

PROCESO DE FRAGMENTACIÓN DE LAS COBERTURAS VEGETALES EN LA RESERVA NATURAL LA MONTAÑA DEL OCASO Y LAS ZONAS ALEDAÑAS, ENTRE LOS AÑOS 1954 A 2009

FRAGMENTATION PROCESS PLANT COVERAGE ON MOUNTAIN NATURAL RESERVE THE SUNDOWN AND SURROUNDING AREAS BETWEEN THE YEARS 1954 TO 2009

María Eunice Quintero Gallego¹. José Joaquín Vila ortega². Germán Darío Gómez Marín³

¹ Bióloga Egresada de la Universidad del Quindío

² Director Grupo de Investigación Geoide - Profesor Programa de Tecnología en Topografía. Universidad del Quindío

³ Investigador Centro de Estudios e Investigaciones en Biodiversidad y Biotecnología CIBUQ.

Recibido: Octubre 30 de 2014

Aceptado: Noviembre 20 de 2014

*Correspondencia del autor. Grupo de Investigación Geoide - Profesor Programa de Tecnología en Topografía. Universidad del Quindío

Contacto: mequintero@uniquindio.edu.co

RESUMEN

Se realizó un análisis del proceso de fragmentación de las coberturas vegetales en la Reserva Natural La Montaña del Ocaso y las zonas aledañas, a partir de fotografías aéreas de los años 1954, 1969, 1989, 2003 y 2009, con las cuales se crearon mapas de coberturas vegetales y usos del suelo a través de herramientas de sistemas de información geográfica, con el fin de conocer su estado de fragmentación e identificar posibles escenarios de conectividad estructural. Los resultados mostraron un aumento del número de parches a través de los periodos estudiados, un alto porcentaje de transformación en la zona, forma irregular y baja a moderada complejidad de los parches, lo cual permitió inferir que el paisaje se encuentra en un estado salpicado con tendencia a la fragmentación. Se realizó una propuesta de conectividad estructural a través de un corredor que une tres zonas de importancia para la conservación y se identificaron 19 rutas de conexión entre los fragmentos cercanos

Palabras clave: Fragmentación, Paisaje, SIG, Estructura, Coberturas Vegetales, Usos del Suelo, Conectividad.

ABSTRACT

An analysis of the fragmentation process plant coverage in the Natural Reserve of Ocaso Mountain and surrounding areas based in aerial photographs from years 1954, 1969, 1989, 2003 and 2009 with which vegetation cover maps and land were created through tools of geographic information systems in order to know their state of fragmentation and identify possible scenarios structural connectivity. The results showed an increase in the number of patches throughout the study period, a high percentage of transformation in the area, irregular shape and low to moderate complexity of the patches, which allowed infer that the landscape is in a state dotted with tendency to fragmentation. A proposal for structural connectivity was performed through a corridor linking three zones of conservation importance and 19 connecting routes were identified among close fragments

Keywords: Fragmentation, Landscape, GIS, Structure, plant tree cover, Land Use, Structural Connectivity.

INTRODUCCIÓN

En Colombia los ecosistemas andinos poseen coberturas fragmentadas y discontinuas debido a que han sido altamente transformados; el 85% del área de bosques premontanos y montanos han sido alterados en algún grado (1), la mayor parte de forma severa, generando la pérdida progresiva de grandes extensiones de bosque y en consecuencia creando impactos negativos en el ambiente, tales como cambios en su dinámica y disminución en la biodiversidad de especies (2, 3), las cuales a medida que desaparecen de los fragmentos, van perturbando las interacciones existentes, provocando posiblemente extinciones en efecto de cascada (4, 5).

En la franja altitudinal entre 1.000 y 2.500 msnm donde se encuentra el área de estudio, los bosques han sido reducidos a pequeños fragmentos inmersos en matrices antropogénicas, que en su mayoría no sobrepasan las 50 hectáreas en promedio y que no alcanzan a albergar la biota de los bosques originales (1,6).

Desde la década de los años 90 en los municipios de Quimbaya y Montenegro se ha venido ampliando la frontera agropecuaria, para el establecimiento de ganadería y cultivos de plátano y cítricos, por ello las áreas boscosas han sido taladas, entresacadas y relegadas a las áreas con pendientes mayores al 50%. Estos bosques están deteriorados y fragmentados, a causa del desconocimiento de su historia natural, el tipo de manejo de los sistemas productivos allí establecidos, el tipo de modelo de turismo y el uso de la biodiversidad (7).

Aunque el área, gracias a la presencia de sitios de reserva natural, cuenta con varias investigaciones sobre aspectos biológicos, físicos y ecológicos, hasta el momento no se ha abordado la temática de la fragmentación vista desde un contexto espacial y temporal, por ello este trabajo se enfocó a conocer y describir cómo han sido estos procesos de fragmentación en los años 1954, 1969, 1989, 2003 y 2009, con el fin de mejorar la comprensión del fenómeno y proponer, a través del uso de herramientas de sistemas de información geográfica, rutas encaminadas a facilitar la conectividad de los parches de bosque que aún existen en la zona y así contribuir a la conservación de estos lugares tan importantes para la supervivencia de las especies y el mantenimiento de la diversidad a nivel regional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio comprende una extensión de 2.900 ha aproximadamente, se encuentra ubicada en la zona sur-occidental del municipio de Quimbaya y la zona nor – occidental del municipio de Montenegro, entre las coordenadas 4°34'13" N y 75°51'34" W y 4°37'8" N y 75°51'22"W; abarca la vereda El Laurel y parte de las veredas Palermo y El Chaquiro del municipio de Quimbaya y parte de la vereda El Gigante del municipio de Montenegro; se encuentra delimitada hacia el norte por la Quebrada Buenavista y hacia el occidente por el río La Vieja.

Altitudinalmente se ubica entre los 975 y 1100 msnm, presenta una temperatura media de 24°C, humedad relativa de 76% y una precipitación anual de 1691 mm. De acuerdo a la clasificación de Holdridge (8) la zona está ubicada entre las formaciones de bosque húmedo premontano (bh-PM) y bosque muy húmedo premontano (bmh-PM) (9).

Esta zona fue escogida debido a que en ella se encuentran áreas de interés como la Reserva Natural La Montaña del Ocaso, la Hacienda La Cascada y la Finca Veraguas, que en su conjunto albergan varias especies de fauna y flora, convirtiéndolos en sitios importantes para la conservación.

Metodología

El estudio se abordó a escala de paisaje (10), mediante la utilización de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), cuyo proceso se centralizó en la creación de mapas de coberturas vegetales con el software ArcGIS 9.3 (Environmental Systems Research Institute Inc.), a partir de fotografías aéreas de los años 1954, 1969, 1989, 2003 y 2009. Las coberturas vegetales y usos de suelo que se clasificaron fueron: Bosque Secundario (BS), Bosque Mixto (BM), Bosque de Guadua (BG), Vegetación Secundaria (VS), Cultivos y Pastos (P).

- **Descripción del proceso de fragmentación:** se seleccionaron índices que describen características básicas de **Composición** (número de parches NP, índice del parche mayor LPI y tamaño promedio de los parches MPS); **Forma** (índice de forma media de los parches MSI y dimensión fractal promedio MFRAC); **Borde** de los fragmentos y **Configuración** (distancia pro-

medio al vecino más cercano NNDist) (11, 12).

Para efectos del cálculo respectivo, cada una de las coberturas vegetales y usos del suelo fue tomada como una clase, utilizando la herramienta V-Late 1.1 (Vector based Landscape Analysis Tool Extension), que contiene un conjunto específico de indicadores que cuantifican los aspectos principales para la evaluación estructural del paisaje (12).

- Propuesta de Conectividad Estructural:** se utilizó la herramienta Costo-ponderado de la extensión Spatial Analysis de ArcGIS 9.3. El mapa de costos se realizó con datos del 2009 utilizando las variables *Tipo de cobertura vegetal* y *uso del suelo*, *Área ocupada por cada cobertura vegetal* y *Distancia al vecino más cercano*, cada una se reclasificó, asignándole un rango de valores común (9 intervalos) con el fin de que se pudieran comparar entre sí, dado que se encontraban en un sistema de medición diferente. Posteriormente, con la herramienta shortest patch se trazó la ruta de menor costo para el establecimiento del corredor entre los tres puntos de interés principales (hacienda La Cascada, hacienda El Ocaso, finca Veraguas) y además se identificaron las zonas de mayor conectividad entre los fragmentos más cercanos, entre los cuales se trazaron corredores, considerando un buffer de 40 metros a cada lado.

RESULTADOS

Descripción del proceso de fragmentación

Índices a Nivel de Clases:

Composición

El resultado obtenido para el NP durante todo el periodo estudiado (1954 – 2009), mostró que el bosque de guadua presentó el mayor número de parches, seguido por el bosque mixto, los cultivos y el bosque secundario, en tanto, los pastos y la vegetación secundaria presentaron el menor número (figura 1a)

En cuanto al LPI, las coberturas vegetales y usos de suelo mostraron variación en este índice, especialmente el bosque secundario, el cual en el año 1954 contaba con el parche de mayor índice (3,50) y para el año 2009 pasó a tener el menor (0,71); lo contrario ocurrió con cultivos, donde del menor índice en 1954 (0,51) pasó a tener el mayor en el 2009 (2,38) (figura 1b).

Con respecto al MPS, el bosque secundario mostró una tendencia a la disminución a través de los periodos estudiados, pasando de 21,4 ha en 1954 a 5,5 ha en 2009, tendencia similar a la presentada por el bosque mixto. Por su parte, la vegetación secundaria y los cultivos mostraron incremento en los tres primeros periodos estudiados, disminución en el año 2003 y recuperación en el 2009; el bosque de guadua se mantuvo relativamente estable con tendencia al aumento, con un índice que de 4,8 ha en 1954 pasó a 5,7 ha en 2009 (figura 1c)

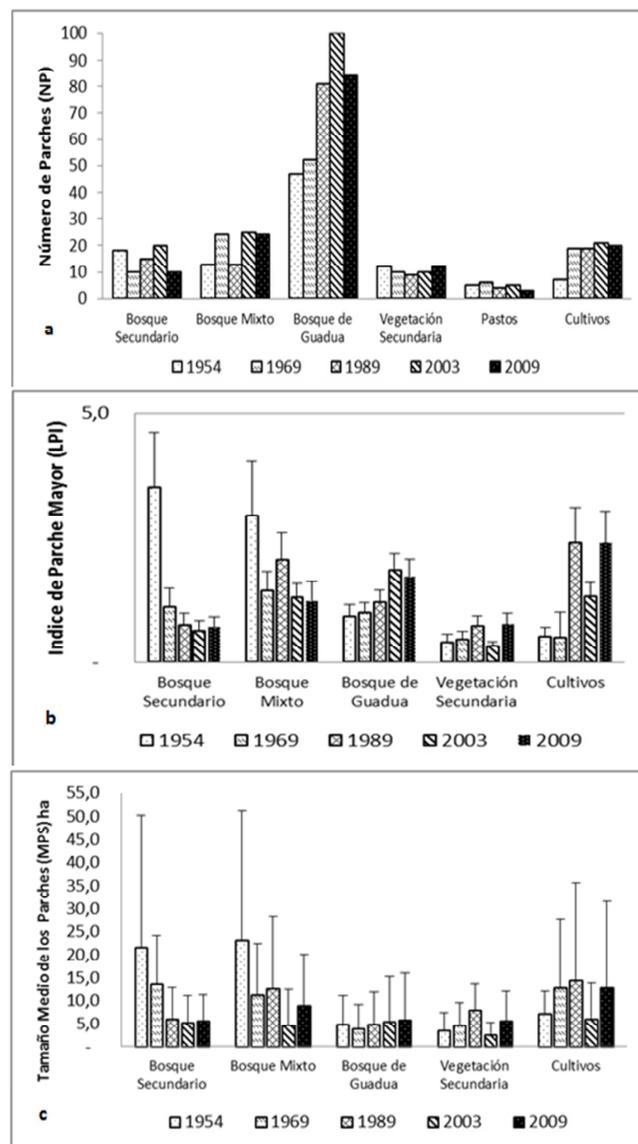


Figura 1. a. Número de Parches (NP) de las coberturas vegetales y usos del suelo para los años 1954, 1969, 1989, 2003 y 2009. b. Índice de Parche Mayor (LPI) c. Índice Tamaño Medio de los Parches (MPS). Las figuras b y c no muestran los pastos

Forma

El resultado para MSI mostró a los cultivos y el bosque secundario con los menores valores, pero con una varia-

ción a lo largo de los periodos tendiente al aumento; los bosques mixto y de guadua y la vegetación secundaria presentaron un valor igual para el año 1954 (2,1) y para los demás periodos mostraron fluctuaciones (aumento y disminución). Los pastos, mostraron los mayores valores, especialmente en los años 1969 y 2009 (figura 2a).

Con relación al MFRACT se observó un valor constante de 1,3 durante todos los periodos para los cultivos y el bosque secundario; las demás coberturas y usos mantuvieron en la mayoría de los periodos un valor de 1,4, lo cual podría indicar una baja a moderada complejidad (figura 2b).

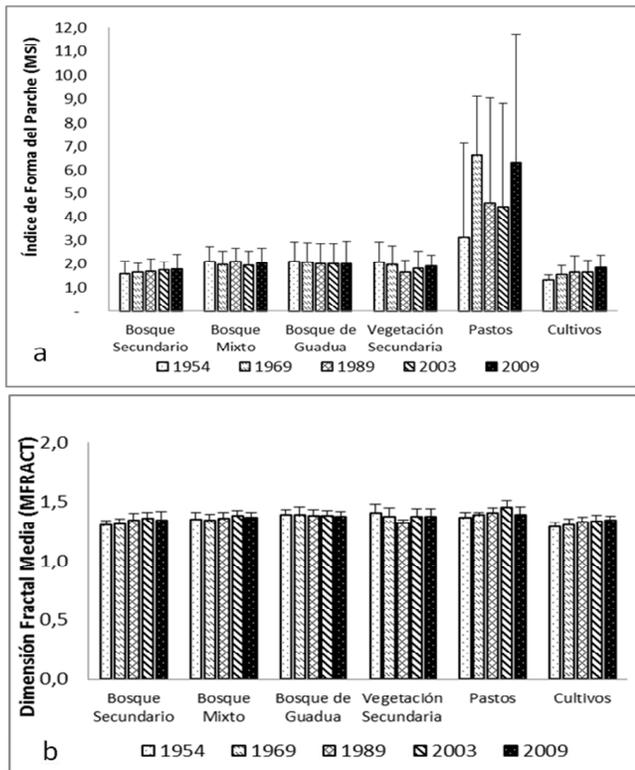


Figura 2. a. Índice Forma Media de los Parches (MSI). **b.** Índice de Dimensión Fractal Media (MFRACT) de las coberturas vegetales y usos del suelo para los años 1954, 1969, 1989, 2003 y 2009.

Borde Total (TE)

Los pastos seguidos del bosque de guadua presentaron los mayores valores para todos los años estudiados, especialmente incrementados para 2003 y 2009. Por su parte la vegetación secundaria seguida del bosque secundario fueron las coberturas que presentaron los menores valores (figura 3).

Configuración

Para NNDist, la vegetación secundaria y el bosque secundario fueron las coberturas con mayor distancia en la mayoría de los años estudiados, notándose especial-

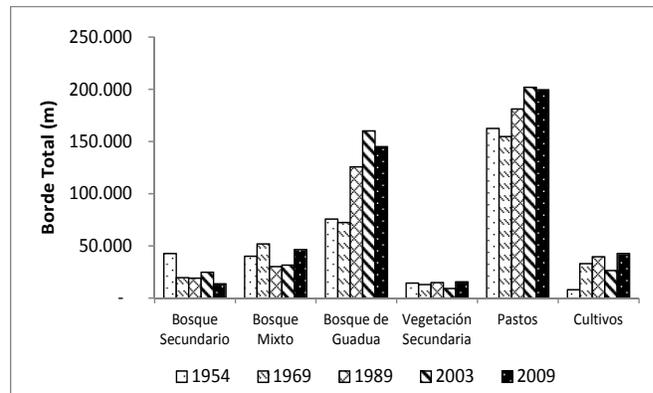


Figura 3. Borde Total (TE) de las coberturas vegetales y usos del suelo para los años 1954, 1969, 1989, 2003 y 2009, a partir de fotografías aéreas

mente un incremento para el 2009 en el caso del bosque secundario. Por el contrario los pastos y el bosque de guadua mostraron una mayor cercanía a sus vecinos del mismo tipo; el bosque mixto y los cultivos presentaron valores similares para el año 1989, distancia que se ha ido reduciendo a través del tiempo principalmente para los cultivos (figura 4).

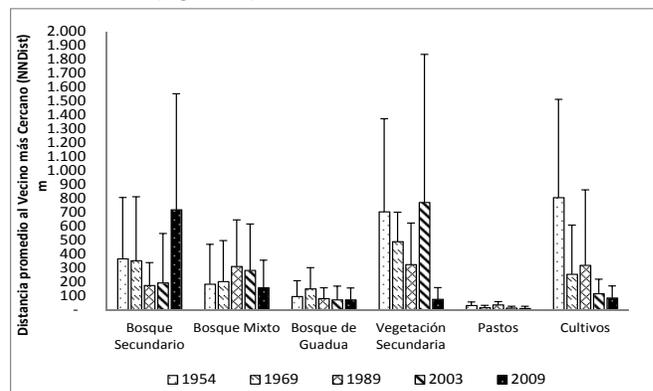


Figura 4. Distancia Promedio al Vecino más Cercano (NNDist) de las coberturas vegetales y usos del suelo para los años 1954, 1969, 1989, 2003 y 2009.

Índices a Nivel de Paisaje

El NP fue de 102 para el año 1954, 121 para 1969, 141 para 1989, 181 para 2003 y 153 para el 2009, indicando un aumento progresivo a través de los periodos analizados. El MSI presentó valores de 2,0 para todos los años analizados, indicando que el paisaje estudiado tiende a una forma irregular; por su parte el MFRACT presentó valores de 1,4 para todos los años analizados, mostrando una baja a moderada complejidad del paisaje.

2.1 PROPUESTA DE CONECTIVIDAD ESTRUCTURAL

En la zona de estudio se identificaron los puntos princi-

pales para realizar la conectividad de menor costo entre los parches aledaños. El mapa de costos obtenido indica que las zonas de color claro presentan menos costos para el desplazamiento y por tanto son más aptas para la conectividad estructural, mientras que las zonas que van cambiando su tonalidad a colores oscuros muestran lo contrario, donde las posibilidades de conexión van

siendo más difíciles, esto teniendo en cuenta que los puntos a conectar se sitúan en las tres áreas de interés (hacienda La Cascada, hacienda El Ocaso, finca Veraguas) (figura 5). También se puede observar que hay mayores posibilidades de conectividad entre El Ocaso y Veraguas y menores con respecto a la hacienda La Cascada.

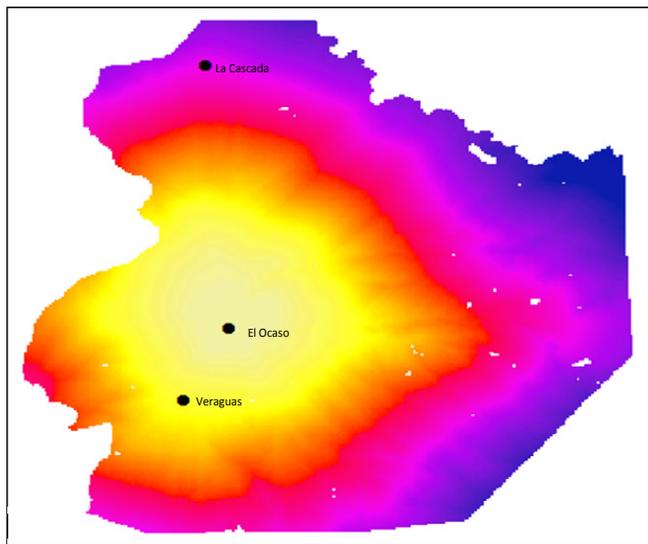


Figura 5. Mapa de costos para el desplazamiento de las especies. Las zonas en color claro indican mayores posibilidades de conexión, mientras que las zonas en colores oscuros, menores posibilidades.

El corredor principal resultante de la ponderación de las tres variables de fricción (cobertura, área y distancia al vecino) que une los tres sitios de interés por la ruta menos costosa tiene una longitud de 4.950 m y atraviesa 3 fragmentos de bosque secundario, 4 de bosque de guadua y 3 de bosque mixto (figura 6).

Para la conectividad entre los parches cercanos ubicados en la zona occidental del área de estudio, se utilizaron las mismas variables, encontrando otras rutas que presentaron posibilidades de conexión, en las cuales se trazaron 19 corredores que corresponden a:

- Hacienda El Ocaso, 10 corredores (3 conectan los parches de mayor área y 7 conectan los parches pequeños aledaños) con una extensión total de 562 metros, abarcando 5 predios⁴
- Hacienda La Cascada vereda Palermo, 6 corredores (2 conectan los parches de mayor área y 4 conectan los parches pequeños aledaños) con una extensión

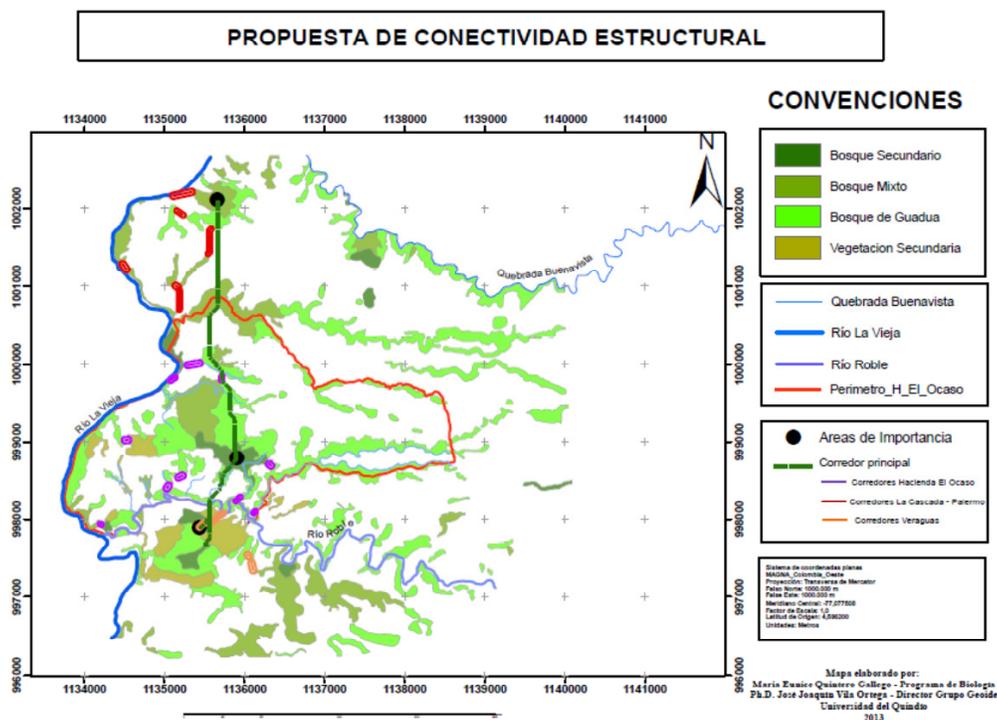


Figura 6. Mapa de conectividad estructural entre la reserva El Ocaso y las zonas aledañas de Veraguas y La Cascada

total de 987 metros, abarcando un predio

- Finca Veraguas vereda El Gigante, 3 corredores (1 conectando el bosque y 2 conectando los pequeños parches aledaños) con una extensión de 486 metros abarcando 2 predios (figura 6).

DISCUSIÓN

Descripción del proceso de fragmentación

Análisis a nivel de Clases

Composición

Los resultados obtenidos para los índices de composición calculados dejan ver que entre todas las clases, el bosque de guadua es el que presenta mayor tendencia a la fragmentación durante todo el periodo estudiado, debido al número más alto de parches; no obstante, el tamaño medio del parche se mantuvo estable y el índice de parche mayor mostró tendencia al aumento, lo que podría indicar que a pesar de su fragmentación, hay zonas donde se concentran áreas importantes de guadua y que se han venido recuperando a través del tiempo, alcanzando los valores más altos en los últimos dos periodos analizados. Esta misma tendencia fue observada para los cultivos que presentaron el menor número de parches y mostraron una tendencia al aumento en los otros dos índices de composición.

Este aumento en el número de parches puede tener relación con el aprovechamiento que se le da a este tipo de bosques ya sean naturales o plantados, pues en los últimos años se ha incrementado su uso como materia prima en sectores de la construcción, muebles, artesanías, producción de carbón vegetal y la industria del papel (14). Al respecto, otro investigador (15) menciona que dado que la presencia de la guadua para los campesinos es un indicativo de tierras fértiles, esto ha generado que lo que antes eran inmensos guaduales que cubrían bastas regiones, en la actualidad hayan sido destruidos y reducidos a pequeñas manchas boscosas aisladas, debido al corte incontrolado para utilizar las tierras en labores agrícolas y por la enorme demanda que tenían sus tallos, dada la variedad de usos que ofrecían.

De otra parte, los fragmentos de bosque secundario y mixto han tenido impactos negativos significativos a través de los periodos, mostrando tendencia a la reducción tanto en el parche mayor como en el tamaño medio de los parches, indicando una pérdida importante de su área, lo que permite plantear que se está generan-

do una mayor fragmentación (16), que a su vez puede representar una menor calidad de hábitat, menor cubrimiento de las necesidades de espacio y mayor riesgo para la supervivencia de las especies que dependen de estas coberturas (11), lo cual se ve reforzado con el incremento de los cultivos, que conllevan gran afectación al paisaje por las actividades antrópicas de deforestación y transformación.

Estos resultados son acordes con los obtenidos en el estudio realizado en los Andes Colombianos (2), donde encontraron que los ecosistemas más fragmentados correspondían a los bosques sub-andinos de montaña (302 parches), los bosques secos (135 parches) y los bosques montanos andinos (118 parches); sin embargo, los resultados difieren en el índice de parche mayor, pues los bosques andinos fueron los que obtuvieron el mayor valor, ocupando el 5% del total de la zona estudiada, mientras que en el presente estudio, el índice para los bosques secundario y mixto ha ido disminuyendo a través de los periodos analizados.

El tamaño de los parches puede limitar su capacidad para conservar la biodiversidad, especialmente cuando se trata de parches pequeños, aunque esto también depende de la zona en que se encuentren situados los parches dentro del paisaje, de la distancia a otros parches de bosque remanentes y del grado de conexión (17). Por ejemplo en un estudio realizado en Sudáfrica (18), se encontró que los escarabajos mono y un subgrupo de abejas decrecieron en número al disminuirse el tamaño del fragmento; así mismo para el mono carablanca en Costa Rica, el tamaño del fragmento y la matriz que lo rodea fueron determinantes para su supervivencia (19); no obstante, otras especies presentaron una respuesta contraria, por ejemplo en Costa Rica encontraron que algunas especies de murciélagos no se vieron afectados por el tamaño del fragmento y el aislamiento, pues no tuvieron dificultad para explorar otros agropaisajes en busca de recursos (17).

Lo anterior indica que el número y el tamaño de los fragmentos que aún se conservan en la zona, constituyen una característica muy importante a tener en cuenta para la conservación; sin embargo, también se observa que las especies responden de manera diferente a estas variables, por lo que para continuar con su conservación, se deben contemplar diferentes requerimientos que no se circunscriban a una sola especie o a pocas especies sino que se debe enfocar a grupos de especies que tengan necesidades diferentes. Así mismo se debe

⁴“Según datos del SIG Quindío,” (capa Catastro)

potencializar la recuperación del bosque secundario que es el que se ha visto más afectado con la reducción del área, pues el bosque de guadua aunque ha sido el más fragmentado, ha presentado una recuperación durante los últimos años.

Forma

Con respecto a la forma, su valor por encima de 1,5 indica que todas las coberturas y usos del suelo tienden a ser irregulares, aunque esto es menos pronunciado en el bosque secundario, la vegetación secundaria y los cultivos y más evidente en los bosques mixto y de guadua y principalmente en los pastos.

Para el caso de los pastos y cultivos, esto puede estar relacionado con el hecho de estar influenciados directamente por el hombre, pues es éste quien delimita su forma de acuerdo a la actividad específica que desarrolle (20).

Algunos investigadores manifiestan que índices como la forma y la distancia entre fragmentos pueden estar afectados por la distribución geográfica natural y la topografía del terreno, principalmente para tipos de coberturas como páramos y humedales (2); en este estudio esto podría aplicar para la forma de algunos parches, especialmente de bosque de guadua, por su ubicación y establecimiento en las riberas de los ríos y quebradas, ya que el patrón de estos está controlado por factores hidrológicos y topográficos que mantienen una forma alargada característica para las coberturas que se encuentran aledañas (21, 22).

La forma determina principalmente la longitud y las propiedades del borde, así como su interacción con los hábitats adyacentes o matriz circundante (23), y además es una medida efectiva de la calidad de los fragmentos, debido a que refleja el tamaño de los mismos (24).

Ejemplo de lo anterior es un estudio realizado en Chile donde se encontró que los fragmentos de formas irregulares mantenían una riqueza de especies de aves menor que aquellos fragmentos de formas más regulares, debido a que la forma de los fragmentos, junto con su área, es finalmente la determinante de la cantidad de hábitat núcleo expuesto a los bordes de la matrices que rodean a los fragmentos (25). Así mismo un estudio realizado en Colombia mostró que los bosques y fragmentos fueron los elementos con mayor valor para la conservación de la biodiversidad, presentando mayor riqueza de especies con respecto a las cañadas, pasturas y otras

coberturas, ya que gracias a su tamaño y forma poseen áreas de interior que les permiten la permanencia de especies de bosque maduro sensibles a la fragmentación y a los efectos de borde (26).

De otra parte, los valores de dimensión fractal indican una baja a moderada complejidad en todas las clases, especialmente evidente en los cultivos, en los cuales, tal como se mencionó anteriormente, la intervención del hombre puede ayudar a su explicación, dado el manejo que éste le da a los mismos, con lo cual genera perímetros regulares (27, 28), a diferencia de los que se relacionan con aquellos parches mayormente influenciados por procesos naturales (21).

No obstante, a partir de 1954 la dimensión fractal y forma de los parches no ha tenido mucha variación, lo cual puede significar que además de la influencia del hombre (especialmente para pastos, cultivos y coberturas manipuladas por éste), la forma actual puede estar dada por condiciones naturales que se han formado en el pasado tales como la topografía del terreno, el cauce de los ríos, los procesos geológicos, etc.

De acuerdo a esto y teniendo presente que la mayoría de los parches presentaron forma irregular, las acciones encaminadas a su conservación podrían enfocarse a tratar de modificar su forma hacia una más circular que provea una mayor área central y minimice el efecto de borde, así como incentivar la regeneración natural que permita la creación de varios estratos ampliando la complejidad de los parches, lo cual dará cabida a una mayor cantidad de especies.

Borde

Muy relacionado con la forma se encuentra el resultado obtenido para el borde, donde se evidenció que por una parte el bosque de guadua ha sido la cobertura con mayor borde y por otra parte, el bosque secundario ha tenido una reducción considerable del borde durante todos los periodos analizados, debido al aumento en el número de parches para el primero y a la pérdida de área para el segundo.

Los efectos de borde pueden ser abióticos, implicando cambios ambientales en el bosque a causa de la proximidad de un hábitat agrícola, o efectos biológicos directos e indirectos que ocurren por la diferente respuesta de las especies al borde (29). Dicho efecto de borde genera posible deterioro o alteración en la composición y estructura de las coberturas (30) por la mayor influencia

de los parches vecinos (11) y la alta exposición a los incendios (31), que a su vez aumentan la vulnerabilidad en las especies intolerantes a la fragmentación, ya que éstas requieren áreas extensas y de buena calidad para su supervivencia (32). Así en el estudio realizado en la Amazonía (31), encontraron que después de la fragmentación, la mortalidad en los árboles con DAP mayor a 60 cm fue mucho mayor en los bordes y especialmente en los contiguos a pasturas, lo cual trajo como consecuencia una reducción en la biomasa total.

En ambas coberturas, tanto en bosque de guadua como en el bosque secundario, la reducción en área y formas irregulares implican mayor efecto de borde, pues éste es más marcado en fragmentos de formas irregulares que en fragmentos de formas euclidianas (círculos o cuadrados), porque implica una mayor relación área/perímetro (disminuye el área y aumenta el perímetro) y por tanto una disminución del hábitat núcleo o central (23, 33).

Según Rau (25), los fragmentos deberían ser de gran tamaño e idealmente circulares para un manejo óptimo, ya que éstos proveen áreas interiores abundantes, libres del impacto negativo de los bordes de las matrices circundantes.

Con lo anterior se podría considerar que, especialmente el bosque de guadua, al ser la cobertura con mayor borde, tendría más dificultades para albergar alta diversidad en su interior y que el bosque secundario con la pérdida que ha experimentado, puede estar reduciendo también esta misma capacidad. En un estudio realizado en la zona (7) se encontró que el fragmento de Veraguas presentó una mayor similitud entre las zonas de borde e interior (66,24%) con respecto al Ocaso (34,48 %), lo que podría sugerir que en Veraguas el efecto de borde es más marcado, dada la mayor presencia de guadua en comparación con las otras coberturas y el diferente grado de conservación y manejo de ambos sitios, ya que El Ocaso ha estado en proceso de conservación continuo desde hace más de 20 años, mientras que Veraguas aún sufre extracción permanente de madera principalmente para cercas y leña (7).

Para minimizar estos efectos de borde se podrían implementar estrategias como la regeneración natural alrededor de los fragmentos, el aislamiento del ganado, la siembra de especies pioneras durables, entre otras.

Configuración

El aumento en las distancias al vecino más cercano refleja una pérdida de conectividad a través de los años, especialmente para la vegetación secundaria y el bosque secundario. Para la primera, los altos valores están dados por su papel de cobertura de transición; no obstante, para el caso del bosque secundario, nuevamente evidencian la alteración que ha presentado a través de los periodos estudiados, a causa de la pérdida de área por deforestación y transformación; resultado que está muy relacionado con la menor distancia entre los cultivos, pastos y bosque de guadua, debido a que éstos han ganado mayor terreno a través del tiempo.

La distancia al vecino más cercano se relaciona con la dispersión y la colonización de las especies, por tanto cuando dicha distancia aumenta, como en el caso del bosque secundario, se puede presentar una menor probabilidad de dispersión exitosa y colonización de los parches por parte de las diferentes especies (11).

Según Brosi (34), es probable que el aislamiento de los fragmentos sea más dañino para los organismos muy dependientes del hábitat y que no se movilizan bien por la matriz; en este contexto, un estudio mostró que los machos de 4 especies de abejas euglosinas no cruzaron el área deforestada de 100 metros de ancho, tal vez debido a una incapacidad de hacer frente a los cambios microclimáticos (34); a su vez otro estudio en Sudáfrica encontró que 4 especies de plantas perennes de matorral experimentaron una reducción en la polinización en los fragmentos aislados (18); no obstante otros estudios han demostrado una respuesta contraria de las especies, por ejemplo en la Amazonía Brasileña encontraron que las mariposas, ranas y mamíferos pequeños aumentaron su riqueza después de la fragmentación (17).

Otro aspecto importante con respecto a las distancias entre los parches, tiene que ver con el tipo de coberturas vecinas, ya que dependiendo de esto, el efecto del aislamiento puede ser mayor o menor; por ejemplo en algunos estudios sobre polinización de café en Costa Rica, han encontrado que la formación de frutos declina con la mayor distancia del cultivo al bosque, debido a la reducción de las abejas en los lugares más alejados del bosque (35).

Análisis a nivel de Paisaje

De acuerdo a los valores obtenidos en los diferentes

índices, al considerar la escala de McIntyre y Hobbs⁵ (36), se podría inferir que el paisaje estudiado se encuentra en el nivel salpicado (10 – 40% hábitat destruido); sin embargo si se tiene en cuenta el alto porcentaje de transformación en la zona y el aumento del número de parches a través de los periodos estudiados (especialmente para el 2003), unidos a la forma irregular y baja a moderada complejidad de los parches, quizás se podría plantear que el paisaje estudiado se encuentra con tendencia a la fragmentación o fragmentado (40 – 60% hábitat destruido), ya que este tipo de características son típicas de este proceso, donde los remanentes naturales son cada vez más pequeños, aislados, de forma irregular y con mayores efectos de borde (30), constituyéndose éstos en factores importantes que afectan la diversidad y abundancia de las especies (28), especialmente aquellas vulnerables a dichos efectos (37, 32).

No obstante los resultados negativos, desde este punto de vista de la conservación se debe resaltar que el área de estudio cuenta con varios de los bosques naturales de mayor área que aún persisten en la zona y quizás en el departamento y están bajo alguna protección como el caso de la reserva La Montaña del Ocaso, y dado que el tamaño de los parches es un factor significativo, especialmente cuando se necesita conservar una especie o un grupo de especies a escala local e incluso global y para diseñar redes de áreas protegidas que optimicen el territorio disponible (23), esto se convierte en un motivo para continuar con las actividades que conlleven a su conservación y si es posible preservación hacia el futuro con figuras de protección de mayor impacto, lo que posiblemente permitiría aumentar la representatividad ecosistémica y llenar los vacíos de conservación que hay en el Sistema Departamental de Áreas Protegidas del Quindío (38).

Otra punto favorable del área de estudio es la heterogeneidad de hábitats con que cuenta (bosques secundario, mixto, de guadua, vegetación secundaria), lo cual puede favorecer la diversidad beta, dados los tipos de coberturas tan contrastantes en términos de estructura y composición (26) y ofrecer mayor resistencia a perturbaciones como el fuego (39); no obstante, el hecho de que estas coberturas estén siendo deforestadas y reemplazadas por unas pocas coberturas predominantes como la guadua y usos de suelo como los pastos, puede limitar la diversidad, ya que los hábitats están perdiendo

do su complejidad y capacidad para albergarla.

PROPUESTA DE CONECTIVIDAD ESTRUCTURAL

El corredor propuesto, aunque es de conectividad estructural, incorpora variables de conectividad funcional que tienen en cuenta algunas preferencias de hábitat (tipo de cobertura que representa mayor o menor posibilidad de paso), capacidad de albergar varias especies (tamaño de los parches o área ocupada) y comportamiento y capacidad de desplazamiento (distancia al vecino más cercano), con el propósito de generar una implementación más efectiva y un impacto positivo en la conservación del paisaje y las especies que lo habitan.

Así mismo las 19 rutas de conexión propuestas se trazaron buscando maximizar los recursos tanto biológicos como económicos que puedan ser necesarios para su establecimiento; de éstas la mayoría se encuentran en la hacienda El Ocaso y a su vez son las de menor extensión; sin embargo las demás rutas también revisten importancia, ya que pretenden aproximar o generar cercanía de la reserva con los parches aledaños que ocupan áreas importantes, ubicados en la hacienda La Cascada en la parte norte del área de estudio y en Veraguas en la parte sur.

La importancia de estos corredores radica en que podrían servir de puente y permitir la colonización de otros parches a las especies que se encuentran en la reserva La Montaña del Ocaso, tales como los monos aulladores, los perezosos, algunas especies de aves, que entre otros se han visto afectados por el aislamiento que ha tenido la Reserva. Para el caso de los monos aulladores, su alta densidad poblacional hace necesario que se deban dispersar, pero al ser éstos primates arborícolas que rara vez bajan al suelo, es poco probable que lo puedan lograr con éxito entre los fragmentos aislados (40); lo mismo ocurre con los perezosos, pues sus hábitos arbóreos y su lento desplazamiento los hacen altamente vulnerables en el suelo, donde los espacios abiertos y los cultivos agrícolas se convierten en barreras difíciles de superar(41).

Otro punto importante es que la ubicación de los corredores está dada en suelos clase VII subclase VII sec-2, en los cuales se recomienda como uso adecuado la reforestación, debido a sus características de poca profundidad, erosión, falta de humedad y pendientes (42).

⁵ “Estos consideran una escala con 4 criterios: Intacto <10% hábitat destruido; salpicado 10% a 40% hábitat destruido; Fragmentado 40% a 60% hábitat; Relicto >90% hábitat destruido”

Teniendo en cuenta que los fragmentos que están enlazados por un corredor o un hábitat adecuado probablemente puedan tener un mayor valor de conservación que los fragmentos aislados de tamaño parecido (43), el objetivo de la conexión propuesta es el de ofrecer una alternativa encaminada a mejorar la disponibilidad y acceso a hábitats que pueden brindar recursos para la supervivencia de las especies, lo cual aunque puede implicar una afectación económica a los dueños de los predios debido al área que se debe disponer para organizar los corredores, puede así mismo, representar beneficios si se le da un manejo estratégico, si se gestionan incentivos y se aprovecha la aceptación de este tipo de propuestas por parte de algunos propietarios, especialmente los de mayor cercanía con la hacienda El Ocaso, gracias entre otras cosas, al trabajo de educación ambiental que se ha venido realizando desde hace varios años por parte de la Universidad del Quindío.

Finalmente es importante tener en cuenta que ésta propuesta se basa específicamente en conectividad estructural y aunque para su planteamiento se incorporaron variables de conectividad funcional que tienen en cuenta algunas preferencias de hábitat y comportamiento de desplazamiento de las especies, antes de poner en marcha cualquier actividad, se deben realizar estudios a nivel de especies, grupos o gremios, que permitan definir su pertinencia y viabilidad a nivel ecológico; además de estudios a nivel económico y social.

CONCLUSIONES

- En el periodo analizado (55 años) el número de parches aumentó en un 66,66%, siendo el bosque de guadua la cobertura con mayor número, lo cual indica que de continuar así, las coberturas de bosques secundario y mixto se reducirán y el paisaje podría presentar tendencia a la homogeneidad, afectando con ello la disponibilidad de hábitats para especies con requerimientos particulares.
- Todas las coberturas vegetales y usos del suelo pre-

sentaron baja a moderada complejidad y tendencia a la forma irregular, lo cual implica una disminución en el área central, mayor efecto de borde y menor disponibilidad de hábitats para algunas especies, particularmente para las propias de interior bosques.

- El bosque secundario fue una de las coberturas que presentó mayor distancia al vecino más cercano, lo que se puede traducir en una mayor dificultad para el desplazamiento de las especies incapaces de cruzar la matriz de pastos y a su vez podría limitar su presencia en los parches e incrementar su vulnerabilidad.
- El paisaje en general se encuentra en un estado salpicado con tendencia a la fragmentación, debido al alto porcentaje de bosque destruido en los tres primeros periodos de estudio (1954-1989), por lo cual se deben seguir tomando medidas específicas encaminadas a la protección de los bosques que contemplen su incremento en tamaño y conectividad.
- Los corredores de conectividad estructural propuestos contaron con variables de conectividad funcional, mostrando la ruta de menor costo para el desplazamiento de las especies, lo que puede permitir una mayor efectividad, no obstante, para su implementación se deben hacer estudios enfocados en grupos o gremios específicos.
- La hacienda El Ocaso para el 2009 contaba con el 45,86% del total de bosque secundario presente en la zona de estudio, el 28,2% de bosque mixto y el 39,18% de bosque de guadua, evidenciando su importancia en el contexto local y regional, por lo que se hace necesario el apoyo económico a nivel gubernamental y la implementación de figuras más estrictas y a largo plazo, que permitan dar una continuidad a los procesos de conservación.
- La utilización de herramientas SIG permitió trabajar a una escala mayor, ofreciendo una visión más amplia del paisaje y facilitando la identificación de elementos clave para la planificación y conservación.

BIBLIOGRAFÍA

1. KATTAN, G. (1997). Transformación de paisajes y fragmentación de hábitats. En CHAVES M. Y ARANGO, N. (eds.). Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad, (pp. 76-82). Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, PNUMA, Ministerio del Medio Ambiente.
2. ARMENTERAS, D; VILLAREAL, H. y GAST, F. (2003). Andean forest fragmentation and the representativeness of protected natural areas in the eastern Andes, Colombia. *Biological Conservation* 113, 245-256.
3. ARMENTERAS, D. y VILLA, C. (Eds.). (2006). Deforestación y fragmentación de ecosistemas naturales en el Escudo Guyanés Colombiano. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt e Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología “Francisco José de Caldas” Colciencias. 122 p.
4. MURCIA, C. (1991). Informe final proyecto 364, Efectos de la Fragmentación del bosque en la reproducción de plantas tropicales: un estudio a nivel de comunidades. Cali, Colombia: Fundación para la Promoción de la Investigación y la Tecnología. 34 p.
5. KATTAN, G. (1991). Informe final proyecto 366, Efectos de la Fragmentación de bosques en la composición de la avifauna: San Antonio 30 años después. Cali, Colombia: Fundación para la Promoción de la Investigación y la Tecnología. 25 p.
6. KATTAN, G. y NARANJO, L. (Eds.) (2008). Regiones biodiversas: Herramientas para la planificación de sistemas regionales de áreas protegidas. Cali: WCS Colombia, Fundación EcoAndina, WWF Colombia. 224 p.
7. GÓMEZ, G. (2007). Composición florística y desfronde en zonas de interior y borde de dos fragmentos de selva subandina del departamento del Quindío. Tesis de Maestría, Universidad del Quindío, Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Armenia, Quindío.
8. HOLDRIDGE, L. 1977. Life zone ecology. San José – Costa Rica. Tropical Science center.
9. AGUDELO, C. y VÉLEZ, M. (2001). Monografías de la Flora Andina vol. 3: Importancia de la microcuena del río Roble. Herbario HUQ. Armenia: Centro de Publicaciones Universidad del Quindío. 164 p.
10. FORMAN, R. & GODRON, M. (1986). Landscape Ecology. New York: John Wiley and Sons. 620 p.
11. RUTLEDGE, D. (2003). Landscape indices as measures of the effects of fragmentation: can pattern reflect process?. *Doc. Science Internal Series*. Wellington, New Zelanda: Department of Conservation, No. 98. 27 p.
12. LANG, S. y TIEDE, D., (2003). vLATE Extension für ArcGIS - vektorbasiertes Tool zur quantitativen Landschaftsstrukturanalyse, ESRI Anwenderkonferenz Innsbruck. En línea. Consultado en mayo de 2013, disponible en <http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0C CgQFjAA&url=http%3A%2F%2Fdownloads2.esri.com%2Fcampus%2Fuploads%2Flibrary%2Fpdfs%2F68464.pdf&ei=UeWHT56aIcfWtAbz15W6Cw&usg=AFQjCNEuVCzL3QrSD4sKiuLenBLcgTPOkw>
13. VILLA, A. y ESCOBAR, J. (2012). Alternativa de corredor ecológico en la zona nororiental del municipio de Medellín. *Gestión y Ambiente* 15 (2), 33-46
14. CAPERA, C. y MORENO, R. (2005). Guadua en el Eje Cafetero Colombiano. Aspectos económicos. Bogotá: Proyecto Manejo Sostenible de Bosques en Colombia. Programa Ambiental GTZ. 68 p.
15. DÍAZ, F. (2008). Pequeño manual de la guadua. Trabajo de investigación. En línea. Consultado en septiembre de 2013. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/6133069/Pequeno-Manual-de-La-Guadua>
16. VILA, J.; VARGA, D.; LLAUSÀS, A. y RIBAS, A. (2006). Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology): Una interpretación desde la geografía. *Doc. Anàl. Geogr.* 48, 151-166.
17. HARVEY, C.; SÁENZ, J. y MONTERO, J. (2008). Conservación de la biodiversidad en paisajes de

- Mesoamérica: ¿Qué hemos aprendido y qué nos falta conocer? En: Harvey y Sáenz. 2008. Evaluación y Conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica (pp 579-599). Costa Rica: Editorial INBio.
18. DONALDSON, J.; NANNI, I.; ZACHARIADES, C. & KEMPER, J. (2002). Effects of Habitat Fragmentation on Pollinator Diversity and Plant Reproductive Success in Renosterveld Shrublands of South Africa. *Conservation Biology*, 16(5); 1267-1276.
 19. SÁENZ, J. y SÁENZ, P. (2008). Influencia de las variables de hábitat y paisaje sobre la presencia del mono tití y el mono carablanca en un área fragmentada del pacífico central de Costa Rica. En: Harvey y Sáenz. 2008. Evaluación y Conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica (pp 511-546). Costa Rica: Editorial INBio.
 20. ECHEVERRY, M. y RODRÍGUEZ, J. (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. *Revista Scientia et Technica* Año XII (30), 405-410.
 21. ROMERO, M. (2004). Análisis de los cambios en la estructura del paisaje de l'Alt Empordà en el periodo 1957-2001. Tesis Doctoral. Universidad de Girona. España, 341 p.
 22. RODRÍGUEZ-LOINAZ, G.; AMEZAGA, I.; SAN SEBASTIÁN, M.; PEÑA, L.; ONAINDIA, M. (2007). Análisis del paisaje de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai. *Forum de Sostenibilidad* cátedra UNESCO, 1: 59-69.
 23. PINCHEIRA-ULBRICH, J.; RAU, J.; PEÑA-CORTES, F. (2009). Tamaño y forma de fragmentos de bosque y su relación con la riqueza de especies de árboles y arbustos. *PYTON* 78, 121-128.
 24. MONTENEGRO, L. (2001). Dinámica temporal y espacial de la fragmentación del bosque nativo en el sur de Chile. *Colombia Forestal*, 7 (14), 71-84.
 25. RAU, J.; GANTZ, A. y TORRES, G. (2000). Estudio de la forma de fragmentos boscosos sobre la riqueza de especies de aves al interior y exterior de áreas silvestres protegidas. *Gestión Ambiental* 6: 33-40.
 26. MENDOZA, J.; JIMÉNEZ, E.; LOZANO-SAMBRANO, F.; RENGIFO, L. y CAICEDO-ROSALES, P. (2008). Identificación de elementos del paisaje prioritarios para la conservación de biodiversidad en paisajes rurales de los Andes Centrales de Colombia. En: Harvey & Sáenz. 2008. Evaluación y Conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica (pp 251-288). Costa Rica: Editorial INBio.
 27. KRUMMEL, J.; GARDNER, R.; SUGIHARA, G.; O' NEILL, R. & COLEMAN, P. (1987). Landscape patterns in a disturbed environment. *Oikos* 48 (3), 321-324.
 28. TURNER, M. (1989). Landscape Ecology: The Effect of Pattern on Process. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 20, 171-197.
 29. MURCIA, C. (1995). Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *TREE* 10 (2), 58-62.
 30. SUÁREZ, L. (1998). La fragmentación de los bosques y la conservación de los mamíferos. En Titira, D. (ed.). *Biología, sistemática y conservación de los Mamíferos del Ecuador*, (pp. 83-92). Ecuador: Museo de Zoología, Centro de Diversidad y Ambiente, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
 31. LAURANCE, W.; CAMARGO, J.; LUIZÃO, R.; LAURANCE, S.; PIMM, S.; BRUNA, E.; STOUFFER, P.; WILLIAMSON, B.; BENÍTEZ-MALVIDO, J.; VASCONCELOS, H.; VAN HOUTAN, K.; ZARTMAN, C.; BOYLE, S.; DIDHAM, R.; ANDRADE, A.; & LOVEJOY, T. (2011). The fate of Amazonian forest fragments: A 32-year investigation. *Biological Conservation*, 144, 56-67.
 32. LAURANCE, W. & VASCONCELOS, H. (2009). Conseqüências Ecológicas da Fragmentação Florestal na Amazônia. *Oecologia Brasiliensis*, 13 (3), 434-451.
 33. RAU, J. (2010). Ecología y conservación de la biodiversidad en paisajes fragmentados del sur de Chile en el año 2010: Año del bicentenario nacional y año internacional de la diversidad ecológica. *Espacio Regional*, 1 (7), 47 – 54.
 34. BROSI, P., ARMSWORTH, R. & DAILY, G. (2008). Optimal design of agricultural landscapes for pollination services. *Conservation Letters*, 1 (1), 27-36.
 35. RICKETTS, T.; DAILY, G.; EHRLICH, P. & MICHENER, C. (2004). Economic value of tropical forest to coffee production. *PNAS* 101 (34), 12579-12582.

36. MCINTYRE, S. & HOBBS, R. (1999). A framework for conceptualizing Human Effects on Landscapes and Its Relevance to Management and Research Models. *Conservation Biology* 13 (6), 1282-1292.
37. FINEGAN, B. y BOURONCLE, C. (2008). Patrones de fragmentación de los bosques de tierras bajas, su impacto en las comunidades y especies vegetales y propuestas para su mitigación. En: Harvey y Sáenz. 2008. Evaluación y Conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica (pp 139-178). Costa Rica: Editorial INBio.
38. FUNDACIÓN LAS MELLIZAS. (2012). Análisis de representatividad ecosistémica, identificación de vacíos y prioridades de conservación en el departamento del Quindío. Armenia – Quindío: CRQ, Fundación Las Mellizas y WCS. 94 p.
39. MÚGICA, M; DE LUCIO, J.; MARTÍNEZ, C.; SASTRE, P. ATAURI-MEZQUIDA, J.; MONTES, C. (2002). Integración territorial de espacios naturales protegidos y conectividad ecológica en paisajes mediterráneos. España: Editorial Junta de Andalucía. 252 p.
40. GÓMEZ-POSADA, C. y LONDOÑO, J. (2012). *Alouatta seniculus*: Density, Home Range and Group Structure in a Bamboo Forest Fragment in the Colombian Andes. *Folia Primatol* 83, 56–65
41. MORENO, S.; PLESE, T. y RODRÍGUEZ, C. (2008). Estrategia Nacional para la Prevención y Control al Tráfico Ilegal de las Especies Silvestres de Perezosos en Colombia. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Fundación UNAU y CORANTIOQUIA. 24 p.
42. DÍAZ, P.; ALVARADO, P.; ROVEDA, G.; LOPEZ, D.; USECHE, L.; GUEVARA, J.; ORDOÑEZ, N.; RODRÍGUEZ, A. 1996. Suelos Departamento del Quindío. Bogotá: CRQ. 205 p.
43. BENNETT, A. (2004). Enlazando el Paisaje: el papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre. Unión Mundial para la Naturaleza (UICN). 309 p.