

Uso del suelo, cobertura y fragmentación de bosques montanos tropicales del Parque Nacional y Área Natural de manejo Integrado Serranía del Iñao

Soil use, cover and fragmentation in montane tropical forest of the Serranía del Iñao National Park and Natural Integrated Managed Area

Reinaldo Lozano Ajata ^{1*} & Cristhian Negrete ^{1,2}

¹ Proyecto BEISA 3, Instituto de Agroecología y Seguridad Alimentaria, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Casilla postal 1046, Calle Calvo N° 132, Sucre- Bolivia.

² Carrera de Ingeniería en Desarrollo Rural, Facultad Ciencias Agrarias. Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca,

*mussreyraldo@gmail.com

Resumen

El análisis del cambio de cobertura y uso de suelo, tiene una importancia relevante para el manejo y conservación de los Bosques Tropicales. El objetivo de la investigación fue identificar el cambio de uso, cobertura y fragmentación del suelo entre los periodos 2000 y 2011 en un Bosque Subtropical. Usando imágenes satelitales LandSat 5 y Sistemas de Información Geográfica para el procesamiento. Se identificaron Tres categorías generales Agricultura, Matorral y Bosque, este ultimo presentó una mayor proporción en disminución en superficie de 4 000 ha, para Matorral se redujeron 11 330 ha y en Bosque 17 415 ha. La vegetación natural redujo las superficies en las categorías: Bosque perturbado denso, Bosque perturbado ralo y Matorral denso, con un incremento porcentual en la categoría Bosque denso y el matorral ralo. Para el uso de suelo agrícola (AGR), se tuvo una ligera reducción porcentual para el año 2011. El número de fragmentos incrementó en las categorías Bosque Denso y Agricultura (BOD y AGR) en una proporción menor al 50%.

Palabras clave: Bosque montano, cobertura, fragmentación, suelo.

Abstract

The analysis of change in cover and soil use has a degree of importance relevant to the management and conservation of Tropical Forests. The objective of the investigation was to identify the change in use, coverage and fragmentation of soil in the period between 2000 and 2011 in a Subtropical Forest, using LandSat 5 satellite images and GIS for processing information. Three general categories were identified, Agriculture, Scrub, and Forest. Agriculture was observed to have reduced 4000 ha. Scrub reduced 11300 ha and Forest 17145 ha. Natural vegetation reduced the coverage in the categories: Dense disturbed forest, Thin disturbed forest, and Dense scrub, with a percentage increment in the category Dense forest, and Thin scrub. For the use of agricultural soil AGR, there was a slight percentage reduction for the year 2011. The number of fragments increased in the categories BOD and AGR, less 50%.

Key words: Cover, fragmentation, soil, tropical forest.

Introducción

El uso del suelo es el resultado de la interacción de una serie de factores biofísicos que operan en un rango de escalas espaciales y temporales (Rodríguez 2011). En este sentido la magnitud y velocidad de las alteraciones antropogénicas sobre los recursos naturales por parte de las sociedades humanas ponen presión en el uso del suelo (Trejos 2004, Lambin et al. 2006).

Se estima que durante el último siglo, la mayor parte de los ecosistemas mundiales fueron afectados por el cambio del uso del suelo y los impactos se han producido por la pérdida y transformación de ecosistemas boscosos para el desarrollo agrícola, ganadero, forestal y urbano (Bocco et al. 2009, Von-Thaden 2012). Los ecosistemas boscosos también incluyen áreas naturales protegidas (AP), que están sufriendo cambios y modificaciones en la estructura y funcionalidad de los paisajes, además se debe agregar que la fragmentación de los hábitats naturales en áreas protegidas por acción antropógena es más acentuada que en los naturales los cuales conducen a la reducción de la biodiversidad (Fernández 2000, Vallecillo 2009). Los factores demográficos, en particular la relación entre el incremento poblacional y la expansión de la frontera agropecuaria, se han considerado como una de las principales fuerzas modificadoras del paisaje (Verbug et al. 1999, Crespo 2001, Navarro & Ferreira 2004, Wang 2008).

Sin embargo los cambios en uso del suelo son cada vez más rápidos (Rodríguez 2011), por esta razón esta investigación analiza el cambio de uso de suelo incluyendo las dimensiones espacio y tiempo, a fin de categorizar y resumir con mayor precisión la relación que guarda el hombre con su medio, con el propósito de proponer estrategias que mitiguen su impacto ambiental, siendo un instrumento que apoye la toma de decisiones para la conservación biológica en bosques montano tropicales. En este sentido la investigación está dirigida al análisis del cambio de uso de suelo, cobertura y la fragmentación estructural de los Bosques Montanos Tropicales del sector ubicado en el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Iñao, en el departamento de Chuquisaca, Bolivia.

Materiales y Métodos

Área de estudio

La investigación se realizó en bosques semi húmedos, en la Cordillera Oriental de los Andes en Bolivia (Navarro & Ferreira 2004), en el área protegida Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado, Serranía del Iñao, geográficamente ubicada en las coordenadas 19°00' S y 64°09' W en el departamento de Chuquisaca (Fig. 1), con serranías de tendencia paralela y estilo tectónico predominantemente isoclinal, que están situadas en promedio por debajo de unos 2000 m de altitud (Serrano 2003), con cursos de agua que vierten en la cuenca del río Grande (Navarro & Maldonado 2002). Los bosques son mayormente siempre verdes con un dosel de 25-30 m de alto; la estructura es compleja, en bosques no alterados dominan dos especies de Myrtaceae, Lauraceae, Meliaceae; en las cabeceras de los valles expuestos a los vientos húmedos están presentes bosques de Aliso *Alnus acuminata* spp. *acuminata* y el pino del cerro *Podocarpus parlatorei* y en laderas más xéricas se encuentran bosquecillos abiertos de *Polylepis besseri* (Lieberman 1991, Killeen et al. 1993).

Recopilación de información espacial

Se realizó comparaciones entre los años 2000 y 2011 con el fin de observar el comportamiento de la cobertura y uso del suelo a lo largo de todo el periodo, se calcularon superficies y porcentajes como un primer acercamiento a un análisis más exhaustivo, en un lapso de tiempo de 11 años, en el PN ANMI Serranía del Iñao.

Las imágenes satelitales para este estudio se seleccionaron del departamento de geografía del Instituto Nacional de Investigación Espacial (DGI - INPE) del Brasil (<http://www.dgi.inpe.br>), de los años 2000 y 2011 de los meses entre julio a agosto del satélite LANDSAT 5, teniendo en cuenta la calidad de la imagen y porcentaje mínimo de nubosidad.

Se obtuvo cuatro imágenes satelitales Landsat TM: Path / Row 231/073 y 231/074 (Tabla 1) en las que se realizaron correcciones radiométricas, atmosféricas y geométricas y posterior clasificación no supervisada según el método del Museo de Historia Natural (2008) y Killeen et al. (2005).

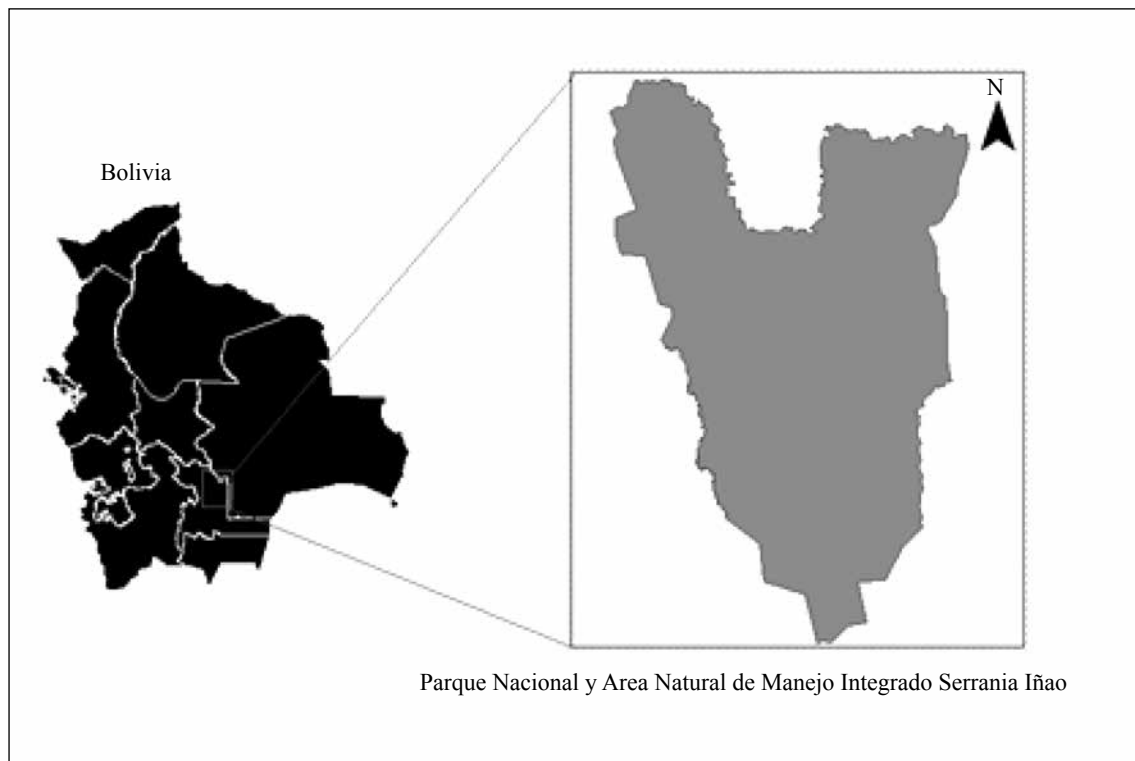


Figura 1. Mapa de ubicación del PN ANMI Iñao en el Departamento de Chuquisaca.

Tabla 1. Imágenes Satelitales utilizadas en el estudio.

No.	Tipo de Imagen	Escenas(Path / Row)	Fecha (año-mes-día)
1	LANDSAT 5 (TM)	231/074	2000 - 07 - 31
2	LANDSAT 5 (TM)	231/073	2000 - 07 - 31
3	LANDSAT 5 (TM)	231/074	2011 - 06 - 12
4	LANDSAT 5 (TM)	231/073	2011 - 06 - 12

A partir de los mapas de cobertura de las áreas en estudio se calcularon las métricas de paisaje con el uso del programa Patch Analyst 5.1 (Rempel et al. 2012) extensión de ArcGIS 10 que tiene la capacidad de generar métricas a nivel de parches, clases y paisaje. Las métricas se calcularon a nivel de clases en archivos en formato Shape. Dos métricas se seleccionaron para determinar el grado de fragmentación: número de fragmentos de un ecosistema (NP – N° of Patches), tamaño medio de los fragmentos (MPS - Mean Patch Size), Para el cálculo de los índices de fragmentación se usarán las siguientes fórmulas:

$$NP = n \quad (1)$$

Dónde: NP = número de fragmentos de un ecosistema, n = número de fragmentos j de un ecosistema

$$MPS = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i} \left(\frac{1}{10,000} \right) \quad (2)$$

Dónde: MPS = Tamaño medio de los fragmentos, a_{ij} = Superficie (m²) del fragmento j, n = Número de fragmentos j en el ecosistema i

Para el análisis estadístico se utilizó estadística descriptiva, medias de las variables y medidas de dispersión como la desviación estándar (S), error estándar (SE) y correlación entre el cetro urbano y las diferentes comunidades, los análisis estadístico se realizaron en el programa SigmaPlot 11.

Consideraciones éticas

La validación de la cobertura y uso del suelo de las áreas estudiadas se efectuó bajo los permisos obtenidos ante el Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP) Iñao y las directivas de cada comunidad estudiadas.

Resultados

Cambio de cobertura y uso de suelo

Las clases espectrales en el PN ANMI Serranía del Iñao se reclasificaron y se obtuvieron seis clases de cobertura y uso del suelo, teniendo ocho en la categoría cobertura y uno en uso del suelo, adaptadas en base a la clasificación del mapa de cobertura y uso del suelo de Bolivia (UNIT 2010) (Tabla 2).

Tabla 2. Clases espectrales codificados que muestran las superficies en ha de dos periodos de tiempo

Cobertura y uso	Código	2000	2011
		Área (ha)	Área (ha)
Agricultura	AGR	13 067.51	9 978.79
Bosque denso	BOD	11 046.20	41 604.33
Bosque perturbado denso	BPD	96 375.05	83 562.19
Bosque perturbado ralo	BPR	35 756.55	35 427.27
Matorral denso	MAD	21 255.10	14 773.82
Matorral ralo	MAR	7 033.42	24 844.93

Se presentan las clases espectrales de cobertura y uso de suelo que incrementaron y disminuyeron en la diferencia de superficie (Fig. 1). Las clases que se redujo en tamaño fueron dos teniendo las clases Matorral Denso (MAD) 67%. Las coberturas y usos que incrementaron fueron Matorral Ralo (MAR) con 100% y 67% respectivamente, en base a la superficie en ha (Fig. 2).

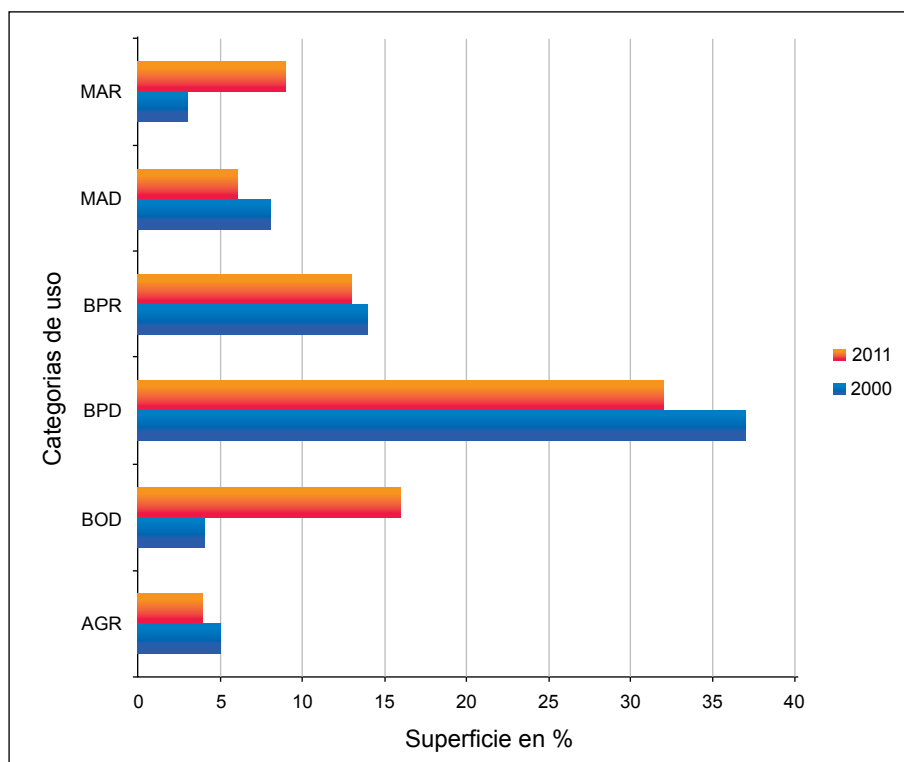


Figura 2. Cambios porcentuales por categoría de uso en el PN ANMI Serranía del Iñao entre 2000-2011.

Grado de fragmentación del paisaje

De manera general se presentan las métricas número de fragmentos y tamaño promedio de parches (Tabla 3) para ambos años (2000 y 2011). A continuación se exponen los índices de fragmentación y la comparación de los cambios temporales ocurridos en la cobertura y uso del suelo a nivel de clase.

Tabla 3. Numero de parches y tamaño promedio de parches en ha y sus diferencias para el periodo 2000 y 2011.

Métricas	Año		Diferencia	
	2000	2011	Cantidad	%
TLA (ha)	26 3746.45		0	0
CA (ha)	26 374645		0	0
NUMP	32 3797	29 3585	-3 0212.0	-9.33
MPS (ha)	16.01625	22.979425	7.0	43.48

El incremento, la disminución o la permanencia de la superficie correspondiente a cada tipo de cobertura se presenta en la Tabla 4. El porcentaje de cambio en el número y tamaño de parches para el periodo 2000 y 2011, muestra que el bosque denso incrementa en tamaño y número de parches en 87 y 116% y por el contrario el matorral denso disminuyó notablemente entre el tamaño y número de parches 49% y 51% (Fig. 3).

Tabla 4. Tamaño promedio y número de parches en los periodos (2000,2011) y sus diferencias.

Cobertura y uso	2000		2011		Diferencia	
	NUMP	MPS	NUMP	MPS	NUMP	MPS (ha)
AGR	1 390	8.646	1724	5.37	334	-3.28
BOD	28 535	0.359	61 746	0.67	33211	0.31
BPD	77 443	1.535	62 496	1.32	-14947	-0.21
BPR	68 840	0.367	52 531	0.68	-16309	0.31
MAD	60 889	0.316	29 577	0.47	-31312	0.15
MAR	24 602	0.281	22 964	1.16	-1638	0.88

Abreviatura: TLA: Total superficie del área, CA: Área total de parches, NUMP: Número de parches, MPS: Tamaño promedio de parches.

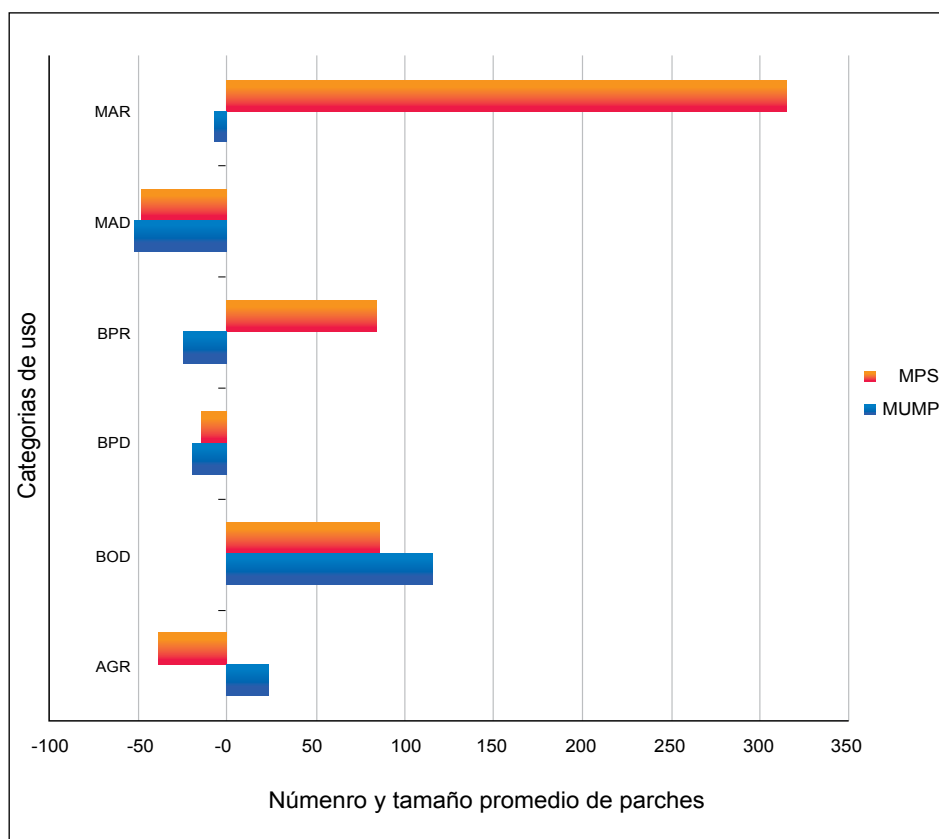


Figura 3. Incremento y disminución del número de parches NUM y el tamaño promedio de parches MPS.

Discusión

Un resultado peculiar de este análisis, lo representan las tierras de cultivo que están representadas por agricultura (AGR) las cuales son consideradas una de las principales causas de los cambios de cobertura y uso del suelo en el mundo, lo cual supondría que su dinámica de cambio debería ser generalmente positiva, es decir, presentarse en constante incremento en superficie. Los resultados en este trabajo indican que entre el 2000 y 2011 esta categoría perdió 3 088.72 ha (25%), representando una disminución de 13 067.51 a 9 978.79 ha. Entre las clases con mayor porcentaje de decremento se reporta la categoría Matorral Denso con 33%. Entre las clases con menor decremento se encuentran: Bosque perturbado ralo 7%, Bosque Perturbado Denso 15%. La notable disminución de la clase Agricultura corrobora los resultados de otros estudios que se realizaron en el área protegida. Peñaranda (2010) indica que a partir del año 2000 que se presenta un incremento de la cobertura de bosque por regeneración y reducción de la presión antrópica sobre el bosque.

Por otro lado las métricas de fragmentación de los ecosistemas son indicadores de estado, que da una visión de la composición y configuración de los ecosistemas, a través de medidas de área, forma o borde de los fragmentos. Estos factores determinan la dinámica de los procesos ecológicos al interior de los ecosistemas y se convierten en una herramienta de análisis en la toma de decisiones políticas para el manejo y uso de los recursos naturales (Pinto 2006). Para el caso de este estudio, el uso agrícola (AGR) ha tenido un incremento para el año 2011 del 25%, sin embargo ha tenido una disminución del tamaño promedio de las superficies mayor a 30%.

Conclusiones

La vegetación natural redujo las superficies en las categorías Bosque perturbado denso, Bosque perturbado ralo y Matorral denso, con un incremento porcentual en la categoría Bosque denso y el matorral ralo. Para el uso de suelo agrícola AGR, se presentó una ligera reducción porcentual para el año 2011. El número de fragmentos incrementó en las categorías BOD y AGR cerca al 50%. En la categoría bosques ha tenido un comportamiento descendente el cual

fue reduciendo el número de parches o fragmentos al igual que su tamaño promedio, con el caso particular de Bosque ralo que en este caso el tamaño promedio incrementó más del 50%. En la clase espectral Matorral denso disminuyeron la cantidad de fragmentos y tamaño promedio, por el contrario Matorral ralo incrementó notablemente el tamaño de fragmentos para el periodo 2011.

Referencias

- Bocco, G., F.A. Rosete Vergés & J.L. Pérez Damián, 2009. Cambio de uso del suelo y vegetación en la Península de Baja California, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 67, 39-58.
- Chehbouni, A., R. Escadafal, G. Boulet, B. Duchemin, V. Simonneaux, G. Dedieu, B. Mougenot, S. Khabba, H. Kharrou, O. Merlin, A. Chaponnière, J. Ezzahar, S. Erraki, J. Hoedjes, R. Hadria, A. Abourida, A. Cheggour, F. Raibi, L. Hanich, N. Guemouria, Ah. Oliosio, F. Jacob, J. Sobrino. 2006. Integrated modeling and remote sensing approach, toward a sustainable management of water resources in a semi-arid region: the SUDMED project. *International Journal of Remote Sensing*.
- Crespo, P., C. Coello, V. Iñiguez, F. Cisneros, M. Ramírez & J. Feyen. 2008. Evaluación de SWAT 2000 como herramienta para el análisis de escenarios de cambio de uso del suelo en microcuencas de montaña del Sur del Ecuador. XI Congreso de la Ciencia del Suelo, Quito, Ecuador 3-5.
- Fundación Amigos del Museo Noel Kempff. (FAMNK). 2008. Análisis del Cambio en la Cobertura del Suelo dentro de las Áreas Protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Bolivia (SNAP), para el periodo 2005-2007. Informe técnico. Santa Cruz, Bolivia.
- Fernández, H.R. 2000. Zoogeografía aplicada: Conservación de la biodiversidad. FCN e IML Serie monográfica y didáctica, Argentina 16:19
- Killeen, T. J., E. García E. & S. G. Beck. 1993. Guía de Árboles de Bolivia. Herbario Nacional de Bolivia- Missouri Botanical Garden, Edt. Quipus srl. La Paz. 20.
- Killeen, T. J., T. M. Siles, L. Soria, & L. Correa. 2005. Estratificación De Vegetación Y Cambio De Uso De Suelo En Los Yungas Y Alto Beni De La Paz. *Ecología en Bolivia* 40 (3):32-78.
- Killeen, T. J., V. Calderón, L. Soria, B. Quezada, M. K. Steininger, G. Harper, L. Solórzano & C. J. Tucker. 2007. Thirty Years of Land-cover Change in Bolivia. *Ambio* (36) 7
- Lambin, E. & H. Geist (Eds). 2006. Land use and land cover change. Local processes and global impacts. Global Change-The IGBP Series. Berlin, Springer.
- Liberman, M. C. 1991. Situación ambiental de Bolivia. pp. 77-140. En: CIEDLA. La situación ambiental en America Latina, algunos estudios de caso. Impreso en Balada-Buschi S. A. Argentina.
- Navarro, G. & M. Maldonado. 2002. Geografía ecológica de Bolivia, vegetación y ambientes acuáticos. Centro de Ecología Simón I. Patiño- Departamento de Difusión, Cochabamba. 719.
- Navarro, G. & W. Ferreira. 2004. Zonas de vegetación potencial de Bolivia: una base para el análisis de vacíos de conservación. *Rev. Bol. Ecol.* 15: 1-40.
- Peñaranda, J. 2010. Análisis multitemporal del cambio de cobertura forestal en una cronosecuencia de 20 años (1988 – 2008) mediante uso de sensores remotos y sistemas de información geográfica (SIG) en el PN - ANMI Serranía del Iñao, Chuquisaca. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier. BEISA 2. Sucre. 134.
- Pinto, J. N. 2006. Ecología del paisaje en el municipio de San Julian departamento de Santa Cruz- Bolivia. Tesis de Licenciatura.
- Rempel, R. S., D. Kaukinen & A. P. Carrel. 2012. Patch Analyst y Grid Patch. Ontario Ministerio de Recursos Naturales. Centro de Investigación de Ecosistemas Forestales del Norte, Thunder Bay, Ontario.
- Rodríguez, N. 2011. Deforestación y cambio en la cobertura del suelo en Colombia: Dinámica espacial, factores de cambio y modelamiento. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias, Departamento de Biología Animal, Vegetal y Ecología. 127.
- Serrano, M. 2003. Estructura y composición de bosques montanos subtropicales y sus implicaciones para la conservación y el manejo

- de los bosques forestales en la serranía del Iñao, Bolivia. CATIE, Turrialba Costa Rica.
- Trejos, Noel. 2004. Dinámica del uso de la tierra e identificación de las áreas críticas de la región de la playa venado, provincia de Los Santos, Republica de Panamá. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE, Costa Rica. 2.
- Vallecillo, R. S. 2009. Los cambios en el paisaje y su efecto sobre la distribución de las especies: modelización y aplicación a la conservación de las aves de hábitats abiertos en paisajes mediterráneos. Tesis Doctorado, Universidad de Lleida.
- Verburg, P., G. De Koning, K. Kok, A. Veldkamp. & J. Bouma. 1999. A spatial explicit allocation procedure for modelling the pattern of land use change based upon actual land use. *Ecological modelling*, 116, 45-61.
- Von-Thaden, J.J. 2012. Cambio de uso de suelo y cobertura vegetal en el municipio de Guelatao de Juárez, Oaxaca, México. Tesis Licenciatura, Universidad de La Sierra Juárez.
- Wang, S., S. Kang, L. Zhang, F. Li. 2008. Modelling hydrological response to different land-use and climate change scenarios in the Zamu River basin of northwest China. *Hydrological Processes*. 22: 2502-2510