



## Efectos remotos del cambio de uso de suelo en el clima del sudeste de Sudamérica

A. Bracalenti<sup>1,2</sup>, O. Müller<sup>1,2</sup> y E. Berbery<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Paraje el pozo s/n, Ciudad Universitaria, Santa Fe Argentina. [agostinabracalenti@gmail.com](mailto:agostinabracalenti@gmail.com)

<sup>2</sup> Centro de Estudios de Variabilidad y Cambio Climático, Paraje el pozo s/n, Ciudad Universitaria, Santa Fe Argentina.

<sup>3</sup> Earth System Science Interdisciplinary Center. University of Maryland, Estados Unidos.

### Resumen

Grandes áreas de Sudamérica están sufriendo cambios en el uso del suelo, en general, de origen antropogénico. El aumento de la precipitación en regiones áridas combinado con los avances tecnológicos incrementó la disponibilidad de tierras productivas. Esto derivó en un proceso de expansión de la frontera agrícola sobre zonas con vegetación natural. Desde el punto de vista hidroclimático, el reemplazo de vegetación natural por cultivos altera la partición de agua y energía en superficie. Al cambiar la vegetación se modifican propiedades biofísicas relacionadas a la misma tales como albedo, resistencia estomática o rugosidad de superficie. Este cambio en las propiedades produce efectos sobre las variables hidroclimáticas tanto locales como remotos. Este trabajo tiene por objetivo evaluar los efectos remotos de los cambios de cobertura del suelo mediante simulaciones con el modelo climático WRF (Weather Research and Forecasting).

Se realizaron simulaciones asumiendo dos escenarios de cobertura/uso de suelo. Una simulación de control donde se simula el comportamiento del clima sin alterar la cobertura vegetal y una simulación donde se reemplaza bosques, pasturas y sabana por cultivos, ambas durante la primavera de 2002. Para evaluar los efectos remotos, se analiza el comportamiento de diferentes variables hidroclimáticas en diferentes regiones de Argentina y de Sudamérica donde no se realizaron cambios de cobertura. Los resultados indican que la expansión de cultivos sobre vegetación nativa modifica las propiedades biofísicas alterando en tiempo y espacio el comportamiento de variables hidroclimáticas. En particular, se observan cambios en los balances hidrológicos de diferentes regiones y también, cambios importantes en la circulación de los vientos.

**Palabras clave:** Cambio de uso de suelo, impacto hidroclimático, efectos remotos.

## Introducción

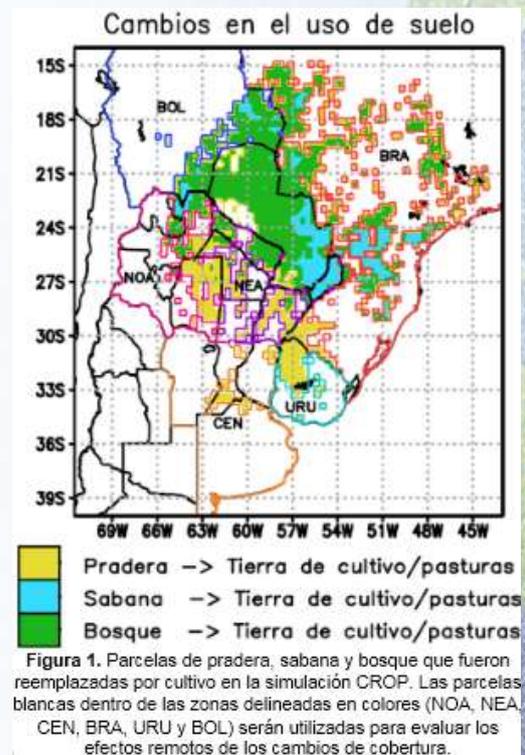
Grandes áreas de Sudamérica están sufriendo cambios en el uso del suelo, en general, de origen antropogénico (Gasparri y Grau, 2009). Bosques nativos, sabanas y praderas han sufrido deforestación y desmonte, con el propósito de explotarlos en agricultura y ganadería (Paruelo y otros 2005). Desde el punto de vista hidroclimático, el reemplazo de vegetación natural por agricultura modifica las propiedades biofísicas del suelo (Lee y Berbery, 2012; Müller y otros, 2014) alterando la partición de agua y energía en superficie (Pielke y Avissar 1990). Un caso típico es el reemplazo de bosques por cultivos que reduce la profundidad radicular facilitando la saturación del suelo y aumentando el escurrimiento superficial (Jobbagy y otros 2008).

Los cambios de cobertura no sólo modifican la interacción suelo-atmósfera localmente, sino también en regiones adyacentes o remotas. Este trabajo investiga esta hipótesis emergente del estudio de Lee y Berbery (2012) donde se plantean diferentes escenarios de cobertura del suelo en la cuenca del Plata. El objetivo es evaluar la respuesta del clima en regiones adyacentes a las afectadas por los cambios de cobertura.

## Materiales y métodos

Se utilizaron las simulaciones realizadas por Lee (2010) con el modelo climático WRF sobre el sur de Sudamérica. El modelo WRF tiene dos componentes, una atmosférica y una de suelo. En cada paso de tiempo se simula el balance de agua y energía en el suelo y se produce la interacción con la atmósfera a través de los flujos de superficie. La componente de suelo prescribe a cada punto de grilla un tipo de cobertura dominante y sus propiedades biofísicas asociadas. Estas propiedades (constantes en el tiempo) son usadas para resolver el balance de agua y de energía (ver Chen y Dudhia, 2001). Así, cuando se modifica la cobertura, se cambia el valor de las propiedades y se afectan los balances.

Se consideraron dos escenarios: una simulación de control (CNTL) donde se simula el clima regional utilizando el mapa de coberturas del modelo y una simulación con expansión de cultivos (CROP) donde se reemplazan los tres tipos de vegetación nativa de mayor cobertura areal dentro de la cuenca del Plata por un cultivo genérico cuyas propiedades biofísicas se asemejan a una mezcla de cultivo anual en secano (ej. maíz) con un anual invernal (ej. trigo) (ver puntos de grilla afectados en Fig. 1). Las simulaciones se hicieron para la primavera de 2002, una estación con alta interacción suelo-



atmósfera en un año con condiciones climáticas normales.

Aquellas regiones donde se produjo un cambio de cobertura en el escenario CROP modificarán sus propiedades biofísicas. No obstante, regiones adyacentes (que no modifican su cobertura) están expuestas a sufrir cambios en el comportamiento de variables hidroclimáticas. Con el objetivo de evaluar estos efectos remotos, se seleccionaron 6 regiones que hayan conservado la misma cobertura en ambos escenarios (ver Fig. 1). Las regiones son: Uruguay (URU), Brasil (BRA), Bolivia (BOL) y noroeste, noreste y centro de Argentina (NOA, NEA y CEN, respectivamente). En las regiones mencionadas se evaluó el comportamiento de variables hidroclimáticas como precipitación, escorrentía, evapotranspiración, humedad del suelo, temperatura superficial y vientos. La evaluación se realizó comparando ambas simulaciones en tiempo y espacio.

### Resultados y discusión

La diferencia de las propiedades biofísicas de ambos escenarios (CROP-CNTL) muestra que el reemplazo de pradera por cultivo duplica el índice de área foliar (IAF) pero no modifica otras propiedades. En cambio, el reemplazo de sabana por cultivo produce aumentos importantes en la fracción de cubierta vegetal verde (FCVV) e IAF. A su vez, la resistencia estomática y la altura de rugosidad presentaron un decrecimiento del 43% y 33%. Por último, el avance de cultivos sobre bosques genera disminuciones importantes en la resistencia estomática (70%) y la altura de rugosidad (80%) y una disminución general de la FCVV e IAF. Además se observó un aumento del 67% en el albedo.

Los cambios en las propiedades biofísicas inducen a cambios en variables hidroclimáticas (ej. Fig. 2), que se hacen más evidentes conforme avanza el tiempo de simulación. La Tabla 1 muestra los cambios porcentuales en el balance hidrológico, la magnitud del viento y la temperatura en el último mes de simulación. En el NEA si bien se produce una disminución de la entrada de agua al sistema (precipitación), presenta un aumento en las salidas EVT, humedad del suelo y escorrentía. Esto puede deberse a la presencia de aportes superficiales de las regiones aledañas en las que los bosques fueron reemplazados por cultivos. En la región CEN se produce un aumento moderado de la precipitación junto con una leve disminución de la EVT, lo que podría generar el aumento de la escorrentía superficial. El NOA es la región que registra menores cambios.

En Bolivia se produce un aumento de la precipitación, lo cual trae aparejado los aumentos de humedad del suelo, escorrentía y EVT que se observan en

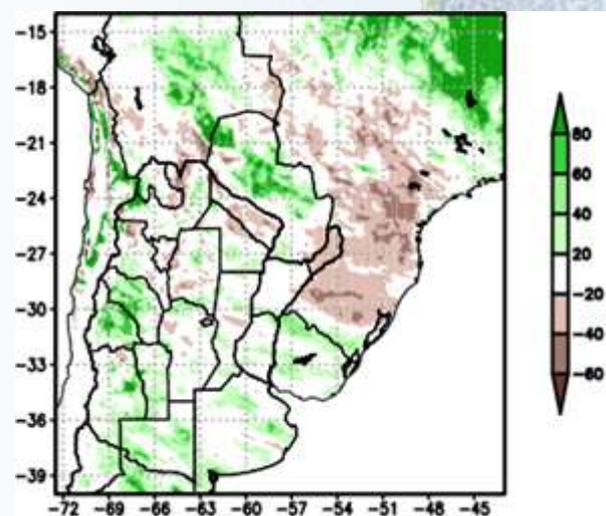


Figura 2. Diferencia [%] de precipitación: CROP-CNTL



dicha región. En Brasil, además de observarse cambios importantes en los vientos, se presenta una disminución de la precipitación que, junto con el aumento de la EVT y la humedad del suelo, podrían producir la disminución de la escorrentía que se observa en dicha región. En Uruguay se observa un notable incremento de las precipitaciones atribuible a un aumento en la convergencia de humedad proveniente de la zona de cambios de cobertura. En cuanto a la temperatura, si bien los porcentajes de variación son bajos, en el caso de Brasil representa una disminución de 1°C, mientras que en el NEA representa un aumento de 0,85°C.

**Tabla 1.** Porcentajes de variación de variables promediadas en el último mes.

Región	Precipit.	EVT	Hum. suelo a 1m	Escorr.	Temp.	Vientos
Bolivia	2,4	5,0	5,8	11,0	-2,7	-5,6
Brasil	-15,1	6,0	6,0	-45,9	-3,5	21,1
Uruguay	55,5	-2, 8	0,3	3,1	0,6	-2,1
Centro	16,0	-0,3	2,4	13,2	1,1	2,5
NOA	1,2	-2,5	0,0	-1,3	0,5	1,4
NEA	-2,5	1,1	0,8	16,4	3,1	-0,3

## Conclusiones

La expansión de cultivos sobre vegetación nativa modifica las propiedades biofísicas produciendo efectos en zonas remotas, alterando en tiempo y espacio el comportamiento de variables hidroclimáticas. En particular, se observan cambios en los balances hidrológicos de diferentes regiones y también, cambios importantes en la temperatura y circulación de los vientos. A pesar de los grandes procesos de deforestación observados, el escenario “todo cultivos” planteado está lejos de alcanzarse. No obstante, los potenciales efectos remotos y no-lineales del avance de los cultivos mostrados en el trabajo reafirman la necesidad de implementar políticas de planificación territorial considerando los eventuales beneficios o perjuicios que pueden ocurrir en zonas originalmente no consideradas en riesgo.

## Agradecimientos

Esta investigación se llevó a cabo con el apoyo de una beca doctoral de CONICET, y los proyectos UNL CAI+D 2011 N°35/180 y CRN3095 del Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) apoyado por la US NSF. Se agradece a S-J Lee por proveer las simulaciones usadas en este estudio.

## Referencias

- Chen, F., y J. Dudhia, 2001. Coupling an advanced land surface–hydrology model with the Penn State–NCAR MM5 modeling system. Part I: Model implementation and sensitivity. *Mon. Weather Rev.*, 129(4), 569-585.
- Gasparri, N. y H. Grau, 2009. Deforestation and fragmentation of Chaco dry forest in NW Argentina (1972–2007). *For. Ecol. Manage.*, 258(6), 913-921.



---

Jobbágy, E., M. Nosetto, C. Santoni y G. Baldi, 2008. El desafío ecohidrológico de las transiciones entre sistemas leñosos y herbáceos en la llanura Chaco-Pampeana. *Ecol. austral*, 18(3), 305-322.

Lee, S., 2010: impact of land surface vegetation change over the La Plata Basin on the regional climatic environment: a study using conventional land-cover/land-use and newly developed ecosystem functional types. Ph.D. Dissertation, U. of Maryland.

Lee, S. y E. Berbery, 2012. Land cover change effects on the climate of the La Plata Basin. *J. of Hydrometeorol.*, 13(1), 84-102.

Müller, O., E. Berbery, D. Alcaraz-Segura, y M. Ek (2014). Regional model simulations of the 2008 drought in southern South America using a consistent set of land surface properties. *J. Clim.*, 27(17), 6754-6778.

Paruelo, J., J. Guerschman y S. Verón, 2005. Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo. *Cienc. Hoy.*, 15(87), 14-23.

Pielke, R., y R. Avissar, 1990. Influence of landscape structure on local and regional climate. *Landscape Ecol.*, 4(2), 133-155.