

Cambios en el funcionamiento de los ecosistemas de la región pampeana en los últimos 20 años: indicios del impacto del cambio global

Bruno Lara^{1,2}, Marcelo Gandini¹, Silvia Matteucci^{2,3} y Rosa Scaramuzzino⁴

¹Laboratorio de Investigación y Servicios en Teledetección de Azul (LISTA), Facultad de Agronomía (UNCPBA), Av. República de Italia 780, Azul, Buenos Aires, Argentina.

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

³Grupo de Ecología de Paisajes y Medio Ambiente (GEPAMA), Universidad de Buenos Aires (UBA), Washington 1821, Buenos Aires, Argentina.

⁴Facultad de Agronomía (UNCPBA), Av. República de Italia 780, Azul, Buenos Aires, Argentina Mail de contacto: brunolara73@gmail.com

RESUMEN

Los impactos del cambio climático global sobre la estructura y funcionamiento de los ecosistemas han sido identificados en distintas regiones del mundo. El objetivo de este trabajo fue caracterizar la magnitud y la distribución de los cambios en el funcionamiento de los ecosistemas de la región pampeana durante las últimas dos décadas. Para ello se analizaron las tendencias temporales de dos descriptores funcionales derivados de la dinámica estacional del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) de datos MODIS para el período 2000-2019 sobre la región pampeana. Los principales resultados muestran una disminución significativa en las ganancias de carbono en 48% del área de estudio, y un aumento de la estacionalidad en el 30% del área. Estos resultados revelan una fuerte impronta del control humano sobre la dinámica estacional del carbono y el funcionamiento de los ecosistemas, compatibles con el avance de cambios en el uso del suelo.

Palabras claves: ganancias de carbono, cambio global, funcionamiento ecosistémico.

ABSTRACT

Global change impacts on ecosystem structure and functioning has been detected throughout the world. The objective of this work was to characterize the magnitude and distribution of the changes on ecosystem functioning in the Argentina Pampas during the last two decades. For this, temporal trends of two attributes derived from the seasonal dynamics of the Normalized Difference of Vegetation Index (NDVI) of MODIS data for the 2000-2019 period were analyzed. Main results show a significant decrease in carbon gains for 48%, and an increase in seasonality for 30% in the study area. These results reveal a strong imprint of human control over the seasonal dynamics of carbon and ecosystem functioning that are compatible with land cover changes.

Keywords: carbon gains, global change, ecosystem functioning.

Introducción

El cambio global abarca diferentes dimensiones que interactúan de manera compleja y modifican la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas de la Tierra (Vitousek et al., 1997). La evidencia reciente demuestra que el 75% de la superficie terrestre se encuentra significativamente alterada, con indicadores

ecosistémicos mostrando una declinación acelerada (IPBES, 2019). Durante los últimos 50 años las fuerzas directrices de cambio han mostrado un aumento sin precedentes, siendo los cambios en el uso del suelo los de mayor impacto a escala global (IPBES, 2019).

El análisis del funcionamiento de los ecosistemas mediante la utilización de información provista por sensores remotos representa una aproximación válida para

estudiar aspectos del cambio global (Pettorelli, et al., 2005). Entre los atributos funcionales, las ganancias de carbono (o productividad primaria neta) y su dinámica temporal representan una de las variables más integradoras del funcionamiento ecosistémico (McNaughton et al., 1989), que se encuentra estrechamente asociado a otros aspectos relevantes, tales como la biodiversidad, la protección de los suelos, la biomasa cosechable, entre otros. El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) ha mostrado ser un buen estimador de las ganancias de carbono en los ecosistemas (Paruelo et al., 2001; Lara et al., 2018), y tanto su magnitud como su variabilidad intra-anual (estacionalidad) han sido propuestos como estimadores en la provisión de servicios ecosistémicos (Paruelo et al., 2016). Al mismo tiempo, la variabilidad intra-anual del NDVI, es decir, la estacionalidad en las ganancias de carbono, ha demostrado ser sensible a los patrones de cambios en el uso del suelo y, en menor medida, a la variabilidad climática interanual (Lara et al., 2018).

En Argentina, la intensificación y expansión de la frontera de la agricultura de altos insumos ha provocado una acelerada degradación ambiental (Arrieta et al., 2018). Particularmente en la región pampeana, las primeras grandes transformaciones se remontan al siglo XVI, luego de la colonización europea, con la introducción del ganado doméstico y, posteriormente con la introducción de la agricultura a finales del siglo XIX. Las condiciones edáficas y climáticas favorables han convertido a la región pampeana en la zona de mayor producción agrícola de Argentina, modificando severamente el paisaje original (Matteucci, 2012). El proceso de agriculturización que comenzó lentamente en la década del '60 y que durante los últimos 20-25 años se ha acelerado de manera dramática, sostenido principalmente por cambios económicos estructurales profundos y la incorporación del paquete tecnológico asociado al cultivo de soja genéticamente

modificada (Viglizzo et al., 2011), provocó serios cambios ecológicos y sociales. En este contexto, el objetivo de este trabajo fue caracterizar la magnitud y la distribución de los cambios en el funcionamiento de los ecosistemas de la región pampeana durante las últimas dos décadas, a partir de datos derivados de sensores remotos.

Materiales y Métodos

El área de estudio comprende a la región pampeana o Ecorregión Pampa, una extensa planicie de 398.966 km² situada en el centro-este de la Argentina. De acuerdo a sus características climáticas, topográficas, tipos de vegetación y suelos, entre otras, ha sido subdividida en 11 Complejos Ecosistémicos (Matteucci, 2012; Fig. 1). La intensa transformación del paisaje en aquellos sectores de mayor aptitud agrícola, tales como los Complejos Pampa Ondulada, Pampa Llana y Pampa Interserrana han conducido a un reemplazo casi total del pastizal natural que ha fragmentado considerablemente el hábitat natural, afectando la diversidad local asociada. Este proceso de agriculturización también tuvo profundos cambios sociales, por ejemplo, el tamaño promedio de los establecimientos aumentó un 25% y el 34% de los pequeños y medianos productores abandonaron la actividad entre 1988 y 2002 (SAGPyA, 2002), resultando en un paisaje homogeneizado y de baja diversidad productiva. En aquellos sectores donde se presentan limitaciones para la actividad agrícola, como ocurre en la Pampa Deprimida, los pastizales naturales y semi-naturales utilizados como fuente de forraje para el ganado vacuno representan el principal tipo de vegetación conformando relictos florísticos de la vegetación que dominó este tipo de paisajes (Gandini et al., 2019).

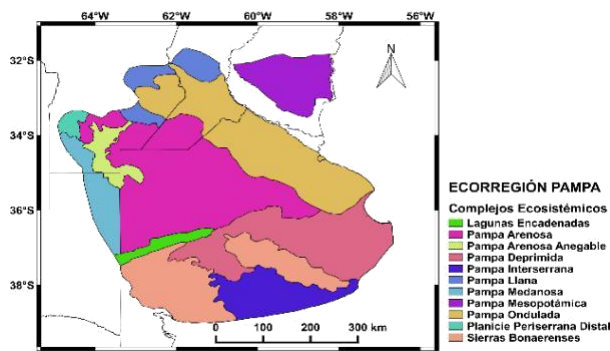


Fig. 1. Ubicación geográfica del área de estudio. Adaptado de Matteucci (2012).

Para la caracterización del funcionamiento ecosistémico se utilizó una serie temporal de imágenes de NDVI del sensor MODIS que abarcó el período 2000-2019. Siguiendo a la metodología propuesta por Lara et al. (2018) se obtuvo para cada pixel y para cada estación de crecimiento dos atributos que capturan la mayor varianza de la dinámica estacional del carbono: la integral anual del NDVI (i-NDVI, estimador de la productividad primaria neta) y el rango relativo anual del NDVI (RREL, vinculado a la estacionalidad de las ganancias de carbono).

Para la caracterización de los cambios en el funcionamiento de los ecosistemas, se evaluaron las tendencias temporales de los atributos previamente obtenidos, mediante el test de la pendiente mediana de Theil-Sen computadas pixel a pixel.

Resultados y discusión

Se encontró una fuerte disminución significativa en las ganancias de carbono en el área de estudio durante los últimos 20 años, abarcando una superficie total de 191.771,1 km² (48% del área de estudio). La distribución espacial de estos cambios significativos no presentó un patrón espacial definido, sino que abarcaron diferentes Complejos Ecosistémicos (Fig. 2). Los aumentos significativos en las ganancias de carbono sólo representaron 43.900,3 km², un 11% de la región pampeana. Los valores de pendiente de la tendencia temporal en la productividad anual (o ganancias de carbono) oscilaron entre -0,15 y 0.05 (NDVI/año),

aunque mostró grandes variaciones espaciales.

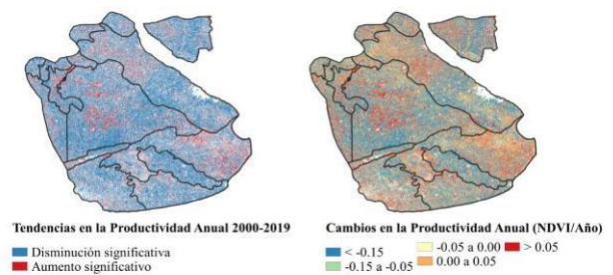


Fig. 2. Izquierda: tendencias significativas en la productividad anual para el período 2000-2019. Derecha: magnitud de las tendencias en la productividad anual (pendiente mediana de Theil-Sen vs tiempo). Las líneas negras corresponden a los límites de los Complejos Ecosistémicos de la región pampeana.

Por otro lado, un 30% del área de estudio (120.159,8 km²) exhibió un aumento significativo en la estacionalidad para el período 2000-2019, mientras que sólo un 13% de la región pampeana presentó una tendencia a su disminución, ubicadas principalmente en la Pampa Deprimida (Fig. 3).

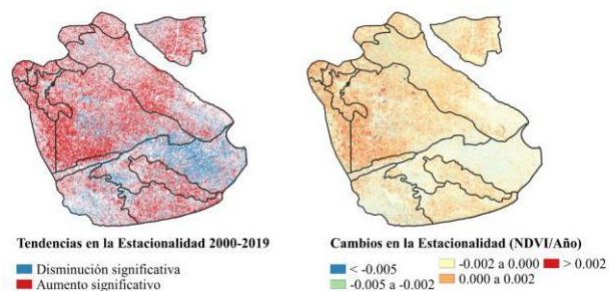


Fig. 3. Izquierda: tendencias significativas en la estacionalidad de las ganancias de carbono para el período 2000-2019. Derecha: magnitud de las tendencias en la estacionalidad (pendiente mediana de Theil-Sen vs tiempo). Las líneas negras corresponden a los límites de los Complejos Ecosistémicos de la región pampeana.

En líneas generales, gran parte de las áreas que mostraron una disminución en las ganancias de carbono o productividad anual coinciden con un aumento significativo de su variación intra-anual (estacionalidad).

Volante et al. (2012) han demostrado que esta combinación de aumento en la estacionalidad y disminución en la productividad anual es compatible con el proceso de transición hacia usos de tipo agrícola, un proceso que durante los últimos 25 años se ha profundizado en el área de estudio.

Las tendencias observadas durante las últimas dos décadas sugieren un alto impacto sobre el funcionamiento ecosistémico, principalmente asociado a cambios en el uso del suelo o la intensificación de las prácticas productivas que disminuyen significativamente la capacidad de los ecosistemas en la fijación de carbono.

Es de destacar que en áreas donde aún predominan grandes extensiones de pastizal natural o semi-natural, como ocurre en la Pampa Deprimida (Gandini et al., 2019) la magnitud de los cambios es inferior a zonas de mayor aptitud agrícola, lo que podría ser de relevancia en la provisión de servicios ecosistémicos a escala de paisaje (Paruelo et al., 2016).

Agradecimientos

Los autores agradecen al CONICET, la CICPBA y a la SECyT-UNCPBA por el apoyo para la realización de este trabajo.

Referencias

- Arrieta, E.M., A. Cuchietti, D. Cabrol & A. D. González. 2018. Greenhouse gas emissions and energy efficiencies for soybeans and maize cultivated in different agronomic zones: a case study of Argentina. *Science of the Total Environment* 625, 199-208.
- Gandini, M., B. Lara, L. Moreno, A. Cañibano & P. Gandini. 2019. Trends in fragmentation and connectivity of *Paspalum quadrifarium* grasslands in the Buenos Aires province, Argentina. *PeerJ* 7: e6450.
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). 2019. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the IPBES -Advanced Unedited Version-. Obtenido de: https://www.ipbes.net/system/tdf/spm_global_unedited_advance.pdf?file=1&type=node&id=35245 (acceso: 18/06/2019).
- Lara, B., M. Gandini, P. Gantes & S. Matteucci. 2018. Regional patterns of ecosystem functional diversity in the Argentina Pampas using MODIS time-series. *Ecological Informatics* 43, 65-72.
- Matteucci, S. 2012. Ecorregión Pampa. Pp. 391-446 en Morello, J., S. Matteucci, A. Rodríguez & M. Silva, editores. *Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos*. Buenos Aires: Orientación Gráfica Editora.
- McNaughton, S.J., M. Oesterheld, D. A. Frank & K. J. Williams. 1989. Ecosystem-level patterns of primary productivity and herbivory in terrestrial habitats. *Nature* 341, 142-144.
- Paruelo, J. M., M. Texeira, L. Staiano, M. Matrángelo, L. Amdan & F. Gallego. 2016. An integrative index of Ecosystem Services provision based on remotely sensed data. *Ecological Indicators* 71, 145-154.
- Paruelo, J., Jobbágy, E., Sala, O. 2001. Current distribution of ecosystem functional types in temperate South America. *Ecosystems* 4, 683-698.
- Pettorelli, N., Vik, J., Mysterud, A., Gaillard, J., Tucker, C., Stenseth, N. 2005. Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in Ecology and Evolution* 20(9), 503-510.
- Viglizzo, E.F., F.C. Frank, L. Carreño, E.G. Jobbágy, H. Pereyra, J. Clatt, D. Pincén & M.F. Ricard. 2011. Ecological and environmental footprint of 50 years agricultural expansion in Argentina. *Global Change Biology* 17, 959-973.
- Vitousek, P., Mooney, H., Lubchenco, J., Melillo, J. 1997. Human domination of Earth's ecosystems. *Science* 277, 494-499.
- Volante, J., D. Alcaraz-Segura, M. J. Mosciaro, E. F. Viglizzo & J. M. Paruelo. 2012. Ecosystem functional changes associated with land clearing in NW Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 154, 12-22.