

EVOLUCIÓN DEL PAISAJE Y ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA RESERVA FORESTAL EL CHORÉ

EVOLUTION OF LANDSCAPE AND THE STATE OF CONSERVATION OF "EL CHORE"
FOREST RESERVE

Jesús Pinto

Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Departamento de Geografía e Informática, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. *E-mail:* jpinto@museonoelkempff.org

RESUMEN: La Reserva Forestal el Choré ha sido sometida a una fuerte presión antrópica en los últimos años, el objetivo de presente estudio fue analizar la evolución del paisaje y el estado de conservación en el que se encuentra el Choré. Se utilizaron imágenes Landsat TM y ETM las cuales se clasificaron para identificar la deforestación y el cambio ocurrido entre los años 1992 y 2004, también con las imágenes clasificadas se pudo determinar la evolución del paisaje utilizando los programas de análisis del paisaje, Fragstats 2.0 y Patch Analyst 3.1. En base a lo anterior, también se logró determinar el estado de conservación instantáneo, una metodología empleada por la WWF en la evaluación del estado de conservación de los ecosistemas terrestres en Latinoamérica y el Caribe. Como resultado se llegó a determinar la evolución del paisaje y la pérdida de cobertura vegetal para los años 1992 y 2004 además del estado de conservación, identificando los principales factores causantes de la fragmentación y la pérdida de cobertura vegetal en la Reserva Forestal el Choré.

Palabras clave: Análisis multitemporal, uso de suelo, deforestación fragmentación, métricas de paisaje, conservación.

ABSTRACT: Because el Choré forest reserve has been subjected to a strong antropic pression in the last years, the objective of this study is to analyze the landscape evolution and its conservation state. For doing so, Landsat TM and ETM imagine systems were used, which were classified to identify the deforestation from 1992 to 2004. What is more, with these imagines, the landscape evolution was determined by using software of landscape analysis such as Fragstats 2.0 and Patch Analyst 3.1. Based on the previous studies, it was achieved to determine an instantaneuous conservation state, used by the WWF on evaluation of the conservation states on ecoregion lands of Latin America and the Caribbean Islands. As a result, it was revealed the landscape evolution and the loss of vegetation between the years 1992 and 2004, as well as the state of conservation of the Choré, identifying the main factors that caused the fragmentation and deforestation.

Key words: Multitemporal analysis, land cover used, deforestation, fragmentation, landscape metrics, conservation.

INTRODUCCIÓN

La transformación del paisaje ha significado un importante deterioro de los recursos naturales, escénicos y culturales debido a la prolongada historia de perturbaciones antrópicas relacionadas con el sobre pastoreo y la utilización de lo suelos agrícolas, la tala indiscriminada y la expansión urbana. Estas perturbaciones han producido impactos negativos sobre el paisaje, como la degradación de la cubierta vegetal natural y la calidad del suelo y en algunos casos del comportamiento hidrológico (Fuentes, 1994; Arroyo, 1999).

Los paisajes naturales sufren profundas alteraciones producto de las actividades y los disturbios naturales, los efectos directos e indirectos de estas alteraciones, como la deforestación y la fragmentación del paisaje, producen una serie de parches de vegetación remanente rodeados por una matriz de vegetación distinta u otra categoría de uso de suelo y esto puede provocar a corto o largo plazo el cambio y/o la pérdida de flora, fauna y de los ecosistemas. Debido a la incidencia de la fragmentación, la deforestación, los usos de la tierra en el equilibrio de los procesos ecológicos, es de central importancia adaptar metodologías para la identificación de áreas fragmentadas o en proceso de fragmentación, y así determinar los efectos que producen los mismos.

Los patrones espaciales de deforestación en las tierras bajas están fuertemente influenciados por la historia económica y la dinámica espacial y temporal de la colonización, esto se puede asumir como el resultado de cambio en los mosaicos de paisaje que están fuertemente influenciados por procesos socio-económicos y es además una de las propiedades inherentes del medioambiente. Sin embargo remontando los datos estos pueden ser utilizados para examinar la evolución temporal del paisaje (Read et al., 2001; Burel y Baudry, 2002), sin olvidar que estos datos pueden ser susceptibles de modificación.

En el presente trabajo se han examinado los mosaicos espaciales creados por caminos construidos, colonización agrícola y extracción maderera en la reserva forestal el Choré, para establecer: (1) la evolución del paisaje y la fragmentación en la última década; y (2) el estado de conservación en la que se encuentra dicha reserva.

MÉTODOS

Área de estudio

El presente estudio se efectuó en la Reserva Forestal el Choré (Fig. 1) ubicada en el departamento de Santa Cruz, Provincia Ichilo, cuyo límite se demarca por las coordenadas 15°55' a los 17° latitud sur y entre 63°35' y los 64°50' longitud oeste. El rango altitudinal oscila entre los 200 y 250 m y cuenta con una superficie actual de 773.692 hectáreas (siendo la superficie anterior 1.000.050 ha.). La precipitación media anual es de 2.100 a 2.900 mm anuales, con una temperatura media anual de 23.6 °C. En el área se reconocen dos zonas de vida distintas: el bosque húmedo subtropical en el extremo sur de la reserva, y la transición a subtropical del bosque húmedo tropical hacia el norte.

En el Choré existen alrededor de 25 concesiones forestales, las cuales cuentan con un total de 350.847 ha, en el lugar también se pueden encontrar comunidades que ocupan un territorio de 119.895 ha., haciendo un total de ocupación espacial de 470.742 ha.



Figura 1. Ubicación del área de estudio
Figure 1. Location of the study area.

Metodología

El presente estudio se realizó en el año 2005, para su realización fue dividido en tres fases (fase de pre-campo, de campo y post-campo) En la fase de pre-campo se realizó la colecta de información necesaria para el desarrollo del estudio. En la fase de campo se realizó un viaje al área de estudio el cual consistió en realizar observaciones directas para determinar los tipos de alteración y toma de puntos de GPS en las zonas donde se encontraban asentamientos humanos. En la fase post-campo se utilizaron imágenes satelitales Landsat TM y ETM 231_071, 231_072, 230_071, 230_072 de los años 1992 y 2004, para examinar la evolución de la fragmentación. Estas imágenes fueron geo-referenciadas con un RMS error de 0.3 píxeles. Se utilizó la metodología de clasificación no supervisada para identificar los cambios ocurridos en el paisaje utilizándose además el programa ERDAS IMAGINE versión 8.7.

En la fase de campo se realizó un viaje al área de estudio el cual duró 45 días y consistió en realizar observaciones directas para determinar los tipos de alteración, los mismos que coincidieron con la literatura consultada. El área de estudio es una reserva forestal cuya mayor intervención se realiza por medio de extracción maderera legal e ilegal realizada por los comunitarios que venden esporádicamente la madera a un costo más bajo que la madera legal. Las comunidades asentadas en el lugar realizan agricultura de subsistencia, en

pequeña parcelas (ver Apéndices 1 y 2) en las que cultivan arroz, yuca, plátano, etc. significando la mayor fuente de ingresos para las mismas.

Las clases resultantes de la clasificación fueron áreas *cultivadas/deforestación*, bosque, sabanas, *barbechos/no bosque*. Estas imágenes clasificadas se analizaron utilizando el programa PATCH ANALYST versión 3.1/FRAGSTATS versión 2.0 que es una extensión del programa ARC VIEW y se calcularon 4 métricas de paisaje y un índice de fragmentación para la reserva el Choré. Las métricas calculadas fueron: número de fragmentos (NUMP), tamaño medio de los fragmentos (MPS), distancia media del vecino más cercano (MNN), coeficiente de variación del tamaño medio de los fragmentos (PSCoV) y el índice de fragmentación fue el índice de proximidad media (MPI).

También se realizó el análisis del estado de conservación instantáneo, una metodología propuesta por la WWF (1995). Con los datos obtenidos mediante la clasificación de las imágenes, se calculó además: la tasa de deforestación, la estabilidad de ubicación y la estabilidad de residencia (cambios de cobertura).

RESULTADOS

Análisis de la evolución del paisaje

El análisis e interpretación general de las métricas y el índice de fragmentación que determinan la evolución del paisaje en la reserva forestal el Choré, se describen de manera resumida en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores de las métricas y el índice de fragmentación obtenidas para los paisajes de bosque y llanos.
Table 1. Metric values and the index of fragmentation for the landscape of the forest and plain.

PAISAJE	NUMP	MPS	MNN	PSCOV	MPI
BOSQUE					
1992 - 2001	4800.000	1418335.271	734.69	6833.181	12950.27
2002 - 2004	6870.000	972742.096	722.53	8133.860	12761.14
LLANOS					
1992 - 2001	17818.000	56106.768	1034.23	2805.946	60.92
2002 - 2004	18169.000	54004.772	1028.93	2876.906	60.63

Número de parches

En la Tabla 1 y Figuras 1a y 1b, se puede observar que existe un aumento en el número de parches de bosque y llanos, confirmando que ha existido un proceso de fragmentación o división de las manchas grandes en un número mayor de manchas pequeñas.

Tamaño medio de los parches

En el mismo cuadro se puede evidenciar que los parches grandes fueron fragmentados o divididos debido a distintas actividades antrópicas, produciendo una disminución general del tamaño de los parches en la clase bosque y la clase llanos, para los dos periodos de estudio, Figuras 2a y 2b.

Coeficiente de variación del tamaño medio de los fragmentos

En el mismo cuadro se puede observar que el coeficiente de variación no es muy alto entre los dos periodos de estudio lo que representa una uniformidad en la distribución de tamaño de los fragmentos (Figuras 3a y 3b).

Distancia media del vecino más cercano

En la Tabla 1 y figuras 4a y 4b, se observa que la distancia media entre fragmentos (en metros) se hace más pequeña debido a que existe una división de los mismos, producida por actividades humanas, tales como agricultura, urbanización, etc.

Índice de proximidad media

El índice de proximidad media es un índice que mide los valores de una misma clase (uso de suelo) y muestra el grado de fragmentación y conectividad, los valores obtenidos fluctúan de 0 a infinito. Paisajes con valores reducidos indican que se encuentran mas fragmentados y aislados que paisajes con valores altos indican que se encuentran menos fragmentados. Para los dos periodos de estudio se muestra que la conectividad y la fragmentación en la reserva forestal el Choré, se alejan del 0, como podemos observar (Tabla 1, Figuras 5a y 5b).

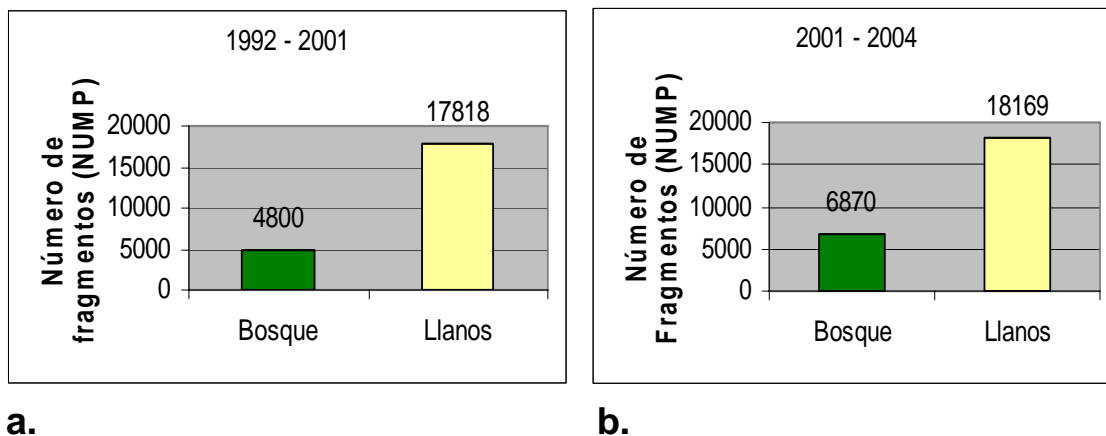
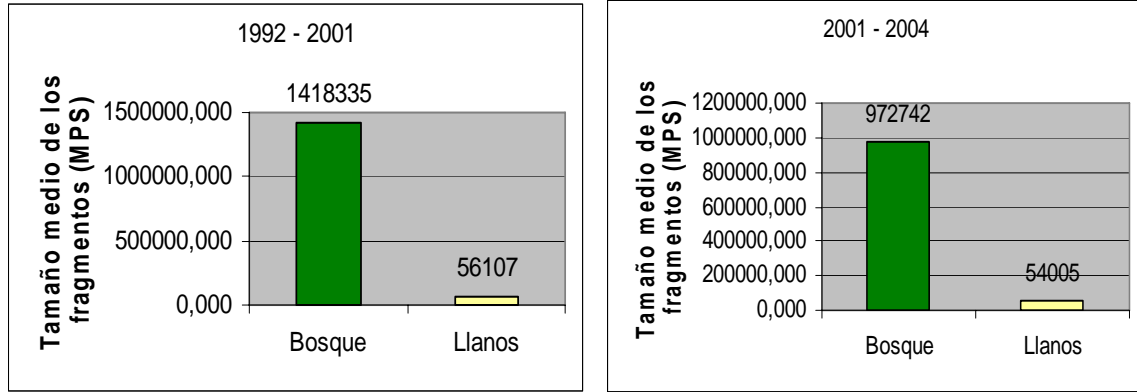
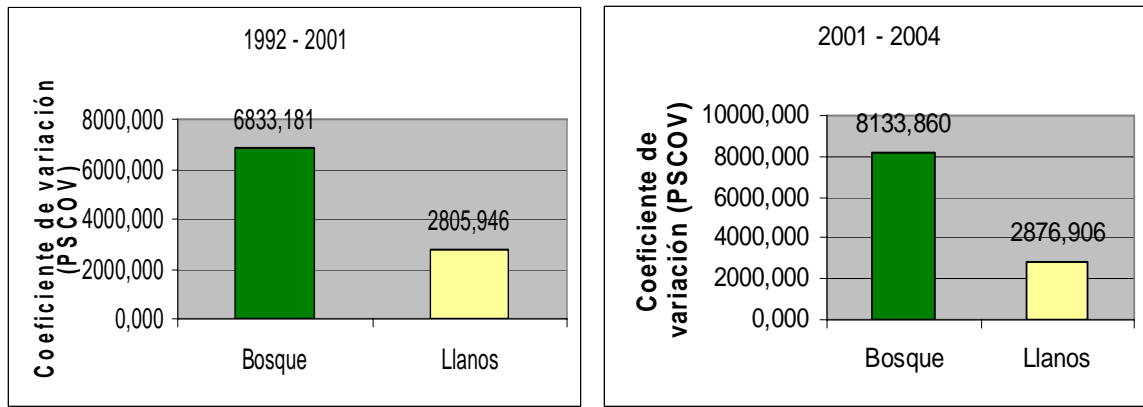


Figura 1. Histogramas que muestran los valores de número de fragmentos, (a) periodo entre 1992 y 2001 y (b) periodo entre 2001 y 2004.

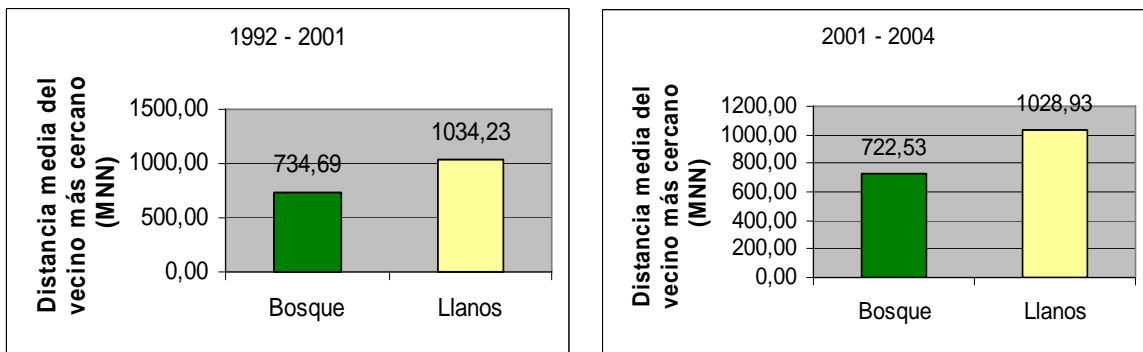
Figure 2. Histograms showing the number of patches, (a) period 1992 to 2001 and (b) period 2001 to 2004.



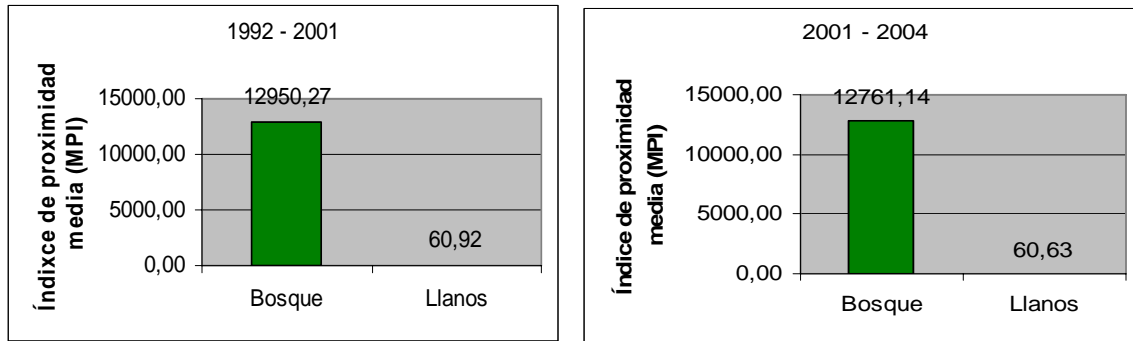
a. **b.**
Figura 2. Histogramas que muestran los números de fragmentos de las clases de bosque y llanos para los dos periodos de estudio.
Figure 2. Histograms showing the number of patches classes of forest and plain for the two periods of study.



a. **b.**
Figura 3. Histogramas con los valores de los coeficientes de variación para los periodos de estudio.
Figure 3. Histogram with values of the coefficient of variation to the periods of study.



a. **b.**
Figura 4. Histogramas que muestran los valores de la distancia media del vecino más cercano, (a) periodo 1992 – 2001 y (b) periodo 2001 – 2004.
Figure 4. Histograms showing the values of the closest neighbor distance, (a) 1992 – 2001 period and (2) 2001 – 2004 period.



a.

b.

Figura 5. Histogramas con los valores del índice de proximidad media que muestran el avance de la fragmentación.

Figure 5. Histograms showing the proximity index values (advance of fragmentation).

Análisis del estado de conservación

El estado de conservación en que se encuentra la Reserva Forestal el Choré es relativamente estable (Tabla 2), aspecto resaltable dada su importancia en la dotación de agua y la economía del norte integrado, ello al margen del valor de conservación intrínseco.

Tabla 2. Estado de conservación Instantáneo para la Reserva Forestal el Choré.

Table 2. State of instantaneous conservation for El Chore Forest Reserve.

Año	Pérdida de hábitat original	Tamaño medio de los fragmentos	Número de áreas de hábitat original	Grado de fragmentación	Estado de conservación instantáneo
Bosque					
Hasta 1992	92890.6	1418335.271	4800.000	12950.27	Relativamente Estable
Hasta 2004	105418.15	972742.096	6870.000	12761.14	Relativamente Estable

Una inferencia a partir del presente análisis, es que la mayor parte de los bosques no están siendo deteriorados o fragmentados, pero habría que seguir realizando este tipo de estudios para tomar decisiones para el manejo y conservación de la Reserva.

Análisis de la deforestación y la estabilidad de residencia

Con el fin de apoyar al análisis del estado de conservación en la Reserva Forestal el Choré, se analizó también la tasa de deforestación del área de estudio, además de los índices de estabilidad de ubicación y estabilidad de residencia (cambios de coberturas).

La reserva forestal el Choré presenta un total deforestado de 92.890,6 ha hasta el año 1992 y 10.541,845 ha de bosque hasta el 2004 (Figura 6), haciendo un porcentaje de deforestación del 13.62%, la deforestación entre el año 1992 y el 2004 es de 12.527,55 ha. (Apéndices 1 y 2).

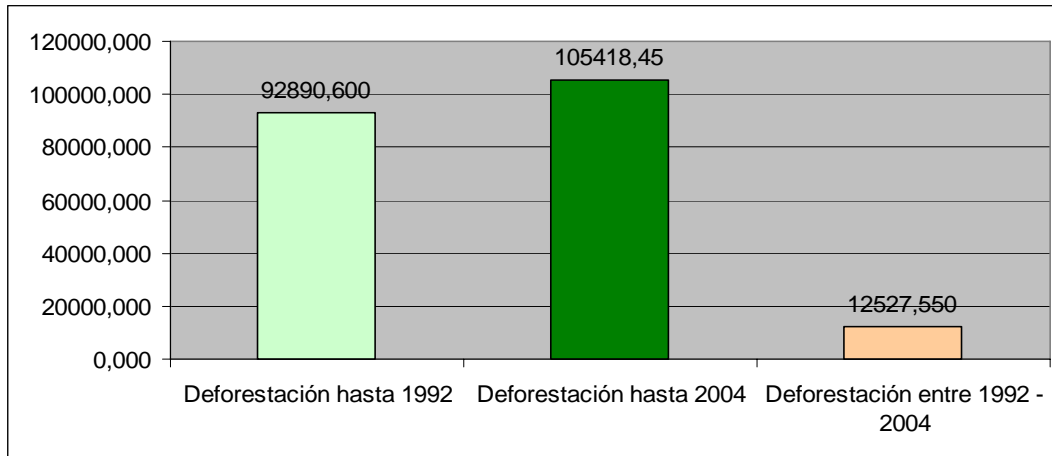


Figura 6. Histogramas con los valores de deforestación hasta los dos periodos de estudio además de la deforestación entre los dos periodos de estudio.

Figure 6. Histogram with values of deforestation until the two periods of study, beside of deforestation between the two study periods.

La estabilidad de residencia nos muestra cual fue el cambio de coberturas, para un periodo de estudio determinado, para el caso del área de estudio, el análisis fue desde 1992 hasta el 2004; la estabilidad de residencia es de 0.000184011, lo que significa que la cobertura boscosa no ha tenido un cambio drástico más bien éste se mantiene, coincidiendo con el análisis del estado de conservación que nos muestra que la Reserva Forestal el Choré se encuentra hasta el 2004 relativamente estable.

DISCUSIÓN

Según la Agencia Europea de Medio Ambiente (1999), con su método Corine Land Cover (CLC), para obtener los índices de fragmentación, se debe realizar primeramente un análisis de tipos de cobertura con un área mínima mapeable de 6,2 ha., con tres fases que son: una fase de pre-campo, una de campo y otra de post-campo, con las cuales se realiza una clasificación supervisada, obteniendo una clasificación por niveles para luego analizar los datos y determinar los índices de fragmentación que son medidos en una tabla de valores de mínimo a extremo.

Acorde con los resultados del presente trabajo para la obtención de los índices de fragmentación se debe realizar una etapa de pre-campo para realizar la clasificación no supervisada y después el análisis del paisaje para la obtención de los índices de fragmentación, tanto el *Corine Land Cover* de la Agencia Europea de Medio Ambiente y el *Análisis del Paisaje* de la universidad de California (Patch Analyst), que se utilizó en el presente estudio, usan la tabla de valores de mínimo a extremo para la determinación del avance de la fragmentación, además de que ambos también son análisis multitemporales y son confiables para realizar este tipo de análisis.

Existen dos análisis para determinar el estado de conservación propuestas por la WWF, (1995), siendo estas: el estado de conservación final y el estado de conservación instantáneo. El análisis de estado de conservación instantáneo se adecuó mejor al presente

estudio ya que utilizó datos que varían en tiempo y espacio utilizando además las categorías propuestas por la UICN en el Libro Rojo de datos, (1995) como sistema para la determinación del estado de conservación de especies, poblaciones y ecosistemas.

Por su lado el análisis del estado de conservación final es muy bueno para determinar el estado de conservación, aunque el mismo se aplica mejor a nivel continental ya que se trabaja con datos finales, en cambio el análisis de estado de conservación instantáneo es un análisis que se aplica mejor a una escala regional y los datos con los que se trabaja pueden ir variando en el tiempo y adecuarse a futuros estudios.

CONCLUSIONES

En términos generales durante el lapso de doce años la reserva forestal el Choré ha perdido unas 105.418,45 ha de bosque, transformadas principalmente de bosque a cultivos o áreas antrópicas. Con las imágenes de satélite de fecha más antigua y más reciente (1992- 2004), se puede resumir que el proceso de cambios que han afectado a la zona de estudio en los 12 años, resulta evidente mostrando una marcada tendencia al retroceso de la cubierta forestal, en beneficio de la utilización agrícola y el crecimiento de áreas antrópicas. El mapa de deforestación permite observar un aumento de la fragmentación. En tal sentido el índice de fragmentación encontrado en el área de estudio para el año 1992 es de 12.950,27, mientras que para el año 2004 el índice de fragmentación (12.761,14) muestra una fragmentación moderada. Como resultado de la deforestación en la zona de estudio, los bosques muestran una notoria disminución entre los años analizados (12527,55), además, a causa de este proceso, hay áreas de tierras forestales que se han fragmentado entre los años 1992 y 2004, pese a ello y mediante el análisis del estado de conservación se pudo determinar que el mismo se encuentra en estado relativamente estable de acuerdo a la clasificación de la UICN.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio fue realizado como pasantía de la carrera de Biología, la cual fue apoyada por las siguientes instituciones: Departamento de Geografía e Informática del Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado por su apoyo en las fases de pre-campo y post-campo. FOMABO de la Carrera de Ing. Forestal, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno por su apoyo económico en la fase de campo. A Marcelo Siles por su apoyo científico. A Eydh Miranda por su apoyo en la fase de campo. *Dedicatoria:* Este trabajo esta dedicado a todas las personas que hicieron posible su realización, pero en especial para mi Angelito Mijael y a mi amadísima señora Rocio Bonilla.

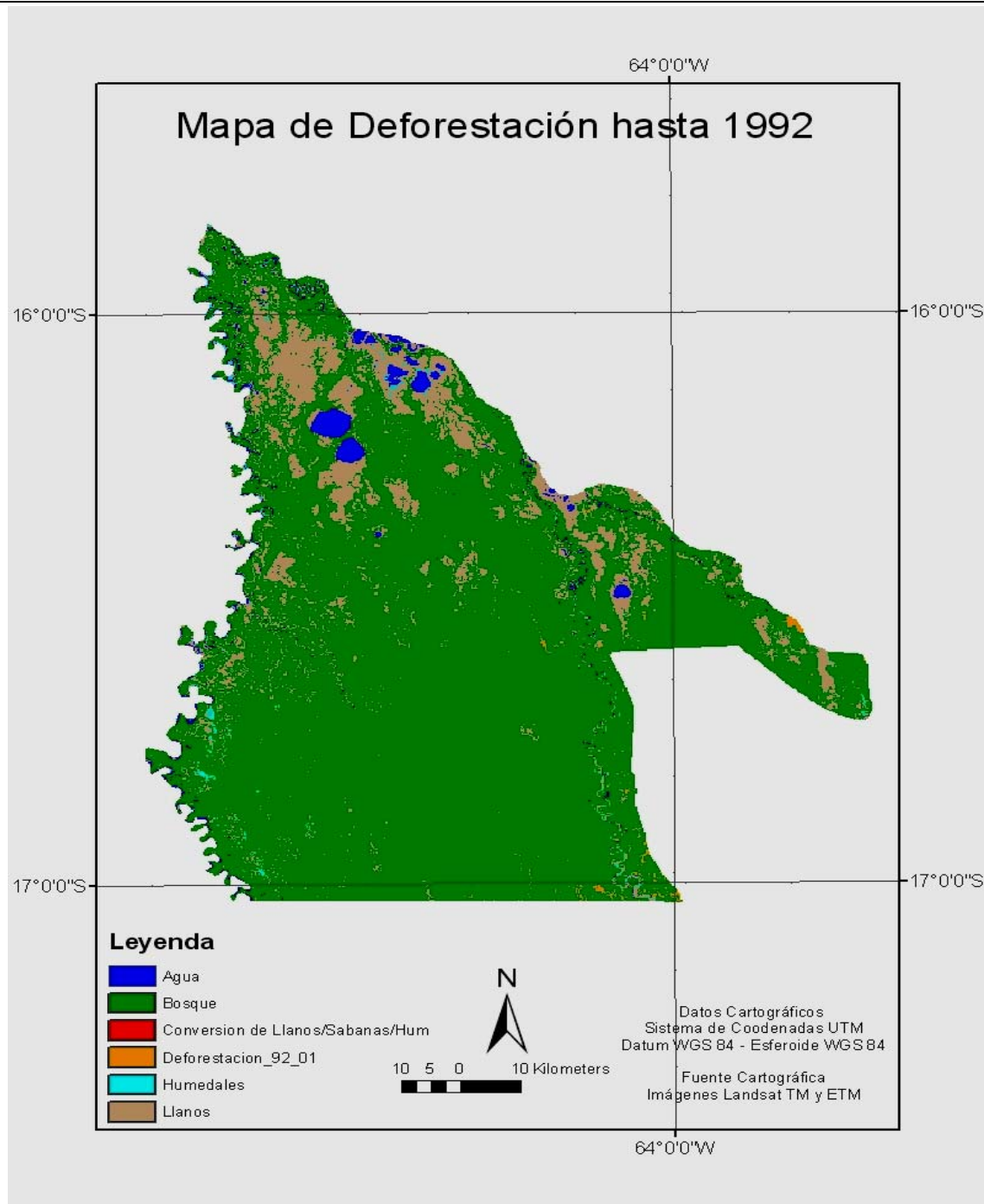
LITERATURA CITADA

- ARMENTERAS, D. 2000. Indicadores de distribución, protección y fragmentación de ecosistemas. Instituto A. Von Humboldt. Bogotá, Colombia.
- BOLGER, D.T., T.A. SCOTT, & J.T. ROTENBERRY. 2001. Use of corridor-like landscape structures by bird and small mammal species. *Biological Conservation*, 102(2) 213-224.
- BUSTAMANTE, R. & A. GREZ. 1995. Consecuencias ecológicas de la fragmentación. Madrid, España.
- BUREL, F. & J. BAUDRY. 2002. *Ecología del Paisaje*, Ediciones Mundi Prensa, Barcelona, España.

ISSN: 1991-4652

- CAMACHO, O. 2001. Tasa de deforestación del departamento de Santa Cruz 1993 – 2000. Superintendencia Forestal y Bolfor, Santa Cruz, Bolivia.
- CHUVIECO, E. 1996. Fundamentos de teledetección espacial. 3a ed. Revisada. Rialp, Madrid, España.
- DINERSTEIN, E. et al. 1995. Una Evaluación del Estado de Conservación de las Eco regiones Terrestres De América Latina y el Caribe. WWF, Washington, D.C. Estados Unidos.
- FROHN, R.C. 1997. Environmental Systems Research Institute (ESRI). 2000. ArcView GIS. Versión 8. Environmental Systems Research Institute, Redlands C.A.
- GANTZ, A. & J. RAUL. 1999. Relación entre el tamaño mínimo de fragmentos boscosos y su riqueza de especies de aves en el sur de Chile. *Ann. Mus. Hist. Valparaíso*, 24: 85-90. Chile.
- GASCON, C, T.E. LOVEJOY, & J.R. MALCOM. 1999. Matriz habitat and species richness in tropical forest remnants. *Biological Conservation* 91: 223-229
- GEHLHAUSEN S.M., M. SCHWARTZ, & C. AUGSPURGER. 2000. Vegetation and microclimatic edge effects in two mixed mesophytic forest fragments. *Plant Ecology*, 147:21-35.
- GREZ, A., R.O. BUSTAMANTE, J.A. SIMONETTI, & L. FAHRIG. Landscape Ecology, Deforestation and Forest Fragmentation: The Case Of The Ruil Forest In Chile. <http://www.brocku.ca/epi/lbk/grez.html>. Accedido el 12 de diciembre de 2004.
- IBISCH, P. & G. Mérida. 2003. Biodiversidad la riqueza de Bolivia, Editorial FAN, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- JENKINS M.A. & G. R. PARKER. 2000. Changes in the Forest Landscape of the Charles C. Deam Wilderness, Southern Indiana, 1939-1990. *Natural Areas Journal* 20: 46-55.
- LAWRENCE, W.F. 1997. How to creatively fragment a landscape *Conservation Biology* MacGarigal, K. & Marks, B. J. 1994. FRAGSTATS: Manual. Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure.
- MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE 2003. Fragmentação de Ecosystemas, Brasília, Brasil.
- MURCIA C. 1995. Edge effects in fragmented forests: Implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution*.
- NAVARRO G., 2004. Geografía Ecológica de Bolivia, Editorial Centro de Ecología Simón I. Patiño, Santa Cruz, Bolivia.
- NAVARRO G. 2000. Evolución del Paisaje y Alternativas de Ordenamiento sostenible en la Región del Chapare, Bolivia, Editorial Centro de Ecología Simón I. Patiño, Santa Cruz, Bolivia.
- PINTO, J.N. 2006. Ecología del paisaje en el Municipio de San Julián Santa Cruz – Bolivia. Tesis, Universidad Gabriel Rene Moreno, Santa Cruz, Bolivia.
- RUDAS G., D. Armenteras, S.M. Sua & N. Rodríguez. “Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en la Amazonia Colombiana–2002”. Informe Final de Resultados. Proyecto Diseño e Implementación del Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en la Amazonia Colombiana. Instituto Humboldt, CDA, Corpoamazonia, Cormacarena, Instituto Sinchi, Unidad de Parques, Ministerio del Medio Ambiente (Crédito BID 774 OC/CO), Bogotá. (114 páginas + 6 documentos anexos)
- STEENMANS, C. & U. PINBORG. <http://europa.eu.int/comm/agriculture>. Accedido el 15 de Febrero de 2005.
- TURNER & CORLETT. 1996. The conservación value of small isolated fragments of lowland tropical rain forest. *Trends in Ecology & Evolution*. Whitmore T. C., USA.

Apéndice I. Mapa de deforestación de la Reserva Forestal el Choré hasta el año 1992.
Appendix I. Map of deforestation of El Chore Forest Reserve until 1992.



Apéndice 2. Mapa de deforestación de la Reserva Forestal el Choré hasta el año 2004.
Appendix 2. Map of deforestation of the El Chore Forest Reserve until 2004.

