

Diseño adaptativo de un paisaje agroindustrial. Una propuesta para la transformación agrícola de la altillanura colombiana*

Adaptive design of an agro industrial landscape. A
proposal for the agricultural transformation of the
Colombian high plain

Conception adaptative d'un paysage agro-industriel.
Une proposition pour la transformation agricole de
l'altillanura colombienne

Germán-Ignacio Andrade-Pérez**, Milton Romero***, Juliana Delgado****

Recibido: 2013-05-23 // Aceptado: 2013-07-25 // Evaluado: 2013-07-25 // Publicado: 2013-12-30

Cómo citar este artículo: Andrade-Pérez, G. I., Romero, M., & Delgado, J. (2013). Diseño adaptativo de un paisaje agroindustrial. Una propuesta para la transformación agrícola de la altillanura colombiana. *Ambiente y Desarrollo*, 17(33), 29-40.

Código SICI: 0121-7607(201307)17:33<29:DAPATA>2.0.CO;2-H

Resumen

La dinámica de expansión de la agricultura industrial genera un riesgo para la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de la Sabana tropical. Con el reconocimiento detallado de los ecosistemas y el diseño del paisaje, la Universidad de los Andes formuló para un grupo de empresarios, un modelo de emplazamiento de la agricultura, como transformación deseada según tres escenarios de exclusión incluyendo algunas tierras con potencial agronómico. Según la heterogeneidad ecológica encontrada, la voluntad de exclusión de la agricultura está entre un 30 y 50% de la superficie, lo cual podría generar un estándar para el sector, como aplicación de la política de gestión integral de la biodiversidad y servicios ecosistémicos y la adaptación al cambio climático basada en los ecosistemas.

Palabras clave: ecología del paisaje, diseño en el paisaje, biodiversidad, agroindustria, servicios ecosistémicos, Orinoquia, altillanura.

Palabras clave descriptores: ecología agrícola, sistemas productivos, aspectos ambientales, desarrollo sostenible, ecología del paisaje.

* Este artículo hace parte del proyecto de investigación “Sostenibilidad de emprendimientos agroindustriales en el proyecto Veracruz Fase 1”. Convenio Riopaila S.A. y Centro de Estrategia y Competitividad, Facultad de Administración, Universidad de los Andes, Bogotá.

** Biólogo. Máster en Estudios Ambientales. Profesor asociado de la Facultad de Administración, Universidad de los Andes. E-mail: gandrade@uniandes.edu.co

*** Ecólogo. PhD. Consultor de la Universidad de los Andes. E-mail: milher67@gmail.com

**** PhD. Consultora Universidad de los Andes. Ecóloga en *The Nature Conservancy*. E-mail: jdelgado@tnc.org

Abstract

The expansion process of the industrial agriculture creates a risk to biodiversity and the ecosystem services of the tropical savanna. With the mapping of ecosystems and, through a landscape design approach, Los Andes University drew up an agricultural siting model for a group of entrepreneurs. The desired transformation was discussed taking into account three scenarios for the exclusion of agriculture including some lands with agricultural potential. According to the ecological heterogeneity found, the decision of agricultural exclusion covers between 30 and 50% of the surface. The local exercise could generate a standard for the sector in the region, as an application of the policy for integrated management of biodiversity and ecosystem services, and ecosystem based adaptation to climate change.

Key words: landscape ecology, landscape design, biodiversity, agro-industry, ecosystem services, Orinoquia, upland savannas.

Key words plus: agricultural ecology, production systems, environmental issues, sustainable development, landscape ecology.

Résumé

La dynamique de l'expansion de l'agriculture industrielle occasionne un risque pour la biodiversité et les services écosystémiques de la Savane tropicale. Avec la reconnaissance spatiale des écosystèmes et l'approche du dessein au niveau du paysage, l'université de los Andes a formulé pour un groupe d'entrepreneurs, un modèle d'emplacement de l'agriculture, conçu comme une transformation désirée ayant pour référence trois scénarios d'exclusion de l'agriculture y compris quelques terres avec du potentiel agronomique. Selon l'hétérogénéité écologique trouvée, la décision d'exclusion de l'agriculture est parmi un 30 et 50% de la superficie, ce qui pourrait entraîner un standard pour le secteur, comme application de la politique de gestion intégrale de la biodiversité et des services des écosystèmes et l'adaptation au dérèglement climatique basé sur les écosystèmes.

Mots-clés: écologie du paysage, conception dans le paysage, biodiversité, agro-industrie, services écosystémiques, Orinoquia, altillanura.

Mots-clés descripteur: écologie du paysage, aménagement paysager, biodiversité, services des agro-écosystèmes, Orénoque, altillanura.

Introducción

El Plan de Desarrollo 2011-2014 anuncia la expansión en la Orinoquia de cultivos de alimentos y agrocombustibles en un proyecto conocido como el “Cerrado colombiano”. El mismo ha sido objeto de señalamiento (Rodríguez *et al.*, 2008), por los impactos del llamado “milagro agrícola” brasilero sobre la biodiversidad (Klink & Machado, 2005), suelos, aguas y aspectos sociales (Martinelli & Filoso, 2008, 2009). En la Orinoquia colombiana, con una población con formas de vida ligadas a los ecosistemas (Forero, 1997), lo que está en juego es la distribución en la sociedad de los costos y beneficios de la transformación (Andrade, 2013). Pero, también la sostenibilidad de la agricultura podría estar también en riesgo por el cambio climático, que según las proyecciones 2011-2014, en el Vichada podría tener un incremento promedio de 2.7 °C, y 10 a 20% de disminución de precipitación, en un escenario hacia 2050 de aridización y cambio hidrológico (IDEAM, 2010). El acelerado proceso de transformación agrícola de la región se da actualmente, sin que se hayan tomado las precauciones mínimas para evitar los mismos impactos que se han presentado en el Brasil, en especial por el escaso conocimiento ecológico, ambiental y cultural. En este contexto algunos empresarios solicitaron la orientación de la Universidad de los Andes para la creación de un estándar para el emplazamiento de la agricultura, a aplicarse en medio del proceso de transformación. En este trabajo se presentan los criterios usados para guiar el diseño del paisaje en predios privados en el espacio subregional, como una contribución a la gestión de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en medio de la rápida transformación productiva de esta región.

Marco teórico y conceptual

Servicios ecosistémicos y biodiversidad

La agricultura se considera un servicio ecosistémico de provisión (sensu Evaluación de Ecosistemas del Milenio (Millennium Assessment MA, 2005), en este caso a través de la transformación del ecosistema. Dado que no se conocen las respuestas de los ecosistemas a la intensificación agrícola, la transformación tiene el riesgo de desbalancear los servicios ecosistémicos de soporte, regulación a través de acumulación de procesos de cambio en la escala del paisaje, y servicios culturales por cambios en el territorio de comunidades humanas. El limitado conocimiento, o la complejidad del sistema en proceso de cambio, puede generar sorpresas en los ciclos hidrológicos y la biodiversidad (Gordon *et al.*, 2007). La transformación también tiene el potencial de producir cambios negativos e inesperados, que se manifiestan como perjuicios (*ecosystem disservices*) para la agricultura (Zhang *et al.*, 2007). Se hace necesario así definir soluciones de compromiso (*Tradeoffs*) que expresen un equilibrio económico – ecológico en la escala del paisaje (Frost *et al.*, 2006). La imposibilidad de establecer de antemano límites seguros y precisos a la transformación, es una oportunidad de producir conocimiento adaptativo en el contexto de aplicación (Nassauer & Opdam, 2008). En la figura 1 se presenta un modelo teórico de la relación entre servicios ecosistémicos y soluciones de compromiso, en una perspectiva de gestión adaptable. El modelo incluye potenciales riesgos o conflictos ambientales que llaman a soluciones de compromiso, entre servicios de varios tipos (de provisión y culturales versus de regulación y soporte) y entre ellos y la transformación radical del ecosistema (conservación vs. degradación).

Diseño en el paisaje y monitoreo del cambio

Con el paquete tecnológico de monocultivo de “agricultura de precisión” disponible del Cerrado brasilero que en este estudio no se pretende cambiar, se propone la creación de un equilibrio económico-ecológico basado en el diseño del paisaje, entendido como un “cambio intencional en el ecosistema dirigido a aumentar el bienestar humano” (Nassauer & Opdam, 2008), manteniendo hasta cierto punto las estructuras y funciones ecológicas. El asunto central es el acuerdo sobre criterios para establecer los límites a la expansión de la agricultura en el ecosistema (en tierras con

potencial agronómico), en situación de escaso conocimiento y baja regulación legal. La gestión de la incertidumbre del conocimiento inherente a la intervención actual, propone un sistema de monitoreo basado en la biodiversidad (Andrade, 2011), sobre la base de las propuestas actuales para el seguimiento de la resiliencia en los agroecosistemas (Cabell & Oelofse, 2012).

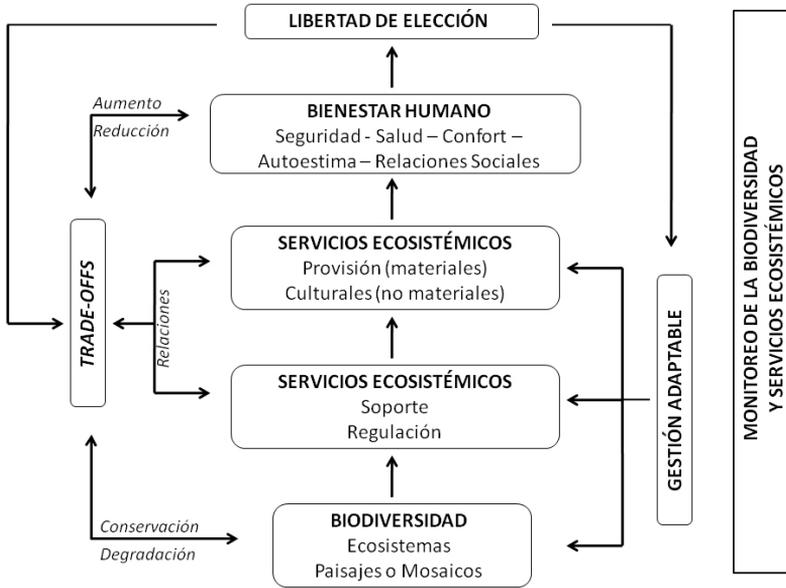


Figura 1: Relación entre servicios ecosistémicos y biodiversidad y las soluciones de compromiso entre los servicios ecosistémicos y el estado del ecosistema en una perspectiva de gestión adaptable

Fuente: Elaboración propia.

Metodología

El área de estudio se encuentra en los municipios de Santa Rosalía y La Primavera (Departamento de Vichada) a 5° 45' - 5° 00' N y 71° 00' - 71° 10' W (ver Figura 2).

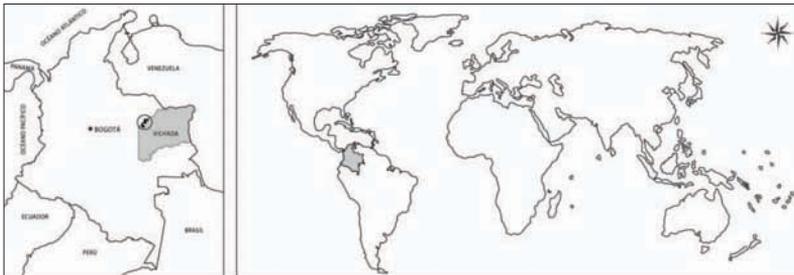


Figura 2: Ubicación del proyecto en el Vichada, Colombia

Fuente: Elaboración propia.

La región presenta una temperatura media de 27.5 °C y la precipitación media interanual entre 1988-2400 msnm, en un régimen monomodal con estación seca de diciembre a marzo y lluviosa de agosto a noviembre (IDEAM, 2006). La capacidad de retención y regulación hídrica es baja (IDEAM, 2010). Los suelos son evolucionados, bien drenados, ácidos, fertilidad natural muy baja y poca retención de nutrientes (Romero *et al.*, 2009). Un 75% de las áreas en proceso de intensificación agrícola están en la altillanura estructural erosional y el resto en la planicie aluvial (Romero, 2010), pertenecientes a una subcuenca de 333.520 ha. El trabajo, realizado por un grupo interdisciplinario, partió de la construcción de una línea base detallada del sistema ecológico expresada en un mapa del paisaje-ecosistema en el ámbito regional a escala 1:10.000 con comprobación intensa de campo durante julio, agosto y septiembre de 2011 y mayo de 2012, en períodos de diez días. Se partió de un marco conceptual basado en el diseño de paisaje y el monitoreo del cambio ecológico (en preparación), se definieron tres escenarios de emplazamiento de la agricultura, según sendos niveles de gestión del riesgo y generación de valor ecológico.

Resultados

Ecosistemas y paisaje en la subregión de la altillanura

El proceso de emplazamiento de la agricultura en los municipios estudiados se llevó a cabo en un espacio con 18 paisajes-ecosistemas, 95% naturales o seminaturales y 5% transformados (ver Tabla 1). La idea previa de una altillanura como un sistema ecológico relativamente simple y sin restricciones ambientales mayores (Rodríguez *et al.*, 2008) en el área de estudio solo corresponde al 45% de la superficie.

Tabla 1
Heterogeneidad ecológica de la altillanura en zona de estudio

TIPO DE ECOSISTEMA	ha	%
Sabana alta	150.603	45
Sabana encharcable	85.158	25
Sabana inundable	38.654	12
Bosque	30.598	9.5
Cultivos ya establecidos	14.205	4
Otros (río, playas)		3.6
Infraestructura		0.6

Fuente: elaboración propia.

Criterios de diseño de paisaje

La exclusión de la agricultura tuvo como referencia tres escenarios, según el tipo de ecosistema conservado (ver Figura 3).

En el escenario 1 se excluye la agricultura solamente de bosques y humedales reconocidos, entre ellos, varios tipos de sabana inundable (de desborde del río Meta). En el escenario 2 se excluyen de la agricultura las “sabanas encharcables”, en las cuales en la altillanura nace una red de cursos de aguas oscuras que discurren hacia los afluentes del río Orinoco, con alta singularidad ecológica. En el escenario 3 se excluyen las sabanas arboladas y unas franjas de conectividad en el mosaico de los ecosistemas. Los tres escenarios tienen una dimensión de riesgo ambiental y niveles de retención de valor ecológico en el territorio, como conservación de elementos de la biodiversidad y mantenimiento de opciones económicas ligadas con los ecosistemas naturales y seminaturales. Los criterios de riesgo y retención de

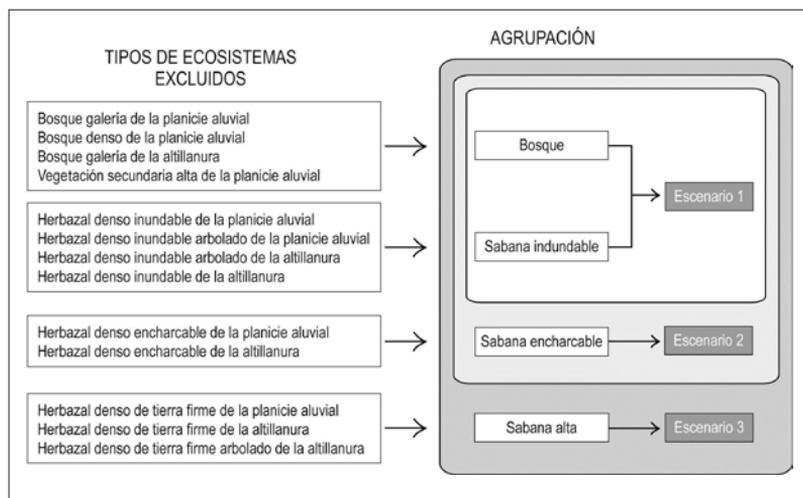


Figura 3: Definición de escenarios de exclusión de la agricultura según tipos de sistema ecológico en la región de estudio

Fuente: Elaboración propia.

valor ecológico se presentan en la Tabla 3. La proporción de tierra disponible para la agricultura y para la conservación se presenta en la Figura 4, y su expresión espacial en la Figura 5.

En 2012 la propuesta de transformación-conservación acordada toma como referencia un escenario intermedio (1-2), con la posibilidad abierta de exclusión de otras áreas, dependiendo de las señales que se produzcan desde el sistema de monitoreo a nivel de paisaje y biodiversidad. Las zonas de sabanas encharcables serán objeto de un manejo especial manteniendo su función reguladora en un esquema de transformación parcial. Además de la gestión del riesgo, la retención o creación de valor ecológico dentro del negocio, permitió avanzar las discusiones con los inversionistas. Se partió de reconocer que la regulación no garantiza el mantenimiento de la biodiversidad y de los procesos ecológicos. Plantear el asunto en forma de escenarios, y no con base en una fórmula prescriptiva única, permitió ampliar la comunicación entre la universidad y la empresa en temas que no son familiares para los inversionistas, permitiendo crear un lenguaje útil para la construcción de acuerdos.

El modelo, en proceso de discusión para decisión, reconoce que no hay conocimiento sobre umbrales en el cambio del sistema ecológico. La incertidumbre que esto implica se gestionará con un sistema de monitoreo basado en alertas tempranas de cambio en la biodiversidad, actualmente en proceso de definición técnica y referidas a: a) la composición, estructura y función de la biota de la sabana tropical, cuya disminución sistemática conforme avanza el emplazamiento de la agricultura, podría monitorearse a nivel regional, que permita cambiar las decisiones sobre transformación productiva; y b) la pérdida de componentes y procesos de la biodiversidad debido a cambios súbitos en los sistemas ecológicos, como sería el colapso de poblaciones de especies de baja densidad (depredadores) y la disminución de las especies dependientes de las condiciones típicas de las aguas oscuras en las zonas de drenaje de la futura agricultura industrial. Se trata de “usar” la biodiversidad como un “servicio ecosistémico de información” (Millenium Aseessment, 2005), para generar alertas tempranas y umbrales de cambio no deseado según los niveles de pérdida de componentes y funciones, e integrado con una batería de indicadores en la escala del mosaico de paisaje referidos a su estructura y función a partir de métricas de paisaje escogidas para responder preguntas básicas que surgen de la biología de la conservación. (Andrade *et al.*, En preparación).

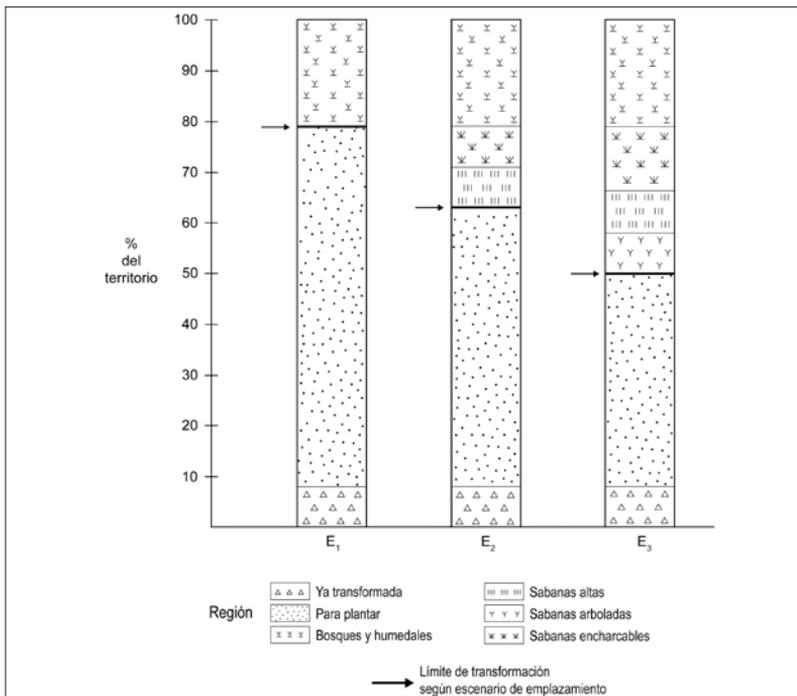


Figura 4: Porcentaje de superficie disponible para agricultura según los escenarios de exclusión.

Fuente: Elaboración propia.

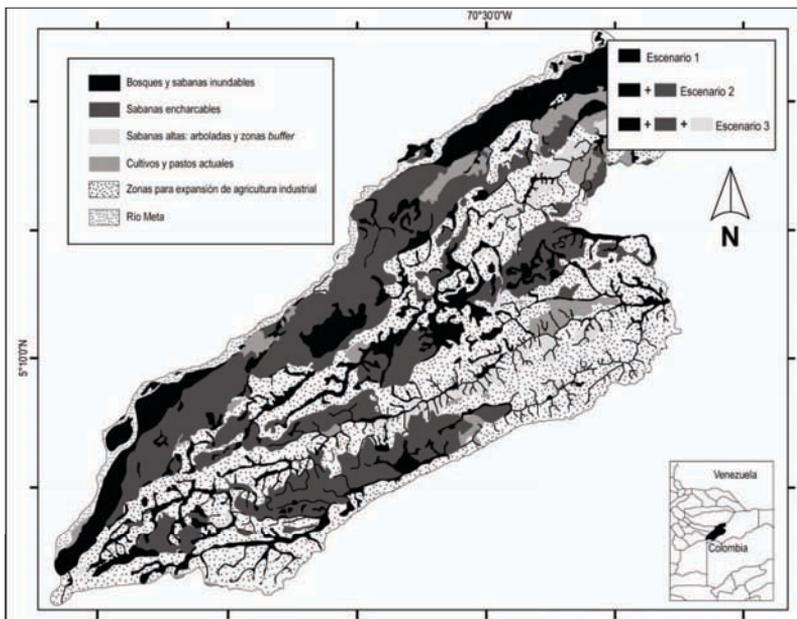


Figura 5: Patrón espacial de los escenarios de exclusión de la agricultura en la región del proyecto

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2
Escenarios de exclusión de la agricultura propuestos según niveles de riesgo asociados y de la propuesta de este trabajo de "tercera generación de valor"¹

ESCENARIO	SISTEMA ECOLÓGICO	NIVEL DE GESTIÓN DEL RIESGO	VALOR ECOLÓGICO RETENIDO	TIPO DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL EMPRESARIAL ²
E1. Mínimo legal	Se transforman todas las sabanas. Se mantienen bosques y humedales reconocidos.	Se hace una gestión directa del riesgo legal centrado en el requerimiento de conservación de bosques y humedales reconocidos.	Se mantiene la biodiversidad de bosques y humedales. Hay supresión o control de quemas en las sabanas. Aumento de poblaciones silvestres de bosques por protección directa.	Nivel 1 de "conformidad". Se cumple la ley.
E2. Previsión	Se mantienen bosques, humedales reconocidos y sabanas encharcables. ²	Además del riesgo legal, se controla parcialmente el riesgo de pérdida de biodiversidad de algunos tipos de sabana y el riesgo ambiental estándar (producción más limpia).	Además de lo anterior, hay conservación de la biodiversidad asociada a mosaicos de sabanas.	Nivel 2 o "segunda generación": Control de impactos ambientales conocidos. Se incorporan elementos de sostenibilidad ambiental según estándares sectoriales. Hay fortalecimiento del sector público local y políticas públicas sectoriales.
E3. Precaución	Además de los anteriores, se mantienen franjas conectadas de sabanas altas y ricas en biodiversidad (en especial las arboladas).	Se minimiza el riesgo de sorpresas ecológicas y de pérdida de la biodiversidad. Se prepara mejor el territorio para cambios desconocidos, como el climático. Representa el mayor nivel de gestión del riesgo reputacional.	Se retienen el mayor nivel de biodiversidad con mosaicos robustos. Se mantienen opciones económicas asociadas con la conservación.	Nivel 3 o de "tercera generación": Precaución frente a impactos desconocidos y posibilidad de cambio de régimen ecológico. Alianzas con actores múltiples. Fortalecimiento del sector público y políticas nacionales. Trayectoria hacia una agricultura de conservación.

Fuente: elaboración propia.

1 Willis *et al.* (en preparación).

2 En la Resolución de CORPORINOQUIA de 22 de junio de 2011 considera las sabanas "encharcables" como un subtipo de humedal.

Discusión

Existe consenso científico acerca de que el futuro de las sabanas tropicales americanas depende en gran parte de la gestión de conservación que se haga en los llanos de Colombia y Venezuela que tienen el 18% de este bioma (Etter *et al.*, 2010), con 17.000 km² susceptibles de transformación (Romero *et al.*, 2011). En Colombia, con una tasa de conversión de sabanas que pasó de 0.3% (1970-1985) a 0.9% (2000-2007), y con 200.000 has/año podría alcanzar el 2% en 2010 (Etter *et al.*, 2008), la expansión de la agricultura industrial sin suficientes restricciones en la altillanura genera un alto riesgo ecológico y amenaza severa sobre la biodiversidad (Lasso *et al.*, 2010). Hasta la fecha, el desarrollo agrícola convencional de la Orinoquia busca adecuar el sistema ecológico a la agricultura industrial, mediante diversos métodos como deforestación, drenajes, nivelaciones de terreno, enriquecimiento de los suelos y control de plagas. La gestión ambiental convencional se basa en regulación de acceso a recursos naturales, vertimientos y la conservación de bosques y humedales reconocidos. Corporinoquia, la autoridad ambiental regional, ha iniciado la aplicación de la planificación del manejo de predios mayores en proceso de transformación. Con todo, el riesgo de pérdida de biodiversidad en este proceso, es relativamente alto, pues no se reconoce valor ambiental directo a los ecosistemas de sabana. En este contexto la propuesta desarrollada en el presente trabajo centrada en el diseño en el paisaje (*landscape design*, Nassauer & Opdam, 2008), busca adaptar la agricultura al sistema ecológico a través de un equilibrio económico y ecológico expresado en un modelo en la escala del paisaje.

La exclusión de la agricultura más allá de los requerimientos legales, implica un compromiso sobre la rentabilidad por el mantenimiento dentro de los predios de bienes públicos ambientales. Pero también, es la oportunidad de crear valor ecológico en la cadena de inversores, productores, proveedores de servicios y consumidores, anticipando señales de mercado y del regulador. En efecto, las “sabanas ricas en biodiversidad” son de interés creciente por la directiva de la Comunidad Europea (2009/28/CE) que establece criterios ambientales para el uso de biocombustibles. Las áreas excluidas de la agricultura comercial no son solo destinadas para el uso indirecto, sino son áreas con potencial económico a través de actividades de investigación, ecoturismo, y mantenimiento, o modificación ligera de formas de ganadería tradicional, que ha sido reconocida como una forma de uso económico de la tierra con beneficios probados sobre la biodiversidad (Hoogesteijn & Hoogesteijn, 2010). No se trata pues de un modelo de compensación de pérdidas de biodiversidad con el mantenimiento de sitios de alto valor de conservación, sino que se parte de la hipótesis que afirma que la transformación productiva puede hacerse de esta manera, evitando la pérdida neta de biodiversidad, lo cual es el objetivo central del sistema de monitoreo (en preparación).

El modelo de agricultura industrial transita así desde una transformación basada en la sostenibilidad agronómica y ambiental, hacia una “transformación prudente” basada en la aplicación del principio de precaución, como una propuesta empresarial extendida de responsabilidad ambiental y de ejercicio de la función social y ecológica de la propiedad privada. Sin embargo, el valor ecológico que puede adicionarse a nivel de predios se distancia del que se requiere para manejar impactos acumulados en escalas superiores del paisaje. Para ello es necesario contar con visiones subregionales para el emplazamiento de la agricultura en el territorio, que de forma convencional y en escala del paisaje puede tener implicaciones sobre el futuro de los servicios ecosistémicos y el bienestar humano; en especial, porque los sistemas de vida humana están ligados con la base natural de sustento. La adaptación al cambio climático va más allá de la aproximación convencional basada en el manejo del agua, suelo, manejo genético y mejoramiento tecnológico (para caña y palma de aceite, Lau *et al.*, 2010) y propone una aproximación basada en la gestión del ecosistema (Andrade *et al.*, 2011).

El esquema en proceso de aplicación tiene potencial regional a través de su adopción en la regulación pública. Corporinoquia ya reconoce en los planes de gestión de predios algunas áreas como “reservas de los propietarios”, que podrían extenderse según el modelo propuesto, más allá de aquellas que ya tienen un valor reconocido. El modelo representa además una propuesta de adaptación al cambio climático en tierras con riesgo de desertización. En suma, el modelo es desde la práctica, un complemento a una

política para la construcción de un paisaje agrícola multifuncional (Bengston *et al.*, 2003), basado en la gestión del conocimiento y contribuyendo a la implementación de la nueva política de Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE). Estaríamos pues, frente a unos emprendimientos que modifican su identidad, con el potencial de convertirse en “industrias de conservación”, en el sentido de Yang *et al.* (2010).

Conclusiones

1. Si bien es deseable contar con información precisa sobre los impactos ambientales y sobre la biodiversidad antes del emplazamiento de la agricultura, esta situación no es posible en el actual proceso de expansión de la agricultura.
2. El concepto de diseño de paisaje, acompañado de un sistema de monitoreo de alertas tempranas sobre el cambio en la biodiversidad (en desarrollo), parece una alternativa robusta a la generación de conocimiento adaptativo, durante el proceso de transformación.
3. La propuesta no permite conjurar todos los impactos ambientales, pero sí ha servido para introducir la gestión de los riesgos ambientales en la agenda de los agricultores industriales.
4. No se trata de un modelo de planificación racional de la agricultura, ni uno de planificación sistemática de la conservación: en medio de la incertidumbre se han logrado decisiones que permiten de entrada retener un conjunto importante de tierras (entre el 30 y 50%) para la conservación de la biodiversidad.
5. Es un modelo de gestión del riesgo del cambio, que permite además generar valor ecológico en los predios en proceso de transformación.
6. El modelo de gestión de transformación de los predios que se incorporan a la agricultura industrial, debería ser complementado con una planificación en escala superior del paisaje para la gestión en escala adecuada de los bienes públicos ambientales, y de una estrategia de gestión del cambio adaptativo en los sistemas ecológicos en rápido proceso de transformación.

Agradecimientos: A Óscar Marulanda, Guillermo Ramírez y Luis Hernández por sus permanentes aportes a la discusión técnica. A Ana Guzmán, Santiago Madrián y Emilio Constantino, por sus aportes en especial en la visita de campo. A Martha Rodríguez, Lina Jaramillo y Eliana Cruz, por su apoyo en la administración del proyecto en el Centro de Estrategia y Competitividad de la Facultad de Administración.

Referencias

- Andrade, A., Córdoba, R., Dave, R., Giro, P., Herrera-F., G., Munroe, R., Oglethorpe, J., Pramova, E., Watson, J., & Vergara, W. (2011). *Principios y lineamientos para la integración del enfoque basado en ecosistemas en el diseño de proyectos y políticas de adaptación: Un documento para discusión*, Commission for Ecosystem Management, the International Union for Conservation of Nature, Kenya.
- Andrade G. I. (2013). *Construcción de paisajes sostenibles y resilientes en la afillanura colombiana, oportunidad que se desvanece*. En Foro Nacional Ambiental, Bogotá, [En prensa].
- Andrade, G. I. (2011). Propuesta preliminar para el monitoreo y conservación de la biodiversidad en la transformación agrícola de la Orinoquia. En Lasso, C., Rial, A., Matallana, C., Ramírez, W., Señaris, J., Díaz-Pulido, A., Corzo, G., & Machado-Allison, A. (Eds.). *Biodiversidad de la cuenca del Orinoco* (pp. 88-105). II. Áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Bogotá, D.C. Colombia 304 p.
- Bengtsson, J., Angelstam, P., Elmqvist, T., Emanuelsson, U., Folke, C., Ihse, M., Moberg, F., & Nystrom, M. (2003). Reserves, resilience and dynamic landscapes. *Ambio*, 32(6), 389-396.
- Cabell, J.F., & Oelofse, M. (2012). An indicator framework for assessing agroecosystem resilience. *Ecology and Society*, 17(1), 18, [en línea], disponible en: <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04666-170118>
- Etter, A., McAlpine, C., & Possingham, H. (2008). An historical analysis of the spatial and temporal drivers of landscape change in Colombia since 1500. *Annals of the Association of American Geographers*, 98, 1-27.
- Etter, A., Romero, M., & Sarmiento, A. (2010). Land use change (1970-2007) and the Carbon emissions in the Colombian Llanos. En Hill, M. and N.P. Hanan (Eds.) *Ecosystem Function in Savannas: measurement and modeling at landscape to global scales* (Chapter 20, pp. 383-402). Taylor & Francis CRC Press, Boca Ratón.
- Forero, J. (1997). Interacciones ecosistémicas y socioeconómicas de los sistemas de producción en la Orinoquia. En *Sabanas, vegas y palmares. El uso del agua en la Orinoquia colombiana* (pp. 261-298). Bogotá: Universidad Javeriana, Instituto Mayor Campesino y CIPAV.
- Frost, P., Campbell, B., Medina, G., & Usongo, L. (2006). Landscape-scale Approaches for Integrated Natural Resource Management in Tropical Forest Landscapes. *Ecology and Society*, 11(2), 30 [on line] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss2/art30/>
- Gordon, L. J., Peterson, G. D., & Bennett, E. M (2007). Agricultural modifications of hydrological flows create ecological surprises, *TREE*-914, 9.
- Hoogesteijn, A. L., & Hoogesteijn, R. (2010). Cattle Ranching and Biodiversity Conservation as Allies in South America's flooded savannas. *Great Plains Research*, 20, 37-50.
- IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2006). Zonificación hidrográfica y codificación de cuencas hidrológicas en Colombia. Mapa de Zonas y Subzonas Hidrográficas de Colombia.
- IDEAM (2010). *Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogotá, Colombia.
- Klink, C. A., & Machado, R. B. (2005). Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology*, 19(3), 707-713.
- Lasso, C. A., Usma, J. S., Trujillo, F., & Rial, A. (2010). *Biodiversidad de la cuenca del río Orinoco. Bases científicas para la identificación de áreas para la conservación y uso sostenible en la biodiversidad*. Instituto de Investigación

- de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle, Instituto de Estudios de la Orinoquia de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia 609 p.
- Lau, C., Jarvis, A., & Ramírez, J. (2010). Colombian agriculture: Adapting to climate change. *CIAT Policy Brief*, n.º 1, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, 4 p.
- Martinelli, L., & Filoso, S. (2008). Expansion of sugarcane ethanol production in Brazil. Environmental and social challenges. *Ecological Applications*, 18(4), 885-898.
- Martinelli, L., & Filoso, S. (2009). Balance between food production, biodiversity and ecosystem services in Brazil: A challenge and an opportunity. *Biota Neotropica*, 9, 21-25.
- Millennium Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-being. Synthesis*. Island Press. Washington.
- Nassauer, J. I., & Opdam, P. (2008). Design in science: Extending the landscape ecology paradigm. *Landscape Ecology*, 23, 633-644.
- Rodríguez, M., Andrade, G. I., Castro, G., Durán, A., Rudas, G., Uribe, E., & Wills, E. (2008). *La mejor Orinoquia que podemos construir. Elementos para la sostenibilidad ambiental del desarrollo*. Corporinoquia, Universidad de los Andes, Foro Nacional Ambiental y Fescol. Dupligráficas LTDA, Bogotá.
- Romero, M. (2010). *Influence of land use, climate and topography on the fire regime in the Eastern Colombian Savannas*. [Thesis submitted to the University of Leicester for the degree of Doctor of Philosophy in the Department of Geography], pp. 194.
- Romero, M., A., Etter, Sarmiento, A., & Tansley, K. (2009). Spatial and temporal variability of fires in relation to ecosystem, land tenure and rainfall in savannas of northern South America. *Global Change Biology*, 16, 2013-2023.
- Romero, M. H., Flantua, S.G.A., Tansley, K., & Berrío, J.C. (2011). Landscape transformation in savannas of northern South America. Land use cover changes since 1987 in the Llanos Orientales de Colombia. *Applied Geography*, 32, 766-776.
- Yang, W., Bryan, B. A., MacDonald, D. H., Ward, J.R., Wells, G., Crossman, N. D., & Connor, J. D. (2010). A conservation industry for sustaining natural capital and ecosystem services in agricultural landscapes. *Ecological Economics*, 69, 680-689.
- Zhang, W., Ricketts, T., Kremen, C., Carney, K., & Swnton, S. (2007). Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological Economics*, 64, 253-260.