

# Análisis multitemporal del paisaje en el Magdalena Medio en el periodo 1985-2011: una ventana de interpretación de cambios históricos e implicaciones en la conectividad estructural de los bosques<sup>a</sup>

**Alba Lucía Marín Valencia<sup>b</sup>**

Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín - Colombia

**Carlos Federico Álvarez Hincapié<sup>c</sup>**

Corporación Universitaria Lasallista, Caldas - Antioquia

**Carlos Eduardo Giraldo<sup>d</sup>**

**Sandra Uribe Soto<sup>e</sup>**

Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín - Colombia

## Resumen

Se realizó un análisis multitemporal del paisaje del municipio de Puerto Berrío (Antioquia), para los años 1985, 2001 y 2011, utilizando sensores remotos en un área de 15.000 ha. Se evidenció gran dinámica en la estructura y composición del paisaje y una alta heterogeneidad en el 2001, con tendencia a homogenización en el 2011. Se detectaron cambios “positivos” de pastos a rastrojos y bosques de 1985 al 2001, mientras que del 2001 al 2011 se evidenciaron pérdidas y fragmentación de bosques. Esta transformación se relaciona con el abandono de las tierras y el desplazamiento en las décadas de 1980 y 1990, así como con el posterior retorno y la reactivación de las actividades económicas en la década del 2000. Se estimaron unas rutas de conectividad potencial norte-sur entre los bosques de interés, mostrando alta fragmentación transversal en el paisaje.

**Palabras claves:** conectividad estructural, conservación, dinámica del paisaje, fragmentación, Magdalena Medio.



doi: 10.15446/rcdg.v27n1.55783

RECIBIDO: 17 DE FEBRERO DE 2016. ACEPTADO: 8 DE AGOSTO DE 2016.

Artículo de investigación sobre las métricas de composición y dinámica del paisaje, la estimación de la conectividad estructural de los bosques y su asociación con eventos socioeconómicos en el municipio de Puerto Berrío (Antioquia), para 1985, 2001 y 2011.

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO: Marín Valencia, Alba Lucía, Carlos Federico Álvarez Hincapié, Carlos Eduardo Giraldo, y Sandra Uribe Soto. 2018. “Análisis multitemporal del paisaje en el Magdalena Medio en el periodo 1985-2011: una ventana de interpretación de cambios históricos e implicaciones en la conectividad estructural de los bosques.” *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía* 27 (1): 10-26. doi: 10.15446/rcdg.v27n1.55783.

- 
- a El artículo refleja los resultados del proyecto Mariposas diurnas del Magdalena Medio antioqueño: genes, comunidades y paisaje en el estudio y conservación de la biodiversidad, código 111852128378 Colciencias.
- b Dirección postal: carrera 80 c n.º 5-32. Apto. 902. C.P. 050026.  
Correo electrónico: almarin@unal.edu.co - ORCID: 0000-0001-7755-6398.
- c Dirección postal: carrera 51 118 sur, Caldas - Antioquia, Colombia.  
Correo electrónico: carlosfederico.lasallista@gmail.com - ORCID: 0000-0001-8311-2726.
- d Dirección postal: calle 59A n.º 63-20 Bloque 16, laboratorio 102. Medellín - Antioquia, Colombia.  
Correo electrónico: ceduado.giraldo@udea.edu.co - ORCID: 0000-0001-6651-3819.
- e Correo electrónico: suribe@unal.edu.co - ORCID: 0000-0001-5927-3271.

## **Análise multitemporal da paisagem no Magdalena Médio no período 1985-2011: uma janela de interpretação de mudanças históricas e consequências na conectividade estrutural das florestas**

### **Resumo**

Realizou-se uma análise multitemporal da paisagem do município de Puerto Berrío (Antioquia), para os anos 1985, 2001 e 2011, utilizando sensores remotos numa área de 15.000 ha. Evidenciaram-se grande dinâmica na estrutura e composição da paisagem, e alta heterogeneidade em 2001, com tendência à homogeneização em 2011. Detectaram-se mudanças “positivas” de pastos a restolhos e florestas de 1985 a 2001, enquanto de 2001 a 2011, evidenciaram-se perdas e fragmentação de florestas. Essa transformação relaciona-se com o abandono das terras e o deslocamento nas décadas de 1980 e 1990, bem como com o posterior retorno e reativação das atividades econômicas na década de 2000. Foram estimadas rotas de conectividade potencial norte-sul entre as florestas de interesse, o que mostrou alta fragmentação transversal na paisagem.

**Palavras-chave:** conectividade estrutural, conservação, dinâmica da paisagem, fragmentação, Magdalena Médio.

## **Multitemporal Analysis of the Landscape in the Magdalena Medio Region during the Period 1985-2011: Interpretation of Historical Changes and their Implications for the Structural Connectivity of Forests**

### **Abstract**

A multitemporal analysis of the landscape of the municipality of Puerto Berrío (Antioquia), during the years 1985, 2001, and 2011 was carried out using remote sensors throughout an area of 15,000 ha. In 2001, it was possible to observe significant dynamics in the structure and composition of the landscape, as well as substantial heterogeneity, which tended to homogenize in 2011. “Positive” changes from grass to stubble and forests were identified between 1985 and 2001, while the period between 2001 and 2011 showed loss and fragmentation of forests. This transformation is related to the abandonment of lands and displacement that took place during the 1980s and 1990s, as well as to the subsequent return of the population and reactivation of economic activities during the first decade of the 21st century. It was also possible to estimate some potential north-south connectivity routes between the forests under study, thus showing a high degree of cross-fragmentation of the landscape.

**Keywords:** structural connectivity, conservation, landscape dynamics, fragmentation, Magdalena Medio.

## Introducción

La identificación y cuantificación de los procesos asociados a los cambios en el paisaje, en particular a las coberturas del suelo, se consolidan como la primera impresión y evidencia de la dinámica de estos, que puede asociarse a fenómenos naturales o al moldeamiento ejercido por el hombre para la satisfacción de sus necesidades.

La conservación de la estructura y patrimonio natural en países megadiversos como Colombia se ha convertido en una prioridad. En la última década, esta tarea ha sido relevante y de amplia consideración dentro de la comunidad científica o de las instituciones ambientales que, por designación oficial, tienen el papel de apoyar las iniciativas que propicien el mantenimiento de la biodiversidad.

En particular, los Andes colombianos y sus valles intercordilleranos son considerados áreas de alta prioridad para la conservación, debido a sus altos niveles de biodiversidad y endemismo, así como a las tasas de transformación aceleradas y los altos valores en términos de servicios ambientales, como la regulación hídrica y la conservación del suelo (Etter y Rodríguez 2008; Garzón y Gutiérrez 2013).

Como es descrito por Armenteras y Rodríguez (2014), la deforestación en Colombia está influenciada por la apertura de la frontera agrícola, el desplazamiento forzado, los cultivos ilícitos (en la década de los ochenta y noventa) y el establecimiento de pastizales y proyectos agroindustriales que han originado procesos de pérdida de bosque. Las zonas de piedemonte entre los Andes y la Amazonía, la Orinoquía y el Magdalena Medio se han identificado como áreas críticas de deforestación.

El Magdalena Medio, una región central de Colombia, ha soportado una alta transformación del paisaje, debido a las actividades de producción agropecuaria, así como por la construcción de infraestructura para la comunicación entre el interior del país y la costa Caribe (Garzón y Gutiérrez 2013). Aun así, en este espacio se conservan fragmentos naturales de bosques, que se caracterizan por su alta diversidad biótica, presencia de fauna y flora en peligro de extinción y especies maderables valiosas; no obstante, en la región no existen áreas de manejo especial o bajo protección de carácter oficial que mitiguen estas pérdidas. Los últimos remanentes de bosque en esta región están amenazados por los procesos activos de expansión de la frontera agrícola, generados por diferentes actividades agropecuarias, entre ellas, los cultivos ilícitos (Corantioquia 2008; Etter y Rodríguez 2008).

Es preciso destacar que esta región ha estado inmersa en el conflicto armado y ha vivido sus consecuencias sociales y ambientales. En su historia se destacan épocas como las décadas de los ochenta y noventa, cuando las actividades militares de los grupos insurgentes y oficiales se incrementaron, lo que impactó la estructura social y de tenencia de la tierra. En este escenario los diferentes actores fueron respaldados o perseguidos por las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (FARC), las Autodefensas Unidas de Colombia (AUC) y las fuerzas militares, esta situación ocasionó desplazamientos, ocupación o abandono de territorios (Alonso Espinal 1992; Vélez-Torres y Agergaard 2014).

En cuanto al estudio y conocimiento del paisaje en el Magdalena Medio, se destacan los aportes realizados por Etter y Rodríguez (2008) y Viña y Cavelier (1999), quienes evaluaron los cambios en el paisaje y los asociaron a factores como la ganadería y la deforestación, señalando además que la regeneración de ciertas áreas obedece a procesos de abandono de tierras, principalmente por factores sociales e históricos. En ambos estudios se destaca la importancia de conocer la historia mediante el análisis multitemporal, el manejo de las diferentes escalas y la interpretación de los resultados, en el sentido de diferenciar las pérdidas o las ganancias asociadas a distintos factores (incluyendo elementos socioeconómicos) que han influenciado la deforestación o, por el contrario, la regeneración de zonas por el abandono de tierras.

En este trabajo se exploró la dinámica de la estructura del paisaje, en relación con los patrones históricos de intervención y ocupación de la región, en tres temporalidades (1985-2001-2011) y en una zona del Magdalena Medio (municipio de Puerto Berrío, Antioquia). Esta aproximación se considera un insumo para el análisis de las comunidades bióticas y la biodiversidad, en una zona que aún conserva relictos de bosque de importancia para la conservación de la conectividad estructural y funcional de los ecosistemas en la región del Magdalena Medio.

## Materiales y métodos

### Digitalización y obtención de los mapas de coberturas del suelo

Los mapas de coberturas vegetales resultaron del análisis y mejoramiento de la clasificación supervisada de imágenes satelitales Rapideye® del 2011 e imágenes SPOT del 2001, además de un mosaico de fotografías aéreas de 1985.

### Clasificación de la imagen

La clasificación de las coberturas del suelo se realizó con base en la identificación de muestras o “semillas” de cada una de las coberturas diferenciables por características como el color, el brillo, la textura, la forma, el patrón de distribución y las sombras. Con base en las anteriores características y su tratamiento digital, se realizó la extracción de información temática del territorio y se llevó a cabo una clasificación supervisada mediante el software ArcGIS 10.0® (ERDAS 2002; IDRISI 2006).

De esta manera, la clasificación de imágenes se realizó en las coberturas del suelo de acuerdo con el grado de resolución que la imagen permitiera, su calidad y la información registrada en campo, tomando como base las definiciones de la Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra adaptadas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) (2010). De esta manera se consideró un área mínima de mapeo de una hectárea y las clases de cobertura fueron definidas como:

- **Áreas boscosas:** comprenden los territorios cubiertos por bosques naturales densos o abiertos, cuya continuidad horizontal está afectada por la inclusión de otros tipos de coberturas, como pasto, cultivos o vegetación en transición. En esta zona hay presencia de bosque fragmentado.
- **Pastizales:** incluyen las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística, dominada principalmente por la familia Poaceae. Estas zonas están dedicadas al pastoreo permanente, que se caracteriza por prácticas que impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas.
- **Rastrojos:** también denominados “vegetación secundaria o en transición”, comprenden coberturas producto de la intervención o destrucción de la vegetación primaria. Se desarrollan en zonas desmontadas para diferentes usos, en áreas agrícolas o pecuarias abandonadas y en zonas donde, debido a eventos naturales, la vegetación natural fue destruida.
- **Áreas sin vegetación o suelos desnudos:** esta cobertura corresponde a las superficies desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, debido a condiciones climáticas extremas o a procesos naturales o antrópicos de erosión y degradación extrema del suelo.
- **Cuerpos de agua:** comprenden los espejos de agua o corrientes permanentes, intermitentes y estacionales.
- **Nubes y sombras de nubes:** áreas obstaculizadas por nubes y su sombra que impiden la visualización y clasificación de las coberturas de superficie.

Paralelamente, se realizó un proceso de digitalización en pantalla con el software ArcGIS 10.0®, sobre un mosaico de imágenes de la escena disponible en Google Earth®, con el objetivo de corregir aquellas zonas que estaban cubiertas por nubes en la imagen Rapideye®. De esta manera se logró un aumento sustancial del mapa temático sin errores por nubes o sombras de nubes.

Cabe resaltar que el proceso de corroboración en campo se realizó con cien puntos de control distribuidos en el paisaje y tomados en las coberturas identificadas, esto para la imagen del 2011, con el fin de comprobar, verificar y validar los mapas obtenidos.

### Caracterización del paisaje en cada temporalidad

Luego de obtener cada mapa de coberturas del suelo, se procedió a analizar la estructura del paisaje en cada temporalidad, con el objetivo de estimar la disposición y distribución en el espacio de los elementos que lo conforman.

Se aplicaron las métricas, en el nivel del paisaje y clase de cobertura, basadas en las medidas de composición, distribución y forma de los elementos del paisaje, que se encuentran disponibles en los software V-LATE 2.2 y Fragstats 4.1, especializados para este tipo de análisis (McGarigal, Cushman y Ene 2012).

La estructura general del paisaje se describió por índices básicos de composición y estructura, donde se incluyen:

- **Área de clase o cobertura (CA) y su porcentaje en el paisaje (PLAND):** estas son medidas de la composición del paisaje. La primera cuantifica las hectáreas ocupadas por cada clase de cobertura, su valor es interpretado directamente y es insumo para muchas otras métricas, mientras que la segunda cuantifica la abundancia de cada tipo de cobertura en el paisaje, siendo una medida relativa que permite comparar fácilmente diferentes paisajes.
- **Número de parches (NP):** esta métrica cuantifica la subdivisión o fragmentación de una clase, limitada por la escala y resolución de análisis y que cuantifica la cantidad de fragmentos de cada cobertura.
- **Índice medio de área de parche (MPS):** describe la relación entre el área ocupada por una clase y el número de fragmentos de la clase correspondiente.
- **Distancia al vecino más cercano (ENN):** esta es la medida más simple para comprender el aislamiento de los parches, siendo la distancia más corta en línea recta entre un parche focal y su vecino más próximo de la misma clase.

### Caracterización de la conectividad estructural del paisaje

El análisis de la conectividad estructural del paisaje en el 2011 se realizó mediante la modelación de rutas del mínimo costo, siguiendo el trabajo de Correa et ál. (2016). Esta es una metodología ampliamente utilizada para estos estudios, que indica los caminos óptimos de conectividad entre los fragmentos de interés. Para esto fue necesario generar una capa de fricción ponderada, en la cual se calificaron —de 1 a 5, según el grado resistencia que ejercen sobre el movimiento de especies— las capas de “coberturas del suelo”, la “distancia a vías” y la “distancia a la red de drenajes”; de este modo, se logró determinar que mientras mayor era el valor asignado a estas variables, mayor dificultad representaba para el movimiento de especies, principalmente para aquellas que habitan en las coberturas boscosas; por el contrario, si el valor era menor, esto facilitaría el movimiento, lo que haría que el paisaje fuera más permeable al desplazamiento de especies y al flujo de servicios ecosistémicos (Etherington y Holland 2013).

Con base en estas variables, se priorizaron los elementos de mayor calidad y utilidad para el desplazamiento de especies y la conectividad del paisaje, y se consideró lo contrario para aquellas que lo limitan. Para efectos de priorización, se crearon tres niveles de fricción para las tres variables, siendo 1 aquellas condiciones que presentan nula o mínima fricción, 3 las condiciones con un grado bajo de fricción y 5 aquellas que ofrecen fricción notable e impactante.

Cada capa de información fue calificada y rasterizada individualmente de acuerdo con la fricción que representara para el movimiento de las especies del interior del bosque y, finalmente, por medio de álgebra de mapas, se generó una nueva capa ponderada y se asignó un peso a cada variable. Para este caso, la variable con mayor peso corresponde a coberturas del suelo (50%) y, más que su calidad funcional, se consideró su estructura vertical como una determinante para ofrecer refugio, recursos y hábitat para las especies.

También se consideró importante la cercanía a fuentes hídricas (35%), pues una de las riquezas del municipio de Puerto Berrío está basada en su amplia red de drenajes, así como la distancia a vías y carreteras (15%), como procesos del territorio detonantes de suburbanización y deforestación. Es importante definir que entre mayor sea la distancia a la que se encuentren los elementos naturales, menos intervención y fragmentación habrá

sobre ellos, y, por lo tanto, menos fricción o restricción para el movimiento de las especies.

Finalmente, para el análisis de conectividad y diseño de corredores potenciales, se eligieron “puntos de origen o fuente”, como los fragmentos de interés identificados en el norte de la ventana, y “puntos destino”, referidos a los fragmentos de interés identificados al sur de dicha ventana. Con base en la ubicación de estos puntos, se ejecutaron los *script Cost distance* y *Cost path* en ArcGIS 10.0, con lo que se destacaron las rutas más óptimas para conectar los fragmentos boscosos en este paisaje.

## Resultados

### Área de estudio

El área de estudio corresponde a una ventana de análisis de 15.000 ha, en el corregimiento El Brasil, del municipio de Puerto Berrío y comprende las veredas El Brasil - La Carlota, Las Flores y La Cristalina (figura 1). La zona se seleccionó por sus condiciones de acceso y la presencia de relictos de bosques previamente identificados como de importancia biótica en el área.

La zona de estudio se ubica a 17 km al occidente de la cabecera urbana del municipio de Puerto Berrío y del río Magdalena, en la zona de vida Bosque húmedo Tropical (Bh-T), cuyo uso dominante del suelo es para ganadería extensiva con doble propósito; adicionalmente, de los bosques se extrae madera.

### Descripción del área de interés

El análisis del paisaje se concentró en la distribución y ocupación de las coberturas identificadas, con especial interés, por un lado, en los bosques, por su importancia como reservorios ecológicos y su alta vulnerabilidad ante presiones antrópicas; por otro lado, en los rastrojos, por ser coberturas en sucesión y con estructuras naturales que permiten el amortiguamiento de impactos negativos; por último, en los pastos como coberturas dominantes y de alto contraste respecto a las anteriores. Así, de manera general, para el paisaje de análisis, en el mapa del 2011 se cuenta con 28 fragmentos de bosque, dos corresponden a grandes masas boscosas de más de 1.000 ha (bosque el Brasil en el sector centro occidental y bosque Berlín en el sector nororiental), con algunas zonas internas intervenidas, ocho fragmentos con áreas entre 50 y 500 ha, y los demás corresponden a remanentes de bosque aislados o en los bordes de las quebradas.

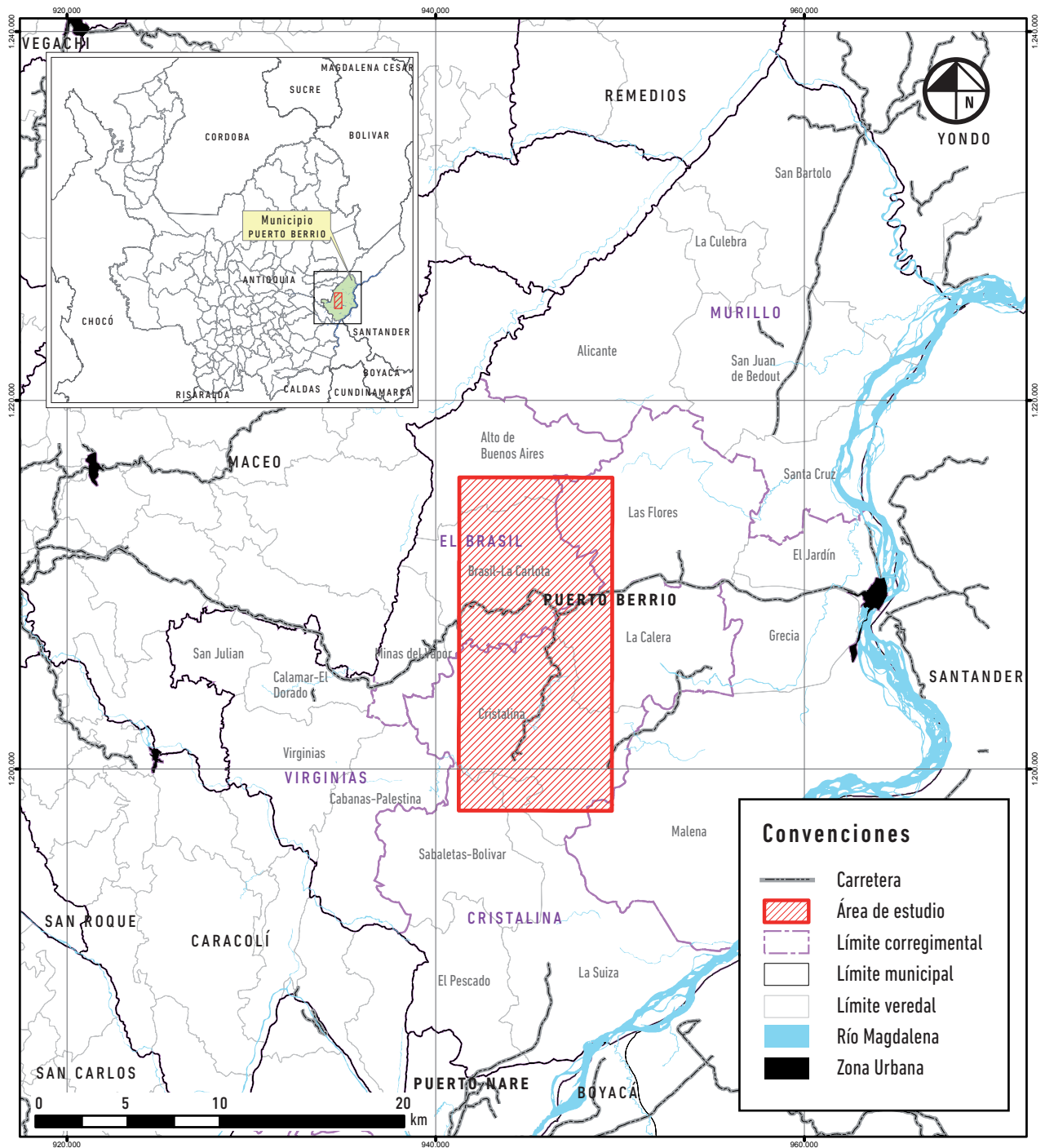


Figura 1. Ubicación general del área de estudio.  
 Datos: información cartográfica básica, Corantioquia 2011.

### Generación de los mapas de cobertura del suelo

Luego de realizar los procesos de filtros y suavizado del mapa temático, se obtuvo un mapa de coberturas vegetales para cada año, como se muestra en la figura 2.

### Análisis de la estructura del paisaje 1985, 2001 y 2011

Se presentan a continuación los resultados del análisis del paisaje en los diferentes momentos de estudio.

#### Nivel del paisaje

Este análisis se realizó para el mosaico en toda su extensión, utilizando los índices de “composición” y los de “configuración” espacial, con el objetivo de tener una idea inicial y general del tipo de paisaje en sus componentes (tabla 1).

Tabla 1. Métricas del paisaje (nivel paisaje)

Año	NP	PD	LPI
1985	132	0,88	53%
2001	1315	8,77	12%
2011	533	3,55	48%

Nota: NP número de parches; PD densidad de parches (número de parches/km<sup>2</sup>); LPI Large Patch Index.

En la comparación de las tres temporalidades de análisis, se observó que el año en que se encontró más subdividido el paisaje fue en el 2001, dado el alto valor en el número de parches y su densidad. Aunque diferentes interpretaciones se pueden dar, considerando que estas métricas son escala-dependientes y afectadas por el grano de análisis, se obtiene una idea inicial del grado de ocupación y de la dinámica general del paisaje al pasar de un

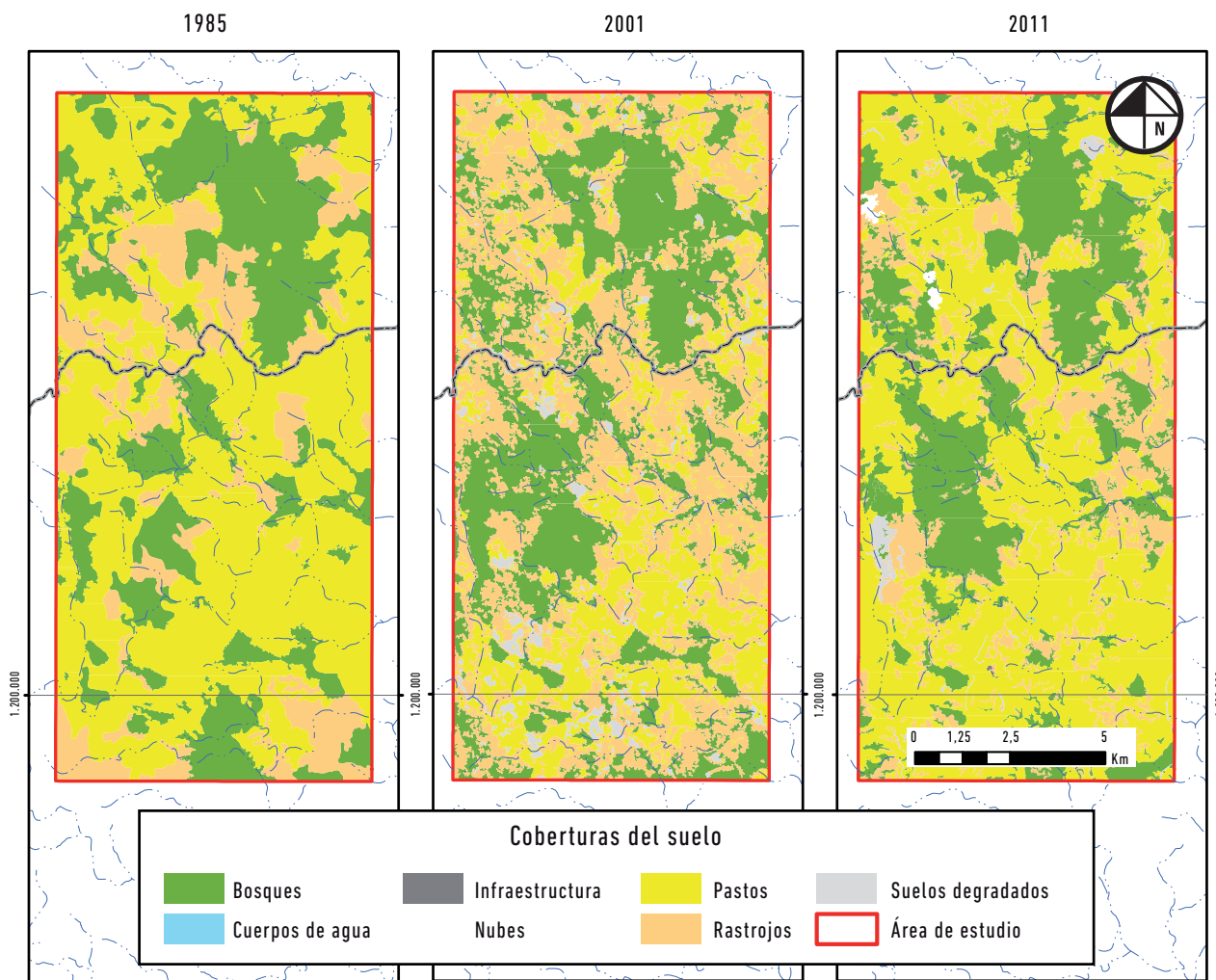


Figura 2. Mapas de coberturas del suelo para 1985, 2001 y 2011. Datos: información cartográfica básica, Corantioquia 2011, resultados del estudio.

territorio muy homogéneo a otro muy heterogéneo en términos de 16 años a 26 años.

Por su parte, el índice del parche más grande (LPI) (que cuantifica el porcentaje de la superficie total del paisaje que es ocupado por el parche más grande), señala que para el 2001 el fragmento más grande solo ocupaba el 12% del área de estudio, mientras que en los demás años el parche más grande podría ocupar alrededor del 50% de todo el paisaje.

#### Nivel de clase

Se parte de la definición de los tipos de cobertura en este paisaje. Después del análisis de las imágenes satelitales y fotografías aéreas, se identificaron hasta siete tipos, así: bosque, pastos, rastrojos, suelos degradados, nubes, infraestructura y cuerpos de agua.

El análisis del paisaje en este nivel permitió evidenciar características como la composición y distribución de cada clase de cobertura en el mosaico. A continuación, se presentan las métricas para las coberturas dominantes en el área (tablas 2, 3 y 4.)

**Tabla 2.** Métricas del paisaje (nivel clase “áreas boscosas”)

Áreas boscosas Métrica	Año		
	1985	2001	2011
NP	79,0	<b>280,0</b>	<b>145,0</b>
CA	4316,8	5006,0	4310,9
PLAND	<b>29%</b>	<b>33%</b>	<b>29%</b>
MPS	54,6	<b>17,9</b>	29,7
PSSD	201,1	128,2	138,7

*Nota:* CA área de clase; NP número de parches por clase; PLAND porcentaje de ocupación de cada clase en el paisaje; MPS tamaño promedio de parches; PSSDI desviación Estándar MPS.

**Tabla 3.** Métricas del paisaje (nivel clase “rastrojo”)

Rastrojo Métrica	Año		
	1985	2001	2011
NP	36,0	436,0	<b>298,0</b>
CA	2513,3	6000,7	2425,7
PLAND	17%	<b>40%</b>	16%
MPS	<b>69,8</b>	13,8	<b>8,1</b>
PSSD	126,8	99,8	27,8

**Tabla 4.** Métricas del paisaje (nivel clase “pastos”)

Pastos Métrica	Año		
	1985	2001	2011
NP	17,0	397,0	49,0
CA	8171,3	3516,4	8065,5
PLAND	54%	23%	54%
MPS	480,7	8,9	164,6
PSSD	1876,8	72,8	101,5

De estos datos se destacan, en el nivel de clase, algunos resultados:

- **Bosques:** se observó de manera general que esta cobertura se ha mantenido en el tiempo, sin superar el 33%, según el índice PLAND. Esto indica que para la ventana de interés no es una cobertura dominante; pero si se revisa el cambio en el número de parches (NP) entre 1985 y 2001, se pueden constatar procesos de subdivisión por el aumento en su valor, así como disminución en el área promedio de los fragmentos, que llegan a ser menores de 20 ha. Para el 2011, el número de parches disminuyó y el área promedio aumentó, lo que indica, posiblemente, que se conectaron de nuevo algunos parches o sus bordes se recuperaron.
- **Rastrojos:** fue la cobertura con mayores cambios en el tiempo, en la que se observa un aumento del 13% entre 1985 y 2001, lo que indica la aparición de zonas con vegetación secundaria por diferentes factores, por ejemplo, el abandono de tierras, y posteriormente una disminución notable de cerca de 14%, lo que señala, posiblemente, el retorno y la adecuación de las tierras.
- **Pastos:** en general se observó que esta cobertura fue una clase dominante para 1985 y 2011, con el 54% de ocupación del paisaje, con pocos parches, lo que indica que se concentra en ciertas áreas. Para el 2001, todos sus índices disminuyeron, pero el número de parche aumentó, esto de cuanta de una fragmentación que ha resultado de la transición en o sucesión de las coberturas vegetales.

La comparación de las distancias mínimas, máximas y medias en cada año para las “áreas boscosas” indica una mayor cercanía entre bosques en el 2001 en comparación con el 2011, donde la distancia máxima se acerca a 1 km (figura 3).

A partir de este análisis general en el nivel de clase, se puede afirmar que la cobertura de pastos fue la más dominante en ocupación de la superficie con pocos y extensos parches; así mismo, es la clase con menores índices de aislamiento.



Los bosques, fueron la segunda clase que más predominó en el paisaje, con un área cercana a la mitad de la clase anterior, pero distribuida en muchos parches, lo que indica un mayor grado de fragmentación y que, aun si posee parches grandes que pueden ocupar hasta el 9% del paisaje, esta cobertura está más dispersa.

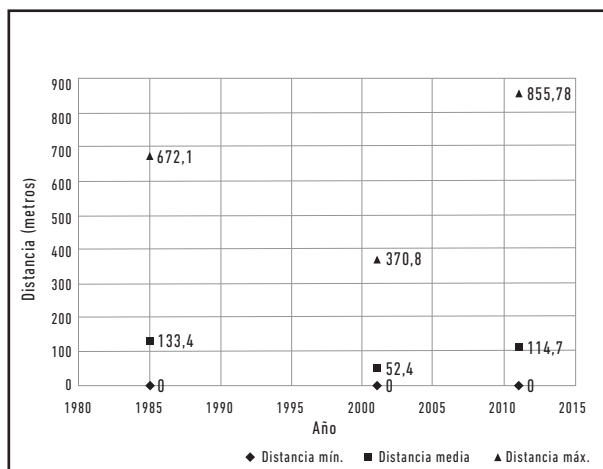


Figura 3. Relación de distancias entre bosques para 1985, 2001 y 2011. Datos: cálculos dentro del procesos de análisis de distancias.

Por su parte, los rastrojos no exhibieron predominio, siendo su área cuatro veces menor que los pastos pero con mayor número de parches, lo que demuestra que es la cobertura más fragmentada o con parches de tamaño promedio más pequeños y más aislados.

Se destaca el comportamiento de las métricas para el 2001, que demuestran un cambio importante entre estas y evidencian la presencia de estados sucesionales secundarios, un aumento en el número de parches y en sus tamaños relativamente pequeños, indicando una heterogeneidad o un mosaico de paisaje.

### Análisis del cambio en las coberturas del suelo

Mediante una comparación bitemporal de la composición y la estructura del paisaje, se determinaron los cambios o transiciones entre las coberturas, en las que se evidencian “ganancias” (el paso de coberturas muy intervenidas a coberturas más naturales), “pérdidas” (el paso de coberturas boscosas y rastrojos a pastizales) o las áreas que “permanecen” iguales en el tiempo.

#### Dinámica 1985-2001

El análisis de la dinámica del paisaje, con base en las transiciones de las coberturas del suelo, demuestra

una permanencia de las coberturas boscosas cerca del 74% y una “ganancia” por transición de otras, principalmente de vegetación secundaria “rastrojos”. También se destaca que las áreas cubiertas por pastos en 1985 hicieron transición a rastrojos en cerca del 50%, lo que indica la regeneración natural de las áreas (tabla 5).

Tabla 5. Dinámica de las coberturas 1985-2001

Cobertura 1985	Cobertura 2001	Área (ha)	%
Bosques	Bosques	3.178,30	<b>73,7%</b>
	Pastos	225,60	5,2%
	Rastrojos	830,77	19,3%
	Suelos degradados	78,10	1,8%
	<b>Total</b>	<b>4.312,77</b>	<b>100%</b>
Pastos	Bosques	966,65	11,8%
	Pastos	2.895,99	35,5%
	Rastrojos	3.987,54	<b>48,9%</b>
	Suelos degradados	309,47	3,8%
<b>Total</b>	<b>8.159,64</b>	<b>100%</b>	
Rastrojo	Bosques	859,60	<b>34,3%</b>
	Pastos	391,83	<b>15,6%</b>
	Rastrojos	1.176,19	<b>46,9%</b>
	Suelos degradados	78,66	3,1%
<b>Total</b>	<b>2.506,29</b>	<b>100%</b>	

Como pérdidas o degradación de las coberturas, se destaca la pérdida del 19% del área en bosques con transición a rastrojos y del 16% del área en rastrojos con transición a pastos. Esta información muestra que, aunque hubo ganancias para los bosques, en otras partes se degradaron las coberturas.

#### Dinámica 2001-2011

Se encontró que el paisaje, entre el 2001 y 2011, tuvo una tendencia a la homogeneización de las coberturas por la disminución del número de parches y el aumento de la dominancia de los pastos. Las áreas boscosas muestran tendencia a la fragmentación por pérdida en el área total, en el número de parches y el aislamiento por conversión estuvo en mayor proporción en pastos (tabla 6).

Tabla 6. Dinámica de las coberturas 2001-2011

Cobertura 2001	Cobertura 2011	Área (ha)	%
Bosques	Bosques	3.177,4	64%
	Pastos	<b>1.206,8</b>	<b>24%</b>
	Rastrojos	531,5	11%
	Suelos degradados	67,0	1%
	<b>Total</b>	<b>4.982,7</b>	<b>100%</b>
Pastos	Bosques	125,1	4%
	Pastos	2.946,0	84%
	Rastrojos	406,6	12%
	Suelos degradados	32,4	1%
	<b>Total</b>	<b>3.510,1</b>	<b>100%</b>
Rastrojos	Bosques	946,5	16%
	Pastos	<b>3.571,2</b>	<b>60%</b>
	Rastrojos	1.407,3	24%
	Suelos degradados	39,5	1%
	<b>Total</b>	<b>5.964,6</b>	<b>100%</b>
Suelos degradados	Bosques	52,8	11%
	Pastos	330,9	71%
	Rastrojos	77,7	17%
	Suelos degradados	3,3	1%
	<b>Total</b>	<b>464,8</b>	<b>100%</b>

Se destaca la transición de rastrojo a pastos en un 60%, lo que indica algún tipo de manejo o adecuación de potreros para usos ganaderos, mientras que la transición de bosque a pastos evidencia la ampliación de la frontera ganadera en cerca de un 25%. Gráficamente se puede observar el comportamiento de la dinámica en la figura 4, en donde las zonas amarillas demuestran permanencia de las coberturas, las zonas azules ganancia y las rojas detrimento de la cobertura. Se puede observar que las dos masas boscosas, una ubicada en el sector nororiental (bosque Berlín) y otra en centro oriental (bosque El Brasil), se han conservado en el tiempo bajo la presión antrópica, estas definen los objetivos de conectividad y conservación en el paisaje de estudio.

### Análisis de conectividad estructural del paisaje

El análisis de la conectividad estructural, modelada con base en superficies de fricción ponderadas, generó como resultado principal la modelación de dos ejes de conectividad en el oriente y occidente de la ventana de estudio, lo que demuestra una conectividad parcial entre los bosques del norte y sur, caracterizados por mantener áreas superiores (figura 5). Estas rutas del

mínimo costo representan caminos potenciales de las especies, cuyo hábitat se asocia a áreas boscosas, además evidencian una falta de conectividad transversal, ya sea por la presencia de infraestructura que fragmenta u obstaculiza la continuidad de las áreas boscosas o por la presencia de una cobertura altamente impermeable para el movimiento de las especies de bosque, como es el caso de los pastizales que sufren las presiones de manejo relacionadas con la ganadería.

## Discusión

### Ocupación y usos del territorio

La ocupación y moldeamiento del paisaje en el Magdalena Medio, a través de los procesos económicos de finales del siglo XX y principios del siglo XXI, reflejados en actividades como la ganadería, la minería y la industria agrícola, incidieron no solo en la sociedad en materia sociocultural y calidad de vida, sino también en los requerimientos para el desarrollo de sus actividades, lo que ha motivado la constante modificación y alteración de las áreas boscosas y potreros. Esta situación se constata en este estudio y se relaciona con lo descrito por Alonso Espinal (1992) y Vélez-Torres y Agergaard (2014). Así mismo, antes y durante el periodo estudiado, el conflicto armado dio lugar no solo a atropellos de los actores armados contra los pobladores del territorio y el consecuente abandono de tierras, patente en el estado y cambio del paisaje, sino también una indiferencia hacia este espacio, por ser inseguro, poco rentable, poco desarrollado y desprotegido por el Estado, tal y como lo menciona Alonso Espinal (1992).

Panoramas similares fueron referidos por Herrador et ál. (2011) y Stevens et ál. (2011), en países como Nicaragua y Honduras, donde el conflicto armado y los cambios políticos y económicos originaron cambios "positivos" en la recuperación de los bosques. De la misma forma, en Colombia, el periodo de crecimiento de cultivos ilícitos, la falta de control estatal y el desplazamiento de la población ha marcado en gran parte la dinámica de la deforestación o la regeneración de tierras (Armenteras et ál. 2011).

### Estado y dinámica del paisaje

De manera general, el análisis de coberturas indicó cambios positivos para las coberturas naturales, como los observados de 1985 a 2001, en relación con el abandono de tierras por el conflicto armado, y cambios negativos,

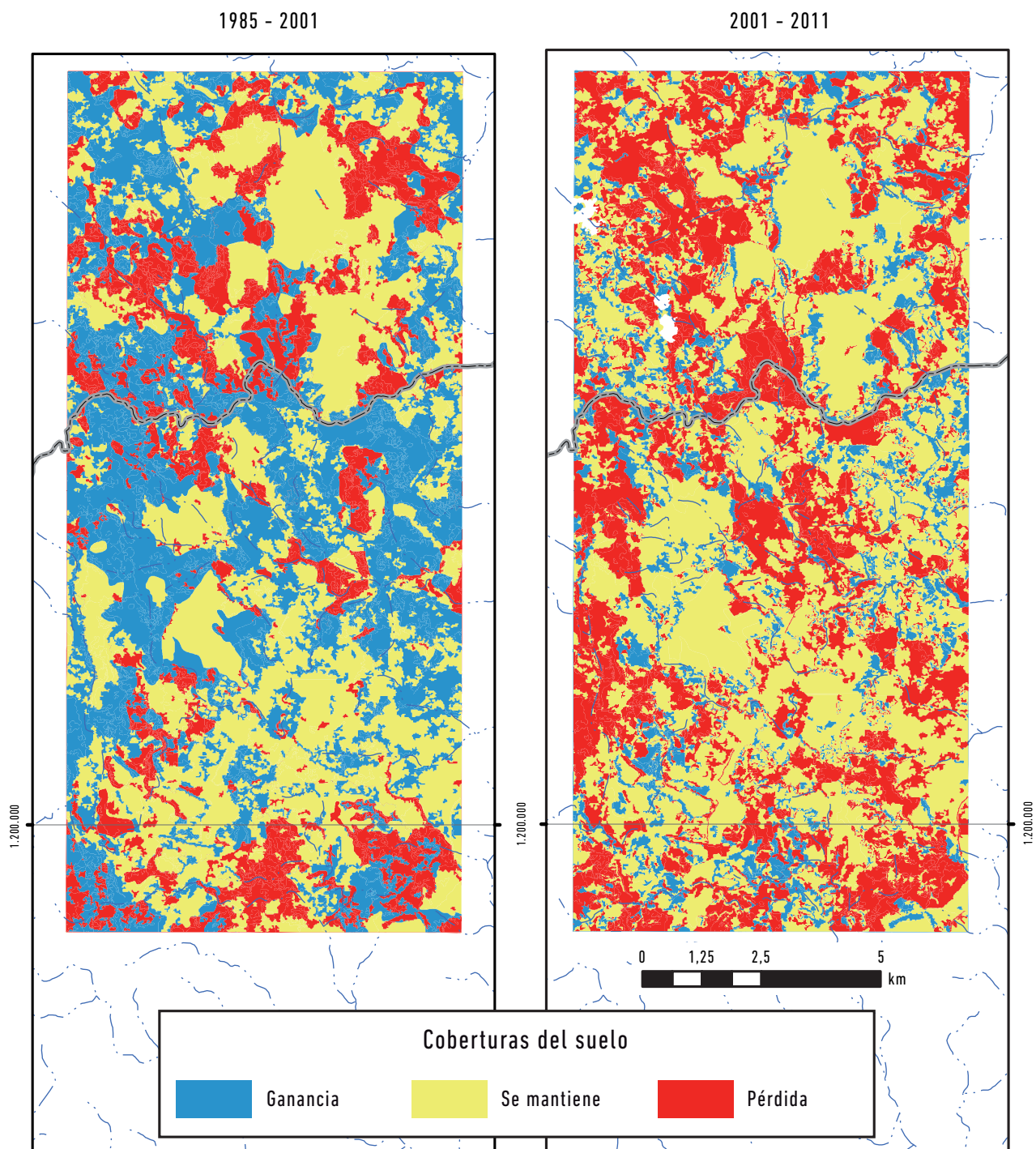
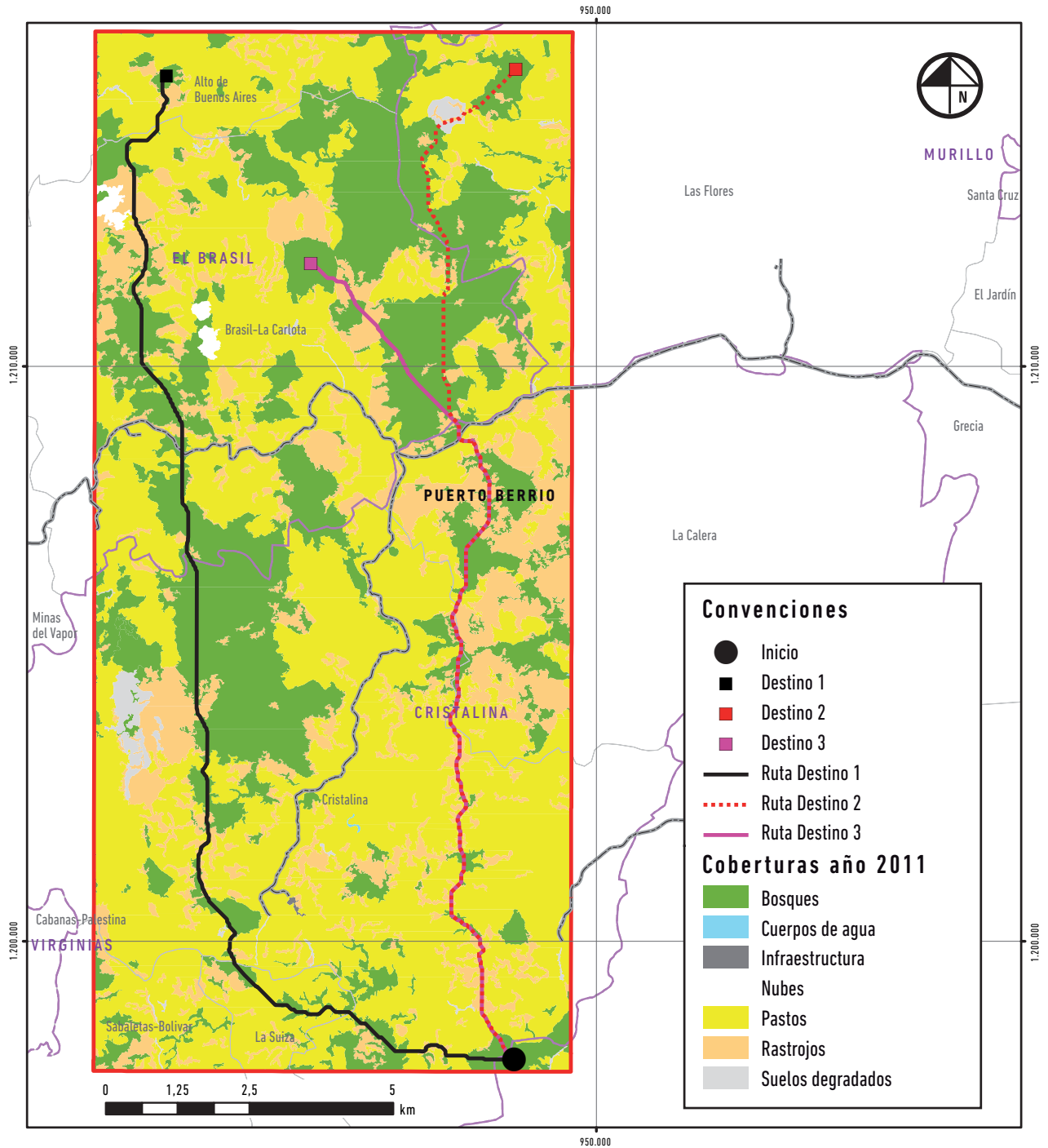


Figura 4. Mapa de pérdidas y ganancias en las transiciones 1985-2001 y 2001-2011.  
Datos: Información cartográfica básica, Corantioquia 2011, resultados del proyecto.



**Figura 5.** Mapa de conectividad estructural 2011.  
 Datos: Información cartográfica básica, Corantioquia 2011, resultados de análisis en el proyecto.

como los observados entre 2001 y 2011, por el retorno a las tierras y el manejo orientado a recuperar y ampliar las áreas dedicadas a ganadería. Estos resultados son similares a los expuestos por Armenteras y Rodríguez (2014) y se relacionan con lo que ocurre en la mayoría de los países latinoamericanos, donde la expansión agrícola y ganadera se identifica como la principal causa de deforestación.

Respecto a la dinámica y los cambios en la estructura del paisaje, se observó que, para el 2001, la ventana de trabajo se encontró más subdividida y el fragmento más grande solo ocupaba el 12% del área, mientras que en los demás años el fragmento de mayor tamaño ocupó casi que el 50% de todo el paisaje. La proporción de ocupación —un índice que da cuenta de la dominancia— indirectamente sugiere que se ha establecido un sistema particular de manejo del suelo, tal como se observó en campo. Así, la ganadería extensiva con doble propósito implica el manejo de pastos y la reducción de áreas boscosas dominantes en el norte y sur del municipio, siendo el uso del suelo lo que determina y moldea el estado actual del paisaje.

Los bosques se mantuvieron en el tiempo sin superar una ocupación del 33% del paisaje, pero se identificó como una cobertura dinámica en cuanto al área y número de parches. Sin embargo, recientemente la extracción maderera en la zona se ha agravado y la permanencia de grandes masas boscosas y su conectividad están puestas en entredicho en un futuro cercano.

Los rastrojos también se identificaron como una cobertura altamente dinámica; su protagonismo se observó en el 2001, como efecto de la sucesión ecológica, lo cual está en consonancia con lo reportado por Silva (2006) para el bosque secundario del Magdalena medio. Lo anterior indica que la tala continua de los bosques y su transformación en potreros, que luego son abandonados por su agotamiento o por el desplazamiento de la población rural ocasionada por el conflicto social, produce la colonización de estas tierras por especies forestales heliófitas que conforman rastrojos y posteriormente bosques secundarios.

Por su parte, los pastos, en cuanto que cobertura matriz, aumentaron en área y en el número de parche, esto da cuenta de una fragmentación producto de la transición o sucesión a rastrojos principalmente.

El análisis de la dinámica del paisaje, con base en las transiciones de las coberturas del suelo (tabla 5), demuestra una permanencia de las coberturas boscosas

(cerca del 74%) y una ganancia por transición de otras, principalmente de vegetación secundaria o rastrojos. También se destaca que las áreas cubiertas por pastos en 1985 hicieron transición a rastrojos den un 50%, lo que resalta la regeneración natural de las áreas. Esto se encuentra en coherencia con lo planteado por Franco y Rodríguez (2005) en un análisis similar sobre la vertiente oriental del Magdalena Medio. Estos autores encontraron que la región del Carare - Opón ha perdido, entre 1991 y el 2002, unas 10.000 ha, que equivalen al 20,7% del bosque existente en 1991, pero a su vez ha ganado más de 20.000 ha (unas 2.000 por año) en este mismo tiempo en su mayoría estos nuevos bosques se originaron sobre sucesión de rastrojos.

Como pérdidas o degradación de las coberturas, se destaca la pérdida del 19% del área en bosques con transición a rastrojos y del 16% del área en rastrojos con transición a pastos. Esta situación muestra que, aunque hubo ganancias para los bosques, en otras partes estos se degradaron a pastos o rastrojos, principalmente en los bordes, donde sucede la ampliación de la frontera ganadera y la deforestación.

Se debe anotar que, dada la escala y fuentes de información empleadas, no fue posible incluir en las coberturas a la categoría de tierras degradadas, las cuales, sin embargo, están presentes en el área como fruto de la histórica actividad ganadera, que sigue determinando en la actualidad la estructura del paisaje.

Entre el 2001 y 2011 hubo una tendencia a la homogeneización de las coberturas por la disminución del número de parches y el predominio de los pastos, con fragmentación de las áreas boscosas por pérdida en el área total, en el número parches y aislamiento por conversión en mayor proporción en pastos (véase tabla 6). Se destaca la transición de rastrojo a pastos en un 60%, lo que señala algún tipo de manejo o adecuación de potreros para usos ganaderos, mientras que la transición de bosque a pastos evidencia la ampliación de la frontera ganadera en cerca de un 25%.

En otras zonas en el norte de la ventana de análisis, Cárdenas (2006), en la Reserva Forestal del río Magdalena, reporta una deforestación entre el 2001 y 2004, que llegó a 11.384,07 ha, es decir, cerca de 0,99% de áreas boscosas convertidas en cultivos de coca. Este caso funciona como una muestra y comparativo para entender que la deforestación se da por actividades lícitas e ilícitas, aun con figuras de conservación.

### Conectividad potencial

La planificación de la conservación y la gestión de la biodiversidad requieren información sobre la conectividad del paisaje a través de una gama de escalas espaciales. Así, tanto los procesos temporales como espaciales determinan las respuestas de la biodiversidad a los cambios en la estructura del paisaje, por lo que Auffret et ál. (2015) y Dilts et ál. (2016) coinciden en afirmar que es necesario que todos los aspectos de la conectividad sean considerados juntos para la adecuada toma de decisiones.

En este orden de ideas, respecto al ejercicio para identificar la conectividad estructural potencial, con base en el modelo de fricción y ruta del mínimo costo planteado, se destaca el uso de tres capas, dos de ellas impactadas antrópicamente (las coberturas y la infraestructura) y, por tanto, con altas posibilidades de corregir y plantear manejos adecuados para evitar la desconexión de los elementos del paisaje.

Se identificaron rutas potenciales de dirección longitudinal en la ventana de análisis, con evidencia de falta de conectividad transversal y entre las mayores masas boscosas (bosques Berlín y El Brasil), lo que en principio podría estar potenciado por elementos lineales asociados a la vegetación riparia de la red de drenajes o establecimientos de cercas vivas, que permitan el movimiento y flujo de especies entre todos los fragmentos por medio de una red ecológica.

Tal como evidenció Dilts et ál. (2016), donde la reducción de la conectividad del paisaje actúa sinérgicamente —debido a cambios en el uso o desarrollo de la tierra—, con alteraciones en la configuración del mosaico, se da un fenómeno estimulado actualmente por el cambio climático; así, comprender las dinámicas humanas y las consecuencias ambientales en diferentes escalas es una prioridad global desde los años ochenta (Armenteras y Rodríguez 2014). Para hacer frente a estos problemas, los gestores ambientales deben tener en cuenta los sistemas humanos y paisajísticos, lo que significa hacer uso de los datos obtenidos a partir de una amplia gama de métodos integrativos (Zvoleff y An 2014). Esto permitiría entender y describir mejor la relación de la sociedad con su entorno o paisaje en el pasado y la actualidad, interpretar los cambios en el paisaje como consecuencias no solo de fenómenos naturales, sino también de historias socioeconómicas, lo que puede usarse para la toma de decisiones, la planificación territorial y el diseño de proyectos de desarrollo y conservación.

### Conclusiones

El presente trabajo integra el análisis multitemporal de una ventana de interés, con una historia social, económica y cultural del territorio que indica las formas y temporalidades de usos del suelo, de ocupación y abandono. En coherencia con esa historia, se ha descrito el paisaje, con ganancias y pérdidas desde el punto de vista ecológico.

La ganadería y la minería han sido el principal reglón económico de la región del Magdalena Medio. El paisaje actual de la región y sus dinámicas son el resultado de una serie de fenómenos sociales y económicos que han guiado la ocupación del territorio.

Como resultado de este estudio, se destacan dos eventos en la temporalidad evaluada. El primero relacionado con momentos de dominio de actores ilegales y fenómenos de inseguridad, que suscitaron el abandono de tierras y los cambios en el uso del suelo, debido a la migración de las poblaciones, lo que generó un incremento de áreas en vegetación secundaria en medio de los pastizales, así como la recuperación y conectividad de los bosques.

El segundo evento, asociado al retorno a las tierras de esta región, se dio después del 2001, y se manifiesta en la reactivación de la economía y el aumento de la seguridad en las áreas rurales, con la recuperación de pastizales manejados. En este momento desaparecen los pequeños parches de vegetación secundaria con una mayor ocupación sobre las áreas boscosas para el restablecimiento de la ganadería con doble propósito. Adicionalmente, el aumento de la población puede implicar una mayor demanda en la extracción de productos forestales y no forestales (como la madera para la construcción y como combustible o la cacería de fauna silvestre para la alimentación), combinada con la continuada extracción de maderas de valor económico para los mercados en las ciudades.

Con base en estas dinámicas sociales, se evidencia un cambio en el paisaje en los periodos evaluados. Ahora bien, debido a que las condiciones de seguridad y crecimiento del sector ganadero se han mantenido e incrementando, es alta la probabilidad de que la presión sobre los remanentes de los ecosistemas aumente, lo que desencadenaría mayores pérdidas y fragmentación sobre los relictos boscosos que se han mantenido en los últimos treinta años.

La conectividad estructural potencial para este paisaje fue reducida a líneas longitudinales, sin evidencia

de corredores transversales que permitieran mayor permeabilidad del entorno, esto como resultado de las estrategias dominantes sobre el manejo y uso de suelo. Los sistemas productivos y comunidades asociadas a ellos se orientan en devastar “cualquier obstáculo” para el desarrollo del ganado y su fácil movilidad (lo que a menudo implica la eliminación de coberturas boscosas). Esto implica la desconexión de las actividades productivas con el propio funcionamiento de los ecosistemas (como el mantenimiento de la fertilidad de los suelos o de la provisión hídrica) y la pérdida del capital natural asociado a los valores ambientales agredidos, que comprenden una reducción en los servicios ecosistémicos ofrecidos por los entornos tropicales.

La deforestación y la falta de conservación de los hábitats naturales, como actividades enmarcadas dentro del contexto de la expansión ganadera y la mayor demanda maderera en la región, se han convertido progresivamente en una mayor amenaza que atenta contra los intereses de conservación del patrimonio y de capital natural de la nación. Al mismo tiempo disminuye significativamente la calidad del medio ambiente y la posibilidad de planificar el territorio, en términos de un aprovechamiento sustentable del potencial ambiental. La tendencia a la homogeneización del paisaje orientado a la actividad ganadera o a los monocultivos debería ser una señal de atención para el replanteamiento de las estrategias de ocupación y de aprovechamiento del territorio, así como para dirigir el diseño de técnicas de manejo agrícolas, silvícolas y pecuarias combinadas que permitan aumentar la conectividad efectiva transversal (y, potencialmente, la conservación de la fauna silvestre), sin afectar las actividades productivas y las potencialidades de desarrollo de las comunidades rurales locales.

## Agradecimientos

Agradecemos a las comunidades locales que apoyaron el trabajo de campo, especialmente a la Hacienda Berlín por su colaboración locativa. A los miembros del grupo de investigación en Sistemática Molecular que acompañaron el proceso, al historiador David Esteban Marín V. por sus aportes desde el contexto histórico, social y de ocupación del territorio. A Colciencias por la financiación del proyecto Mariposas diurnas del Magdalena Medio Antioqueño: genes, comunidades y paisaje en el estudio y conservación de la biodiversidad, así como por el apoyo a la formación doctoral del autor Carlos Federico Álvarez Hincapié, conjuntamente a la Corporación Universitaria

Lasallista, a la Universidad Nacional de Colombia - sede Medellín y a Corantioquia, por el apoyo logístico, administrativo y financiero.

## Referencias

- Alonso Espinal, Manuel Alberto. 1992. “Conflicto armado y configuración regional: el caso del Magdalena Medio.” *Estudios Políticos* 2:87-112.
- Armenteras, Dolors, y Nelly Rodríguez Erasó. 2014. “Dinámicas y causas de deforestación en bosques de Latino América: una revisión desde 1990.” *Colombia Forestal* 17 (2): 233-246. doi: 10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2014.2.a07.
- Armenteras, Dolors, Nelly Rodríguez, Javier Retana, y Mónica Morales. 2011. “Understanding Deforestation in Montane and Lowland Forests of the Colombian Andes.” *Regional Environmental Change* 11 (3): 693-705. doi: 10.1007/s10113-010-0200-y.
- Auffret, Alistair G., Jan Plue, y Sara A. O. Cousins. 2015. “The Spatial and Temporal Components of Functional Connectivity in Fragmented Landscapes.” *AMBIO* 44 (1): 51-59. doi: 10.1007/s13280-014-0588-6.
- Cárdenas Torres, Miguel Andrés. 2006. “Estimación de la deforestación por cultivos ilícitos en la zona de reserva forestal del río Magdalena.” *Colombia Forestal* 9 (19): 136-154. doi: 10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2006.1.a08.
- Corantioquia. 2008. *Ordenamiento ambiental del territorio*. Consultado en febrero de 2015. <http://www.corantioquia.gov.co/sitios/extranetcorantioquia/SitePages/Contenido-MenuSuperior.aspx?IdItem=66>.
- Corantioquia, 2011. *Base de datos espaciales GISCAT*. Escala 1:25000. Formato Geodatabase.
- Correa Ayram, Camilo A., Manuel E. Mendoza, Andrés Etter, y Diego R. Pérez Salicrup. 2016. “Habitat Connectivity in Biodiversity Conservation: a Review of Recent Studies and Applications.” *Progress in Physical Geography* 40 (1): 7-37. doi: 10.1177/0309133315598713.
- Dilts, Thomas E., Peter J. Weisberg, Philip Leitner, Marjorie D. Matocq, Richard D. Inman, Kenneth E. Nussear, y Todd C. Esque. 2016. “Multiscale Connectivity and Graph Theory Highlight Critical Areas for Conservation Under Climate Change.” *Ecological Applications* 26 (4): 1223-1237. doi: 10.1890/15-0925.
- ERDAS. 2002. *ERDAS Field Guide TM*. Atlanta: ERDAS® LLC.
- Etter, Andrés, y Natalia Rodríguez. 2008. “Transformación de la cobertura forestal en el Valle del Magdalena Medio en el periodo de 1987-2001.” *Ambiente y Desarrollo* 12 (23): 105-132.
- Etherington, Thomas, y E. Penelope Holland. 2013. “Least-cost Path Length versus Accumulated-cost as

- Connectivity Measures." *Landscape Ecology* 28 (7): 1223-1229. doi: 10.1007/s10980-013-9880-2.
- Franco, Rodolfo, y Juan Manuel Rodríguez. 2005. "Análisis multitemporal satelital de los bosques del Carare-Opon, mediante imágenes Landsat de 1991 y 2002." *Colombia Forestal* 9 (18): 157-162. doi: 10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2005.1.a12.
- Garzón Yepes, Natasha Valentina, y Juan Carlos Gutiérrez Camargo. 2013. *Deterioro de humedales en el Magdalena medio: un llamado para su conservación*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Fundación Alma.
- Herrador Valencia, Doribel, Martí Boada i Juncà, Diego Varga Linde, y Enric Mendizábal Riera. 2011. "Tropical Forest Recovery and Socio-economic Change in El Salvador: An Opportunity for the Introduction of New Approaches to Biodiversity Protection." *Applied Geography* 31:259-268. doi: 10.1016/j.apgeog.2010.05.012.
- IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales). 2010. *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia escala 1:100.000*. Bogotá: IDEAM.
- IDRISI. 2006. *IDRISI Andes: Guide to GIS and Image Processing*. Worcester: Clark University.
- McGarigal, K., SA Cushman, y E. Ene. 2012. "FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps." Consultado en febrero de 2015. <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>
- Silva Herrera, Luis Jairo. 2006. "Ensayo de manejo del bosque secundario del Magdalena Medio en el corregimiento de Puerto Pinzón, municipio de Puerto Boyacá." *Colombia Forestal* 9 (19): 45-60. doi: 10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2006.1.a03.
- Stevens, Kara, Lindsay Campbell, Dan Kramer, Gerald Urquhart, y Qi Jiaguo. 2011. "Examining Complexities of Forest Cover Change During Armed Conflict on Nicaragua's Atlantic Coast." *Biodiversity and Conservation* 20 (12): 2597-2613. doi: 10.1007/s10531-011-0093-1.
- Vélez-Torres, Irene, y Jytte Agergaard. 2014. "Political Remittances, Connectivity, and the Trans-Local Politics of Place: An Alternative Approach to the Dominant narratives on 'Displacement' in Colombia." *Geoforum* 53:116-125. doi: 10.1016/j.geoforum.2014.03.001.
- Viña, Andrés, y Jaime Cavelier. 1999. "Deforestation Rates (1938-1988) of Tropical Lowland Forests on the Andean Foothills of Colombia." *Biotropica* 31 (1): 31-36. doi: 10.1111/j.1744-7429.1999.tb00114.x.
- Zvoleff, Alex, y Li An. 2014. "Analyzing Human-Landscape Interactions: Tools that Integrate." *Environmental Management* 53 (1): 94-111. doi: 10.1007/s00267-012-0009-1.

### Lecturas recomendadas

- Etter, Andrés, y Willem van Wyngaarden. 2000. "Patterns of Landscape Transformation in Colombia, with Emphasis in the Andean Region." *AMBIO* 29 (7): 432-439. doi: 10.1579/0044-7447-29.7.432.



**Alba Lucía Marín Valencia**

Ingeniera Forestal de la Universidad Nacional de Colombia y Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza de la Universidad de Chile. Su experiencia está dada en proyectos de consultoría nacional e internacional, en sistemas de información geográfica y ecología del paisaje, en temas de ordenamiento y planificación urbano-regional e inventarios de recursos naturales. Ha participado en proyectos orientados a la conservación del medio ambiente y ecología del paisaje en ecosistemas naturales e intervenidos.

**Carlos Federico Álvarez Hincapié**

Ingeniero Agrónomo, Magíster en Medio Ambiente y Desarrollo e investigador miembro del grupo de investigación en Sistemática Molecular de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín. Docente de la Corporación Universitaria Lasallista. Sus líneas de investigación están orientadas a la ecología, la gestión ambiental y la entomología.

**Carlos Eduardo Giraldo**

Ingeniero Agrónomo, Magíster y Doctor en Biología de la Universidad de Antioquia. Miembro del grupo de investigación en Sistemática Molecular de la Universidad Nacional de Colombia - sede Medellín y del grupo de investigación de Sanidad Vegetal de la Universidad Católica de Oriente. Sus líneas de investigación son la ecología y la entomología.

**Sandra Uribe Soto**

Ingeniera Agrónoma y Doctora en Ciencias Biomédicas de la Universidad de Antioquia. Docente y directora del grupo de investigación en Sistemática Molecular de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín. Sus líneas de investigación son la ecología, la sistemática molecular y la entomología.