

El impacto de la deforestación en las precipitaciones del nordeste argentino

Patricia Blatter, Manuel Pulido* y Juan Ruiz

FACENA, Universidad Nacional del Nordeste
 Av. Libertad 5470 - Campus Universitario, (3400), Corrientes, Argentina.
e-mail: pulido@exa.unne.edu.ar

Recibido 28/02/11; aprobado 13/07/11

En el presente trabajo se examina la respuesta atmosférica a los cambios en los usos de suelo en la región del Gran Chaco producidos por la deforestación, con énfasis en el impacto de las precipitaciones y la comprensión de los mecanismos de los procesos de interacción atmósfera-suelo. Se realizaron simulaciones numéricas durante los meses de primavera-verano de 2009 y 2010, utilizando un modelo atmosférico regional, acoplado con un modelo de suelo. Se introducen dos cambios extremos a las condiciones de superficie: uno donde el uso de suelo es bosque y otro pastura. La precipitación en la región del Gran Chaco esta muy ligada a los cambios en la intensidad de la corriente de chorro en capas bajas, por este motivo se realiza un análisis por separado del impacto de los cambios en el uso de suelo para los días en los que la corriente de chorro esta presente y para aquellos días en que es débil o no esta presente. Los resultados muestran que en el caso de pastura la precipitación simulada en la Región del Gran Chaco disminuye con respecto al caso bosque, encontrando patrones dipolares para la precipitación media. La respuesta al desmonte depende de las situaciones de la corriente de chorro.

PALABRAS CLAVES: precipitación, deforestación

The atmospheric response to the land use changes in the Gran Chaco Region is examined. The paper focuses on the analysis of the modifications on the precipitations and on the comprehension of the land-atmosphere interaction. Numerical simulations for the spring-summer season of 2009 and 2010, were performed by a regional atmospheric model, with a land surface model. The Gran Chaco Region land use was changed: in one case to evergreen broad leaf and the other case to grassland. The low level jet is the responsible for the precipitation in the Gran Chaco Region, so the impact of the land uses changes for the low level jet days and no low level jet days is analyzed in separated way. The results for the grassland case shows that the precipitation of the Gran Chaco Region is less than the evergreen broad leaf case. Dipolar patterns are found for the mean precipitation.

KEYWORDS: precipitations, deforestation

1. Introducción

Son numerosos los trabajos que demuestran que los constantes desmontes y el aumento de emisión de gases de efecto invernadero afectan el clima regional y mundial. Existen trabajos que se concentran en analizar el impacto que la deforestación en el Amazonas tiene en el clima regional y global. Por ejemplo, Hahmann y Dickinson, 1997, [4], encontraron que la deforestación en el Amazonas produce un aumento en el promedio anual de la temperatura de superficie y una reducción del promedio anual de la precipitación y la evaporación. Brankovic *et al*, 2006, [1], realizaron experimentos de sensibilidad con distintos usos de suelo. Ellos encontraron que modificar el uso de suelo por desmonte produce menor precipitación. Son escasos los trabajos que se concentran en el impacto que el avance de la deforestación en la Región del Gran Chaco (RGC) puede producir en el clima regional. Es importante comprender la respuesta climática de la deforestación en la RGC. En particular, el efecto que la deforestación tiene sobre la intensidad de la corriente de chorro. La precipitación de esta región esta ligada a la corriente de chorro proveniente del Amazonas. Paegle *et al*, 1997, [6], encontraron que cuando la corriente de chorro de capas bajas es intensa y se extiende hacia el norte de la Argentina, entonces la precipitación sobre el norte y centro de Argentina es mayor y se producen sis-

temas convectivos de mesoescala. Mientras que cuando la intensidad de la corriente de chorro en capas bajas es débil o no se extiende tan al sur, las precipitaciones se producen mayormente sobre la Zona de Convergencia del Atlántico Sur (SACZ) y sobre el Amazonas. Siguiendo la línea de investigación de trabajos previos, se realizaron transformaciones extremas al actual uso de suelo de la RGC, mediante simulaciones realizadas con un modelo regional. Se intenta detectar los mecanismos responsables del impacto, que los cambios en el uso de suelo tienen en la atmósfera y su contribución a los regímenes de precipitación, tanto en la región de estudio como en su entorno más inmediato.

Los usos de suelo impactan en numerosos procesos atmosféricos; en particular existen cambios en la rugosidad de la superficie que afecta a la parametrización de la capa límite planetaria. Además, distintos usos de suelo tienen diferentes albedos que son tenidos en cuenta en el esquema radiativo. Un tercer proceso que tiene sensibilidad directa al uso de suelo es la evapotranspiración y la evaporación, afectando, no solamente la disponibilidad de vapor de agua en las capas bajas de la atmósfera sino también los flujos de calor latente. Una discusión de estas parametrizaciones puede encontrarse en Skamarock *et al*, 2008, [10].

2. Diseño de experimentos

Con el objetivo de investigar la sensibilidad de las variables climáticas a los cambios en el uso del suelo en la

*Autor a quien dirigir la correspondencia

RGC, se realizaron simulaciones numéricas con el modelo atmosférico WRF (Weather Research and Forecasting model, Version 3.0) en el modo no hidrostático. El dominio considerado tiene una extensión de 3000 km en longitud y latitud, con resolución horizontal de 10 km, 50 niveles verticales y esta centrado en la RGC, (Figura 1). Las interacciones entre el suelo y la atmósfera se representaron por el modelo Noah, (Chen and Dudhia, 2001, [2]), el cual es un modelo de 4 capas para la temperatura y humedad del suelo. Este predice el agua almacenada en la canopia y la nieve acumulada en la superficie, además de incluir zonas de raíces, el drenaje y el escurrimiento del agua. El modelo también representa los flujos de vapor y calor latente entre el suelo y la atmósfera. Las condiciones iniciales y de borde con intervalos de 6 hs, fueron provistas por los campos operacionales del NCEP Global Data Assimilation System (GDAS), con resolución horizontal de 1° y 27 niveles verticales. Las categorías de suelo empleadas por el WRF corresponden a la clasificación de la USGS (U.S. Geological Survey/Land Cover System, Anderson, *et al* 1976).

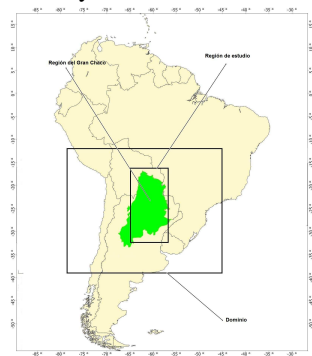


Figura 1: Región de estudio

Se eligió un período de 6 meses comprendido entre los meses de primavera-verano de 2009-2010, dado que durante esta etapa se registraron eventos climáticos extremos como ser, intensas sequías, eventos de Chaco Jet Event (CJE), South American Low Level Jet (SALLJ) y No South American Low Level Jet (NOSALLJ). En similitud con muchos estudios de deforestación previos (Brankovic *et al*, 2006, [1], Paeth *et al*, 2009, [8]), para este período se realizaron dos experimentos, uno en el cual se modificó el uso de suelo por bosque en la región comprendida entre, 32°S y 18°S y 65°O y 56°O y otro en el cual se introdujo pastura en la región mencionada. Representando así, el escenario extremo de hace 200 años, en el cual no hubo ningún tipo de deforestación, y un escenario extremo en el cual toda la región del Gran Chaco este destinada a la producción agrícola-ganadera, respectivamente, Figura 2.

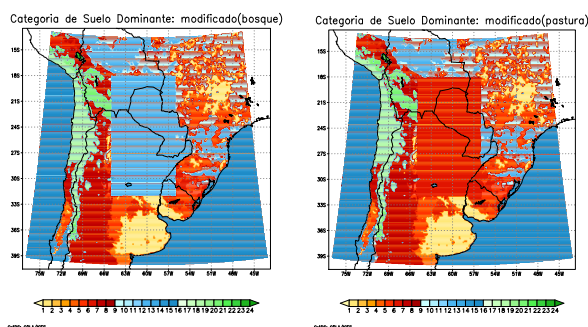


Figura 2: Uso de suelo considerados: Bosque y Patura

2.1. Criterio de clasificación

El low level jet (LLJ) de América del Sur se localiza al este de la Cordillera de los Andes. Se caracteriza por ser una corriente que transporta aire cálido y húmedo entre las latitudes medias y el trópico. El South America low level jet (SALLJ), se relaciona con el transporte de humedad desde la región del Amazonas a las fértiles tierras del sur de Brasil y norte de la Argentina. Es considerado un componente importante en el balance hídrico de la cuenca del Río de La Plata. Nicolini y Saulo, 2000, [7], definieron como Chaco Jet Event, CJE, a los eventos de low level jet al este de los Andes que penetran mas al sur de 25°S. Para poder clasificar cada uno de los días simulados en, días de eventos CJE, SALLJ y NOSALLJ, se tuvo en cuenta el criterio de selección usado por Salio *et al*, 2002, [11]. Este criterio, requiere que al menos una de las ocho horas sinópticas cumpla lo siguiente: (1) la intensidad máxima del viento $|V|$ a 850 hPa, inmediatamente al este de la Cordillera de los Andes (cerca de Santa Cruz de las Sierras, Bolivia), debe ser igual o mayor a 12 m/s y debe originarse en latitudes tropicales y extenderse a 25°S. (2) La diferencia de la velocidad del viento entre 850 hPa y 700 hPa debe ser igual o mayor a 6 m/s en alguna parte de la región encerrada por una isotaca de 12 m/s en el nivel de 850 hPa. (3) La componente meridional del viento debe tener dirección norte y ser mas grande que la componente zonal del viento (u) en la región donde se cumple que la intensidad máxima del viento es 12 m/s. Esta condición se establece con el objetivo de excluir los eventos que tienen lugar antes del pasaje de un sistema frontal a 25°S, donde la componente zonal del viento es la que predomina. Los días que cumplan con este criterio se denominaron CJE. Los días SALLJ son aquellos días que, cumpliendo con el criterio, el viento en esos días no se extendía hacia latitudes mas al sur que 25°S. Los días que no cumplen el criterio de selección se denominaron NOSALLJ.

3. Resultados

En las Tablas 1 y 2, se clasifica la cantidad de días en los cuales se registraron eventos CJE, SALLJ y NOSALLJ, para el período comprendido entre los meses de Setiembre de 2009 y Febrero de 2010, para los casos en que la cobertura de suelo fue bosque y pastura, respectivamente. En las mismas, se muestra que para el caso bosque se identificaron 57 eventos de CJE, que representan un total del 31 % de los días examinados. Para el caso pastura los eventos de CJE registrados disminuyeron a 46 eventos, representando así, un 25 % del total de los días simulados. Esto muestra que modificar el uso de suelo en la RGC tiene consecuencias en la circulación general sobre la región. Introducir pastura en toda la RGC reduce el número de eventos CJE y como consecuencia disminuye la precipitación en la región. De la tabla, se desprende que el LLJ puede extenderse o penetrar mas al sur, en el caso bosque.

3.1. Precipitación

Los composites de las diferencias fueron realizados considerando el mismo conjunto de días en los cuales se detectaron los diferentes eventos para ambos casos. En la Figura 3, se muestra el composite de la precipitación total

CASO BOSQUE			
Evento	CJE	SALLJ	NOSALLJ
septiembre	11	10	9
octubre	5	8	18
noviembre	15	14	1
diciembre	5	23	4
enero	8	13	10
febrero	13	12	4
TOTAL	57	80	45
Porcentaje	31	44	25

Cuadro 1: Número de ocurrencias de los eventos CJE, SALLJ y NOSALLJ para el caso Bosque

CASO PASTURA			
Evento	CJE	SALLJ	NOSALLJ
septiembre	11	9	10
octubre	4	11	16
noviembre	13	14	3
diciembre	1	27	3
enero	5	17	8
febrero	12	13	3
TOTAL	46	91	43
Porcentaje	25	50	24

Cuadro 2: Número de ocurrencias de los eventos CJE, SALLJ y NOSALLJ para el caso Grassland

para los tres eventos con uso de suelo bosque, se observan mayores precipitaciones en la RGC para los eventos CJEs en comparación con los eventos de SALLJs y NOSALLJs. En cambio, para los últimos dos eventos las precipitaciones son mayores en la zona de Brasil y Bolivia que en la región de forzado.

La Figura 4 muestra el composite de las diferencias de precipitación entre el caso bosque y el caso pastura para los tres eventos. Se observa que para eventos NOSALLJs la precipitación es mayor sobre la zona sur de Brasil. Las diferencias con el caso pastura son notables para este evento. Para los eventos SALLJs se encuentra un comportamiento similar. La diferencia entre ambos eventos es que la región donde la precipitación es mayor esta desplazada hacia el sur. Hay indicios de una disminución de la precipitación sobre el centro de Argentina y Brasil. Esto puede estar asociado a modificaciones de la circulación en niveles bajos o por la presencia de movimientos de descenso sobre las zonas donde llueve menos. Este patrón se repite para el evento CJE, pero con una diferencia de precipitación mayor para el caso bosque.

3.2. Geopotencial

Se quiere analizar los mecanismos que producen cambios en las precipitaciones. Se propone como hipótesis que los cambios en la circulación en niveles bajos pueden producir cambios en el transporte de humedad, y como consecuencia modificaciones en las precipitaciones. Se graficaron las diferencias de geopotencial a 850 hPa, las gráficas muestran que para eventos CJEs se encuentra una ba-

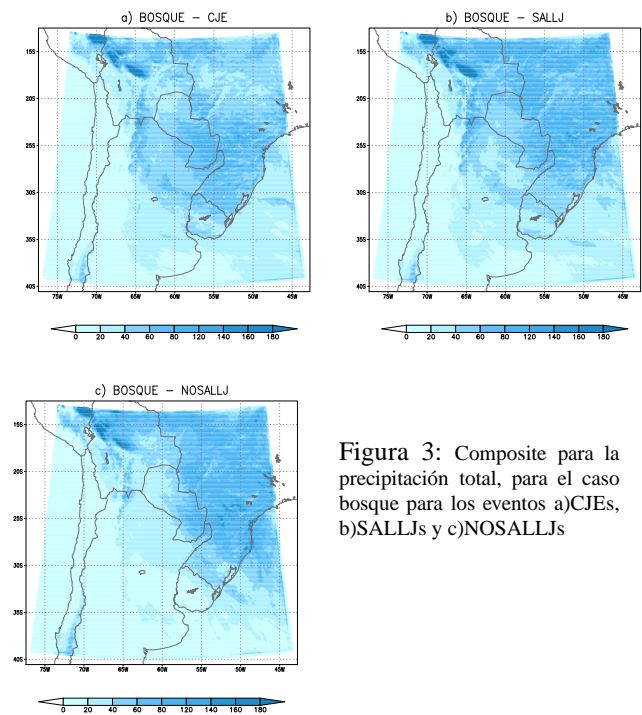


Figura 3: Composite para la precipitación total, para el caso bosque para los eventos a)CJEs, b)SALLJs y c)NOSALLJs

ja de geopotencial para el caso bosque y viento altamente geostrófico. El viento tiene un movimiento ciclónico en la región del Gran Chaco. La respuesta para eventos NOSALLJs es una zona de baja de gran extensión que esta desplazada respecto a la región de forzado. Para eventos SALLJs hay un alta de geopotencial. El viento muestra una importante componente ageostrófica, Figura 5.

4. Conclusión

Se demuestra que el tipo de respuesta a la deforestación difiere según la situación sinóptica. Del composite para la precipitación total, caso bosque y eventos CJEs se encuentra mayores precipitaciones en la región extratropical de análisis y disminución de la precipitación en Brasil, mientras que para eventos SALLJs y NOSALLJs la precipitación disminuye en la región del litoral. Esto se puede explicar porque la principal fuente de humedad en la región es suministrada por el LLJ.

Del composite de las diferencias de precipitación para eventos CJE y NOSALLJ se observa un comportamiento dipolar de la precipitación en sudamérica que oscila entre periodos en donde llueve mucho en Brasil y poco en Argentina y viceversa, lo cual esta estrechamente ligado con cambios en la circulación en capas bajas que controla el transporte de humedad entre una región y otra.

Del composite para las diferencias de viento entre ambos casos, no se encuentran diferencias en la intensidad del low level jet, a excepción del SALLJ, que es mas intenso para el caso pastura, lo cual origina un aumento de las precipitaciones al este de la región de forzado, de acuerdo con los resultados de Paegle, *et al* [9]. Para los casos de SALLJ y NOSALLJ, se tiene que en las mismas regiones de bajas de geopotencial hay una intensificación en las precipitaciones.

Actualmente, existe un fuerte desarrollo en los sistemas de asimilación de datos de suelo, los cuales permitirán disponer de datos confiables de variables como, la humedad de suelo. Esto permite evaluar las aproximaciones y las li-

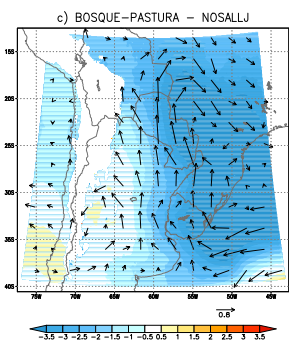
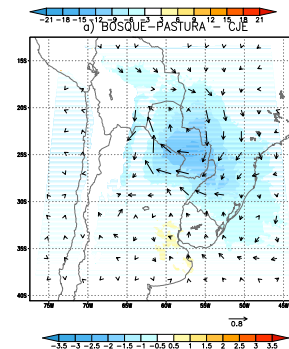
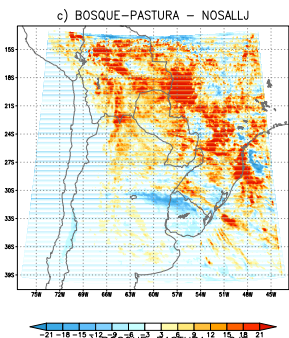
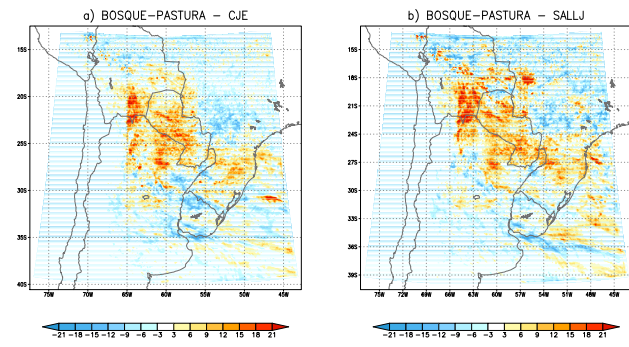


Figura 4: Composite de la diferencia de precipitación para los eventos a)CJEs, b)SALLJs, c)NOSALLJs

Figura 5: Composite para las diferencias de geopotencial a 850 hPa para los eventos a)CJEs, b)SALLJs y c)NOSALLJs

mitaciones de los modelos de suelo actuales, (De Lannoy *et al*, 2006, [3]). Por otro lado, la asimilación de datos también permite la evaluación de la parametrización de la PBL (Nielsen *et al*, 2010, [5]).

Referencias

[1] Brankovic, C. and Molteni, F. and Viterbo, P., 2006. Gcm sensitivity experiments with locally modified land surface properties over tropical south america. *Climate Dynamics*, **10**, 1593–1602.

[2] Chen, F. and Dudhia, J., 2001. Coupling an advanced land surface-hydrology model with the penn state-ncat mm5 modeling system. part i: Model implementation and sensitivity. *Monthly Weather Review*, **129**, 569-584.

[3] De Lannoy, G.J.M. and Houser, P.R. and Pauwels, V.R.N. and Verhoest, N.E.C., 2006. Assessment of model uncer-

tainty for soil moisture through ensemble verification. *Journal of Geophysical Research*.

[4] Hahmann, A. N. and Dickinson, R. E., 1997. Rccm2-bats model over tropical south america: Applications to tropical deforestation. *Journal of Climate*, **10**, 1944-1964.

[5] Nielsen-Gammon, J. W. and Hu, X.-M. and Zhang, F., 2010. Evaluation of planetary boundary layer scheme: Sensitivities for the purpose of parameter estimation. *Monthly Weather Review*, **138**, 3400-3417.

[6] Nogés-Paegle, J. and Mo, K. C., 1997. Alternating wet and dry conditions over south america during summer. *Monthly Weather Review*, **125**, 279-291.

[7] Nicolini, M. and Saulo, A. C., 2000. Eta characterization of the 1997-1998 warm season chaco jet cases, paper presented at 6th international conference on southern hemisphere meteorology and oceanography. *Am. Meteorol. Soc.*, 3-7.

[8] Paeth, H. and Born, K. and Girmes, R. and Podzun, R. and Jacob, D., 2009. Regional climate change in tropical and northern africa due to greenhouse forcing and land use changes. *Journal of Climate*, 114-131.

[9] Paegle, J. and Mo, K. C. and Nogués-Paegle, J., 1996. Dependence of simulated precipitation on surface evaporation during the 1993 united states summer floods. 345–361.

[10] Skamarock, W. C. and Klemp, J.B. and Dudhia, J. and Gill, D. O. and Barker, D. M. and Wang, W. and Powers, J. G., 2008. A description of the advanced research wrf version 3, ncar tech note.

[11] Salio, P. and Nicolini, M. and Saulo A. C., 2002. Chaco low-level jet events characterization during the austral summer season. *Journal of Geophysical Research*, **107**. doi:10.1029/2001JD001315.