

Análisis de la gestión ambiental en las vías 4G en construcción en Colombia

***Analysis of environmental
management in 4G roads under
construction in Colombia***

***Analyse de la gestion
environnementale des infrastructures
4G actuellement en construction en
Colombie***

***Análise da gestão ambiental nas
estradas 4G em construção na
Colômbia***

William Eduardo Mosquera Laverde*

Fecha de recepción: 9 de febrero

Fecha de aprobación: 8 de marzo

Pp. 31-66

* Magíster en Gestión y Auditorías en Tecnologías e Ingeniería Ambiental, Universidad internacional Iberoamericana. Magíster en Gerencia Ambiental, Universidad de Los Andes; ingeniero químico, Universidad Nacional de Colombia. Docente auxiliar e investigador, Universidad Cooperativa de Colombia.

RESUMEN

En este artículo se pretende analizar la aplicación del manual para la asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad aplicado en el sector de infraestructura vial en Colombia. Para ello se desarrolló una revisión del estado del arte acerca de la biodiversidad, servicios ecosistémicos (SE), pérdidas de biodiversidad, las compensaciones por pérdida de biodiversidad y los impactos ambientales ocasionados por las vías, con el fin de analizar los principios de compensación definidos por la normatividad colombiana a la luz de las transformaciones del paisaje ocasionados por la fragmentación de ecosistemas, teniendo en cuenta que durante la última década la fragmentación se ha convertido en un problema ambiental global. Con base en lo anterior, la metodología empleada incluye una revisión y análisis del estado actual del arte a la luz de las compensaciones en el sector de infraestructura vial. Luego, se plantea una propuesta de gestión para la infraestructura vial en Colombia que permita incluir la fragmentación de ecosistemas dentro del análisis de compensación para proyectos lineales de infraestructura vial, y que contribuya con la no pérdida neta de biodiversidad

PALABRAS CLAVE

Biodiversidad , compensación, servicios ecosistémicos, infraestructura vial, no pérdida neta de biodiversidad.

ABSTRACT

This article aims to analyze the implementation of the manual for compensation allocation due to biodiversity loss applied to the road infrastructure sector in Colombia. This requires a state of the art evaluation on biodiversity, ecosystem services (SE by its acronym in Spanish), biodiversity loss, compensation for biodiversity loss, and environmental impacts caused by roadways in order to analyze the principles of compensation defined by Colombian law, considering the changes in the landscape that have been caused by the fragmentation of ecosystems, and taking into account that during the last decade, fragmentation has become a global environmental problem. On that basis, the methodology that was used, includes a review and an analysis of the current state of the art in light of the compensation in the road infrastructure sector. After that, a management proposal for the road infrastructure in Colombia is presented; one that allows including

the fragmentation of ecosystems into the analysis of compensation for road infrastructure linear projects, and that contribute with the no net loss of biodiversity.

KEYWORDS

Biodiversity, compensation, ecosystem services, road infrastructure, no net loss of biodiversity.

RÉSUMÉ

Cet article tente d'analyser la mise en place de guides de répartition des compensations pour perte de biodiversité appliquée au secteur colombien des infrastructures routières et autoroutières. Une analyse de l'état de la biodiversité, des services éco-systémiques, de la perte de biodiversité et des impacts environnementaux occasionnés par la construction d'infrastructures routières a été mise en œuvre afin d'analyser les principes de compensation définis par la réglementation colombienne pour faire face aux transformations des paysages occasionnées par la fragmentation d'écosystèmes qui s'est convertie en problème environnemental global lors de la dernière décennie. Se pose par ailleurs la question de la gestion de l'infrastructure routière colombienne qui devrait permettre d'inclure la fragmentation d'écosystèmes à l'analyse des compensations pour ce type de projets linéaires contribuant à la préservation de biodiversité.

MOTS CLEFS

Biodiversité, compensation, services éco-systémiques, infrastructure routière, préservation de la biodiversité.

RESUMO

Este artigo tem por objetivo analisar a implementação do manual para a atribuição de compensação por perda de biodiversidade aplicadas no sector da infra-estrutura rodoviária na Colômbia. Isto exige uma revisão do estado da arte sobre a biodiversidade, serviços ambientais (SE), perda de

biodiversidade, a compensação para a perda da biodiversidade e impactos ambientais causados pela construção de estradas, a fim de analisar os princípios de compensação definidos pela lei colombiana à luz das mudanças na paisagem causadas pela fragmentação dos ecossistemas, considerando-se que, durante a última década a fragmentação tornou-se um problema ambiental global. Com base no exposto, a metodologia inclui uma revisão e análise do estado actual da arte em função da compensação no sector das infra-estruturas rodoviárias. Em seguida, se propõe uma proposta de gestão para a infra-estrutura rodoviária na Colômbia que permita incluir a fragmentação dos ecossistemas na análise de compensação para projetos lineares de infra-estrutura rodoviária e que contribua com a perda neta da biodiversidade.

PALAVRAS-CHAVE

Biodiversidade, compensação, serviços de ecossistemas, infraestrutura rodoviária, sem perda neta de biodiversidade.

1. Introducción

A nivel mundial, la biodiversidad ha sido reconocida no solo como expresión de las diferentes formas de vida presentes en la Tierra, sino también como la base del bienestar y la calidad de vida de los seres humanos (MADS, 2012). Este último aspecto, también definido como servicios ecosistémicos, es indispensable para la supervivencia de la vida humana en el planeta, «algo sólo posible si se garantiza la estructura y el funcionamiento de la biodiversidad» (Millenium Ecosystem Assessment (MEA), 2005).

Tal como se plantea en la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (2005), existen cinco causas globales de pérdida de biodiversidad dentro de las que se encuentran: pérdida y transformación ecosistémica, introducción de especies, sobreexplotación, contaminación y cambio climático. De los motores de transformación antes mencionados, la pérdida y cambios de ecosistemas a través de la fragmentación de los mismos, es considerada de origen antrópico y uno de los factores que generan alto impacto ambiental, por lo que la inclusión de este factor en las estimaciones de compensación por pérdida de biodiversidad, podría aumentar el soporte en la toma de decisiones de las autoridades ambientales, así como tener una aproximación más real a los impactos ocasionados por actividades que generan transformación de ecosistemas.

Adicionalmente, la escala de la información para la toma de decisiones en el sector ambiental en Colombia, es muy baja –Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia, bajo un mismo sistema de coordenadas cartográficas, a escala 1:500.000– (MADS, 2014), lo que ha permitido que las afectaciones locales a la biodiversidad no sean fácilmente percibidas a nivel nacional. De acuerdo

con el mapa, Colombia cuenta con 311 tipos de ecosistemas continentales y costeros, incluidas áreas naturales con poca transformación y paisajes transformados por actividades humanas de asentamiento, producción y extracción (IDEAM et al., 2007) según el área mínima cartografiable de 2.500 ha, por lo que ecosistemas de menor tamaño no son representados ni tenidos en cuenta.

Es así, como en un intento para compensar la pérdida de biodiversidad neta en el país, el MADS en compañía de *The Nature Conservancy* –TNC, *World Wildlife Fund*– WWF y Conservación Internacional– CI; bajo la ejecución de TNC, desarrolló el Manual para la asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad, con el fin de determinar y cuantificar las medidas de compensación por pérdida de biodiversidad, respondiendo tres inquietudes fundamentales: i) cuánto compensar, ii) dónde compensar y iii) cómo compensar (MADS, 2012) y bajo tres principios: jerarquía de mitigación –Es decir, se pueden compensar impactos a la biodiversidad que no puedan ser evitados, mitigados o corregidos (MADS, ANLA, TNC, WWF & CI, 2012)–, no pérdida neta de biodiversidad, y equivalencia ecosistémica –Un área ecológicamente equivalente o de equivalencia ecológica se refiere a áreas de ecosistemas naturales y/o vegetación secundaria que mantienen especies y comunidades similares a los presentes en el ecosistema natural o vegetación secundaria impactados y que tienen una viabilidad ecológica similar por área, condición y contexto paisajístico (MADS, ANLA, TNC, WWF & CI, 2012)–.

La aplicación de este manual se realiza para los solicitantes de licencia ambiental de competencia de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, –ANLA– de acuerdo con el Decreto 2820 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010) y es incluida dentro de la evaluación integral en el proceso de licenciamiento. Este manual es una buena aproximación realizada para la compensación en términos de

área y representatividad de ecosistema –a escala de paisaje–, sin embargo, aún tiene muchos vacíos en cuanto a cómo compensar la funcionalidad y la no pérdida de biodiversidad a una escala local.

Teniendo en cuenta lo anterior, con el presente trabajo se realizó un análisis a la literatura existente sobre el impacto de la fragmentación de ecosistemas por proyectos de infraestructura vial, –uno de los usuarios directos de la biodiversidad o sus servicios ecosistémicos, relacionado con la gestión de la biodiversidad de acuerdo con la PNGIBSE (Andrade, Sandino, & Aldana, 2011)– a la luz de los principios definidos por la normatividad colombiana para la estimación de las compensaciones por pérdida de biodiversidad, tratando de responder si son suficientes para la conservación de la biodiversidad los enfoques actuales del manual de compensación aplicados a proyectos de infraestructura vial y si, deberían existir herramientas adicionales de gestión para contribuir a la no pérdida neta de Biodiversidad diferentes a la equivalencia ecosistémica planteada en el manual.

El documento desarrollado a continuación es una aproximación inicial a la discusión sobre temas que aún no se han incluido dentro de la gestión de la biodiversidad a nivel normativo en Colombia y pretende plantear un debate sobre la importancia de contemplar factores adicionales como la fragmentación, al momento de evaluar el impacto a compensar por proyectos de infraestructura vial, contribuyendo a una no pérdida de biodiversidad a escala local. Para lograrlo se desarrollaron los siguientes objetivos específicos (a) una revisión bibliográfica sobre el estado del arte acerca de la biodiversidad, servicios ecosistémicos (SE), pérdidas de biodiversidad, las compensaciones por pérdida de biodiversidad y los impactos ambientales ocasionados por las vías; (b) se evalúan las estrategias y programas ambientales diseñados por las concesionarias viales para mitigar el impacto en la pérdida

de biodiversidad, también, (c) se analizaron los proyectos internacionales ejecutados que mitigan la pérdida de biodiversidad evitando la fragmentación de los ecosistemas. Y por último, (d) se analizan los programas ambientales diseñados o implementados por las concesionarias 4G para mitigar el impacto socioecológico provocado. A partir del análisis de los objetivos específicos se propone un enfoque adicional para la gestión de la biodiversidad, incluyendo la fragmentación dentro de los parámetros de evaluación de compensaciones, y de tal manera, que los esfuerzos para compensar este tipo de proyectos, se enfoquen en acciones de conservación *in situ* –conservación de los ecosistemas y los hábitats naturales y el mantenimiento y recuperación de poblaciones viables de especies en sus entornos naturales (Congreso de la República de Colombia, 1994)–, que disminuyan el impacto ocasionado por la fragmentación.

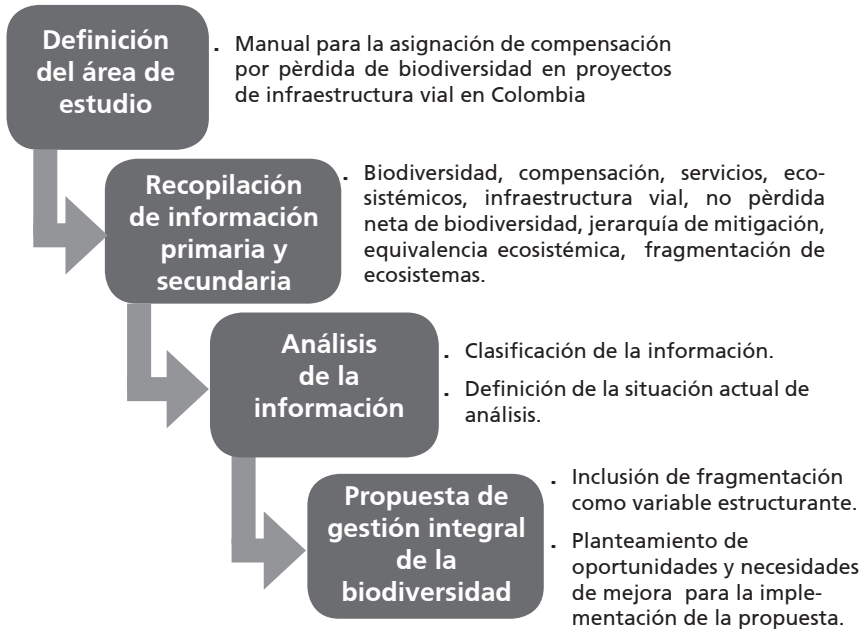
2. Metodología

2.1 Tipo de estudio

Para el presente trabajo se seleccionó la profundización temática –modalidad que toma como fuente de información principal para el estudio las bases de datos de revistas académicas y casos relacionados con la gerencia ambiental. Con base en el conocimiento existente sobre un determinado tema, una situación particular que tenga que ver con la gerencia ambiental, el estudiante analiza en forma crítica las implicaciones para la gerencia ambiental (Maestría en Gerencia Ambiental, 2014)–, a través de la cual se realizó una revisión bibliográfica del estado del arte, con el fin de plantear la discusión sobre si ¿son suficientes para la conservación

de la biodiversidad los enfoques actuales del manual de compensación aplicados a proyectos de infraestructura vial? y si ¿deberían existir herramientas adicionales de gestión para contribuir a la no pérdida neta de biodiversidad diferentes a la equivalencia ecosistémica planteada en el manual? A continuación se describen los pasos que se siguieron durante el desarrollo del presente trabajo (Figura 1).

Figura 1. Esquema metodológico



Fuente. Elaboración propia de los autores.

2.2 Definición del área de estudio

Se realizó una revisión sobre el estado de aplicación del manual para la asignación de compensación por pérdida de biodiversidad en proyectos de infraestructura vial en Colombia, con el fin de revisar si los enfoques actuales del manual pueden llegar a alcanzar los impactos esperados en la no pérdida neta de biodiversidad en proyectos viales,

encontrando que el tema de la fragmentación de ecosistemas aún no ha sido incluida dentro de las evaluaciones.

2.3 Recopilación de información primaria y secundaria

Luego, se recopiló literatura existente sobre el tema donde se encontraron fuentes de información del estado colombiano y documentos financiados por diferentes stakeholders de la infraestructura vial para determinar cómo diseñar la gestión ambiental para proyectos viales. Con base en esto, se elaboró una propuesta inicial que se plasmó en el marco conceptual sobre biodiversidad y servicios ecosistémicos.

2.4 Análisis de la información

Se realizó la revisión de la información recolectada de diferentes fuentes con el fin de responder las preguntas de gestión planteadas en el presente documento. La información se clasificó en diferentes categorías: biodiversidad y servicios ecosistémicos; fragmentación; gestión integral de la diversidad biológica; infraestructura vial; sistemas de gestión ambiental; y desarrollos viales actuales. Esta información fue analizada y presentada en la sección de análisis de la situación.

2.5 Propuesta de gestión integral de la biodiversidad en infraestructura vial

Con base en la información analizada, se realiza una propuesta de gestión integral de la biodiversidad para proyectos de infraestructura vial, donde se incluye la fragmentación como variable estructurante para la adaptación de la biodiversidad

basada en ecosistemas frente a los megaproyectos viales a realizarse en el país en los próximos años.

Por último, se realiza el planteamiento de oportunidades y necesidades de mejora para la implementación de la propuesta que aporte en las evaluaciones a realizarse en el marco del manual para la asignación de compensación por pérdida de biodiversidad para el desarrollo de proyectos viales y contribuya con los objetivos de Colombia frente a la no pérdida neta de diversidad biológica.

3. Resultados

Como resultado del análisis de la información sobre el Estado del arte de la compensación por pérdida de biodiversidad en los proyectos de información vial, se obtuvieron los siguientes planteamientos que dinamizan la discusión sobre si ¿son suficientes para la conservación de la biodiversidad los enfoques actuales del manual de compensación, aplicados a proyectos de infraestructura vial y si ¿deberían existir herramientas adicionales de gestión para contribuir a la no pérdida neta de biodiversidad diferentes a la equivalencia ecosistémica planteada en el manual?

3.1 Estado del arte de la información

3.1.1 Escala de análisis para la toma de decisiones

La información cartográfica utilizada para la toma de decisiones en cuanto a ecosistemas a nivel nacional es a escala 1:500.000 –Mapa de ecosistemas oficial en Colombia–, en donde se incluyen criterios de bioma, tipo de sistema ecológico

y cobertura. Es aquí donde el reto para posteriores mapas de ecosistemas, además de desarrollar una escala más detallada, requiere la integración de leyendas más comprensivas que permita integrar no solo patrones espaciales de los mismos, sino información sobre la composición y funcionamiento de los ecosistemas (Andrade, Sandino y Aldana, 2011).

Una información con mayor detalle que podría ser incluida dentro de las estimaciones de las compensaciones, es el mapa de cobertura y uso de la Tierra, con la metodología CORIN Land Cover para los periodos 2000 - 2002 y 2005 - 2009, a escala 1:100.000 (Sistema de Información Ambiental de Colombia, 2011).

3.1.2 Manual para la asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad en Colombia

El manual de compensación es un instrumento normativo cuyo objetivo es «establecer el procedimiento para la determinación y cuantificación de las medidas de compensación por pérdida de biodiversidad y, es un instrumento de uso obligatorio para los usuarios, en la elaboración de los estudios de impacto ambiental, para la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, en la evaluación y aprobación de las medidas de compensación por pérdida de biodiversidad en el proceso de licenciamiento ambiental y sus modificaciones» (MADS, ANLA, TNC, WWF & CI, 2012), y las medidas de compensación establecidas solo determinan la conservación efectiva en áreas ecológicamente equivalentes en donde se pueda conservar de forma permanente, según los criterios de cuánto, dónde y cómo.

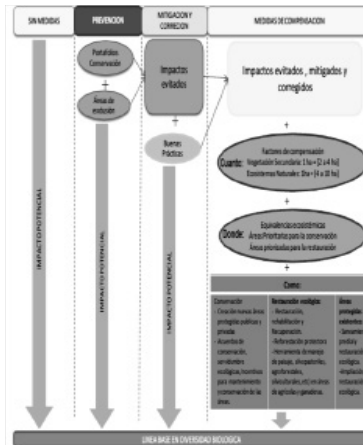
El cálculo de las áreas a compensar se determina por medio de factores de compensación –definidos en el Listado Nacional de Factores de compensación para ecosistemas naturales terrestres–, y tiene en cuenta los siguientes factores:

representatividad del ecosistema, rareza, remanencia y tasa de transformación anual. Con una variación del factor total de compensación entre 2 a 10 –hace referencia a la cantidad de área a compensar es dos áreas por cada área de pérdida–, de 2 a 5 para áreas con vegetación secundaria y de 4 a 10 para áreas con ecosistemas naturales (MADS, ANLA, TNC, WWF & CI, 2012).

Las compensaciones se desarrollarán en lugares dentro del portafolio de áreas prioritarias para la conservación, en la zona de influencia del proyecto afectante y cumpliendo los criterios de selección del área a compensar establecidos, como son: el mismo tipo de ecosistema, tamaño igual o mayor, contexto paisajístico, riqueza de especies e influencia del proyecto, de lo contrario, se desarrollará en zonas subhídricas cercanas o con influencia del municipio donde se desarrolle, con actividades de restauración o manejo del paisaje; y por último, en las actuales áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas – SINAP– (MADS, ANLA, TNC, WWF & CI, 2012).

Las acciones que se deben desarrollar para la compensación se encuentran descritas a continuación (Figura 2).

Figura 2. Medidas de proyección, mitigación, corrección y compensación en proyectos, obras o actividades



Fuente. MADS, ANLA, TNC, WWF & CI, (2012).

3.1.3 Gestión ambiental en la infraestructura vial

El Plan Nacional de Desarrollo Prosperidad para todos, tiene como eje central el crecimiento de la economía mediante emprendimientos de extracción de los recursos naturales, construcción de infraestructura, agroindustria e innovación en ciencia y tecnología (Andrade, Sandino, & Aldana, 2011), razón por la cual, la infraestructura vial se convierte en un eje de desarrollo socioeconómico para los colombianos que se encuentra en crecimiento.

Teniendo en cuenta lo anterior y los impactos ocasionados en la biodiversidad por este tipo de proyectos, INVIAS y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2011), desarrollaron la Guía ambiental para proyectos de infraestructura en el subsector vial. Dentro de este documento se desarrolló un capítulo sobre las medidas de manejo a ser tenidas en cuenta por las empresas que trabajan en el sector (Tabla 1).

Tabla 1. Impactos y medidas de gestión del subsector vial en Colombia, asociados a la pérdida de biodiversidad

BIÓTICO	Afectación áreas ambientalmente sensible	Referido a cambios o afectaciones de áreas definidas por la ley como de importancia ambiental o que cumplen una función ambiental.
	Cambios en la cobertura vegetal	Modificación en áreas de los diferentes tipos de vegetación.
	Alteración de hábitat	Se refiere al daño o perturbación al hábitat natural de la fauna presente.
	Desplazamiento de demanda alterado	Se refiere al desplazamiento forzado de algunas especies propias de una zona cuando su hábitat es alterado.
	Incremento de demanda alterada	Necesidad del consumo de recursos naturales para ejecución del proyecto.
PAISAJE	Alteración de los valores escénicos de una unidad de paisaje	Cambios en la visibilidad, calidad visual e intervención antrópica que afectan el valor escénico.

Fuente. Elaboración propia de los autores.

Adicionalmente, para el presente estudio, vale la pena mencionar que en Colombia se emplea la figura de concesión vial como mecanismo para entregar por un tiempo determinado al sector privado una vía para su construcción, rehabilitación y/o mantenimiento. Consiste en una nueva forma de contratación del Estado con el sector privado, en donde, para el caso, el Instituto Nacional de Concesiones (INCO) paga la construcción de una carretera, no en el mismo tiempo en el que se realiza la construcción –que sería la forma tradicional–, sino en un plazo más amplio –15 o 20 años– dándole al concesionario –sector privado– como garantía de pago, lo recaudado por concepto de peaje en este tiempo. Es de aclarar que en este período el concesionario será el encargado del mantenimiento de la vía con los mismos recursos de peaje. Al final del tiempo el proyecto revierte a la Nación (Rueda Castañeda, 2009).

Según Rueda Castañeda (2009), el sistema de concesión está organizado en tres etapas de la siguiente forma:

- **Primera etapa. Preconstrucción:** diseño y programación; en este se deben elaborar los estudios finales de impacto ambiental del proyecto.
- **Segunda etapa. Construcción:** se deben implementar los programas establecidos en el diseño.
- **Tercera etapa. Operación:** mantener, evaluar y monitorear los programas ambientales establecidos.

Este tipo de proyectos adjudicados por la modalidad de concesión, tienen asegurados los recursos económicos para su ejecución, y por ende, se espera que sean los que mejor gestión ambiental pueden tener (Rueda Castañeda, 2009).

3.2 Fragmentación de ecosistemas-variable estructurante para compensaciones en proyectos viales

Por otro lado, el presente estudio permitió identificar una variable estructurante que no ha sido incluida dentro del análisis de compensaciones por pérdida de biodiversidad, como lo es la fragmentación ocasionada por el paso de la vía, lo cual acelera cambios en los ecosistemas, y por consiguiente, aumenta su vulnerabilidad a crisis ambientales (Andrade, Sandino, y Aldana, 2011).

Las obras de infraestructura generan fragmentación de los ecosistemas, reduciendo el hábitat original de las especies (Gascón, 2000). Adicional a esto, los estudios para evaluar los efectos de estas obras sobre la biodiversidad no son suficientes

y no hay monitoreo de los efectos en la biodiversidad después de la realización de las obras.

De acuerdo con Andrade, Sandino, y Aldana (2011), desde la década de los 80 se viene investigando la relación entre el tamaño de los fragmentos de los bosques con la pérdida de especies, y se conocen algunos umbrales espaciales más allá de los cuales se produce el colapso de la biodiversidad. En este sentido es importante el umbral temporal. Si bien muchos fragmentos podrían estar más allá del umbral espacial, podrían no haber perdido todavía las especies y estar más acá del umbral temporal. Esto genera una gran incertidumbre para la gestión de la biodiversidad en escenarios que tienen el potencial de generar más fragmentación, como la expansión de forestería, la agricultura, la minería, la urbanización y el desarrollo hidroenergético y la construcción de infraestructura vial.

Adicionalmente al tamaño de los fragmentos, hay variables adicionales que permiten cuantificar los patrones del paisaje transformado (Tabla 2).

Tabla 2. Variables a tener en cuenta cuando se evalúan paisajes transformados

Variables para cuantificar los patrones de paisaje fragmentado	Relevancia
Área de los parches (tamaño)	Factor importante cuando se consideran las probabilidades de conservar Spp típicos de ecosistemas maduros en paisajes de múltiples usos.
Forma de los parches	Los parches de ecosistemas presentan formas irregulares dejando percibir el patrón histórico de la fragmentación y la agresividad de los usos del suelo adyacente. Formas compactas son efectivas para proteger los recursos interiores contra efectos detenidos del ambiente exterior.
Efecto borde y área de hábitat interior (cantidad de área del parche que no sufre el efecto borde)	Se genera diferencias en la composición y abundancia del SPP en el borde debido a un aumento en la penetración de la luz y vientos, generando cambios de microclimas.
Distancia a parches de bosque y continuidad	El valor de conservación de un determinado fragmento de bosque puede ser aumentado o degradado de acuerdo con el patrón de los otros elementos del paisaje a su alrededor. Las relaciones espaciales entre parches que restringen o facilitan el movimiento de los organismos en el paisaje determinan la persistencia regional de las poblaciones.
Medida de la fragmentación de un ecosistema (número de fragmentos)	Indicación simple de que tan fragmentado se encuentra un ecosistema en un área de estudio. A mayor número de parches, mayor fragmentación del paisaje.

Fuente. Echeverry, (2006, 2009).

Las vías también han sido señaladas como causa directa de la deforestación (Castaño-Uribe, 2004); esto es porque cambian la posibilidad de acceso de la población a los bosques.

Los actuales planes viales que atraviesan zonas selváticas se constituyen en motores principales de degradación y pérdida de biodiversidad (Andrade & Castro, 2012).

La vías provocan dos tipos de efectos de fragmentación, como son el efecto barrera que se produce cuando se impide la movilidad de los organismos o de sus estructuras reproductivas, lo que trae como consecuencia limitar el potencial de los organismos para su dispersión y colonización; las vías rompen la continuidad del dosel –estrato superior de los bosques– e interrumpen las posibilidades de movilidad de los animales. Las barreras también pueden restringir la habilidad de los organismos de encontrar sus parejas, lo que puede llevar a la pérdida de su potencial reproductivo.

El otro efecto es el de borde. Se presenta cuando un ecosistema es fragmentado y se cambian las condiciones bióticas y abióticas de los fragmentos y de la matriz circundante (Kattan, 2002). En el caso de las vías este efecto se presentará en las inmediaciones o borde de la vía, donde se crearán condiciones con mayor temperatura, menor humedad, mayor radiación y mayor susceptibilidad al viento. Este efecto de borde puede penetrar 50 m para aves, 100 m para los efectos microclimáticos y 300 m para insectos. Como consecuencia del efecto de borde se modifica la distribución y abundancia de las especies, cambiando la estructura de la vegetación, y por tanto, la oferta de alimento para la fauna.

Cabe notar que los efectos anteriores también provocan en las especies atropellamientos, cambios en los patrones reproductivos ocasionados por el ruido, movimiento, vibraciones, las luces artificiales y la presencia humana.

Teniendo en cuenta que no se sabe a ciencia cierta cómo impactan los proyectos de desarrollo en términos de pérdida de biodiversidad y que actualmente se juega con una alta

incertidumbre –escala de la información poco detallada–, el Manual para asignación de compensación por pérdida de la biodiversidad, actualmente empleado en Colombia, es una buena herramienta para que las personas naturales o jurídicas que desarrollan proyectos que requieren licenciamiento ambiental, luego de aplicar la jerarquía de la mitigación, puedan realizar acciones encaminadas a la no pérdida neta de biodiversidad, a través de la equivalencia ecosistémica.

Para el caso de proyectos lineales, como lo son las vías, se han identificado algunas debilidades en la aplicación del Manual de compensación dentro de las que se encuentran: las intervenciones se presentan en ecosistemas variados a través de la vía y en pequeños fragmentos –solo se incluyen, dentro de los factores de compensación, las áreas impactadas por la construcción de la vía e infraestructura anexa–; la duración de las obras es corta –para lo cual el Manual plantea que la compensación se realiza por el tiempo de vida del proyecto y no incluye la fase de operación para el caso de las vías–; debido al corto tiempo empleado para compensaciones en infraestructura vial, no se tiene claridad sobre qué va a pasar después con las compensaciones. Adicionalmente, para el caso de las vías, no se contempla el impacto directo y adicional ocasionado con la fragmentación de los ecosistemas.

Sumado a esto, las definiciones de las compensaciones usan criterios remotos –mapa de ecosistemas– y se estiman tomando como línea base la combinación de la cobertura y el tipo de bioma, sin tener una aproximación real y local del estado de los ecosistemas.

Es así, como para enriquecer esta discusión, se toma lo planteado por Fuentes (1994), quien afirma que «la biodiversidad es un producto único de la historia y un atributo singular de la geografía. La biodiversidad hoy es diferente de lo que fue en el pasado y también entre un lugar y otro. No

existen réplicas para la Biodiversidad en el espacio y tiempo. Cada lugar y tiempo es único en su diversidad particular».

Teniendo en cuenta lo anterior, se requiere de herramientas complementarias al Manual de compensación que contribuyan a una gestión integral de la biodiversidad y que reduzcan los impactos reales de proyectos lineales como la infraestructura vial, donde los impactos van más allá del área destinada a la construcción de la vía o la infraestructura complementaria –campamentos, zonas de almacenamiento de materiales, entre otros–, generando fragmentación de ecosistemas que en últimas se ve reflejado en una pérdida neta de biodiversidad.

Es así, como luego de realizar el análisis de la información, en esta investigación se propone que se incluya dentro de las variables estructurantes para las evaluaciones de compensación de biodiversidad, la fragmentación de ecosistemas, con el fin de contar con una evaluación integral y cercana a un impacto real de los proyectos de infraestructura vial. Los impactos en la fragmentación de ecosistemas naturales y seminaturales, sean más fuertes y con una temporalidad mayor que los generados de manera directa por la construcción de las calzadas.

Adicionalmente, los impactos ocasionados por la fragmentación de los hábitats naturales se pueden mitigar mediante el diseño de redes ecológicas, las cuales se configuran como instrumentos útiles en el planeamiento territorial en áreas fragmentadas y contribuyen a la conservación in situ. Para ello, es necesario contemplar que el desplazamiento de las especies desde un fragmento forestal a otro a través de la matriz, depende de la distancia real existente entre los fragmentos, pero también, de la percepción que de esta distancia tiene la especie en cuestión (Lidicker Jr., 1999).

4. Discusión de resultados

De acuerdo con lo mencionado, la propuesta aquí planteada de compensación para proyectos de infraestructura vial, está plasmada en tres enfoques: a) las medidas de compensación deben realizarse in situ, a través de la construcción de infraestructura que promueva la conectividad entre los parches generados por el paso de la vía, lo que reduciría realmente la no pérdida neta de biodiversidad, como lo plantea el Manual; b) las medidas de compensación deben realizarse de manera simultánea con la ejecución del proyecto –por ejemplo, pasos subterráneos y aéreos para fauna–, y entrar a ser parte de la infraestructura vial; c) teniendo en cuenta que la infraestructura para conservación de la biodiversidad va a ser parte de la infraestructura vial, se sugiere que el mantenimiento sea igualmente transferido al concesionario, lo que implicaría una destinación anual de recursos económicos para su monitoreo y mantenimiento.

De igual forma, se recomienda que cuando se realice la correspondiente estimación de área equivalente a compensar, se incluya el área impactada por el efecto borde ocasionado por la fragmentación. Para esto, el ANLA o quien haga sus veces, podrá emplear los estudios científicos realizados y publicados para ecosistemas similares, y así, determinar cuál sería el área total para incluir a la hora de estimar un área equivalente más aproximada.

5. Conclusiones

El Manual de compensación es una buena aproximación para la conservación de la biodiversidad, sin embargo, no son claros los resultados esperados sobre la no pérdida neta de la biodiversidad, cuando se desconocen realmente los impactos ocasionados por proyectos que requieren licencia ambiental en términos de pérdida de biodiversidad y las evaluaciones de equivalencia ecosistémica se hacen con base en coberturas y biomas desconociendo el estado real de los ecosistemas a impactar.

De manera particular para proyectos lineales, el Manual de compensación genera varias dificultades frente a su aplicación, ya que los impactos de este tipo de proyectos se ven en diferentes ecosistemas, en pequeños fragmentos y no contempla el impacto adicional ocasionado por la fragmentación. Sumado a esto, el tiempo corto de la duración de estos proyectos no permite realizar el suficiente monitoreo y seguimiento a las implementaciones de compensación.

La fragmentación de los ecosistemas por la infraestructura vial, no se tiene contemplada con claridad en el otorgamiento de las licencias ambientales que se entregan a las concesiones viales, por lo tanto, se puede compensar este impacto por medio del diseño de instrumentos que mitiguen el efecto de los atropellamientos y la reducción de la capacidad reproductiva de las especies, con instrumentos de gestión que se pueden programar, planear e integrar al proyecto general de forma que este forme parte global de la concesión y quede integrado en los costos del mismo para que con ello, se monitoree constantemente por parte de la interventoría de la concesión.

Las compensaciones *in situ*, para el caso de las compensaciones de proyectos viales, serían una mejor alternativa, teniendo en cuenta los impactos no contemplados por la fragmentación de los ecosistemas naturales y sería ideal, si se puede transferir la responsabilidad del mantenimiento de dicha infraestructura, al concesionario. Esto no está muy lejano de lo propuesto en los bancos de hábitat por Fundepúblico (2014).

Los bancos de hábitat serían una buena alternativa para las empresas en donde organizaciones y empresas privadas puedan restaurar, crear o conservar hábitats, con el fin de vender los servicios ambientales –en forma de créditos de especies, hábitats o ecosistemas– a un generador de impactos ambientales que requiera cumplir con una obligación legal de compensación. Una vez comprados los créditos, el generador de impactos ambientales utilizará esos créditos como medida de compensación para cumplir con su obligación legal (Sarmiento, 2014).

Para que el sistema de bancos de hábitat opere de manera transparente, eficiente y efectiva, es necesario establecer algunos acuerdos mínimos para su operación. Lo anterior es clave, pues así se definen unas bases sólidas para darle suficiente claridad, y a su vez, permite que el sistema madure con el tiempo. Los acuerdos mínimos incluyen:

- La definición de la cadena de valor-roles y responsabilidades de actores.
- Definición de reglas de juego técnicas, legales y financieras.
- Voluntad política.

6. Referencias bibliográficas

- ACEVEDO, J. L. (1996). *Conexión vial Aburrá-Cauca: Estudio de impacto ambiental*. Medellín: (s.e), p. 244.
- Andrade, G. (2008). *Naturalmente humano: los ecosistemas emergentes y la gestión de una nueva naturaleza. Innovación y Cuencia*. Vol XV (pp. 50 - 59).
- Andrade, G. (2014). Programa Maestría en Gerencia Ambiental. *Curso Ecosistemas 3. Seminario sobre la gestión de ecosistemas y cambio ambiental global*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Andrade, G. I., y Castro, L. G. (2012). *Degradación, pérdida y transformación de la biodiversidad continental en Colombia, invitación a una interpretación socioecológica*. Bogotá: Ambiente y Desarrollo XVI (30) pp. 53-71.
- Andrade, G.I., Sandino, J. y Aldana, J. (2011). *Biodiversidad y territorio: innovación para la gestión adaptativa frente al cambio global, insumos técnicos para el Plan Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos*. Bogotá: MAVDT; IAVH, p. 64.
- Bryant, D. (1997.). *The Last Frontier Forests*. World Resources Institute,. Washington, D.C.
- Businness and biodiversity offsets Programme (BBOP). (2009). *Biodiversity Offset Design Handbook*. Washington, D.C.: BBOP.
- Castaño-Uribe, C. (2004). *Vías, bosques y conflicto social en Colombia*. Guerra, sociedad y medio ambiente. Bogota: M. Cárdenas & M. Rodríguez.

Congreso de la República de Colombia. (1993). Ley 99 de 1993. Recuperado de: http://www.oas.org/dsd/fida/laws/legislation/colombia/colombia_99-93.pdf

Congreso de la República de Colombia. (1994). Ley 165 de 1994 . Recuperado de: http://www.minambiente.gov.co/documentos/ley_0165_091194.pdf

Congreso de la República de Colombia. (2011). Ley 1450 de 2011. Recuperado de: <https://www.dnp.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=tYD8BLf-2-g%3D&tabid=1238>

CONPES 3760. (2013). *Proyectos viales bajo el esquema de asociaciones público privadas: cuarta generación de concesiones viales*. Bogotá: Ministerio de Hacienda, Ministerio de Transporte, Imprenta Nacional.

Convenio de Diversidad Biológica (CDB). (2004). Enfoque por ecosistemas. *Directrices del CDB*. CDB.

DNP: DIES, DEE, DDU, OAJ, DIFP, DDAS, Ministerio del Interior, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Ministerio de Transporte, Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Agencia Nacional de Infraestructura & Autoridad Nacional de Licencias Documento Conpes 3760. Recuperado de: <https://www.dnp.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=MQDpg0Nxli0%3D&tabid=1656>

Forman, R. (1997). *Land Mosaics. The ecology of landscapes and regions*. Cambridge: Cambridge University Press.

Forman, R. T. (1986). *Landscape ecology*. New york: John Wiley & Sons.

- Fuentes, E. (1994). *¿Qué futuro tienen nuestros bosques? Hacia la gestión sustentable del paisaje del centro y sur de Chile*. Santiago. Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Gascón, C. B. (2000). *Deforestation and forest fragmentation in the amazon*. The Amazon. En *Lessons from Amazonia: The ecology and conservation of a fragmented*, Yale: R. O. Bierregaard.
- Groves, C., Valutis, L., Vosick, D., Neely, B., Wh. (2000). *Diseño de una geografía de la esperanza*. New york: The Nature Conservancy.
- IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IGAC), Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IAvH - Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Invemar - Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. (2007). *Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia*. Bogotá D.C.: 276 p. + 37 hojas cartográficas.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. *Noticias Humboldt*. Recuperado de: <http://www.humboldt.org.co/iavh/component/k2/item/262-explotaci%C3%B3n-a-cielo-abierto-o-subterr%C3%A1nea-son-a>
- Jordán A., G. (2008). *Gestión socio ambiental en la Evaluación de proyectos viales en el Perú, Caso: Pueblo de Catcca - Quispicanchis- CUSCO*. Ecuador. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales - FLACSO.
- Kattan, G. (2002). *Fragmentación : patrones y mecanismos de extinción de especies*. Cartago: Ecología y conservación de bosques neotropicales. Ed LUR.

- Lidicker Jr., W. Z. (1999). *Responses of mammals to habitat edges: an overview*. New York: Landscape Ecology, 14, pp. 333-343.
- MADS. (2012). *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos*. Bogotá: Imprenta Nacional.
- MADS, ANLA, TNC, WWF & CI. (2012). *Manual para la asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad*. Bogotá D.C. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Maestría en Gerencia Ambiental. (2014). *Programa Curso Proyecto de Grado*. Bogotá D.C. Universidad de los Andes.
- MAVDT, M. d. (2012). *Plan Nacional de Restauración*. Colombia: Imprenta Nacional.
- Millenium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). *Ecosystems and Human Well-being*. 4 volumes. EE.UU. Island Press.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos*. Recuperado de: https://www.siac.gov.co/documentos/DOC_Portal/DOC_Biodiversidad/010812_PNGIBSE_2012.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos*. Bogotá D.C. MADS.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos*. Bogotá: MADS.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). *Resolución 1517 de 2012*. Recuperado de: http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/resolucion/res_1517_310812.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Subportal Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos*. Recuperado de: <http://www.minambiente.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=1097&conID=5551>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Decreto 2820*. Recuperado de: http://www.anla.gov.co/documentos/Gaceta/DECRETO_2820_de_2010.pdf

Ministerio de Minas y Energía. (2009). *Así es la minería*. Recuperado de: http://www.simco.gov.co/Portals/0/archivos/Cartilla_Mineria.pdf

Ministerio de Minas y Energía. (2012). *ABC MINERO Documento de apoyo para el proceso de consulta previa del "proyecto de ley por medio del cual se reforma el código de minas y se dictan otras disposiciones"*. Bogotá D.C.Ministerio de Minas y Energía.

Ministerio de transporte, INVIAS, DNP. (1999). *Documento Conpes 3045. Programa de Sesiones Viales 1998 - 2000: Tercera Generación de vías*. Recuperado de: <https://www.dnp.gov.co/Portals/0/archivos/documentos/Subdireccion/Conpes/3045.pdf>

Perafán, L. G. (2013). *Impacto de la minería de hecho en Colombia. Estudios de caso: Quibdó, Istmina, Timbiquí, López de Micay, Guapi, El Charco y Santa Bárbara*. Bogotá D.C.Instituto de Estudios para el Desarrollo y la Paz- INDEPAZ.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PNUMA. (2007). *Perspectivas del Medio Ambiente
Mundial GEO4: medio ambiente para el desarrollo.*

Rueda Castañeda, H. V. (2009). *Contribución al análisis
del proceso de gestión ambiental en proyectos de
infraestructura vial por concesión a través del estudio
de caso Briceño – Tunja - Sogamoso.* Bogotá: Pontificia
Universidad Javeriana.

Sarmiento, M. (2014). *Los bancos de hábitat como herramienta
de compensación en Colombia.* Bogotá: FUNDEPÚBLICO.

WCS, W. C. (2013). *Informe final. Convenio de Asociación
154 de 2013 con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo
Sostenible y Wildlife Conservation Society, con el objeto
de aunar esfuerzos entre el MADS y el WCS.* Bogotá:
MADS.

6. Bibliografía

- Ancízar, M. (1998). *Caminos*. Bogotá: Neo - Granadino, Universidad Sergio Arboleda.
- Armenteras, D. R. (2006). *Patterns and causes of deforestation in the Colombian Amazon*. Bogotá: Ecological Indicators, 6, pp. 353-368.
- Bank, F. G., L., I. C., L., E. G., E., G. M., S., H., R., K. J., y otros. (2002). *Wildlife habitat connectivity across European highways*. New York: American Trade Initiatives.
- Bastian, O., Beierkuhnlein, C., Klink, H., Löffler, J., Steinhardt, U., Volk, M., y otros. (2002). *Landscape structures and processes. Development and Perspectives of Landscape Ecology*, pp. 49-112.
- Bateman, A. (1997). *Páginas para la historia de la ingeniería colombiana*. Bogotá: Biblioteca de Historia Nacional.
- Becerra, L. A. (2013). La Conflictividad por el territorio, el control de los RNNR y la renta minera. El choque de las locomotoras mineras en Colombia. En C. G. República, *Minería en Colombia. Institucionalidad y territorio, paradojas y conflictos*. Bogotá D.C.: Contraloría General de la República, pp. 143 – 192.
- Bennet, A. (2004). *Enlazando el paisaje: El papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida Silvestre*. San José, Costa Rica.: IUCN.
- Bernal, E. S. (1999). *Impactos en la Salud Pública en Centros Mineros y Comunidades resultantes de la Apertura de Operaciones Mineras Modernas en Bolivia*. Bolivia: Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID).

- Berta Martín, J. G. (2012). *Guía Docente Ciencias de la Sostenibilidad*. Recuperado de: <http://www.uam.es/gruposinv/socioeco/>
- Bull, A. (2004). *Concesiones viales en América Latina: Situación actual y perspectivas*. México: Serie recursos naturales e infraestructura, (79), 5.
- Burel, F., F. B. (2002). *Ecología del Paisaje. Conceptos, Métodos y aplicaciones*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- CEPAL. (2014). *Evaluaciones del desempeño ambiental. COLOMBIA*. Naciones Unidas.
- Chassot O., M. C. (2007). *Corredores Biológicos: Acercamiento conceptual y experiencia en América*. San José, Costa Rica. : Imprenta Nacional, pp. 11-47.
- Contraloría General de la República. (2009). *Informe del estado de los recursos Naturales y del Ambiente 2008-2009*. Colombia. 524: Imprenta Nacional.
- Echeverry M., & H. (2009). Fragmentación y deforestación como indicadores del estado de los ecosistemas en el Corredor de Conservación Choco-Manabí (Colombia-Ecuador). *Recursos Naturales y Ambiente*, No. 58: 78 - 88.
- Echeverry, M. (2006). Análisis de un paisaje fragmentado como herramienta para la conservación de la biodiversidad en áreas de bosque seco y subhúmedo tropical en el municipio de Pereira, Risaralda, Colombia. *Scientia et Technica* Año XII, No 30, pp. 405 - 410.
- FAO. (1997). *State of the World forest 1997*. Nairobi. FAO.
- Farina, A. (1998). *Principles and Methods in Landscape Ecology*. London: Chapman & Hall.
- Farina, A. (2000). *Landscape ecology in action*. Dordrecht. Kluwer Academic Publ.

- GOOSEM, M. (1997). *Internal fragmentation: the effects of roads, highways and powerline clearings on movements and mortality of rainforest vertebrates*. University of Chicago Press, Chicago: Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities. W. F. Laurance y R. O. Bierregard junior (eds).
- Guindon, C. F. (2001). The importante of Forest Fragments to the Maintenance. *Forest Patches in Tropical landscapes*, pp. 168-186.
- Hofstede, R. (2010). Prologo. *En Condesan, Servicios Ambientales Hidrologicos en la Región Andina Lima*: Condesan, pp. 13 - 18.
- Hopwood, B. M. (2005). *Sustainable development: mapping different approaches* . Sustainable Development. Vol 13, pp. 38-52.
- Jackson, S. D. (1998). *Towards a practical strategy for mitigating highway impacts on wildlife*. Tallahassee, Florida: G. L. Evink, P. Garrett, D. Zeigler and J. Berry.
- Lozada, J. (2000). *Aspectos ambientales de los diferentes tipos de minería de oro, desarrollados en la Reserva Forestal IMATACA*. Revista Forestal Latinoamericana, pp. 81 - 99.
- Martínez, R., L. M. (2008). *Impacto de Metales Pesados en el Ecosistema Acuático del Río Ayuquila*. Jalisco: Universidad de Guadalajara. Departamento de Ecología y Recursos Naturales.
- Martínez, C. (1967). *Apuntes sobre el urbanismo en el Nuevo Reino de Granada*. Bogotá: Banco de la Republica.
- Mayor, A. (1999). *Francisco Javier Cisneros y el inicio de las comunicaciones modernas en Colombia*. Bogotá: El Áncora.

- McIntyre, N. (1995.). *Effects of forest patch size on avian diversity*. Landscape .
- Mittermeier, R., y Goettsch, C. (1997). *Megadiversidad, Los países biológicamente más ricos del mundo*. Ciudad de México: Cemex.
- Morera, C., Avendaño, D., y Zúñiga, A. (2005). *Fragmentación del Paisaje y Corredores Biológicos en el Parque Nacional Piedras Blancas, Costa Rica* . Sao Paoblo, Brasil. Memoria X Encontro de Geógrafos da América Latina.
- Naiman, R. D. (1993). *The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity*. New York: Ecological Applications.
- Nepstad, D. M. (1996). *The Ecological Importance of Forest Remnants in an Eastern Amazonian Frontier*. Washington, D.C. : John Schelhas y Russell Greenberg .
- OCDE. (2014). *Evaluación de desempeño ambiental: Colombia 2014*. Paris: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico-ONU.
- PNUD. (2011). *Colombia rural*. Razones para la esperanza . Bogotá: PNUD. Informe Nacional de Desarrollo Humano.
- PNUMA. (2005). *PNUMA*. Recuperado de: <http://www.pnuma.org/forodeministros/15-venezuela/ven09tre-Evaluaciond elosEcosistemasdelMilenio.pdf>.
- Portafolio. (2014). *La economía colombiana creció 4,3% en el 2013*. Portafolio.co, p. 1.
- Presidencia de la República de Colombia. (1994). *LEY 165 DE 1994*. Recuperado de: http://www.minambiente.gov.co/documentos/ley_0165_091194.pdf

- Presidencia de la República de Colombia, INVIAS y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2011). *Guía de manejo ambiental de proyectos de infraestructura subsector vial*. Bogotá D.C. INVIAS.
- Rodríguez Becerra, M. (1979). *El empresario industrial del viejo Caldas*. Bogota: Universidad de los Andes.
- Rodríguez Becerra, M. (1998). *Ecología y Medio Ambiente. Nueva Historia de Colombia*. Santafé de Bogotá: planeta.
- Rodríguez Becerra, M. (2013). *Los impactos ambientales de la minería*. (S. I. Andes, Entrevistador)
- Rodríguez, B. M. (2012). *Los Riesgos de la Minería*.
- Rodríguez, J. A. (2013). Evaluación de la efectividad de los programas y acciones de compensación forestal, para una gestión ambiental, responsable en el área de influencia del campo guando. *Trabajo de grado para optar el título de especialista en gestión ambiental y evaluación de impacto ambiental*. Ibagué: Universidad del Tolima.
- Rodríguez-Santos, N. A. (2008). *Transformación de la cobertura forestal en el valle del Magdalena medio en el periodo 1987-2001*. Bogotá: Ambiente y Desarrollo, 23, 105-131.
- Rudas G., M. D. (2007). *Biodiversidad y actividad humana: relaciones en ecosistemas de bosque subandino en Colombia*. Bogotá D. C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, p. 128.
- Rufián Lizana, D. M. (2002). *Políticas de Concesión Vial: Análisis de las experiencias de Chile, Colombia y Perú*, Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES). Santiago de Chile: CEPAL NACIONES UNIDAS.

- Sánchez, B. (2013). *Desplazamiento forzado e industrias extractivas en Colombia*. (S. I. Andes, Entrevistador)
- Sanclemente, C. (1998). *Reseña histórica de la ingeniería colombiana*. Bogotá: Academia Colombiana de historia.
- Savage, C. (1959). *Infraestructura vial*. Bogotá: (s.e), p. 29.
- Sistema de Información Ambiental de Colombia. (2011). SIAC. Recuperado de: <https://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=905&conID=1450>
- Velasco Rodríguez, J. (2001). *Análisis de las concesiones viales en Colombia*. San José de Cúcuta. (Tesis de especialización). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Wilson, E. (1992). *Biodiversity*. Washington.D.C. Biodiversity. National Academy of Sciences/Smithsonian Institution. National Academy Press.
- WWF; Sociedad Zoologica de Londres; Red de la Huella Global & Agencia Especial Europea. (2012). *Planeta Vivo. Informe 2012. Biodiversidad, biocapacidad y propuesta de futuro*. Rosamunde Almond y Richard McLellan.