

## III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

## PATRONES ESPACIALES DE TVDI Y SU RELACION CON LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA

Holzman ME<sup>1,2\*</sup>, Rivas RE<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Hidrología de Llanuras “Dr. Eduardo J. Usunoff” (UNCPBA – CIC – Municipalidad de Azul) – República de Italia 780 (B7300. Azul, Buenos Aires, Argentina). Tel/Fax: 02281-432666.

<sup>2</sup> Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica

<sup>3</sup> Comisión de Investigaciones Científicas de Buenos Aires.

[rivas@rec.unicen.edu.ar](mailto:rivas@rec.unicen.edu.ar) - [mauroholzman@hotmail.com](mailto:mauroholzman@hotmail.com)

La región pampeana tiene un rol muy importante como productora de materias primas a nivel mundial, sin embargo, frecuentemente las fluctuaciones climáticas son una limitante para su producción. En este trabajo se analizaron las fluctuaciones en la disponibilidad de agua en el suelo en la región pampeana durante 4 eventos ENOS del periodo 2000-2011. Se utilizaron imágenes satelitales de Temperatura Radiativa de Superficie e Índice de Vegetación mejorado captadas por el sensor Aqua/MODIS, con las que se calculó el Temperature Vegetation Dryness Index. Durante los meses de octubre a marzo se detectó un patrón de condiciones más húmedas en El Niño que en La Niña, aunque se observaron grandes áreas con el patrón inverso. En este contexto sería adecuado no sólo tener en cuenta la incidencia de ENOS en la previsión de las condiciones hídricas de la región, sino también la variabilidad espacial y temporal de tales condiciones en cada evento. El TVDI es una herramienta de fácil aplicación para una valoración rápida de la evolución temporal y espacial de áreas afectadas por excesos y déficits hídricos.

**Palabras clave:** TVDI, Región Pampeana, estrés hídrico.

**ABSTRACT**

The Pampa Region has a very important role as a producer of raw materials worldwide; however, climatic fluctuations are often a limiting factor for production. In this work, fluctuations of soil moisture availability on Pampa Region over 4 ENSO events during 2000-2011 period were analyzed. Aqua/MODIS data products of LST and EVI to calculate the Temperature Vegetation Dryness Index were used. From October to March, a pattern with wetter conditions during El Niño than La Niña, though the opposite pattern in large areas was noticed. In this context it would be appropriate not only consider the impacts of ENSO on the provision of water conditions in the region, but also the spatial and temporal variability of such conditions in each event. The TVDI is a simple tool for a quick assessment of the temporal and spatial evolution of affected areas by water deficits and excesses.

**Key words:** TVDI, Pampa Region, water stress.

**INTRODUCCION**

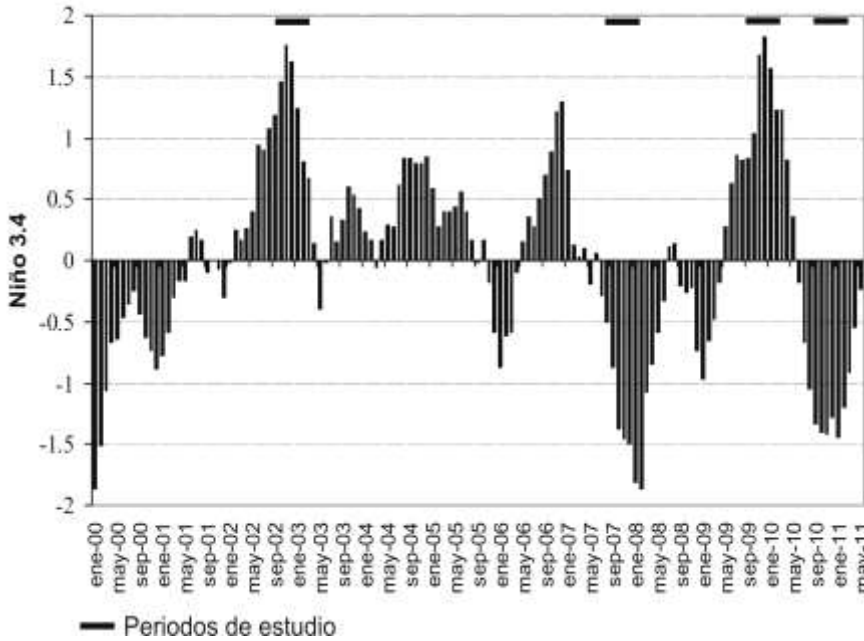
La región pampeana es una amplia llanura altamente productiva por sus condiciones de fertilidad en los suelos y de climas templado y húmedo en el este a semiárido-árido en el oeste. No obstante, frecuentemente las actividades productivas de la región se ven condicionadas por la variabilidad en las precipitaciones. Estas anomalías no sólo tienen la potencialidad de afectar el sector productivo y económico, sino también de producir repercusiones sociales y políticas. En un contexto global, considerando las altas tasas actuales de crecimiento de la población mundial y las proyecciones futuras que implicarán una creciente demanda de materias primas, las limitantes para la producción de la región pampeana adquieren aún mayor importancia.

Varios autores (Grimm et al., 2000; Pittock, 1980; Ropelewski y Halpert, 1987; Scian, 2000) han señalado a El Niño Oscilación del Sur (ENOS) como la principal causa de la variabilidad en las precipitaciones en el sector sudeste de América del Sur, con mayor influencia en primavera y verano. Así, típicamente El Niño es asociado a periodos húmedos y La Niña a periodos secos. A su vez, algunos estudios paleoceanográficos han mostrado que ENOS es sensible a condicionantes climáticos, por lo que son esperables alteraciones en este fenómeno ante cambios en el clima futuro. No obstante, aún hay grandes incertezas acerca de la relación entre ENOS y las condiciones climáticas de fondo (Rosenthal y Broccoli, 2004). La complejidad de los procesos de feedback, y la aparente sensibilidad del fenómeno a las influencias orbitales (Clement et al., 2001) hacen difícil la predicción a largo plazo del comportamiento de ENOS. Según Collins (2004) el escenario más probable ante un cambio climático futuro es de ninguna tendencia hacia condiciones tipo Niña o tipo Niño.

El objetivo de este trabajo es evaluar la incidencia espacial de ENOS en la disponibilidad de agua en el suelo de la región pampeana durante el periodo 2000-2011 a través del índice de estrés hídrico Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI). Éste se fundamenta en la relación entre la temperatura radiativa de superficie y la condición de la vegetación (Sandholt et al., 2002).

**METODOLOGIA**

El análisis de la Temperatura Radiativa de Superficie (LST) y el Índice de Vegetación mejorado (EVI) se realizó a través de los productos MOD11 y MOD13 del sensor Aqua/MODIS (<http://wist.echo.nasa.gov>). La resolución temporal es de 8 y 16 días y la espacial, de aproximadamente 68 ha. Se calcularon las imágenes de estas dos variables a escala mensual siguiendo la metodología detallada en [Holzman y Rivas \(2011a\)](#). Los periodos de análisis fueron seleccionados a partir del índice de anomalías de temperatura superficial del mar, Niño 3.4, y comprendieron los meses de octubre a marzo de: El Niño 2002-2003, La Niña 2007-2008, El Niño 2009-2010 y La Niña 2010-2011 (Figura 1).



**Figura 1.**

Índice Niño 3.4 de anomalías de temperatura superficial del mar y periodos de estudio.

Las estimaciones de disponibilidad de agua en el suelo se calcularon a través del TVDI, propuesto por [Sandholt et al. \(2002\)](#):

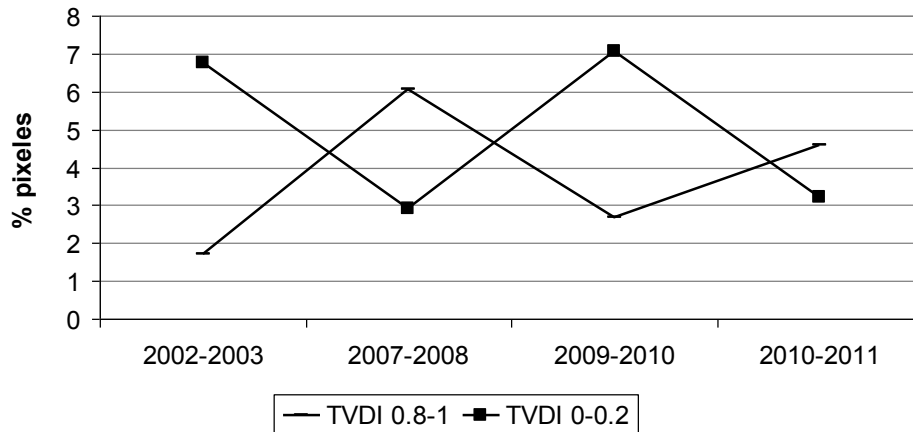
$$TVDI = \frac{LST - LST \text{ min}}{LST \text{ max} - LST \text{ min}} \tag{1}$$

donde LST es la temperatura (K) observada para un píxel dado; LSTmin es la mínima temperatura de superficie;  $LST \text{ max} = a \times EVI + b$  es la máxima temperatura observada para un valor dado de EVI y *a* y *b* son parámetros de superficie propios de la imagen. Este índice tiene la capacidad de detectar fluctuaciones en la temperatura de la superficie debidas a cambios en la disponibilidad de agua en el suelo de áreas con cobertura de vegetación variable. En condiciones de mínimo estrés hídrico (máxima evaporación desde suelo desnudo saturado o máxima transpiración sobre cobertura de vegetación con adecuada humedad) toma valores cercanos a 0. En condiciones de alto estrés hídrico (suelo desnudo seco o zonas con cobertura de vegetación con escasez de agua) muestra valores cercanos a 1.

La ecuación 1 fue aplicada a partir de las imágenes de LST y EVI del área de estudio a escala mensual, calculando los parámetros de cada una de ellas según la metodología propuesta en [Holzman y Rivas \(2011b\)](#).

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Con el fin de evaluar las condiciones extremas en la etapa madura de cada evento ENOS, se calcularon las imágenes promedio de TVDI de octubre a marzo en las que se analizó la cantidad de píxeles bajo condiciones de máximo (0,8-1,0) y mínimo (0,0-0,2) estrés hídrico (Figura 2).



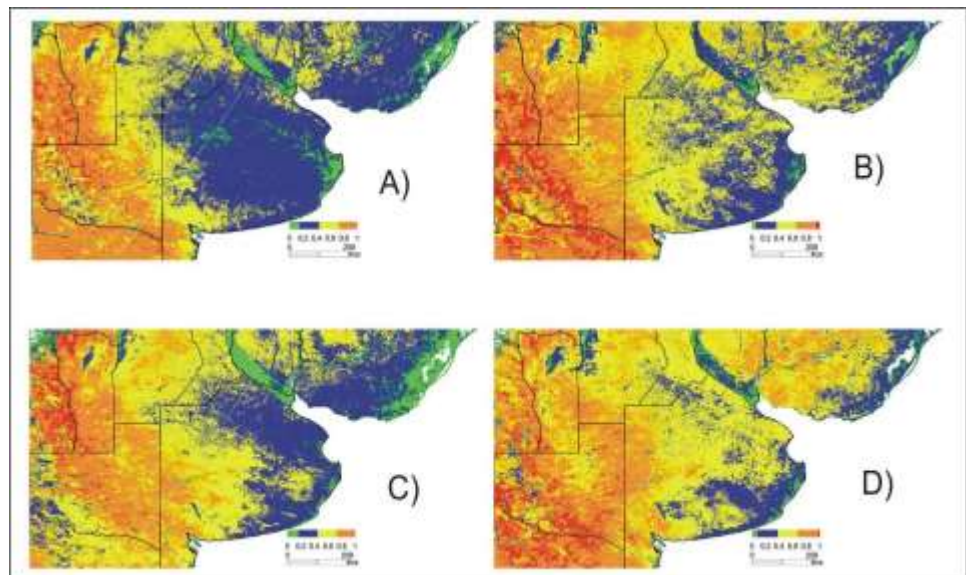
**Figura 2.** Porcentaje de píxeles en la imagen TVDI promedio de octubre a marzo bajo condiciones de máximo (TVDI entre 0,8 y 1) y mínimo (TVDI entre 0 y 0,2) estrés hídrico.

En la Figura 2 se observa una alta proporción de píxeles con valores de TVDI mínimos en los 2 eventos El Niño y una mayor proporción de píxeles con valores máximos en los 2 eventos La Niña. Este comportamiento inverso en el TVDI indicaría un patrón general de condiciones más húmedas en un evento El Niño; no obstante, se puede observar una mayor superficie con alto estrés en El Niño 2009-2010 que en El Niño 2002-2003. Por otro lado, en La Niña 2010-2011 hubo menos superficie con alto estrés que en 2007-2008. Es importante señalar que el índice 3.4 mostró aproximadamente la misma intensidad en los 2 eventos El Niño, por lo que las diferencias observadas en las condiciones hídricas no estarían directamente relacionadas a la intensidad de los eventos analizados. En cambio las diferencias halladas entre los eventos La Niña podrían vincularse a la mayor intensidad del fenómeno en 2007-2008. El comportamiento observado muestra una tendencia general para la región, pero para conocer la incidencia de estos eventos es necesario explorar el patrón espacial de las condiciones hídricas.

**Figura 3.**

Imágenes de TVDI promedio mensual de octubre a marzo:

- A) El Niño 2002-2003,
- B) La Niña 2007-2008,
- C) El Niño 2009-2010 y
- D) La Niña 2010-2011.



La Figura 3 muestra las imágenes de TVDI promedio mensuales de octubre a marzo de cada evento. Se puede observar que durante El Niño 2002-2003 la mayor parte de la provincia de Buenos Aires y Uruguay se encontraba bajo condiciones de mínimo estrés hídrico (Figura 3 A). Un comportamiento similar es observado en Uruguay durante El Niño 2009-2010, aunque con valores de TVDI altos en el centro-oeste de la provincia de Buenos Aires (Figura 3 C).

Durante los 2 eventos La Niña los niveles más altos de estrés hídrico se observaron al oeste de la zona semiárida del área de estudio (Figura 3 B y D). En esta zona las condiciones más secas se intensifican durante La Niña, no obstante se observan en El Niño altos grados de estrés en gran parte de las provincias de

### III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

La Pampa, San Luis y Mendoza. Son evidentes condiciones secas en gran parte de la provincia de Buenos Aires, sobre todo en La Niña 2010-2011 (Figura 3 D). En general se observa en el centro y sur de Uruguay y en el noreste de la provincia de Buenos Aires áreas con mayor sensibilidad a los eventos El Niño y La Niña, con condiciones de mayor disponibilidad de agua en el suelo durante los primeros.

Aunque sólo fueron analizados 4 eventos ENOS, se detectó un patrón general de condiciones más húmedas durante El Niño y más secas en La Niña. Sin embargo es importante destacar que dentro del periodo de madurez del fenómeno (octubre a marzo) se observaron grandes áreas dentro de la región con el patrón inverso al esperado, lo que no estaría relacionado directamente a la intensidad de las anomalías de la temperatura superficial del Pacífico ecuatorial. Cabe destacar que este periodo coincide con los meses de crecimiento de la mayor parte de los cultivos de la región, de tal forma que éstos pueden ser afectados por las fluctuaciones en las condiciones hídricas.

#### CONCLUSIONES

En este trabajo se analizó el patrón espacial y temporal de estrés hídrico en la región pampeana durante los eventos ENOS del periodo 2000-2011 a través de imágenes de Temperatura Radiativa de Superficie (LST) e Índice de Vegetación mejorado (EVI) de los productos Aqua/MODIS.

Para los 4 eventos analizados, los resultados han mostrado una tendencia general a condiciones más húmedas durante los meses de la etapa madura de El Niño que en La Niña. Las diferencias detectadas en los 2 eventos El Niño no estarían relacionadas directamente a la intensidad del índice de anomalías de temperatura superficial del mar sino que se debería a otras variables de incidencia regional.

Es importante destacar que en amplias áreas altamente productivas de la región, durante la etapa de crecimiento y desarrollo de diversos cultivos, se detectó un comportamiento inverso al patrón general de disponibilidad de agua en el suelo. En tal contexto sería adecuado no sólo tener en cuenta la incidencia de ENOS en la previsión de las condiciones hídricas de la región, sino también la variabilidad espacial y temporal de tales condiciones en cada evento. El TVDI es una herramienta de fácil aplicación para una valoración rápida de la evolución temporal y espacial de áreas afectadas por excesos y déficits hídricos.

#### BIBLIOGRAFIA

- Clement, A. C.; Cane, M. A. y Seager, R.,** 2001. An orbitally driven tropical source for abrupt climate change. *Journal of Climate* 14 (11): 2369-2375.
- Collins, M.,** 2004. El Niño or La Niña-like climate change? *Climate Dynamics* 24 (1): 89-104.
- Grimm, A. M.; Barros, V. y Doyle, M.,** 2000. Climate variability in southern South America associated with El Niño and La Niña events. *Journal of Climate* 13: 35-58.
- Holzman, M. E. y Rivas R. E.,** 2011a. ENSO effects on hydric conditions of Pampa Region: a preliminary evaluation using LST and EVI. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba, Brasil.
- Holzman, M. E. y Rivas R. E.,** 2011b. Fluctuaciones de la disponibilidad de agua en el suelo en eventos ENOS en la región pampeana. VII Congreso Argentino de Hidrogeología V Seminario Hispano-americano Sobre Temas Actuales de la Hidrología Subterránea. (En revisión).
- Pittock, A. B.,** 1980. Patterns of climatic variation in Argentina and Chile. Part 1: Precipitation. *Monthly Weather Review* 108: 1347-1361.
- Ropelewski, C. F. y Halpert, M. S.,** 1987. Global and regional scale precipitation patterns associated with El Niño–Southern Oscillation. *Monthly Weather Review* 115: 1606–1626.
- Rosenthal, Y. y Broccoli, A.,** 2004. In search of Paleo-ENSO. *Science* 304 (5668): 219-221.
- Sandholt I.; Rasmussen K. y Andersen J,** 2002. A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status. *Remote Sensing and Environmental* 79 (2-3): 213–224.
- Scian, B.,** 2000. Episodios ENSO y su relación con las anomalías de precipitación en la pradera pampeana. *GEOACTA* 25: 23-40.