

Análisis multitemporal del cambio de uso de la tierra en el Departamento de Alto Paraguay, Paraguay

Multitemporal analysis of changing land use in the Department Alto Paraguay, Paraguay

Monserrat Victoria García-Calabrese^{1*}, Stella Mary Amarilla Rodríguez¹, Oscar Ignacio Rodas Insfrán² y Clara Graciela Echeverría Medina³

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción (UNA). San Lorenzo, Paraguay.

² World Wildlife Fund (WWF). Asunción, Paraguay.

³ Red Paraguaya de Conservación en tierras privadas. San Lorenzo, Paraguay.

* Autor para correspondencia (monserratgarciacalabrese@gmail.com) Recibido: 08/11/2016; Aceptado: 29/09/2017. 10.18004/investig.agrar.2017.diciembre.93-100

RESUMEN

La zona de estudio comprende el Departamento de Alto Paraguay ubicado en la Región Occidental del Paraguay. El objetivo general de la investigación fue analizar el cambio de uso de la tierra durante el periodo 1992 – 2012 y estimar la tendencia de cambio de uso de la tierra para las próximas ocho décadas en el Departamento de Alto Paraguay. Primeramente, se realizó el análisis de las imágenes satelitales de los años 1992, 1997, 2002, 2007 y 2012, las variables analizadas fueron: tierra con cobertura boscosa y tierra con uso pecuario, se realizó una clasificación supervisada con la consecuente generación de los mapas finales y cuantificación de las superficies. Las imágenes se introdujeron al software Idrisi Selva para realizar la predicción para los años 2032, 2050 y 2100. El análisis de datos permitió concluir que no existe cambio en la matriz del paisaje en el periodo 1992 – 2012 ya que la superficie con cobertura boscosa es mayor al uso pecuario. No obstante, se predice que para el año 2032 el cambio perentorio de la matriz. Las variables que ejercen mayor influencia sobre el cambio de uso de la tierra son la distancia a zonas de transición y la distancia a caminos. La actividad pecuaria reporta un comportamiento extensivo, es decir que los nuevos emprendimientos se habilitan alrededor de zonas con uso pecuario ya existente.

Palabras clave: cobertura boscosa, matriz del paisaje, uso pecuario, tendencia de cambio de uso de la tierra.

ABSTRACT

The study area focuses in Alto Paraguay Department, located in the Occidental Region of Paraguay. The overall objective of the research was to analyze in inter-annual time sections the changes of land use for the period 1992 – 2012 and estimate the trend of change of land use for the next eight decades in the Department of Alto Paraguay. The first step was to analyze the satellite images of 1992, 1997, 2002, 2007 and 2012. The variables that were chosen for this research were: land with forest covering and land used for livestock production. It was used a supervised classification with the consequent generation of the final maps and quantification of the surfaces. Images were introduced in the Idrisi Selva software for prediction for the years 2032, 2050 and 2100. The process of data analysis leads to the conclusion that there were no changes in the landscape matrix in the period 1992 – 2012, which means that the surface with forest covering were greater than the surface using for livestock production. However, it is forecasting that by 2032 there are high probabilities of changes in the matrix. The variables that have more influence on changing land use are: (a) the transition zones distance, and (b) the distance to roads. Livestock activity reports extensive characteristics, which means that new initiatives are more probably to develop in areas surrounding the existing use of land for livestock production.

Key words: forest cover, landscape matrix, livestock use, land use change trend.

INTRODUCCIÓN

Los recursos naturales son indispensables para el desarrollo de la vida, sin embargo, el proceso de cambio de uso de la tierra está agotando dichos recursos a escala local y mundial. La deforestación ocasiona la disminución de infiltración de agua en el suelo, provocando inundaciones, aumento de erosión y por sobre todo la pérdida de la biodiversidad, siendo la mayor presión la habilitación de extensas tierras para la ganadería.

Estas causas subyacentes del cambio de uso de tierra representan en la actualidad la dinámica del uso en el Gran Chaco Americano, sobre todo en la Región Occidental del Paraguay, donde se registra un acelerado cambio de uso de la tierra con pérdida de cobertura boscosa en los últimos 10 años.

El Gran Chaco Americano abarca los países de Paraguay, Bolivia, Brasil y Argentina, constituye un mosaico de comunidades boscosas con una amplia biodiversidad cuya importancia tanto ecológica, económica y cultura es muy alta.

Los recursos naturales del Gran Chaco Americano son sumamente frágiles, sus bosques resultan extremadamente difíciles de restaurar y es una de las mayores Unidades de Conservación de Jaguares identificada en el 2006 (Rumiz et al. 2012 y TNC et al. 2005)

El sector pecuario podría ser el primer responsable de la pérdida de biodiversidad dado que es la primera causa de deforestación y tiene una alta participación en la degradación del suelo, la contaminación, el cambio climático, la sobreexplotación de recursos pesqueros, la sedimentación de zonas costeras y la propagación de especies exóticas invasivas (Steinfeld et al. 2009).

En los resultados del monitoreo del cambio de uso de la tierra en el gran Chaco Americano publicado por Guyra Paraguay se menciona que Paraguay ha liderado las tasas de deforestación desde el año 2010 dentro del Gran Chaco Americano y los Municipios de Mariscal Estigarribia (Boquerón) y Fuerte Olimpo (Alto Paraguay) son los que han presentado mayores cambios de uso en dicho año (Palacios et al. 2012). En enero del 2016, la superficie deforestada fue de 37.147 hectáreas (equivalente a un área de más de 3,3 veces la ciudad de Asunción) con una tasa de deforestación de 1.198 hectáreas día⁻¹. En el caso específico de Paraguay, el promedio de deforestación fue de 663 hectáreas día⁻¹ principalmente en el Municipio de

Mariscal Estigarribia del Chaco Paraguayo (Arévalos et al. 2012).

Mereles y Rodas (2009) afirman que en el área de las colonias Mennonitas (Chaco Paraguayo), los fragmentos boscosos son tan pequeños que los mismos se encuentran rodeados por una matriz antropogénica, es decir que la matriz boscosa alrededor del cual se desarrollaban las áreas urbanas, desapareció, observándose la transición de una matriz boscosa con inserciones de áreas agropecuarias a una matriz agropecuaria con inserciones de remanentes boscosos aislados. Además, mencionan que existe una tendencia prolongada en el tiempo del efecto de cambio de matriz boscosa, hacia otros sectores del Chaco.

Uno de los aportes más destacados de la teledetección espacial-temporal al estudio del medio ambiente es su capacidad para prevenir y evaluar fenómenos, a través del establecimiento de comparaciones entre el estado del paisaje en momentos históricos diferentes, lo que marcará la evolución del paisaje en el tiempo (Chuvienco 1998, Molina y Albarrán 2013). Esta herramienta constituye una pieza clave para comprender las dinámicas espaciales que se desarrollan en un tiempo determinado.

El objetivo de la investigación fue analizar el cambio de uso de la tierra durante el periodo 1992 – 2012 y estimar la tendencia de cambio de uso de la tierra para las próximas nueve décadas en el Departamento de Alto Paraguay.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la investigación se analizó al Departamento de Alto Paraguay que se halla ubicado en el sector Norte de la Región Occidental del Paraguay. Las variables estudiadas fueron:

- 1) Tierra con cobertura boscosa: medida en superficie (Hectáreas), se refiere a toda zona que presenta cobertura forestal.
- 2) Tierra con uso pecuario: medida en superficie (Hectáreas), se refiere a las zonas en donde se desarrolla actividad referente al ganado, ya sea pastura natural o plantada.

El proceso de investigación abarcó cinco etapas, en la primera etapa se recabaron informaciones del área de estudio. Se utilizó las imágenes del Satélite Landsat 5 TM de los años 1992, 1997 y 2002 y ResourceSat-1 del año 2012, el total de años analizados con las imágenes

satelitales corresponde a un periodo de 20 años, se optaron por dichos años debido a la disponibilidad y calidad de las escenas.

En la segunda etapa se analizaron dichas imágenes satelitales, para ello se procedió a la combinación de bandas, unión de escenas, corrección geométrica, selección de muestras mediante interpretación visual de imágenes, clasificación supervisada utilizando el algoritmo de clasificación por vecindad, filtrado de imágenes, eliminación de polígonos menores a 25 hectáreas, cuantificación de superficies y evaluación de la exactitud mediante la técnica de puntos aleatorios del Software Erdas.

Mientras que en la tercera etapa se realizó un modelo de predicción del cambio de uso de la tierra para el 2032, 2050 y 2100, utilizando el Land Change Modeller del software Idrisi Selva, para ello se introdujo al programa dos imágenes de años diferentes (2002 y 2007) y con el fin de conseguir un modelo más efectivo, se crearon mapas que incorporan restricciones e incentivos al cambio: distancia a Áreas Silvestres Protegidas, distancia a caminos, distancia a cursos de agua, distancia a poblados y distancia a zonas de transición 1992-2012. Para determinar la exactitud del modelado se realizó la validación; que consistió en la superposición de las imágenes de predicción para el 2012 y la imagen clasificada del mismo año.

En la cuarta etapa se elaboraron los mapas finales de cambio de uso de la tierra de los periodos seleccionados. Con la ayuda del software Arc. Gis 10 y finalmente en la quinta etapa se analizaron dichos resultados que fueron presentados mediante gráficos de barra y diagramas circulares con ayuda del Software Microsoft Excel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuantificación de superficie de tierra sometida a cambio de uso en el periodo 1992 – 2012

En el año 1992 se contaba con una superficie boscosa de 7.557.445 hectáreas que representaba el 97,44% de la superficie total del Departamento de Alto Paraguay, mientras que la superficie con uso pecuario era 199.041,23 hectáreas (2,56%). Tal como se observa en el mapa del año 1992 (Figura 1), las superficies con uso pecuario se concentran mayormente en el Sur y Este del Departamento. Sin embargo, con las imágenes se estima que en el año 1997 existió superficie boscosa de 7.476.918,85 hectáreas (96,39% de la superficie total del Departamento). Mientras

que la superficie con uso pecuario era 279.571,50 hectáreas (3,61%). Según el Plan de Ordenamiento Ambiental del Territorio elaborado por USAID et al. (2007), en el año 1997 se observa que la superficie con uso pecuario es 3,1%; representando 256.981 hectáreas cuyo resultado es aproximado al obtenido en este análisis.

La superficie boscosa en el año 2002 era de 7.053.633,15 hectáreas (90,93% del Departamento). Mientras que la superficie con uso pecuario era de 702.853,20 hectáreas (9%). La superficie boscosa del año 2007 disminuyó a 6.6616.208, 58 hectáreas que representa el 85,29% de la superficie, mientras que la superficie con uso pecuario era 1.140.277,75 hectáreas representando el 14,71%.

En el año 2012 se registró una superficie boscosa de 5.477.499,14 hectáreas que representa el 70,61%, siendo la superficie con uso pecuario de 2.278.987,21 hectáreas representando el 29,39%. La exactitud de la clasificación supervisada de este año es del 93,55%, la cual indica la fiabilidad de los resultados mencionados. En la Tabla 1 se observa el resumen de las superficies con cobertura boscosa y uso pecuario de cada periodo.

Tabla 1. Superficie de cobertura boscosa y uso pecuario por año expresado en porcentaje (%) estudiados para el análisis multitemporal del cambio de uso de la tierra en el Departamento de Alto Paraguay.

Año	Superficie	
	Cobertura boscosa	Uso pecuario
1992	97%	3%
1997	96%	4%
2002	91%	9%
2007	85%	15%
2012	71%	29%

En la Figura 1 se aprecian los mapas temáticos obtenidos de los años 1992, 1997, 2002, 2007 y 2012 con sus respectivas categorías de uso. La superficie con uso pecuario se concentra mayormente al Sur y Este del Departamento hasta llegar a la zona Norte, este comportamiento probablemente está influenciado por el avance de la infraestructura vial y la proximidad al Departamento aledaño, Presidente Hayes.

En el periodo 1992 al 1997 se observa una pérdida de cobertura boscosa de 80.530,20 hectáreas lo cual significa una tasa de cambio del 1,03%, mientras que el promedio anual de pérdida para dicho periodo es de 16.106,04 hectáreas por año. En cuanto a la pérdida de cobertura boscosa del periodo 1997 al 2002 es de 423.281,70

hectáreas que representa una tasa de cambio del 5,45% aumentado cinco veces la tasa de cambio del periodo anterior y el promedio de pérdida anual para este periodo es de 84.684,91 hectáreas por año.

Se observa en el periodo 2002 al 2007 una pérdida de 437.424,55 hectáreas y la tasa de cambio se mantuvo casi igual que en el periodo anterior con 5,63% y el promedio anual de pérdida es de 87.484,91 hectáreas por año.

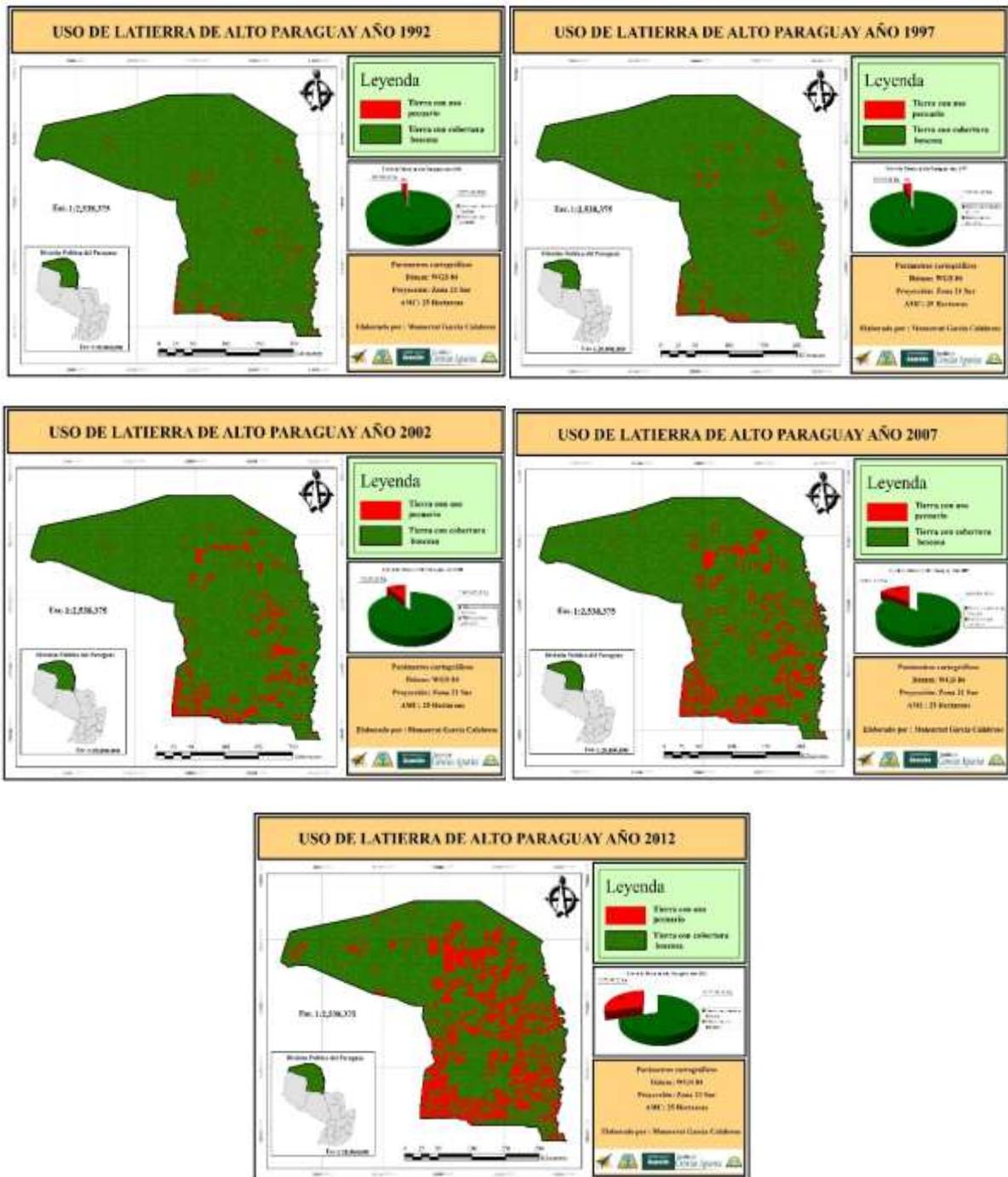


Figura 1. Mapas del uso de la tierra de Alto Paraguay 1992 – 2012.

La mayor pérdida de superficie boscosa y eventual aumento de la superficie de tierra con uso pecuario se observa en el periodo 2007 – 2012, con un aumento del triple de la superficie pecuaria, comparado con el periodo

anterior se registra una pérdida de 1.138.709,46 hectáreas, una tasa de cambio del 14,64% y un promedio anual de pérdida de 227.741,89 hectáreas por año.

Predicción del cambio de uso para el 2032, 2050 y 2100

Se prevé para el 2012 al 2032 un aumento del doble de la superficie pecuaria del periodo anterior con una pérdida de 2.254.263,91 hectáreas, lo que representa una tasa de cambio del 29,06% y un promedio anual de pérdida de las 225.426,39 hectáreas por año. En el periodo 2032 al 2050 aumentara la superficie pecuaria con una pérdida de 881.393,14 hectáreas, a una tasa de cambio del 11,36% y un promedio anual de pérdida de 48.966,28 hectáreas por año.

Por último, se estima un aumento de la superficie pecuaria para el periodo 2050 al 2100 con una pérdida de 644.404 hectáreas, una tasa de cambio del 8,30% y un promedio anual de pérdida de 12.888,08 hectáreas por año. En la Figura 2 se observan los mapas de los años 2032, 2050 y 2100 con sus respectivas categorías de uso. Según el mapa del año 2032, el cambio de uso se extenderá al Sur, Este, y Norte del Departamento, concentrándose al Sur, Centro, Este, y Norte para el año 2100.

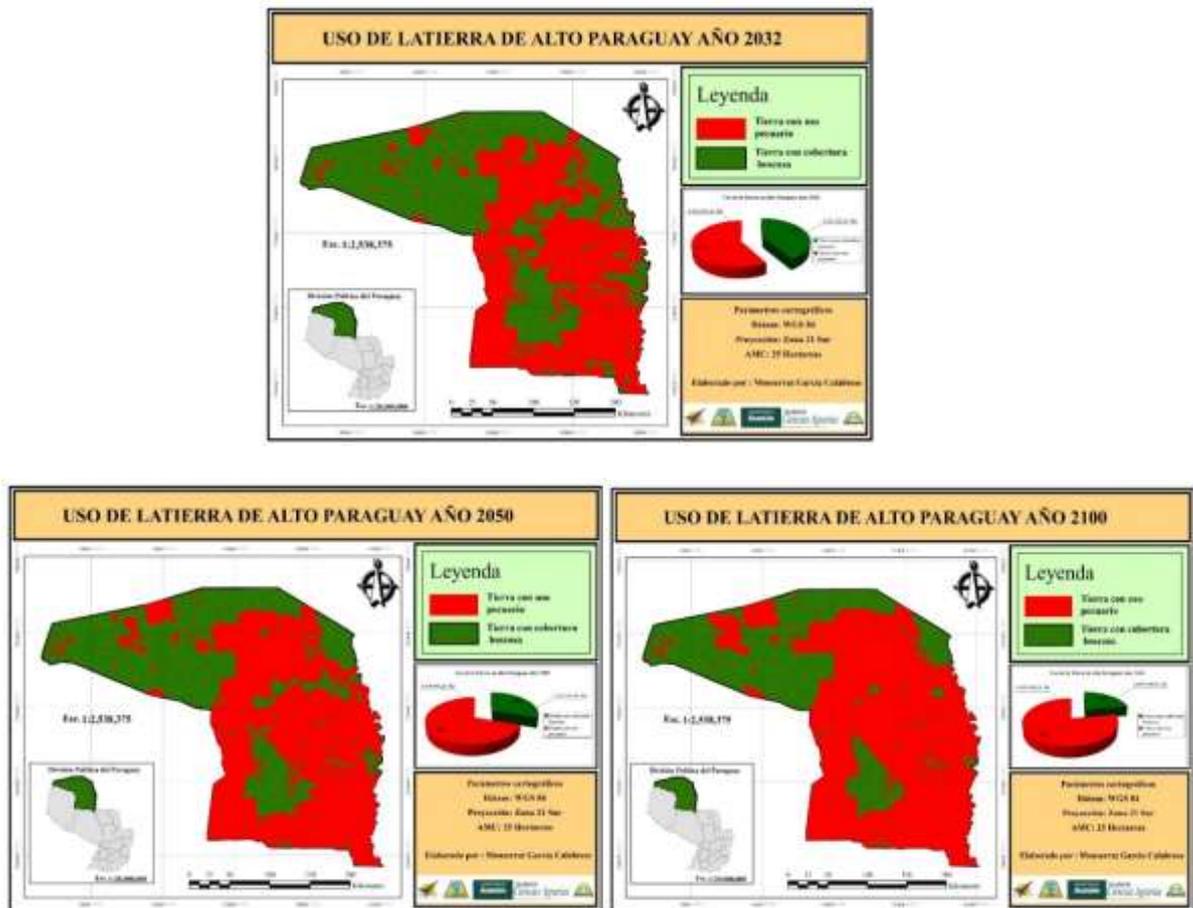


Figura 2. Mapas del uso de la tierra de Alto Paraguay 2032– 2100.

La presencia de áreas protegidas representan restricciones al cambio de uso de la tierra, a mayor distancia de las áreas protegidas mayor es la deforestación, este resultado coincide con lo mencionado por Caballero (2011) quien indica que las áreas sin cobertura vegetal natural están estrechamente ligadas al tipo de tenencia, siendo las privadas más propensas a aprovechar los recursos naturales disponibles y por otro lado totalmente opuesto a las áreas silvestres protegidas donde la conservación de los recursos naturales es el principal objetivo. En el Departamento se

encuentran: el Parque Nacional Defensores del Chaco; la mayor área silvestre del Paraguay, la Reserva Natural Cerro Cabrera-Timane, la Reserva para Parque Nacional Rio Negro, el Monumento Natural Cerro Chovoreca, y otras Reservas Naturales. La presencia de estas áreas es de suma importancia para la toma de decisión estratégica, por tal motivo es importante considerar la posibilidad de creación de nuevas áreas de conservación (Públicas o privadas) que procuren evitar o disminuir el cambio de uso de la tierra en la zona.

El efecto de los caminos es de suma importancia sobre el cambio de uso, ya que la accesibilidad es uno de los factores que más aceleran y facilitan la pérdida de cobertura vegetal natural. A menor distancia de los caminos, mayor es el cambio de uso de la tierra. Caballero (2011) expresa que la mayor tendencia a la pérdida de cobertura vegetal natural se encuentra en las áreas cercanas a los cursos de agua que coincide con el peso elevado que le asignan Pérez-Miranda et al. (2011) a las distancias de cuerpos de agua en su investigación. A menor distancia de los cursos de agua, mayor es el cambio de uso de la tierra

La distancia a poblados es la cuarta variable que ejerce presión sobre el cambio de uso, según Caballero (2011), la presión que ejerce la población sobre la cobertura vegetal natural es más marcada que la ocasionada por los caminos. En cambio, para esta investigación los caminos ejercen mayor presión que los poblados, probablemente este resultado este influenciado por la superficie analizada, ya que Caballero (2011) analizó un Distrito del Departamento, en cambio esta investigación analiza al Departamento en su totalidad.

La distancia a zonas de transición son aquellas áreas pecuarias nuevas habilitadas entre 1992 y 2012, es la variable que ejerce mayor presión sobre el cambio de uso de la tierra, es decir, los nuevos emprendimientos se habilitan alrededor de zonas en donde ya existe actividad pecuaria. La actividad pecuaria es extensiva. Probablemente este comportamiento obedece a los intereses particulares de los dueños de tierras, ya que es más factible la adquisición de tierras aledañas a las ya existentes por la presencia de recursos compartidos (Caminos, red eléctrica, agua, insumos, movilidad de animales, etc) en donde priman los intereses económicos, también las características inherentes al tipo de suelo pueden influir en este comportamiento.

El comportamiento de la pérdida de cobertura boscosa y consecuente aumento de uso pecuario observado en la Figura 3. En el periodo 2007 – 2012 se observa la mayor pérdida de superficie boscosa y eventual aumento de la superficie de tierra con uso pecuario y en el periodo 2012 –2032 se pronostica la mayor pérdida de superficie boscosa.

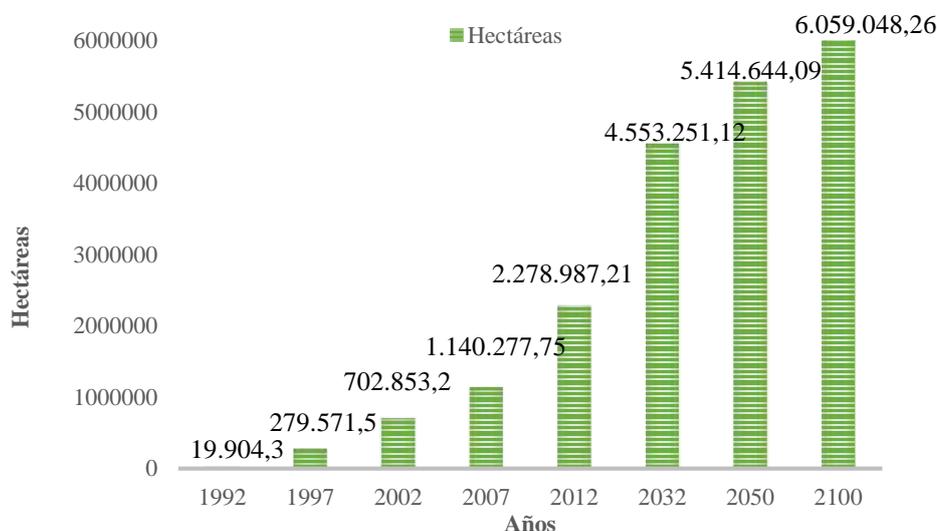


Figura 3. Avance pecuario 1992 – 2100.

Desde el periodo 1992 al 2012 se puede afirmar que no existe un cambio de matriz del paisaje, pues la superficie con cobertura boscosa es mayor a la superficie con uso pecuario por tanto se rechaza la hipótesis de la investigación que supone la existencia de un cambio de matriz para el periodo 1992 al 2012 con énfasis en cobertura boscosa según lo mencionado por Mereles y Rodas (2009) que afirman que en el área de las colonias Mennonitas los fragmentos boscosos son tan pequeños que

los mismos se encuentran rodeados ya por una matriz antropogénica, además mencionan la existencia de una tendencia prolongada en el tiempo del efecto de cambio de matriz boscosa hacia otros sectores del Chaco. No obstante, el cambio de matriz se observa en la predicción a partir del periodo 2012 – 2032 en donde la superficie con cobertura boscosa es 41,56% siendo menor a la superficie con uso pecuario.

CONCLUSIONES

La principal causa del cambio de uso de la tierra del Departamento de Alto Paraguay es la ganadería debido a la aptitud del suelo, clima y demás factores que favorecen a esta actividad sobre otras actividades productivas en la zona.

El modelo arrojó un pronóstico para el año 2032 en donde se observa un aumento de la superficie pecuaria de 4.533.251,12 hectáreas que representa el 58,44%, mientras que la superficie boscosa disminuirá al 41,56% de la superficie total del Departamento. La superficie pecuaria seguirá aumentando para el año 2050 que será 5.414.644,26 representando el 69,80%. Para el año 2100 la superficie de bosques será apenas de 1.697.438,09 hectáreas representando 30,20% de la superficie total. La predicción cuenta con una exactitud del 77,78%.

El análisis de datos permite concluir que no existe cambio en la matriz del paisaje en el periodo 1992 – 2012 ya que la superficie con cobertura boscosa es mayor al uso pecuario. No obstante, se predice que para el año 2032 el cambio perentorio de la matriz. Las variables que ejercen mayor influencia sobre el cambio de uso de la tierra son la distancia a zonas de transición y la distancia a caminos.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue apoyado por la Asociación Guyra Paraguay.

Agradecimiento especial al Profesor Cristian Brenes del CATIE, Costa Rica por el apoyo metodológico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arévalos, A; Báez, M; Ortiz, E. 2016. Monitoreo mensual del cambio de uso y cobertura de la tierra, incendios y variación de la cubierta de aguas en el Gran Chaco Americano (en línea). Yanosky, A (ed). Asunción, Paraguay. Guyra Paraguay. Consultado 20 jun. 2016. Disponible en <http://guyra.org.py/informe-deforestacion-2016/#>.

Caballero, JO. 2011. Dinámica espacio-temporal de la cobertura vegetal natural en el Distrito de Bahía Negra mediante la aplicación del modelo land change modeler. Tesis Ing. Amb. Asunción, Paraguay, UNA. 70 p.

Chuvioco, E. 1998. El factor temporal en teledetección: evolución fenomenología y análisis de cambios (en línea). Revista Asociación Española de Teledetección (10):1-9. Consultado 19 jun. 2016. Disponible en http://www.aet.org.es/revistas/revista10/AET10_4.pdf

Mereles, MF; Rodas, O. 2009. El proceso de fragmentación y reducción de hábitat en el Chaco Paraguayo y sus efectos sobre la biodiversidad. In Morelo, JH; Rodriguez, AF (eds). El Chaco sin bosques: la pampa o el desierto del futuro. Buenos Aires, Argentina, UBA. p. 273-292.

Molina, GZ; Albarran, AJ. 2013. Análisis multitemporal y de la estructura horizontal de la cobertura de la tierra: Parque Nacional Yacambú, estado Lara, Venezuela (en línea). Revista Colombiana de Geografía 22(1):28-40. Consultado 19 jun. 2016. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rcdg/v22n1/v22n1a03.pdf>.

Pérez-Miranda, R; Valdez, JR; Moreno, F; González, A; Valdez, JI. 2011. Predicción espacial de cambios del uso de suelo en Texcoco, estado de México (en línea). Revista mexicana de ciencias forestales 2(5):59-72. Consultado 04 abr. 2012. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322011000300006&lng=es&tlng=es.

Palacios, F; Cardozo, R; Caballero, J; Paradedda, C; Yanosky, A. 2012. Monitoreo de los cambios de uso de la tierra, incendios e inundaciones del gran chaco: resultados del monitoreo de los cambios de uso de la tierra, incendios e inundaciones en el gran chaco americano (en línea). Asunción, Paraguay, Guyra Paraguay. 22 p. Consultado 08 dic. 2012. Disponible en <http://guyra.org.py/informe-deforestacion-2012/#>.

Rumiz, DI; Polisar, J; Maffei, L. 2012. El futuro del jaguar en el Gran Chaco (en línea). SERNAP (Servicio Nacional de Áreas Protegidas, Bolivia); PNANMI Kaa Iya (Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Kaa Iya, Bolivia); WCS (Wildlife Conservation Society) (eds). Taller “El futuro del jaguar en el Gran Chaco” (2011, Santa cruz de la Sierra, Bolivia). Memoria. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 29 p. Consultado 25 abr. 2012. Disponible en https://www.sib.gov.ar/archivos/El_Futuro_del_Jaguar_en_el_Gran_Chaco-version_final_2012.pdf.

- Steinfeld, H; Gerber, P; Wassenaar, T; Castel, V; Rosales, M; De Han, C. FAO. 2009. La larga sombra del ganado: problemas ambientales y opciones (en línea). Roma, Italia, FAO. 26 p. Consultado 15 feb. 2012. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/011/a0701s/a0701s00.html>
- TNC (The Nature Conservancy, Estados Unidos de América); FVSA (Fundación Vida Silvestre Argentina, Argentina); WCS (Wildlife Conservation Society, Bolivia); Fundación para el Desarrollo Sustentable del Chaco. 2005. Evaluación ecorregional del Gran Chaco Americano (en línea). Buenos Aires, Argentina. 28 p. Consultado 25 feb. 2012. Disponible en awsassets.wwfar.panda.org/downloads/dossier.pdf.