

# EVALUACION DE LA SENSIBILIDAD DE DISTINTOS INDICES PARA EXPLICAR LOS RENDIMIENTOS DE MAIZ EN LA REGION PAMPEANA

Hurtado R., Serio L, Spescha Liliana y Maria Elena Fernández Long <sup>1</sup>

## INTRODUCCION

El fenómeno ENSO (El Niño Oscilación del Sur) es una manifestación natural de la variabilidad del clima, que ocurre como consecuencia de la interacción entre el océano y la atmósfera en el océano Pacífico tropical. Este presenta dos fases conocidas y contrastantes que afectan al sistema climático global. Una de ellas es la fase cálida, conocida como El Niño, y su manifestación más llamativa es el aumento de la temperatura de la superficie del mar en una extensa área del Pacífico ecuatorial, acompañada por el cambio en las presiones atmosféricas y en la intensidad de los vientos. La fase opuesta, conocida como La Niña, presenta temperaturas de la superficie del mar del Pacífico tropical central y oriental inferiores a la media climatológica. Este fenómeno de acoplamiento tiene su repercusión no solo en el sistema climático sino también en el de producción de cultivos, siendo una de las principales causas de su variabilidad interanual y estacional.

Los efectos globales sobre los rendimientos y la producción de alimentos abren las posibilidades de planificar las decisiones para potenciar sus impactos benéficos y mitigar los adversos.

El sur de Sudamérica es una de las regiones extratropicales más afectadas por los ciclos del ENSO, principalmente por la fuerte variabilidad en las precipitaciones asociadas a ambas fases (Grimm et al., 2000). Con respecto a su efecto sobre los rendimientos en la Argentina, se han realizado importantes contribuciones (Messina et al., 1996a, 1996b; Hurtado y Berri, 1998; Spescha y Berri, 1998, Hurtado et al., 2003).

Para definir si una situación es considerada Niño, Niña o neutra algunos centros de investigación han desarrollado distintos índices. Estos corresponden a anomalías de las distintas variables que intervienen en el fenómeno, como presión, temperatura de la superficie del mar, viento y nubosidad, para determinadas subregiones del Pacífico ecuatorial. Según estudios de sensibilidad, el índice recomendado para utilizar en cada caso dependerá de la fase del ENSO que requiera ser estudiada (Handley et al., 2003).

Para estudiar las correlaciones entre ENSO y rendimientos, estos índices son comúnmente tomados como variables discretas (1=Niño, 0=neutro, -1=Niña) (Magrín et al., 1998). Sin embargo, conviene tener en cuenta la intensidad del fenómeno, para lo cual se requiere usar los índices como variables continuas.

El objetivo del presente estudio es comparar varios índices comúnmente usados para caracterizar el ENSO y determinar cual o cuales es o son los mejores para explicar la variabilidad de los rendimientos de maíz en la región pampeana argentina.

## MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron datos de rendimiento del cultivo de maíz para 177 distritos (partidos o departamentos) correspondientes a las provincias de Buenos Aires, La Pampa, Córdoba, Entre Ríos y Santa Fe de las campañas comprendidas entre los años 1969/70 y 2001/02. Esta información fue suministrada por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA). Debido al incremento de los rendimientos a través del tiempo, causado por el avance tecnológico, se removió la tendencia aplicando un filtro polinómico de tercer orden a cada uno de las series y se obtuvieron así las anomalías anuales de los rendimientos.

Los índices utilizados fueron seleccionados entre los publicados por el Climate Prediction Center (NOAA, 2004). La selección se hizo intentando cubrir los distintos aspectos del fenómeno ENSO, sin categorizar los eventos y para todo el año. Ellos son:

- **SST** (Sea Surface Temperature). Anomalías mensuales de temperatura de la superficie del mar en la región Niño 3-4 (5°N-5°S; 170-120°W), período 1969-2002, por ser esta región la que presenta mejor asociación con la variabilidad de los rendimientos para maíz en la región pampeana (Hurtado et al., 2003).
- **SOI** (Southern Oscillation Index). Anomalías mensuales del Índice de Oscilación del Sur, período 1969-2002. Es un índice estandarizado, calculado a partir de las diferencias de presión entre Tahití y Darwin (Australia). Los valores negativos sostenidos del SOI se asocian a la fase cálida del ENSO y a una disminución de la intensidad de los vientos alisios.
- **OLR** (Outgoing Longwave Radiation). Anomalías mensuales de la radiación de onda larga saliente en el ecuador (160°E-160°W), período 1979-2002. Mide la actividad convectiva, que se incrementa donde el mar está más caliente, y por el mecanismo de teleconexión en la atmósfera modifica la posición del jet subtropical. Valores negativos indican la fase cálida del ENSO.
- **U200**. Anomalías mensuales de la componente zonal del viento en el ecuador en el nivel de 200 hPa (165-110°W), período 1979-2002. Indica los cambios que sufre la circulación de la celda de Walker, cuya rama en superficie son los vientos alisios del Pacífico. Valores negativos indican la fase cálida del ENSO.
- **MEI** (Multivariate ENSO Index), Anomalías mensuales, período 1969-2002. Índice que combina el efecto de 6 variables del sistema acoplado océano-atmósfera: presión a nivel del mar, componentes zonal y meridional del viento en superficie, temperatura de superficie del mar, temperatura del aire en superficie y cobertura nubosa. Se computa para cada una de las doce estaciones bimensuales (Dic/Ene, Ene/Feb, etc.), asignando el valor al segundo mes del bimestre. Valores positivos indican la fase cálida del ENSO.

Las anomalías anuales de los rendimientos de maíz en las cinco provincias pampeanas se correlacionaron con los diferentes índices seis meses antes de la siembra media (abril) hasta la fecha media de cosecha (marzo). Los coeficientes de correlación lineal ( $r$ ) obtenidos se plotearon en mapas, delimitándose aquellas áreas cuyos valores resultaron significativos al 5%.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Se observa una variación tanto espacial como temporal de los ( $r$ ). Dentro del periodo de cultivo, el mes de octubre es el que presenta mayor área con ( $r$ ) significativo (Figuras 1 a, b y c), considerando conjuntamente todos los índices. Sin embargo para cada uno en forma particular, U200 tiene mayor área de correlación significativa en el mes de diciembre. Entre los índices analizados se observa una distribución espacial similar para la SST y el MEI (Figura 1 a), que abarca una franja transversal desde el noroeste de Córdoba hasta el centro este de Buenos Aires y otra región al sur de la provincia de Buenos Aires y Entre Ríos. En la Figura 1 b, se observa que el SOI tiene un área con ( $r$ ) significativo ubicada mas hacia el oeste con respecto a la figura anterior, abarcando la mayor parte de la provincia de

<sup>1</sup> Cátedra de Climatología. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. hurtado@agro.uba.ar

Córdoba y centro y sur de Santa Fe. Por último la figura 1 c, muestra el comportamiento de los otros dos índices (OLR y U200) con una zonificación bastante similar abarcando este de Córdoba, centro y sur de Santa Fe, oeste de Entre Ríos y la Región correspondiente a la Depresión del Salado.

Para estudiar la variación temporal se trabajó con los promedios de las correlaciones por región ecológica del maíz (SAGPyA), del periodo abril - marzo. Se observa que existe una respuesta zonal en la región ecológicas IV, V y VI (Tabla 1). Las áreas con significancia estadísticas se van reduciendo conforme avanza el ciclo de cultivo. Para el trimestre D-E-F, a pesar de que es la época en la cual el fenómeno del Niño tiene una señal más definida en las precipitaciones de la región, la respuesta es menor con cualquier índice utilizado. Posiblemente esto se deba a la respuesta diferente de los rendimientos en eventos Niño, Niña o neutros (Hurtado et al., 2003).

En la región IV (Córdoba y centro de Santa Fe) se observa que todos los índices analizados, excepto U200, presentan significancia estadística desde junio hasta noviembre. Para SST y MEI, esta se extiende hasta diciembre; SOI y OLR comienzan desde abril. También se observa que los distintos índices tienen el máximo valor de (r) en diferentes meses.

En la región VI (zona núcleo maicera), existe gran diferencia en el comportamiento entre los distintos índices. SST es significativo desde mayo hasta enero, SOI entre abril y octubre, MEI entre junio y diciembre, U200 entre octubre y enero y OLR sólo en septiembre. En promedio, MEI, SST y U200 tienen mayor respuesta que para la

región IV, no así con SOI y OLR. Los mayores valores no coinciden temporalmente con los obtenidos en la región IV. En la región V (Entre Ríos, tabla no incluida) decrece notablemente la significancia del SOI, y OLR resulta el mejor índice. Un comentario aparte merece la zona sur de Buenos Aires, pues en los últimos años no solo ha crecido en superficie sembrada sino en rendimientos. La respuesta se observa más hacia el oeste de la zona, en los partidos de San Cayetano y Tres Arroyos, donde se observó que los índices con mejor respuesta son SST y SOI.

### CONCLUSIONES

El índice de mayor respuesta espacial es SST, seguido por el MEI.

Los máximos valores de correlación de los distintos índices no coinciden espacial ni temporalmente.

Existe una distribución espacial semejante entre SST y MEI y entre OLR y U200. SOI tiene un comportamiento diferente al resto.

La región VI (zona maicera núcleo) tiene mayor respuesta espacial y temporal a SST y MEI.

Todos los índices excepto U200 tienen el máximo de correlación en los meses de septiembre y octubre. MEI, SOI y SST además presentan la ventaja de que sus pronósticos están ampliamente difundidos; pudiendo entonces ser utilizados como otra herramienta para la planificación del cultivo.

### BIBLIOGRAFÍA

Solicitar a los autores.

Este trabajo fue realizado en el marco del proyecto UBACYT G69, 2004-2007.

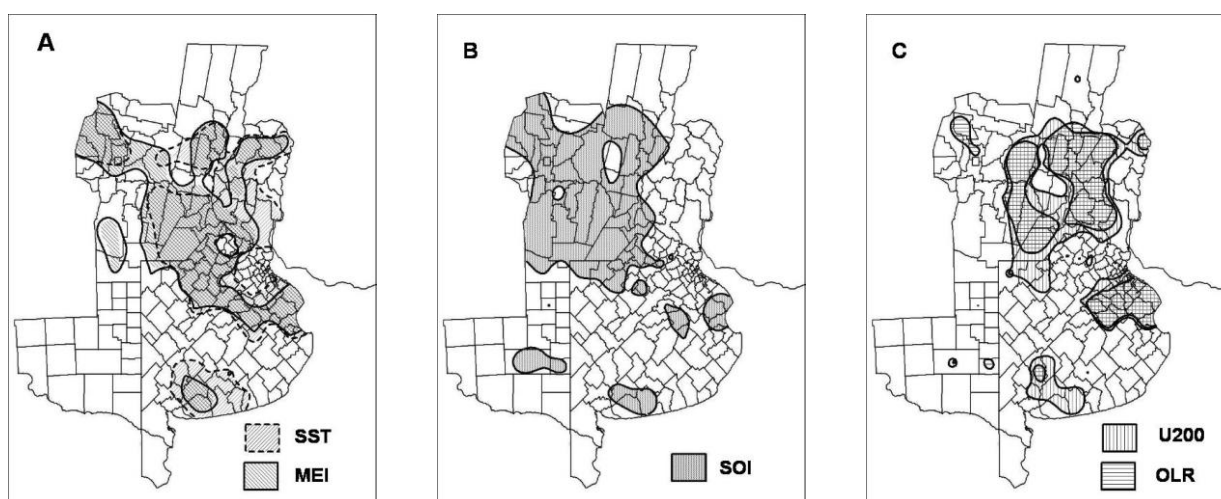


Figura 1: Áreas con significancia estadística entre rendimiento de maíz e índices ENSO en el mes de Octubre. A) MEI y SST, B) SOI y C) OLR y U200.

Cuadro N° 1. Resumen de coeficientes de correlación medios por regiones para los distintos índices.

	INDICE	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	PROM
Región IV	SST(3-4)	0,30	<b>0,41</b>	<b>0,45</b>	<b>0,42</b>	<b>0,39</b>	<b>0,39</b>	<b>0,38</b>	<b>0,38</b>	<b>0,36</b>	0,33	0,31	0,27	0,40
	SOI	<b>-0,37</b>	<b>-0,45</b>	<b>-0,45</b>	<b>-0,46</b>	<b>-0,47</b>	<b>-0,48</b>	<b>-0,44</b>	<b>-0,37</b>	<b>-0,32</b>	-0,32	-0,30	-0,43	-0,44
	MEI	0,21	0,28	<b>0,35</b>	<b>0,37</b>	<b>0,39</b>	<b>0,40</b>	<b>0,42</b>	<b>0,38</b>	<b>0,34</b>	0,33	0,31	0,38	0,38
	OLR	<b>-0,41</b>	<b>-0,42</b>	<b>-0,44</b>	<b>-0,50</b>	<b>-0,50</b>	<b>-0,48</b>	<b>-0,46</b>	<b>-0,45</b>	<b>-0,40</b>	-0,39	-0,31	-0,24	-0,46
	U200	-0,08	-0,23	-0,37	-0,13	-0,14	-0,23	<b>-0,43</b>	<b>-0,39</b>	<b>-0,39</b>	-0,33	-0,34	-0,31	-0,43
Región VI	SST(3-4)	0,33	<b>0,37</b>	<b>0,43</b>	<b>0,42</b>	<b>0,42</b>	<b>0,42</b>	<b>0,43</b>	<b>0,42</b>	<b>0,40</b>	<b>0,36</b>	0,32	0,26	0,41
	SOI	<b>-0,41</b>	<b>-0,44</b>	<b>-0,38</b>	<b>-0,37</b>	<b>-0,41</b>	<b>-0,44</b>	<b>-0,40</b>	<b>-0,32</b>	<b>-0,25</b>	-0,28	-0,30	-0,32	-0,41
	MEI	0,22	0,27	<b>0,41</b>	<b>0,45</b>	<b>0,44</b>	<b>0,44</b>	<b>0,43</b>	<b>0,42</b>	<b>0,38</b>	0,33	0,33	0,29	0,46
	OLR	-0,40	-0,37	-0,37	-0,39	-0,39	<b>-0,41</b>	-0,34	-0,31	-0,24	-0,25	-0,23	-0,19	-0,40
	U200	-0,07	-0,23	-0,35	-0,30	-0,27	-0,32	<b>-0,43</b>	<b>-0,46</b>	<b>-0,44</b>	<b>-0,41</b>	-0,38	-0,33	-0,44