

## Protocolo de proyecto

### **Título:**

Análisis de la fragmentación forestal, estructura del paisaje y diversidad en espacios naturales

### **Responsable:**

Dr. Raymundo Villavicencio Garcia

Departamento de Producción Forestal. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA). Universidad de Guadalajara. Carretera GDL-Nogales, km 15.5 CP. 45020 Las Agujas, Zapopan, Jalisco, México. Tel./Fax: (+52) 33 3682 0244. email: vgr02072@maiz.cucba.udg.mx

### **1. Antecedentes**

La fragmentación de ecosistemas se han reconocido mundialmente como unas de las principales causas de pérdida de la biodiversidad. En los países en vías de desarrollo, el fenómeno de la fragmentación es originado entre otros factores por la deforestación, convirtiendo las superficies de selvas y bosques a zonas agrícolas o pecuarias; esto es producto de una presión demográfica sobre los recursos naturales. México es un de los cinco principales países con más especies de plantas en el mundo (Walter y Breckle, 1999), sin embargo estos recursos tampoco quedan exentos de la presión antropogenica, lo que conlleva de tal medida a una perdida directa tanto económica y potencialmente ecológica de los mismos. De acuerdo a la FAO (2000), durante el período de 1990 a 2000 se registró para el país, una tasa de perdida de la cobertura forestal en el orden de 631,000ha/año, lo que significa un decremento del 1.1% en relación a la superficie total del territorio.

La fragmentación de la cubierta vegetal ocasiona problemas como, modificaciones en los ciclos hídricos y cambios regionales de los regímenes de temperatura y precipitación, además de contribuir al calentamiento global, la disminución de captura de carbono y la pérdida o reducción de hábitats. (Laurence, 1997); ésta ultima es considerada como una de las mas graves amenazas para la diversidad biológica, ya que el aislamiento de áreas desestabiliza poblaciones viables, afecta la riqueza y composición de especies (Hunter, 1996 cit. en Santiago 2004). Los factores bióticos y abióticos de las comunidades también se pueden alterar en función del tamaño y la forma de los fragmentos, ya que al modificarse la distribución espacial de los recursos también se modifica su disponibilidad (Laurence, 1997).

La fragmentación de los ecosistemas es entonces un problema ambiental, hasta hoy en día, poco abordado en México (Santiago, 2004). Estudios recientes enfocan los efectos de la deforestación y sus consecuencias relacionadas en la fragmentación forestal y aislamiento biológico de los ecosistemas; pudiendo ejemplarmente mencionar el trabajo de Mas (1998). El autor realizó un estudio de cambios de cobertura y fragmentación forestal en la región de la laguna de Términos en el Estado de Campeche. Algunos análisis de los procesos de fragmentación a nivel de paisaje incluyen trabajos que evalúan los cambios producidos a través de determinados períodos de tiempo (Mas 1998, Zerda 1998), existen otros trabajos relacionados con los tipos de fragmentación y las medidas para caracterizarlos en un instante de tiempo determinado (Häusler et al. 1999).

La fragmentación es definida como la transformación de un bosque continuo en muchas unidades más pequeñas y aisladas entre sí, cuya extensión resulta ser menor al del bosque original (Bustamante y Grez, 1995). El proceso reduce la cubierta de un bosque, exponiendo a los organismos que permanecen en el fragmento a condiciones diferentes en relación a su ecosistema original, siendo definido como "efecto borde" (Murcia, 1995). En el efecto de borde se destacan: a) *abióticos* como los cambios microclimáticos (luminosidad, evapotranspiración, temperatura, entre otros); b) *bióticos directos* ejemplificados por los cambios de abundancia de especies, y relacionados directamente con las variaciones de las condiciones microambientales y con las características fisiológicas de cada especie; c) *bióticos indirectos* como lo son los procesos de interacción entre las especies (Murcia 1995).

Debido a la importancia que presenta la fragmentación y uso de las tierra dentro del ecosistema, es necesario fomentar las metodologías para la identificación de áreas fragmentadas, con las cuales se podrán posteriormente hacer estudios ecológico-forestales donde permitan implementar actividades de manejo tendiente a minimizar impactos negativos. De acuerdo a Williams-Linera et al. (1998) los estudios de fragmentación son necesarios para generar información básica que permita diseñar estrategias de manejo de los bosques naturales.

Generalmente, las clasificaciones realizadas por percepción remota son una excelente base para el calculo de medidas de paisaje, así como indicadores de la diversidad forestal y patrones de fragmentación. Las imágenes de satélite proporcionan comparaciones visuales notables del uso y condición del suelo. También proporcionan bancos de datos referenciados geográficamente que hacen posible el rastreo de tendencias cuantitativas.

## **2. Objetivos y Metas**

Los objetivos que persigue el proyecto son los siguientes:

- a) Determinar los patrones de fragmentación y estructura del paisaje por tipo de cobertura forestal, basada en la clasificación de una imagen satelital de alta resolución
- b) Evaluar los efectos de la fragmentación en la estructura horizontal y vertical, composición, abundancia y diversidad por tipo de cobertura forestal,
- c) Evaluar las causas y factores que afecten la fragmentación forestal, así como contribuir a la identificación de zonas críticas para el mantenimiento y mejora de comunidades arbóreas y/o ecosistemas degradados.

## **3. Metodología**

### **3.1 Área de estudio**

El estudio se concentrará en el Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) "Sierra de Quila", ubicada en el Estado de Jalisco a 100km en dirección Suroeste de la ciudad de Guadalajara. Geográficamente sus limites están situados entre los paralelos 20° 14' 29" y 20° 21' 55" latitud norte; 103° 57' 09" y 104° 07' 32" longitud oeste, dentro de los municipios de Tecolotlán,

Tenamaxtlán, San Martín Hidalgo y Cocula en el Estado de Jalisco. Según el decreto oficial, el APFF cubre una superficie de 15192ha y posee cotas altitudinales que varían entre 1350m y 2560m sobre el nivel del mar.

La Sierra esta caracterizada principalmente por formaciones boscosas de pino-encino, bosque de encino y selva baja caducifolia principalmente (Guerrero y López, 1997); siendo para la APFF el bosque de pino-encino el principal ecosistema en distribución y abundancia de especies dentro de su género. Sin embargo, los autores consideran como de especial significado a las especies *Gaultheria lancifolia*, *Dioon edule* var. *sonorense* y *Arceuthobium durangense*, ya que éstas solo son conocidas para Jalisco en la Sierra de Quila. El área posee los siguientes subtipos de suelo según la clasificación FAO/UNESCO: *Cambisol eutrico*, *Cambisol húmico*, *Feozem háplico*, *Feozem lúvico*, *Litosol*, *Luvisol crómico*, *Regosol eutrico* y *Vertisol pélico* (INEGI, 1974), además predomina un clima templado húmedo en la meseta alta, así como, un clima caliente húmedo en la vertiente sur de la misma. La precipitación pluvial promedio es de 900 mm anuales.

### 3.2 Material y equipamiento

Se utilizarán datos satelitales multiespectrales y pancromático del sensor Spot-5 (Tabla 1.). La escena entera (60km x 60km) deberá cubrir un rango de coordenadas determinadas que engloben el área de estudio, dentro de lo posible, ser adquirida en periodo de invierno conteniendo menos del 10% de nubes.

**Tabla 1.** Rango espectral del sensor Spot-5.

Banda	Resolución espacial	Espectro electromagnético
Pancromático	5 m	0.48 – 0.71 $\mu\text{m}$
B1: Verde	10 m	0.50 – 0.59 $\mu\text{m}$
B2: Rojo	10 m	0.61 – 0.68 $\mu\text{m}$
B3: Infrarrojo cercano	10 m	0.78 – 0.89 $\mu\text{m}$
B4: Infrarrojo medio	10 m	1.58 – 1.75 $\mu\text{m}$

Para la toma de datos de campo se dispondrá de: 1) Clinómetro Sunnto, 2) Cinta diamétrica, 3) Brújula, 4) Altimetro, 5) Flexometro y 6) Distanciómetro. Todos los trabajos de recolecta de datos de referencia (puntos de control), así como la selección de fuentes de verdad-terreno serán soportados por un sistema de posicionamiento geográfico (GPS), él cual deberá ser adquirido para el proyecto.

### 3.3 Proceso metodológico de gabinete

#### 3.3.1. Tratamiento de imagen

Una vez obtenidos los datos crudos de la imagen, ésta será tratada digitalmente para detectar y corregir anomalías geométricas y radiométricas. Para su georectificación se utilizará cartografía temática e imágenes referenciadas basadas en ortofotos digitales del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Con la finalidad de obtener una imagen con resolución espacial homogénea de cinco metros, serán fusionadas la imagen multiespectral y la pancromática, lo que permitirá ampliar la interpretabilidad de la misma.

Por poseer el área de estudio una topografía compleja (sistema de montaña) y con el fin de corregir la influencia del relieve y consecuentemente de la reflectancia de los objetos presentes en la imagen, se efectuará una normalización topográfica utilizando el factor C del Software Silvics. Con el fin de aumentar la potencialidad de información contenida en las bandas originales de la imagen, se extraerá de ellas información temática adicional como: una banda generada a partir del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) y tres bandas (brillo, verdor y humedad) obtenidas de una transformación Tasseled Cap. Estas bandas complementarias beneficiaran la discriminación de clases o cubiertas con comportamiento distinto de reflectividad para el proceso de clasificación, de igual manera se efectuara un análisis discriminante a fin de determinar la mejor combinación de bandas para la clasificación.

La clasificación será realizada con el software eCognition versión 3.0; el software proporciona un ambiente orientado en objetos para el análisis de una imagen. El procedimiento se basa primeramente en la extracción de objetos de la imagen para posteriormente ser clasificados por lógica difusa. El programa funciona bajo dos ambientes claves: (1) La segmentación de objetos de la imagen y sus relaciones mutuas, (2) La clasificación de objetos de la imagen y su relación mutua. La clasificación se hace evaluando rasgos de objeto y las relaciones entre los objetos conectados a una red. Esta evaluación puede ser elaborada mediante dos diferente clasificadores: Vecino más próximo o clasificador Membership (Definiens Imaging, 2001). Los tipos de vegetación y cobertura estarán basados según el sistema de clasificación de la vegetación establecidos en el estudio botánico de Guerrero y López (1997) efectuado para la Sierra de Quila. Debiendo ser las siguientes:

- 1) Bosque espinoso
- 2) Selva tropical caducifolia
- 3) Bosque de galería
- 4) Bosque de encino
- 5) Bosque de pino-encino
- 6) Bosque mesófilo de montaña
- 7) Pastizales

Cabe señalar que en base a los resultados preliminares de la clasificación, ésta podrá ser mejorada con procesos de reclasificación usando información complementaria según la disponibilidad de datos espaciales generados en un SIG (modelo de elevación de terreno). Para verificar y calcular la fiabilidad global del mapa de vegetación, se generara una matriz de confusión a partir de puntos aleatorios de referencia previamente adquiridos con un sistema GPS.

Posteriormente el mapa temático resultante se incorporará a un sistema de información geográfica para posterior análisis de patrones de fragmentación. Una imagen del satélite puede considerarse como una representación digital del mosaico que forma un determinado paisaje, por lo tanto a partir de esas imágenes pueden medirse las relaciones espaciales entre los elementos de ese mosaico, denominados parches (Chuvieco, 2002). Teniendo como base el

mapa de vegetación se crearán mapas por cada tipo de vegetación identificada, aplicando por cada mapa creado los índices de fragmentación y estructura.

Los parámetros o índices estadísticos para cuantificar la fragmentación y estructura de paisaje van desde los índices para análisis simples como: área o perímetro o para parámetros más complejos como: cálculos de vecindad o forma. Las medidas pueden ser calculadas a nivel paisaje, clase y fragmento. En base a la imagen clasificada, se determinarán las superficies de los diferentes tipos de vegetación, caracterizando sus superficies con los siguientes índices (Chuvieco, 2002):

- a) *Densidad o número de parches*: calculado por el número de parches por unidad de superficie,
- b) *Tamaño*: considerando el área media de los fragmentos,
- c) *Forma*: mide la relación de los polígonos entre su área y perímetro,
- d) *Dimensión fractal*: basada en la relación perímetro y área de polígonos íntegros de un mosaico paisajístico,
- e) *Dispersión*: referido a la fragmentación de la imagen,
- f) *Diversidad*: indica la variedad de categorías que pueden encontrarse en la imagen,
- g) *Dominancia*: representa la desviación del valor calculado respecto a la máxima diversidad y,
- h) *Contagio*: calcula valores que expresan la probabilidad de adyacencia de tipos de clase diferentes. El contagio puede dar una idea sobre el grado de agregación de fragmentos.

A fin de alcanzar los objetivos trazados se utilizarán diferentes paquetes de computo. La normalización topográfica se definirá con el software gratuito SILVICS (Satellite Image Land Vegetation Integrated Classification System), la clasificación de la imagen se desarrollará con la versión 4.0 del paquete eCognition (Definiens-Imaging GmbH); los análisis espaciales y de fragmentación con el software Arc/View Patch Analyst de ESRI (Environmental Systems Research Institute Inc.) y el software gratuito FRAGSTAT, la cartografía y ambiente SIG estará respaldada por el paquete Arc/View 3.2 (ESRI).

### **3.4. Proceso metodológico de campo**

El establecimiento de sitios de muestreo (sitios circulares) dentro de cada cobertura forestal para la estimación de la estructura horizontal y vertical, composición, abundancia y diversidad serán aleatorios. Los sitios abarcarán una superficie de 500m<sup>2</sup> (Radio: 12.62m). Los datos generales comprenden toda la información básica para cada unidad de muestreo:

#### **3.4.1 Datos del sitio de muestreo**

1. Número de sitio,
2. Exposición,
3. GPS (Coordenadas UTM),
4. Altura
5. Pendiente
6. Relieve
7. Tipo de suelo

### 3.4.2 Parámetros dasométricos

Se considerara todos los árboles  $> 7$  cm de diámetro. La numeración de los árboles parte de origen siguiendo una línea imaginaria con respecto al norte magnético siguiendo las manecillas del reloj. La identidad de cada árbol será determinada por números pintados en cada fuste. Los siguientes parámetros deberán ser considerados:

- A. Número de árbol,
- B. Especie,
- C. Diámetro a la altura de pecho (DAP)
- D. Altura total
- E. Posición sociológica
- F. Vitalidad
- G. Daño aparente

### Análisis de datos terrestres en gabinete

Los sitios serán evaluados descriptivamente mediante operaciones estadísticas y matemáticas básicas, así mismo se aplicarán y compararan por tipo de cobertura forestal y grado de fragmentación índices estructurales, composición, abundancia y diversidad.

### Estructura vertical

Las curvas de altura serán elaboradas utilizando una función logarítmica; la distribución de especies en su espacio vertical, se obtendrá utilizando el índice del perfil ( $A$ ) de Pretzsch (1996).

### Índices de diversidad y afinidad de especies

Para la estimación de la diversidad y riqueza de especies se emplearán los índices de Shannon, Evenness, Simpson y Margaleff, así como el coeficiente de similitud de Sørensen descritos por Magurran (1988).

### Abundancia, dominancia e índice de importancia ecológica

La composición de especies por tipo de vegetación se determinará sobre la base del índice de importancia ecológica (IVI), que es el producto de la suma de valores relativos (%) de la abundancia ( $N/ha$ ), la dominancia ( $m^2/ha$ ) y la frecuencia ( $N_s$ ):

## 4. Infraestructura disponible

El Departamento al que pertenezco cuenta para el desarrollo del proyecto, el equipo básico de medición forestal necesarios para la recolecta de datos de campo. Un vehículo tipo Pick Up estará asignado al proyecto para efectuar salidas de campo. Para el proceso de sistematización de la información, se cuenta con los siguientes equipos, paquetes de cómputo y sistemas de información geográfica: Silvics, Fragstat, Arc/View 3.2. En equipos periférico se puede sumar un plotter. Se debe señalar también, la vinculación que se establecerá con el comité técnico y administrativo del área de estudio, dependientes de la Secretaría de Desarrollo del Estado de Jalisco.

## **5. Incidencia del proyecto en el programa integral de fortalecimiento institucional (PIFI)**

La repercusión que traerá consigo el llevar a cabo este proyecto refuerza dos aspectos importantes que involucran primeramente, el beneficio y consolidación de una de las líneas que genera e innova el conocimiento que cultiva el cuerpo académico, siendo ésta, la evaluación y monitoreo de los recursos forestales; el segundo aspecto esta referido al mejoramiento de la calidad de los programas educativos ligados directamente con la aplicación del área de conocimiento que exige el proyecto, y que académicamente oferta de manera especializante u optativa la dependencia de educación superior a la que pertenezco, como son: Manejo de Áreas Naturales, Ecología Forestal, Ecología de Comunidades, Dasometría, Inventarios Forestales, Silvicultura, Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota entre otras, lo que podrá coadyuvar a una readecuación y/o paulatina actualización del contenido de cada uno de sus programas teóricos, así como integrar mejores practicas.

## **6. Resultados esperados**

Los resultados que se espera obtener al cabo del año que contempla la fase del proyecto son los siguientes:

1. Disponer de un mapa actualizado de la cobertura vegetal y uso del suelo en escala 1:50000, del área de estudio en formato análogo y digital compatible con SIG
2. Generar mapas por tipo de cobertura forestal y grado de fragmentación
3. Obtener un diagnostico cuantitativo de la estructura forestal que permita zonificar prioridades de gestión, ajustar programas de monitoreo y contar con bases más objetivas para la evaluación y manejo de la diversidad.
4. Contar con la cuantificación y caracterización de la estructura del paisaje de bosques fragmentados
5. Generar material actual y representativo del área natural para la consulta de estudiantes, científicos y publico en general interesados en el conocimiento de los recursos naturales.
6. Fortalecer la participación en la investigación científica con miembros y colaboradores del cuerpo académico, así como del estudiantado.

Contemplando ampliar el ámbito, cooperación, conocimiento y discusión en el desarrollo de proyectos, de resultados alcanzados y de aplicaciones futuras, se pretende presentar las experiencias obtenidas en foros de discusión, jornadas, simposiums o congresos referidos sobre el sensoramiento remoto aplicado en la forestaría y temas afines.

## 7. Referencias Bibliográficas

Aguilar, C., Martínez, E. y Arriaga, L. (2004): *Deforestación y fragmentación de ecosistemas*. Pagina-Web:

[http://www.conabio.gob.mx/institucion/conabio\\_espanol/doctos/deforestacion.html](http://www.conabio.gob.mx/institucion/conabio_espanol/doctos/deforestacion.html)

Civco, D. L. (1991): *Topographic normalisation of Landsat Thematic Mapper digital imagery*. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 55. No. 9. pp. 1303-1309

Chuvieco, E. (2002): *Teledetección ambiental*. Editorial Ariel, Barcelona, España. 580 p.

Definiens imaging GmbH (2004): *eCognition Professional 4.0 User Guide*. Munich, Germany.

FAO (2000): *Global Forest Resource Assessment 2000: main report*. FAO-Roma. pp. 394.

Forman, R.T.T., and Godron, M., 1986. *Landscape Ecology*. J. Wiley and Sons, New York.

Guerrero, N. J. J. y López, C. G. 1997. *La vegetación y la flora de la Sierra de Quila, Jalisco*. Universidad de Guadalajara. México. 91 p.

Häusler, T., Akgöz, E., Gallaun, H., Schardt, M., Ekstrand, S., Löfmark, M., Pelz, D. and Obergföll, P. (1999): *Monitoring changes and indicators for structural diversity of forested areas*. IUFRO Conference of remote sensing and forest monitoring, June 1-3, 1999, Rogow, Poland.

INEGI (1974): *Carta Edafológica 1:50000*. Cartas Atengo (F13D73) Cocula (F13D74) y Tecolotlán (F13D83). INEGI. México.

Ivits, E. und Koch, B. (2002): *Optimierung der Erfassung der Landschaftsdiversität auf der Basis von Satelliten- und Luftbildern: Ein europäisches Landschaftskonzept*. In IÖR Schriften, Band 40, Dresden, 2003.

Jensen, J. R. (1996): *Introductory digital image processing. A remote sensing perspective*. 2<sup>nd</sup> Edition. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, New Jersey. 318 p.

Laurence, F. W. and Bierregar, R. (1997): *Tropical forest remnants ecology management and conservation of fragmented communities*. University of Chicago Press.

Lillesand, T. M. and Kiefer, R. W. (2000): *Remote sensing and image interpretation*. 4<sup>th</sup> Edition. Wiley and Sons. USA. 724 p.

Magurran, A. (1988): *Diversidad ecológica y su medición*. Ediciones Vedral. 200 p.



Mas, J-F. (1998): *Deforestación y fragmentación en la región de la Laguna de Términos, Campeche: un análisis del periodo 1974-1991*. Pagina-Web:

[http://indy2.igeograf.unam.mx/ua\\_morelia/\\_private/1998/Selper98/te3w.htm](http://indy2.igeograf.unam.mx/ua_morelia/_private/1998/Selper98/te3w.htm)

Mas, J-F., Velazquez, A., Palacio-Prieto, J. L., Bocco, G., Peralta, A. and Prado, J. (2002): *Assesing forest resources in Mexico: Wall-to-Wall land use/cover mapping*. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. Vol 68, No. 10. pp. 966-968.

McGarigal, K. y Marks, B.J. (1995): *Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. Portland, OR: USDA, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 122 p.

Pretzsch, H. (1996): *Zum Einfluss waldbaulicher Maßnahmen auf die räumliche Bestandesstruktur. Simulationsstudie über Fichten-Buchen-Mischbestände in Bayern. Biodiversität und nachhaltige Forstwirtschaft*. Forum Genetik-Wald-Forstwirtschaft. Ecomed Verlag AG & Co. KG. S. 177-199.

Richards, J. A. and Xiuping, J. (1999): *Remote sensing digital image analysis*. Springer-Verlag. pp. 184-199.

Rondeux, J. (1999): *Inventarios forestales y biodiversidad*. Unasyuva No. 196. Vol. 50. FAO, Roma.

Santiago, P. A. L. (en preparación): *Efecto de la fragmentación de habitat en el bosque mesófilo de montaña de la estación científica las joyas, sierra de manantlán*. Tesis de Maestria. CUCBA-Universidad de Guadalajara.

Schmidt, W. und Weckesser, M. (2001): *Struktur und Diversität der Waldvegetation als Indikatoren für eine nachhaltige Waldnutzung*. Forst und Holz Jg. 56 Nr. 15. S. 493 498.

Semades (2003): *Areas naturales protegidas. Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable*. Web-Seite: <http://semades.jalisco.gob.mx/site/index.htm>

Semarnat (2003): *Programa sectorial de medio ambiente 2001-2006, áreas naturales protegidas*. Web-Seite: <http://148.233.168.204/programas/documentos/index.shtml>

Velázquez, A., Mas, J. F., Palacio-Prieto, J. L. and Bocco, G. (2002): *Land cover mapping to obtain a current profile of deforestation in Mexico*. Unasyuva 210, Vol. 53. pp. 37-40.

Villavicencio, G. R. (2004): *Kartierung von Vegetationsstrukturen und deren Veränderung in Naturschutzgebieten mit Hilfe von Fernerkundung und terrestrische Inventurverfahren – dargestellt am Beispiel des Schutzgebietes für Flora und Fauna “Sierra de Quila” im Bundesstaat Jalisco im Westen Mexikos*. Diss. Forstwiss. Universität Freiburg. Cuvillier Verlag Göttingen. 161 S.

Walter, H. & S.-W. Breckle, S.-W. (1999): *Vegetation und Klimazonen*. 7. Aufl.; Ulmer-Verlag Stuttgart, 544 pp.

Weiers, S., Wissen, M., Bock, M. und Schade, B. (2001): *Satellitenfernerkundung im Naturschutz –vom Pilotprojekt zur operationellen Anwendung-*. Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation Nr. 3. S. 177-188.

Williams-Linera, G., V. Domínguez-Gastelu, and M. E. Garcia-Zurita. (1998): *Microenvironment and floristics of different edges in a fragmented tropical rainforest*. Conservation Biology 12 (5): 1091-1102

Zerda, R. H. (1998): *Monitoring der Vegetations- und Landnutzungsveränderungen durch Brandrodung und Übernutzung im Trocken-Chaco Argentiniens mit Satellitenfernerkundung und GIS*. Diss. Forstwiss. Universität Göttingen. Cuvillier Verlag. 171 S.