

DESEMPEÑO DE UN NUEVO ÍNDICE BASADO EN SENSORES REMOTOS PARA LA DETECCIÓN DE SEQUÍAS AGRÍCOLAS EN ARGENTINA.

M. Mercedes Salvia¹, Romina C. Ruscica², Nilda Sánchez³, María Piles⁴, Ángel González-Zamora³, Esteban Roitberg¹, José Martínez-Fernández³
msalvia@iafe.uba.ar. Autora correspondiente.

¹ Grupo de Teledetección Cuantitativa, IAFE (UBA/CONICET)

² UBA-FCEyN, CIMA (CONICET-UBA), IFAECI (CNRS-IRD-UBA-CONICET)

³ Instituto Hispano Luso de Investigaciones Agrarias (CIALE, Universidad de Salamanca)

⁴ Image Processing Laboratory (IPL, Universitat de València)

Palabras clave: SMADI, humedad del suelo, índice de vegetación.

1) INTRODUCCIÓN

Las sequías agrícolas se encuentran entre los fenómenos considerados críticos por su intensidad, severidad, frecuencia, extensión espacial y el impacto que generan en los ingresos económicos de personas y países. Esto es relevante para Argentina, donde las exportaciones agropecuarias pueden representar hasta el 10% del PBI (Pisani-Claro y Miazzo, 2017), y donde la sequía del año 2018 generó una caída del PBI cercana al 0,5% (Lema et al., 2018).

En Argentina, ninguno de los índices climáticos comúnmente utilizados operativamente para la detección de eventos extremos toma en cuenta los valores de humedad del suelo (SM) ni sus cambios, sino que se basan en temperatura del aire y/o precipitación (ej. SPI, SPEI). En este contexto, la exploración de nuevos índices que tomen en cuenta la SM puede significar una mejora en la definición y monitoreo de las sequías agrícolas (también llamadas ‘*SM droughts*’).

En este trabajo se exploró el desempeño del índice Soil Moisture Agricultural Drought Index (SMADI, Sánchez et al., 2016) y se lo comparó con el obtenido usando anomalías estandarizadas de SM (SSMA), SPI y SPEI en la detección de emergencias agropecuarias por sequía declaradas en Argentina por el Ministerio de Agricultura (MAGyP) durante 2010-15.

2) METODOLOGÍA

2.1) Índices (SMADI, SSMA, SPI, SPEI)

El SMADI es un índice de sequía agrícola, basado en SM, que incorpora también al índice de vegetación NDVI como descriptor del estado de vigor de la misma y la temperatura superficial del suelo (LST), con el objeto de describir el estado del conjunto planta-suelo. Todas las variables (SM, NDVI, LST) son obtenidas a partir de sensores satelitales, lo que hace al índice escalable espacial y temporalmente.

La base lógica del SMADI es la relación inversa que existe entre LST y el NDVI, que a su vez está relacionado con el contenido de SM (Carlson et al., 1994). La formulación del índice los relaciona del siguiente modo

$$SMADI_i = SMCI_i \frac{MTCI_i}{VCI_{i+1}} \quad (1)$$

donde SMCI, MTCI y VCI son los índices normalizados de SM, LST y NDVI respectivamente, usando en cada caso los rangos temporales máximos y mínimos para cada uno de ellos (Kogan, 1995), e i corresponde al período temporal elegido (en este caso 14 días).

Los valores de SMADI se clasifican en 5 categorías de intensidad de sequía de acuerdo a Sánchez et al. (2018) (Tabla I), y se calcularon a una resolución espacial de 0,05°, integrando datos diarios de LST y reflectancia del sensor MODIS, y SM del sistema SMOS. Más detalles sobre los datos de entrada y el cálculo del índice pueden encontrarse en Salvia et al. (2021).

Las SSMA se calcularon para los mismos períodos temporales usados para SMADI siguiendo la fórmula del *European Drought Observatory* (2019). El dato de entrada fue el producto Combinado de ESA-CCI SM, de resolución temporal diaria y espacial de 0,25° (www.esa-soilmoisture-cci.org).

Los datos de SPI (McKee et al., 1993) y SPEI (Vicente-Serrano et al., 2010) fueron descargados de la web del SISSA-CRC-SAS (<https://sissa.crc-sas.org/monitoreo/indices-de-sequia/>) a escalas temporales de 1 y 3 meses y resolución espacial de 0,25°.

La tabla I muestra la clasificación de SSMA, SPI_{1,3} y SPEI_{1,3}.

	Normal/húmedo	Sequía Leve	Sequía Moderada	Sequía Severa	Sequía Extrema
SMADI	<1	1 a 1,99	2 a 2,99	3 a 3,99	≥ 4
SSMA/SPI _{1,3} /SPEI _{1,3}	> -1		-1 a -1,49	-1,5 a -1,99	≤ -2

Tabla I: Categorías de intensidad de sequía para los índices analizados

2.2) Eventos de sequía y eventos de no-sequía.

Se utilizó como información de referencia a las emergencias agropecuarias por sequía declaradas por el MAGyP durante el período de estudio comprendido entre junio 2010 y diciembre 2015. A partir de dichas declaraciones, se establecieron los eventos de sequía (49) y eventos de no-sequía (167) a nivel departamento y se agruparon por provincia. Los eventos de no-sequía son necesarios para detectar falsos positivos.

2.3) Métricas

Para cada evento (sequía o no-sequía), se calcularon las siguientes 3 métricas generales para cada uno de los 6 índices:

- % Positivos: porcentaje de eventos que se consideran detectados para cualquiera de las categorías de sequía (leve, moderada, severa o extrema)
 - Para SMADI (y SSMA) un evento es positivo si al menos 1/3 del área analizada presenta $SMADI \geq 1$ ($SSMA \leq -1$) por al menos 2 períodos consecutivos (28 días).
 - Para SPI_{1,3} y SPEI_{1,3}, un evento es positivo si presenta al menos 1/3 de su área con valores ≤ -1 por al menos un período.
- % Duración: porcentaje de tiempo comprendido por el evento que es considerado positivo para el índice correspondiente.
- % Extremos: porcentaje de eventos que son positivos y presentan al menos 1 pixel con valor de sequía extrema para el índice correspondiente ($SMADI \geq 4$; $SSMA, SPI_{1,3}, SPEI_{1,3} < -2$)

De acuerdo a si el evento estudiado es un evento de sequía o un evento de no-sequía, los % positivos se denominan % Verdaderos positivos (TPR) o % Falsos positivos (FPR) respectivamente. En este sentido, el índice ideal para la detección de sequías agrícolas debería presentar un alto TPR y un bajo FPR, pero esto no siempre ocurre. Para hacer un análisis integrado de los eventos de sequía y los eventos de no-sequía, se calculó, a modo de métricas resumen, la Precisión o Valor Predictor Positivo (PPV) definido como el porcentaje de verdaderos positivos dentro de todos los positivos ($TPR / (TPR + FPR)$), y el F1-score que integra TPR y PPV mediante su media armónica [$F1 = 2 * TPR * PPV / (TPR + PPV)$]. En el caso del índice ideal, se esperaría que estas 2 últimas métricas (PPV y F1) dieran un valor de 100%.

3) RESULTADOS

La Figura 1 (izq., cent.) muestra el valor de cada métrica (%positivos, %duración y %extremos) en los 6 índices analizados en casos de eventos de sequía y eventos de no-sequía, i.e. positivos verdaderos (TPR) y falsos (FPR) respectivamente. Lo esperable sería obtener valores altos para las 3 métricas en TPR y bajos en FPR.

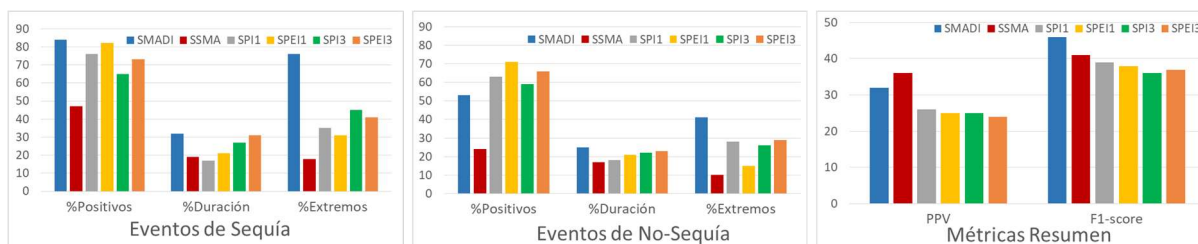


Figura 1: Desempeño de los distintos índices evaluados para la detección de sequías agrícolas. Izq: Eventos de sequía (TPR). Centro: Eventos de no-sequía (FPR). Der: Métricas resumen.

Se observa un mejor desempeño del índice SMADI para todas las métricas en el caso de eventos de sequía, y mejores (más bajos) FPR que los índices basados en precipitación ($SPI_{1,3}$). Sin embargo, para los falsos positivos se observa mayor presencia de valores extremos en SMADI que en los otros índices y similares porcentajes de duración. En el caso de SSMA, presenta los valores más bajos de %positivos tanto en los eventos de sequía como en los de no-sequía.

En el caso de las métricas resumen, se observa que SMADI tiene una mejor *performance* con respecto a los índices $SPI_{1,3}$ y $SPE_{1,3}$ (PPV y F1 mas altos, Figura 1 der.). Esto era esperable ya que SMADI presentaba tanto mayor TPR como menor FPR. La comparación entre SMADI y SSMA no es tan directa, ya que el primero presenta un mayor F1-score y el segundo un mayor PPV. Sin embargo, si el objetivo es detectar sequías, debería darse mayor importancia a obtener un alto TRP que a obtener un bajo FPR, lo que daría a SMADI una mejor performance. En conclusión en este estudio se mostró que contar con información de SM, pero también de vegetación y temperatura del suelo, perfeccionó la detección de sequías agrícolas en Argentina.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado parcialmente por los siguientes proyectos: PICT 2017-1406 (FONCYT), ESP2017-89463-C3-3-R, RTI2018-096765-A-100, CLU-2018-04 (ERDF)

REFERENCIAS

- Carlson, T. N., Gillies, R. R., y Perry, E. M., 1994:** A method to make use of thermal infrared temperature and NDVI measurements to infer surface soil water content and fractional vegetation cover. *Remote Sensing Reviews*, 9, 161–173.
- European Drought Observatory, 2019:** Soil Moisture Anomaly factsheet. https://edo.jrc.ec.europa.eu/documents/factsheets/factsheet_soilmoisture.pdf
- Kogan, F. N., 1995:** Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. *Advances in Space Research*, 15(11), 91–100.
- Lema, D., Amaro, I. B. y Pace I., 2018:** Impacto de la sequía sobre los márgenes brutos esperados de soja y maíz en la región pampeana: ¿En qué situación los aumentos de precios compensarían las pérdidas de rendimientos?, Instituto de Economía – INTA, Buenos Aires, Argentina. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_cicpes_instdeeconomia_lem_a_impacto_sequia_margenes_brutos_0.pdf
- McKee, T. B., Doesken, N. J., y Kleist, J., 1993:** The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Proceedings 8th Conference Applied Climatology*, 179–184.
- Pisani-Claro, N. y Miazzo, D., 2017:** El campo argentino en números, FADA: Fundación Agropecuaria Para El Desarrollo Argentino. <https://fundacionfada.org/informes/el-campo-argentino-en-numeros-3/>
- Salvia, M., Sánchez, N., Piles, M., Ruscica, R., González-Zamora, A., Roitberg, E., Martínez-Fernández, J. 2021:** The added-value of remotely-sensed soil moisture data for agricultural drought detection in Argentina. *IEEE Journal of Selected Topics on Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 14, 6487-6500.
- Sánchez, N., González-Zamora, A., Piles, M. y Martínez-Fernández, J., 2016:** A new soil moisture agricultural drought index (SMADI) integrating MODIS and SMOS products: A case of study over the Iberian peninsula. *Remote Sensing*, 8 (4), 287.
- Sánchez, N., González-Zamora, A., Martínez-Fernández, J., Piles, M., y Pablos, M., 2018:** Integrated remote sensing approach to global agricultural drought monitoring. *Agricultural and Forest Meteorology*, 259, 141–153.
- Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., y López-Moreno, J. I., 2010:** A multiscalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate*, 23(7), 1696–1718.