTION IN SAVANNAS MEASUREMENT AND MODELING AT LANDSCAPE -TO GLOBAL SCALES. CRC Press. Taylor y Francis Group. Boca Raton London New York. 400pp.

Espinoza García. H. 2011. Caracterización de la funcionalidad ambiental de los sistemas de Producción rural de la vereda Arracachal municipio de San Antonio del Tequendama. Tesis Universidad Javeriana

IDEAM 2008. Vulnerabilidad Capitulo 4. Segunda comunicación nacional ante la convención marco De las naciones unidas sobre cambio climático. República de Colombia. 201 - 313 pp.

Marull, J. 2004. Primera proposta d'índex del valor del patrimoni natural de Catalunya (IVPN), una eina cartogràfica per a l'avaluació ambiental estratègica.

Margalef, R. 1997. Our biosphere. Excellence in Ecology, 10. Ecology Institute. Oldendorf/Luhe.

Marull, J. 2005. Metodologías paramétricas para la evaluación ambiental estratégica. *Ecosistemas* 14 (2): 97-108.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, The Nature Conservancy, World Wildlife Fund, y Conservación Internacional. 2012. MANUAL PARA LA ASIGNACIÓN DE COMPENSACIONES POR PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD. Documento de Trabajo. 49pp.

Common, M. & Stagl, S. 2008. Introducción a la economía ecológica. Editora Reverté. Barcelona. Traducción de AMT Traducciones. Ver. ESP. Paños, A. España.

Romero et al. 2011. Definición de un marco conceptual y metodológico para la construcción de la estructura ecológica principal en la Cuenca de la Orinoquia Colombiana. Documento de trabajo IAVH