

ANÁLISIS DE UN PAISAJE FRAGMENTADO COMO HERRAMIENTA PARA LA CONSERVACION DE LA BIODIVERSIDAD EN ÁREAS DE BOSQUE SECO Y SUBHUMEDO TROPICAL EN EL MUNICIPIO DE PEREIRA, RISARALDA COLOMBIA

RESUMEN

El bosque seco tropical en Colombia ha sido reducido a una cobertura de 1200km² de una cobertura original de 80.000km², las áreas de bosque pertenecen a este ecosistema están contenidas en paisajes rurales con intensiva actividad agrícola debido a la fertilidad de los suelos. Tomar decisiones acerca del manejo de paisajes fragmentados para la conservación de la biodiversidad requiere comprender el patrón del mosaico del paisaje; por medio de la implementación de un Sistema de Información Geográfica fue posible calcular medidas e índices que describen el patrón del paisaje en dos escenarios temporales y proponer acciones concretas de manejo.

PALABRAS CLAVE: SIG, Ecología del paisaje, patrón, biodiversidad, manejo, conservación

ABSTRACT

Tropical dry forest in Colombia has been reduced from an original cover of 80.000km² to 1200km² in our days. The forests areas that belong to this ecosystem are contained in rural landscapes with an intensive agricultural activity because its soils fertility. Taking decisions about fragmented landscapes management for maintenance of biodiversity requires understanding the pattern of the landscape mosaic. Through the implementation of a Geographical Information System it was possible to calculate measures and indices that describe the landscape pattern in two temporal stages and propose concrete management actions.

KEYWORDS: GIS, Landscape Ecology, Pattern, Biodiversity, Management, Conservation.

1. INTRODUCCIÓN

Risaralda tiene una posición estratégica en cuanto a su enorme potencial natural, desde los 250 metros de altitud, hasta los 4950 metros, cuenta con una considerable riqueza representada en sus doce zonas de vida según Holdridge, que se hayan distribuidas ampliamente en el Departamento, lo que ha permitido conformar un complejo y diverso sistema natural [1]. El cambio en el uso de la tierra para producción agrícola y pecuaria genera disminución en el tamaño y número de los parches de hábitat naturales y hay una posible disminución en la conectividad entre fragmentos, lo que aumenta la probabilidad de extinción local de especies de animales y plantas. Debido a la fertilidad de sus suelos el Bosque Seco Tropical ha sido punto de desarrollo de poblaciones humanas y objeto de una enorme transformación [2]. En Colombia el Bosque seco tropical está considerado entre los tres ecosistemas más fragmentado y menos conocidos [3].

MAURICIO A ECHEVERRY D

Administrador del Medio Ambiente
Asistente Sistema de Información Geográfica
Centro de Investigaciones y Estudios en biodiversidad y Recursos Genéticos. CIEBREG
Universidad Tecnológica de Pereira
mauroe@utp.edu.co

JOHN MARIO RODRIGUEZ P

Biólogo M.Sc
Director General
Centro de Investigaciones y Estudios en Biodiversidad y Recursos Genéticos. CIEBREG
Profesor
Universidad Tecnológica de Pereira.
ciebreg@utp.edu.co

2. ÁREA DE ESTUDIO

Los bosques secos del valle geográfico del Río Cauca están ubicados en la zona central del Departamento de Risaralda (Subregión 1y parte de la Subregión 2), en las vertientes bajas del flanco oriental y occidental del Río Cauca, cordilleras central y occidental respectivamente, áreas inferiores a la cota de 1000 m.s.n.m (y hasta +/-890 m.s.n.m. altitud media del Río Cauca), jurisdicción de los Municipios de Pereira y La Virginia. (Tabla 1. Figura 1.)

El área de estudio está ubicada en jurisdicción del Municipio de Pereira con coordenadas planas:

	X	Y
1	1°137.149	1°022.766
2	1°143.596	1°024.492
3	1°135.843	1°031.111
4	1°140.027	1°034.382

Tabla 1. Coordenadas planas de ubicación del área de estudio
Fuente. Elaboración propia.

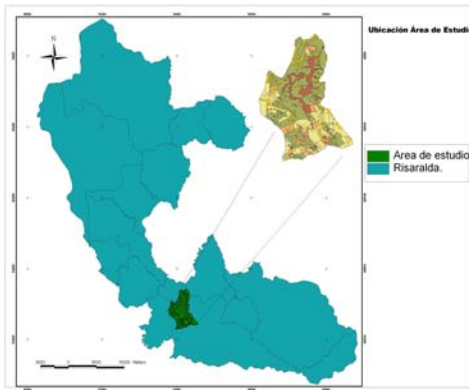


Figura 1. Ubicación del área de estudio.
Fuente Elaboración propia

3. METODOLOGÍA

3.1 Clasificación de los elementos del paisaje, interpretación de fotografías aéreas y generación del mosaico de paisaje

En el área de estudio los elementos del paisaje fueron clasificados en un sistema jerárquico de categorías y tipos de ecosistemas; estos serán diferenciados a partir de las características relevantes para el análisis de la biodiversidad que tengan los ecosistemas como composición, diversidad, estructura y función en el paisaje.

Los tipos de vegetación o ecosistemas que se interpretaron en las fotografías aéreas se corrigieron a partir de observación en el trabajo de campo en el área de estudio y comprobados por personal con conocimiento de la zona. Se trabajaron dos juegos de 6 fotografías aéreas de la zona, fuente IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) y con planchas topográficas, el primer juego de fotos son tomadas en el año de 1986 y para el segundo fotos del año 1995.

Los límites de los parches se establecieron en la fotointerpretación por la adyacencia con parches de otras categorías y por carreteras o elementos lineales que puedan representar barreras al movimiento de organismos.

Para el escenario 1 1986 se identificaron 3 categorías (Bosques, Sistemas Agroforestales y Áreas sin árboles) y 8 tipos de parches (Bosque Seco, Bosque Seco de Galería, Guadua, Cítricos, Pasto con árboles, Pastos, Caña y Lago).

Para el escenario 2 se identificaron 3 categorías (Bosques, Sistemas Agroforestales, Áreas sin árboles) y 8 tipos de parches (Bosque Seco, Bosque Seco de Galería, Guadua, Cítricos, Pasto con árboles, Pastos, Caña y Vegetación Secundaria).

3.2 Procesamiento de mapas y cálculo de índices descriptivos del patrón del paisaje

Las fotografías aéreas son orthorectificadas (el proceso de orthorectificación remueve la distorsión geométrica presente en las imágenes y que es ocasionada por la posición de la cámara o el sensor, el desplazamiento

debido al relieve y los errores sistemáticos asociados con la imagen. Las imágenes orthorectificadas son imágenes planimétricamente correctas que representan los elementos del terreno en sus verdaderas coordenadas X y Y del “mundo real”. Por estas razones han sido aceptadas como imágenes ideales de referencia necesarias para la creación y mantenimiento de los datos vectoriales almacenados en un SIG). Una vez realizado este proceso a cada fotografía se elaboró un mosaico al que se le adicionaron temas como las curvas de nivel y la red hídrica para confirmar el estado del mosaico este proceso se lleva a cabo con el programa Erdas Imagine 8.5.

El mosaico creado es digitalizado en SIG con el software ArcView 3.2, para el posterior cálculo de los índices descriptivos que fueron seleccionados para caracterizar la estructura espacial del paisaje y su grado de fragmentación de manera clara y que oriente y sustente la toma de decisiones con respecto de las acciones necesarias para la restauración de los fragmentos de bosque.

La escala espacial de análisis de las medidas e índices calculados se define por las siguientes variables a) Tamaño del paisaje considerado 5244.64 ha; b) Resolución espacial: escala 1:25000.

El primer paso para comprender el patrón de paisaje es la determinación del área y número de parches de diferentes tipos y categorías presentes en el mosaico del paisaje.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

PRINCIPALES VARIABLES PARA CUANTIFICAR LOS PATRONES DEL PAISAJE

4.1 Área de los parches

El tamaño es simplemente el área total abarcada por el parche.

El tamaño de los fragmentos presentes en el paisaje es un factor importante cuando se consideran las probabilidades de conservar especies típicas de bosque interior o maduro en paisajes de múltiple uso [4].

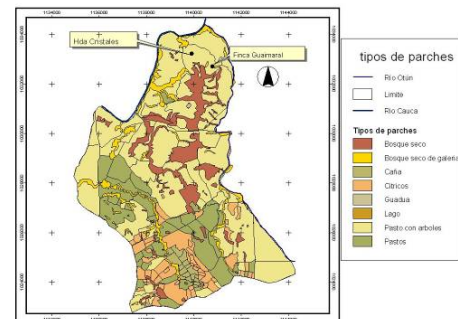


Figura 2. Mosaico de parches Escenario 1. 1986.

El área de estudio tiene una extensión de 5244.64ha, es un área relativamente pequeña en la cual encontramos para el escenario uno, 3 categorías y 8 tipos de parches con una densidad de 4.62 parches por Km² (Figura 2)

y el área promedio de parches es de 21.68ha, donde el parche de mayor área tiene 238.78ha y el de menor área tiene 0.23ha

Para 1995 se encontró un paisaje similar comparado con el escenario1 (1986), pero con variaciones de área, perímetro, cambios en los usos del suelo. Se encontró por ejemplo una variación del número de parches de 244 parches identificados en 1986, cambió a 371 en 1995, la causa entre muchos factores puede ser la ruptura de la continuidad en bosques de galería especialmente. (Figura 3, Grafico 1).

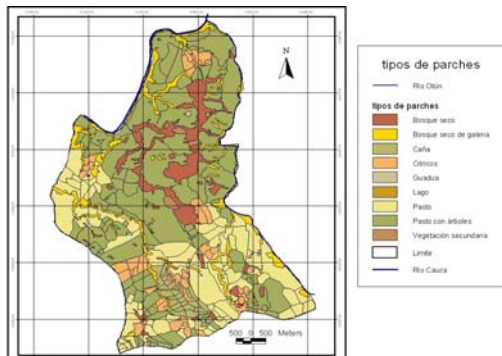


Figura 3 Mosaico de parches. Escenario 2. 1995

El paisaje es dominado por parches de Pasto con árboles con un 54.4% del área total en 1986 y 47.80% en 1995 por lo tanto constituyen la matriz del paisaje, en segundo lugar se encontraron los parches de pastos 17.95% y 25.65% en los dos escenarios respectivamente. Los cítricos representaron el mayor número de parches en el paisaje con un total de 75 parches en el escenario 1, seguidos por los parches de pasto con árboles con un total de 51 parches Esta situación cambio considerablemente al encontrar que para 1995 los parches de pasto con árboles aumentaron su número a 100 parches y los cítricos disminuyeron su representatividad a solo 53 parches de 75 encontrados anteriormente.

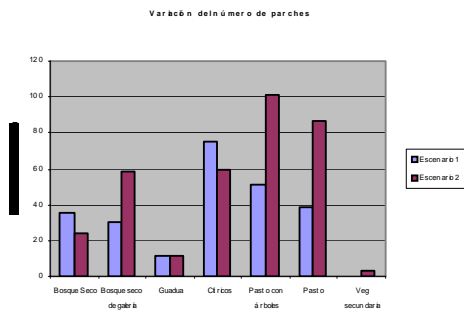


Grafico 1. Variación del número de parches por tipo en los escenarios temporales estudiados. (1986-1995)

4.2 Forma de los fragmentos

La forma de los parches en el área de estudio será caracterizada por el índice de forma $F = P / (2\pi \times \sqrt{A/\pi})$, donde A= área del parche (m²) y P = perímetro del parche (m).El índice de forma F tiene valor 1 cuando el

polígono es circular y aumenta su valor conforme aumenta la complejidad de la forma del polígono.

Los parches de bosque presentan formas muy irregulares y tienen el mayor valor de índice de forma dejando percibir el patrón histórico de la fragmentación y la agresividad de los usos del suelo adyacentes, en el escenario1 el parche más grande en el paisaje que corresponde a bosque seco tiene el mayor índice de forma 10.9, el índice de forma promedio para parches de bosque seco es de 3.16 y 2.95 para el escenario 2. (Tabla 2). Los bosques son los polígonos más irregulares en el paisaje, evidencia fiel de los patrones históricos de fragmentación, los sistemas agroforestales y las áreas sin árboles tienen mejor índice de forma en los dos escenarios debido a que son delimitados por la actividad humana y por que en su mayoría son parches pequeños y medianos.

Tipo de parche	Escenario 1 Índice de forma promedio	Escenario 2 Índice de forma promedio
Bosque seco	3.16	2.95
Bosque seco de galería	4.35	3.86
Guadua	2.22	2.23
Cítricos	2.5	2.44
Pasto con árboles	3.35	2.83
Pasto	2.79	2.68
Vegetación secundaria		2.22

Tabla 2. Índice de forma promedio de los tipos de parche en los dos escenarios temporales.

4.3 Efecto de Borde y área de hábitat interior

El microclima en fragmentos es diferente del bosque continuo debido a la penetración de luz y vientos en el sotobosque resultante de su exposición a ambientes no forestales como pastos abiertos y campos de cultivo [5]. Este aumento de la penetración de luz y vientos en la porción más externa del fragmento genera lo que se suele llamar “efecto de borde”, o sea, una diferencia en la composición y abundancia de especies en el borde, con mayores oportunidades para especies invasoras y con repercusiones significativas en la comunidad animal [5].

El área interior de un parche se refiere a la cantidad de área en el parche que no sufre el efecto de borde, y es una función del tamaño del parche, su forma y la naturaleza de las condiciones inmediatamente adyacentes (p.ej. la composición de la matriz). En los bordes del bosque, el aumento de las perturbaciones (incluso la presión humana por la cacería) es una fuerza importante en la estructura de las comunidades fragmentadas, y puede exacerbar los impactos de la fragmentación en las especies características de hábitat interior [6].

En el área de estudio existen solo 2 parches de hábitat interior para el efecto de borde a 300 metros y suman 0.15ha de las 553.53ha en parches de bosque en el área

de estudio. El efecto de borde a 100 metros resulta en 7 parches interiores de bosque seco y 5 de bosque seco de galería con un área de 108.38ha y 2.46ha respectivamente, los fragmentos de bosque seco de galería desaparecen por completo del paisaje con un borde de 300 metros por consiguiente se perdería su función de corredores biológicos y afectaría la regulación hídrica del paisaje.

En el escenario 2 se encontraron para la categoría bosque seco 5 parches de hábitat interior con efecto de borde a 100 metros, que suman 79.77ha de las 822.93ha de bosque en el paisaje, comparando con el dato del escenario 1 (108.38ha), se comprobó la magnitud de los disturbios que al bosque infringen los sistemas productivos que predominan en la matriz de este paisaje rural fragmentado, y que también advierte sobre la cada vez más acentuada situación en la que los bosques en el área de estudio constituyen en su mayoría hábitat de borde. Se observó en la figura la situación de los bosques de galería el área de hábitat interior con borde a 100 metros, pasó de 2.46ha a 2.96ha un incremento no esperado y que se debe a la identificación de algunos pocos nuevos parches que superaron la unidad mínima de mapeo de todas maneras se recupera menos bosque que el que se pierde y a diferencia del escenario 1 donde existían 2 parches de hábitat interior de bosque seco con borde 300 (0.15Ha), para el escenario 2 con este efecto de borde desaparece el bosque por completo.

4.3 Distancia a parches de bosque y continuidad espacial

El valor de conservación de un determinado fragmento de bosque puede ser aumentado o degradado de acuerdo al patrón de los otros elementos del paisaje a su alrededor [4]. El intercambio continuo de individuos (y genes) entre poblaciones fragmentadas y el mantenimiento de algunas especies en los fragmentos por el método de rescate dependen de las tasas de inmigración entre fragmentos [4]. Las relaciones espaciales entre parches, que restringen o facilitan el movimiento de los organismos en el paisaje, determinan la persistencia regional de las poblaciones [4].

El índice continuidad del bosque (FCI) sugerido por Vogelmann (1995) [6] es un índice que relaciona el área con el perímetro total de un tipo de parche en el paisaje. Para los parches de bosque en el área de estudio el FCI es igual a 3.91 (Escenario 1), y 3.81 (Escenario 2), la disminución en el valor del índice comprueba la ruptura de la continuidad de los parches del tipo bosque de galería lo que ocasionó su aumento en número por eso lo que para el escenario 1 era un parche mediano (3 a 150) de bosque seco de galería para el escenario 2 se ha fragmentado en varios parches pequeños (<3ha). Valores altos implican mayor continuidad del bosque y valores bajos reflejan mayor fragmentación y discontinuidad de los parches de bosque.

4.4 Simulación Manual en el Mapa de tipos de Parches

La simulación realizada sirve como una muestra del potencial para el análisis y diseño de paisajes fragmentados que se logra a través del manejo de los temas generados. Para este ejercicio de simulación y diseño de un paisaje fragmentado para la conservación de la biodiversidad se establece una meta de recuperación de áreas naturales, a partir del conocimiento del patrón y la dinámica del paisaje y de las actividades humanas que la determinan, por lo tanto todos los bosques encontrados en el área de estudio deben ser conservados partiendo del supuesto de que, debido al grado de fragmentación que presente el hábitat natural, (Bosques ocupan el 15.6% del área de estudio) todos los parches de bosque identificados deben conservarse y protegerse y que algún porcentaje de las áreas en otros usos del suelo deberían ser recuperados (o restaurados) de manera que se alcance un escenario futuro con un porcentaje mínimo de área de hábitat natural capaz de soportar la conservación de la biodiversidad y el desarrollo sostenible en el paisaje y el mantenimiento y protección de los recursos hídricos.

Se seleccionaron parches adyacentes a las áreas identificadas como prioritarias para la conservación de la biodiversidad que no sean parches de bosque, < 50 ha, sin infraestructura (casas, establos, líneas de transmisión eléctrica, vías etc.). La selección de los parches debe mejorar la forma de los fragmentos, disminuir la distancia entre ellos y ampliar el hábitat de área interior. (Tabla 3).

Para la simulación se definieron los siguientes criterios:

- Meta de cobertura boscosa: 20% del área total de estudio
- Selección e identificación de áreas prioritarias para la restauración de hábitat natural.
- Selección de los parches en otro uso diferente a bosque adyacentes a las áreas prioritarias para la restauración, que causan irregularidad en los bordes de parches de bosque, con procesos erosionales fuertes, que no contengan infraestructuras
- Área de los parches a seleccionar: <50ha

Y los resultados fueron los siguientes:

	Escenario 2. 1995	Simulación
Área total de bosques (ha)	831.07	1051.20
% del área de estudio	15.84	20.04
Área total de bosques grandes >150 ha	183.11	599.28
Forma promedio de los bosques	2.95	2.85
Área de hábitat interior borde 100 m	82.73	312.83
% del área de	1.57	5.96

estudio		
Área de hábitat interior borde 300m	0	84.34
% del área de estudio	0	1.60
Índice de continuidad del bosque FCI	3.81	4.10

Tabla 3. Indicadores del estado de fragmentación en el área de estudio comparando escenario 2 y la simulación.

La simulación 1 dio como resultado entonces la recuperación de 222.02ha que corresponden al 4.23% del área total del paisaje a cobertura boscosa y aumento el área de hábitat interior en el paisaje de 79.76 ha con efecto de borde 100 metros en el escenario 2 a 310.81 ha en la simulación, a su vez el efecto de borde a 300 metros muestra un aumento de área de hábitat interior de 0 a 84.34 ha. (Figura 4).

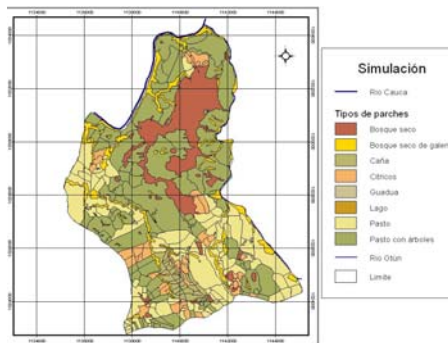


Figura 4. Resultado de la Simulación manual en el mapa de tipos de parches

5. Fase Programática

La fase programática dirige, programa y controla las actividades necesarias para lograr un escenario óptimo de conservación de la biodiversidad en paisajes rurales bajo los principios de la sostenibilidad y en pro de la representatividad, viabilidad y complementariedad del área protegida.

Objetivo General

Proveer los lineamientos básicos necesarios para orientar el manejo del paisaje, el mantenimiento y optimización de los procesos ecológicos y la conservación de la biodiversidad en áreas de bosque seco, aproximándose a una interacción equilibrada de los sistemas naturales y socioeconómicos presentes en el área de estudio.

Programa 1. Restauración ecológica para la recuperación del paisaje

Objetivo General

Desarrollar un proyecto piloto de restauración ecológica por medio de sucesión natural asistida en la hacienda Cristales, Finca Guaimaral, para ampliar el área de bosque en el área de estudio

Programa 2. Valoración económica de los Servicios Ambientales del bosque y definición de incentivos económicos a la conservación de la biodiversidad.

Objetivo General

Desarrollar estrategias económicas que aseguren el mantenimiento y permanencia de los procesos ecológicos en el área de estudio.

Programa 3. Reconversión de sistemas productivos para la conservación de la biodiversidad.

Objetivo General

Promover la reconversión social y ambiental de los sistemas productivos en el área de estudio.

Programa 4. Educación para la conservación de la biodiversidad

Objetivo General

Desarrollar un instrumento de participación y concertación para la reserva de la sociedad civil ubicada en el área de estudio.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El paisaje en el área de estudio tiene un porcentaje muy bajo de bosque remanente, este paisaje fragmentado es el resultado de los disturbios causados por las actividades agropecuarias y los parches de bosque existentes tienen una forma muy irregular y poca continuidad.

El hábitat de borde predomina en los bosques del paisaje y las presiones sobre los parches de bosque aún persisten. La recuperación del hábitat interior es indispensable para proveer los requerimientos de hábitat de especies sensibles en el paisaje y mejorar su valor para la conservación de la biodiversidad, apuntando hacia la consolidación de los elementos esenciales de las áreas protegidas. La recuperación de hábitat interior de los bosques en el paisaje depende del mejoramiento de la forma de los fragmentos identificados como prioritarios y del aumento del área de bosque respecto del total del paisaje por medio de la recuperación de parches en otros usos identificados mediante criterios establecidos. (Simulación manual en el mapa de tipos de parches).

La generación del Sistema de Información Geográfica para la zona de estudio permitió el análisis objetivo del paisaje, la identificación de áreas prioritarias para la conservación y la restauración de hábitat natural. Se recomienda la actualización de la información de los propietarios de estas áreas (Directorio), y la conformación del comité de administración del plan de

manejo, como espacio para el compromiso y la participación activa en la toma de decisiones para el área de estudio.

La evaluación y diseño del paisaje fragmentado se convierte en una herramienta de manejo del paisaje perfectamente aplicable a otros escenarios, para incrementar la conservación de la biodiversidad en paisajes rurales. Se recomienda dar a conocer los resultados generados en este estudio para evaluar su contribución a proyectos de carácter nacional como el proyecto de “conservación y uso sostenible de la biodiversidad en paisajes rurales IAvH”.

El plantío de árboles útiles y especies endémicas en sistemas agroforestales o silvopastoriles es una alternativa para aumentar la densidad y diversidad y mejorar la composición en todos los estratos de los ecosistemas antropogénicos sin perjudicar la productividad agrícola en las fincas. Se recomienda aumentar la cobertura arbórea siguiendo las actividades propuestas en el programa 3 de reconversión de sistemas productivos por medio de parcelas piloto.

El paisaje fragmentado en el área de estudio es un sistema dinámico, con cambios temporales notorios. Teniendo en cuenta que las fotografías aéreas del escenario 2 son del año 1995 se recomienda realizar monitoreos continuos del patrón del paisaje con los mismos índices evaluados, a intervalos regulares de 5 años con el fin de registrar los avances de los programas propuestos en el plan de manejo y diseñar medidas alternativas cuando la situación lo amerite.

7. BIBLIOGRAFÍA

[1] Contraloría departamental de Risaralda Informe ambiental 1998.

[2] Informe Nacional sobre el estado de la biodiversidad. Tomo 1 .1997 Instituto Alexander Von Humboldt p 56- 70.

[3] Correa Do Carmo, A.P; 2000. Evaluación y diseño de un paisaje fragmentado para la conservación de la biodiversidad. Tesis de maestría. CATIE p 7-28.

[4] Forman, R.T.T y M. Godron. 1981. Patches and structural components for landscape ecology. *Bioscience* 31 (19): 733-740.

[5] Laurance; W. F. y C. Gascon. 1997. How to creatively fragment a landscape. *Conservation Biology* 11 (2): 577-579.

[6] Vogelmann, J.E 1995. Assessment of forest fragmentation in southern New England using remote sensing and geographic information systems technology. *Conservation Biology* 9 (2):439-449.