

Efectos del Cambio de Uso del Suelo en el Balance de Carbono de un Ecosistema Ganadero en Matiguás, Nicaragua

Effects of Land Use Change on the Carbon Balance of a Livestock Ecosystem in Matiguás, Nicaragua

Cárdenas, A.¹, Moliner, A.^{1*}, Schernthanner, H.², Hontoria, C.¹

¹ Departamento de Producción Agraria, Unidad de Edafología, Universidad Politécnica de Madrid; *ana.moliner@upm.es

² Department of Earth and Environmental Science, University of Potsdam, Germany.

Resumo / Resumen

Es importante conocer la dinámica de los cambios de usos del suelo para evaluar su impacto en los servicios ecosistémicos, entre ellos, el secuestro de carbono. El trabajo analiza el impacto del cambio de uso del suelo en el stock de carbono (C) en Matiguás, Nicaragua. Se analizaron cinco usos de suelo predominantes en la zona: tacotal, bosque secundario intervenido, pasturas con alta densidad de árboles, pasturas con baja densidad de árboles y pasturas degradadas. A partir de mapas de usos del suelo en 1986 y en 2015 obtenidos en un estudio previo, e información del C almacenado en la biomasa y en el suelo de cada uso, se obtuvieron mapas y matrices de cambio de C. Los resultados muestran que Matiguás es una zona de gran dinamismo en la que coexisten zonas que pierden y ganan cubierta arbórea, con una expansión neta de la misma. Así, el crecimiento del bosque secundario intervenido, que es el uso con mayor C en biomasa y suelo, ha hecho aumentar 4 millones de t de C en casi tres décadas, lo que supone un incremento del 24% en el stock de C almacenado en Matiguás. Hace falta profundizar en los factores que han promovido este aumento para extraer lecciones que permitan establecer políticas apropiadas de desarrollo rural.

Palabras clave: cambio de uso de suelo, reservas de carbono, paisaje ganadero, sistemas silvopastoriles

Abstract

The knowledge of the land use dynamics is important for evaluating the impact on the provided ecosystem services, including carbon sequestration. The paper analyses the impact of land use changes in the carbon stock in Matiguás, Nicaragua. We analysed five land uses prevailing in the study area: shrubs, intervened secondary forest, high tree density pastures, low tree density pastures, and degraded pastures. We used land use maps from 1986 and 2015 obtained in a previous study and information relative to C storage for each of the land uses to generate C storage maps and C change matrix. The results indicated that Matiguás is characterized by a great dynamism in terms of land use changes with simultaneous processes of loss and gain of tree cover, with a net expansion of tree cover. The increase in the intervened secondary forest, which is the use with the greatest biomass and soil C storage, added 4 million t C between 1986 and 2015, increasing by 24% the C stocks in Matiguás during this period. There is a need to deepen into the factors promoting this increase in order to draw lessons for establishing appropriate rural development policies.

Keywords: land use change, carbon stock, livestock landscape, silvopastoral systems

Introducción

Los cambios en el uso del suelo son causados por muchos factores, incluidos las presiones climáticas, sociales y económicas. Dichos cambios están relacionados con la alteración del paisaje y asociados a la pérdida de carbono (C). En los trópicos, el cambio de uso ha estado ligado principalmente a la deforestación y dado que los bosques tropicales almacenan una gran cantidad de C, la conversión de bosques a sistemas agrarios supone un gran impacto en las emisiones gaseosas [1].

Los sistemas silvopastoriles tradicionales (SSPT) se basan en integrar árboles y arbustos en áreas de pasturas para la explotación ganadera. En territorios de ganadería extensiva tradicional como en Nicaragua, estos sistemas constituyen una mejor opción ya que disminuye el impacto ambiental que esta actividad genera, a la vez que acumulan cantidades considerables de C [2], incrementan la biodiversidad y proporcionan mayores beneficios económicos a los ganaderos.

Conocer la dinámica de los cambios de uso en un territorio, particularmente aquellos relacionados con los SSPT y su distribución espacial, es importante para evaluar los impactos de dichos cambios en los servicios ecosistémicos, entre ellos, el secuestro de C.

La teledetección ofrece una herramienta rápida y efectiva para cartografiar la vegetación a través de la clasificación de imágenes satelitales, incluso cuando se trata de áreas fragmentadas típicas del paisaje ganadero con SSPT. En teledetección el análisis de imágenes satelitales multitemporales permite determinar la dinámica de los cambios de uso en un territorio, y así evaluar su impacto en el almacenamiento de C.

Nuestro objetivo es determinar si en un paisaje ganadero típico de Centroamérica, los cambios de uso de suelo ocurridos en los últimos años han devenido en una pérdida o en una ganancia del C total almacenado. Para ello, se utilizaron estimaciones de C en la biomasa y del suelo de los principales SSPT junto con

los cambios de uso ocurridos en un periodo de casi 30 años obtenidos mediante teledetección.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en Matiguás (Nicaragua), municipio de 1710 km² con clima tropical húmedo. Se trata de una zona ganadera, dentro de la antigua frontera agrícola del país.

Se han analizado cinco usos del suelo relacionados con los SSPT: tacotal (TAC), bosque secundario intervenido (BSI), pasturas con árboles en alta densidad (PAD), pasturas con árboles en baja densidad (PBD) y pasturas degradadas (PD) (Tabla 1). Estos usos fueron seleccionados en un trabajo previo de acuerdo con la prevalencia de uso de la tierra en la zona y su importancia en la degradación. En este trabajo previo [3], y para cada uno de los cinco usos, se estimó el C almacenado en la biomasa mediante ecuaciones alométricas a partir del inventario forestal y para determinar el C almacenado en el suelo se realizó un muestreo en 20 parcelas del municipio (4 parcelas por cada uso) a 4 profundidades (0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm y 40-100 cm).

Un estudio posterior permitió obtener los cambios de usos ocurridos en Matiguás entre 1986 y 2015 (29 años) que involucraban a los 5 usos seleccionados, y que afectaban a más del 80% de la superficie total del municipio. Para ello se utilizaron dos imágenes satelitales casi libres de nubes: Landsat 5 Thematic Mapper (TM) 1986 y Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) 2015, ambas correspondientes a la estación seca. A pesar de la gran fragmentación del paisaje, las imágenes satelitales fueron clasificadas satisfactoriamente con la ayuda de un algoritmo *randon forest*, obteniéndose los mapas de distribución de los usos y las matrices de cambio de usos entre las dos fechas analizadas [4].

La combinación de las estimaciones de C de la biomasa y del suelo obtenidas en [3] para cada uso, junto con la clasificación de usos del suelo obtenida en [4] para las

dos fechas permitió la obtención de los correspondientes mapas de carbono y matrices de cambio a nivel municipal. En esta fase, se utilizó el Índice de Diferencias Normalizadas de Vegetación (NDVI) para afinar los cambios de uso producidos entre 1986 y 2015.

Tabla 1. Descripción de los usos de suelo estudiados.

Usos de suelo	Descripción
Tacotal (TAC)	Vegetación nativa en sucesión natural con menos de 5 m de altura
Bosque secundario intervenido (BSI)	Bosque perturbado nativo (tala parcial o eliminación de árboles emergentes, bosque no maderable, cosecha y / o caza).
Pasturas con árboles en alta densidad (PAD)	Pasturas dominados por especies de gramíneas introducidas o mejoradas con alto vigor y productividad, árboles maduros, con una densidad de más de 30 árboles por hectárea.
Pasturas con árboles en baja densidad (PBD)	Área dominada por especies de pasto natural, árboles con más de 5 cm de DAP y 2 m de altura.
Pasturas degradadas (PD)	Pasto con menos del 50% de cobertura de pasto presencia mínima de árboles con signos obvios de erosión.

Resultados y Discusión

En un plazo de casi 30 años, el municipio de Matiguás ha experimentado importantes cambios en la superficie ocupada por los usos silvopastoriles aquí estudiados (Tabla 2). El uso que ha experimentado mayor crecimiento es el bosque secundario intervenido (incremento del 163%) que ha crecido a expensas del tacotal, las pasturas con árboles en alta densidad y las pasturas degradadas. Este reordenamiento de usos de suelo ha implicado un cambio no solo en la estructura del paisaje sino también en el stock de C neto.

Tabla 2. Cambios de uso del suelo entre 1986 y 2015.

Uso	1986		2015		Cambio 1986-2015	
	ha	%	ha	%	ha	%
TAC	33792	19.8	11592	6.8	-2200	-65.7
BSI	28046	16.4	73781	43.1	45736	163.1
PAD	37163	21.7	22112	12.9	-15.051	-40.5
PBD	4087	2.4	12893	7.5	8806	215.5
PD	36427	21.3	23871	14.0	-12556	-34.5

Así, el C total almacenado a nivel de paisaje en el año 1986 fue de 16 595 160 t mientras que para el año 2015 se estimó en 20 561 421 t de C, lo que supone un incremento del 24%, con unos 4 millones de t adicionales en casi tres décadas a nivel municipal (Tabla 3). Este C total incluye el C en la biomasa arbórea, raíces y el C orgánico en el suelo. El hecho de que el bosque secundario intervenido haya sido el uso que más ha aumentado y a la vez el uso con mayor contenido en C explica este importante aumento del C total en Matiguás.

Tabla 3. Matriz de flujo de carbono total entre 1986 y 2015

Usos	10 ³ t C total 1986	miles de t C total 2015				
		TAC	BSI	PAD	FBD	FD
TAC	4142,7	367,7	3838,6	422,2	175,9	392,6
BSI	4381,9	226,2	2808,9	369,6	203,8	427,1
PAD	4742,6	495,9	2506,1	1282,8	396,5	677,1
FBD	458,3	43,7	165,5	188,4	65,1	108,9
FD	2869,7	264,8	2037,2	521,0	589,5	1986,3
Total	16595,2	1398,3	11356,3	2784,0	1430,8	3592,0

En cuanto a la contribución de cada uso al total de C almacenado, casi todos los usos tenían un peso relativamente semejante en 1986. En cambio, en 2015, el uso con mayor contribución pasó a ser el bosque secundario intervenido que aportó el 55% del C total, mientras que en 1986 sólo suponía el 26% (Fig. 1).

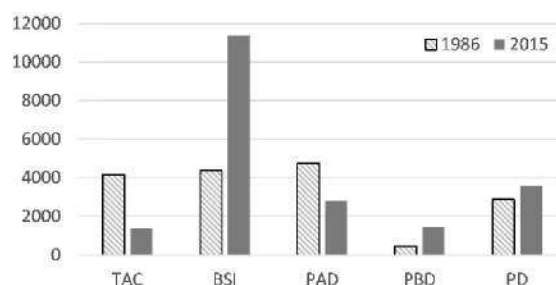


Fig. 1. Almacenamiento de C total (miles de t) para cada uso en las dos fechas de estudio.

Matiguás se caracteriza por un gran dinamismo en términos de cambios de uso de suelo. Prueba de este dinamismo es que sólo el 32% (6 510 773 t) del C total almacenado en 2015 proviene de zonas que no experimentaron cambios de

uso. Las zonas de mayor estabilidad están normalmente bajo bosque secundario intervenido y pastura degradada, mientras que sólo una pequeña parte del C retenido en las pasturas con árboles en baja densidad en 2015 corresponde a C que era aportado por este mismo uso en 1986 (Tabla 3).

A nivel espacial, la distribución del C no sigue un patrón claro y responde a la migración de usos de suelo experimentada en ese periodo (Fig. 1). El aporte de C de la biomasa y el del suelo siguen una misma tendencia.

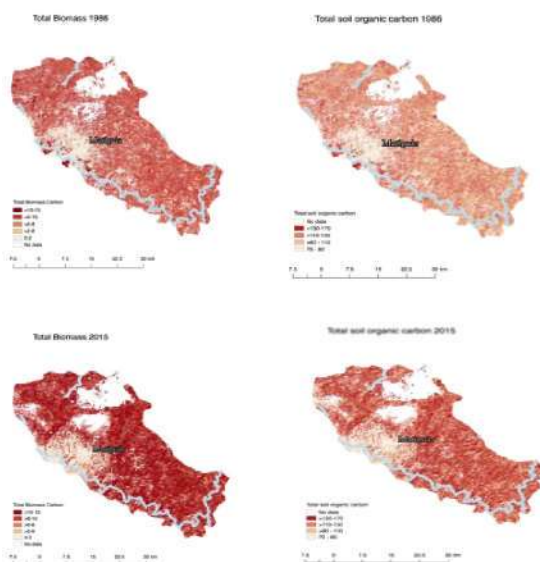


Fig. 2 Mapa de distribución de carbono en biomasa y suelo a nivel de paisaje para 1986 y 2015

Habitualmente, los cambios en el uso del suelo en un paisaje ganadero están asociados a la pérdida de cobertura arbórea y, por ello, representan degradación, pérdida de biodiversidad, contaminación de las masas de agua, entre otros. Sin embargo, en nuestra zona han coexistido áreas en proceso de regeneración forestal con áreas en proceso de deforestación por intensificación o expansión de las actividades ganaderas, presión demográfica o desastres naturales. Considerando ambos procesos en su conjunto, el resultado neto ha sido un aumento de la cobertura arbórea en el paisaje ganadero, de Matiguás desde 1986 hasta 2015 con la consiguiente reducción de áreas

degradadas y el aumento de beneficios ambientales globales y locales, entre los que cabe destacar el incremento de al menos 4 millones de t de C almacenado en el suelo y la biomasa.

Además de la regeneración natural por abandono, la introducción de los sistemas silvopastoriles, el pago por servicios medioambientales o la preocupación de los ganaderos por los acuíferos contribuyen a explicar este aumento de la cubierta arbórea [5][6]. Es necesario seguir profundizando en el estudio de la dinámica y las causas de la evolución positiva que ha tenido lugar en Matiguás a lo largo de casi tres décadas con objeto de extraer lecciones que permitan establecer políticas de desarrollo rural encaminadas a aumentar las rentas de los ganaderos y a promover los servicios medioambientales.

Referencias bibliográficas

- [1] IPCC 2007 Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and Miller, H. L.(eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- [2] Mosquera O, Buurman P, Ramirez BL, Amezcua MC (2012) Carbon stocks and dynamics under improved tropical pasture and silvopastoral systems in Colombian Amazonia. *Geoderma*, 189, 81-86.
- [3] Cárdenas, A., Hontoria, C., Moliner, A., Ibrahim, M. 2018. Ecological structure and carbon storage in traditional silvopastoral systems in Nicaragua. *Agroforestry Systems*. *In press*.
- [4] Cárdenas, A., Moliner, M. Hontoria, C. Scherthanner, H. 2018. Analysis of land use/land cover changes in a livestock landscape dominated by traditional silvopastoral systems: A methodological approach. *International Journal of Remote Sensing*. *In press*.
- [5] Casasola, F., Ibrahim, M., Ramírez, E., Villanueva, C., Sepulveda, C., and Araya, J. L. 2007. "Pago por servicios ambientales y cambios en los usos de la tierra en paisajes dominados por la ganadería en el trópico subhúmedo de Nicaragua y Costa Rica." *Agroforestería en las Américas* 1(45): 79-85.
- [6] Useche, D., Harvey CA, and DeClerk, F. 2011. "Conservación de bosques tropicales en fincas ganaderas privadas de Centroamérica Estudio de caso: Matiguás, Nicaragua." *Agroforestería en las Américas* 48: 76-83.