



Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
**Argentina**

## Relación entre el régimen de precipitaciones y la economía de la producción agrícola en el Este y Sur de Córdoba

Ghida Daza, Carlos A. EEA INTA Marcos Juárez  
[ghidadaza.carlos@inta.gob.ar](mailto:ghidadaza.carlos@inta.gob.ar)

*Palabras clave: agricultura – economía -precipitaciones*

### Resumen

Las actividades agrícolas en el área pampeana y, específicamente en el sur y sudeste de Córdoba, han mostrado un importante desarrollo especialmente desde la década del 90 hasta la década actual. A su vez, es de interés observar la evolución de la agricultura en dicho período en dos áreas de Córdoba de diferentes características agroecológicas: el Departamento Marcos Juárez (93 % de tierras de aptitud agrícola) y el General Roca, en el sur provincial (56 % de tierras agrícolas).

El objetivo del trabajo es analizar los posibles efectos del régimen de precipitación, medido por el índice SPI, en los resultados económicos agrícolas a través del Valor Bruto de la Producción (VBP) del área bajo estudio para determinar si se produjeron situaciones críticas ambientales y como afectaron la productividad y los precios de los productos. En los resultados en general se muestran valores bajos de correlación entre variables climáticas respecto a rendimientos y precios. Dentro de ese marco se da mayor correlación entre SPI y precios, especialmente en General Roca. La correlación entre VBP y SPI muestra cifras más altas aunque no significativas, siendo la relación de signo positivo en Marcos Juárez (por un período de mayor humedad en los últimos ciclos) que coincidió con la tendencia creciente del VBP mientras que en General Roca se dio una situación inversa con ciclos más húmedos al comienzo y más secos al final del período coincidiendo con importantes incrementos del VBP (por la mayor agriculturización).

Se debe agregar al análisis otras variables climáticas (que tengan en cuenta aspectos edáficos y de temperatura) para ajustar las posibles respuestas productivas al clima en cada zona junto a una mayor disponibilidad de datos climáticos a nivel local para mejores pronósticos.

### Introducción

Las actividades agrícolas en el área pampeana y, específicamente en el sur y sudeste de Córdoba, han mostrado un importante desarrollo especialmente desde la década del 90 hasta la década actual. Mientras que a nivel nacional la superficie sembrada de los tres principales cultivos (soja, maíz, trigo) se incrementó desde el promedio trienal de las campañas 1990/1-1992/3 a 2017/8 -2019/20 en un 154 % pasando de 12,8 a 32,6 millones de hectáreas (mill ha). La producción lo hizo un 289 % pasando de 31 a 119 millones de toneladas (mill t). En la composición de cultivos se pasó de una predominancia de trigo con el 40 % de la superficie agrícola sembrada en 1990/92 a soja con el 52 % en el último trienio mencionado (MAGyP, 2021).

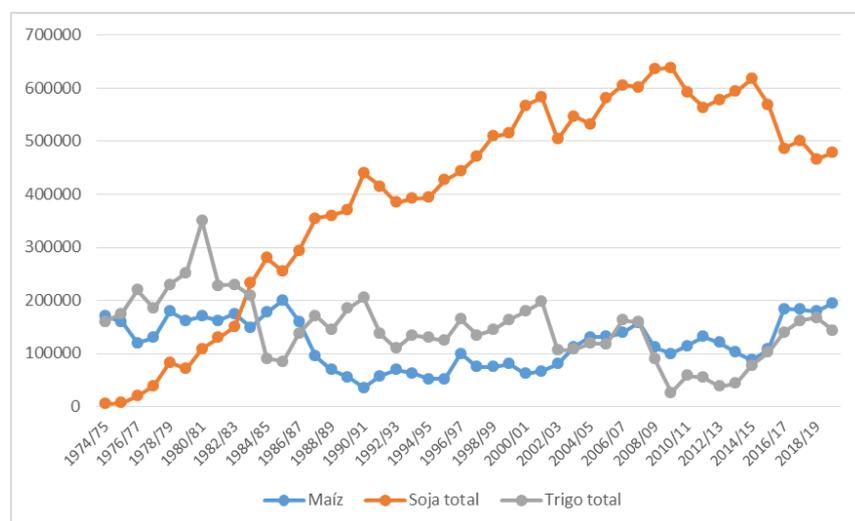
A su vez, es de interés observar la evolución de la agricultura en dos áreas de Córdoba de diferentes características agroecológicas en dicho período. Estas son el Departamento Marcos Juárez (con 93 % de tierras de aptitud agrícola y un rango de 850/900 mm de precipitación anual) y el Departamento General Roca en el sur provincial (con 56 % de tierras agrícolas y un rango de precipitaciones entre 650/800 mm anual).

En el Dep. Marcos Juárez el aumento de superficie sembrada en los trienios mencionados fue de sólo 43 %, pasando de 0,57 a 0,83 mill ha mientras que la producción se incrementó en 151 % variando desde 1,6 a 4 mill t en el último trienio. A su vez, en el Dep. Gral. Roca la superficie sembrada aumentó un 759 % pasando de 0,087 a 0,75 mill ha mientras que la producción aumentó en 1549 % al pasar de 0,2 a 3,2 mill t. (MAGyP, 2021)

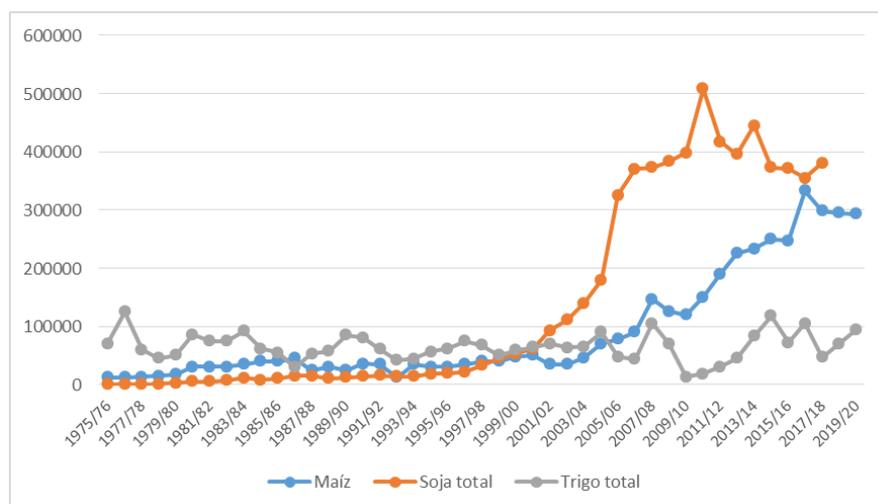
Esta importante diferencia de comportamiento entre departamentos muestra un significativo incremento de la agricultura en la zona de aptitud menor (Gral. Roca) mientras que es menor al promedio nacional en la región más agrícola (Marcos Juárez) debido a la alta participación de la agricultura desde la década del '90 en esta zona.

También varía la proporción de cultivos, en Marcos Juárez en 1990/92 ya predominaba soja con el 68% de la superficie mientras que en 2017/19 sigue vigente pero con el 58% porque se ha incrementado maíz, pasando de 10 al 20% del total mientras que trigo mantiene un 20% en ambos períodos. En Gral. Roca en cambio, a comienzos del período analizado, predominaba trigo con 54 % de superficie, mientras que el último trimestre fue relegado por soja con 49% y maíz con 41%. En los gráficos 1 y 2 se muestra la evolución de superficie sembrada agrícola en ambos departamentos.

**Gráfico 1. Evolución de superficie sembrada en el Departamento Marcos Juárez (ha)**



**Gráfico 2. Evolución de superficie sembrada en Departamento General Roca (ha)**



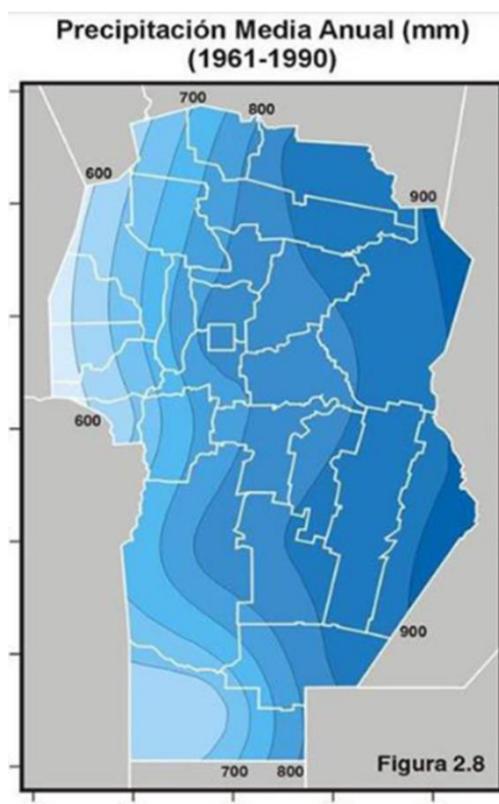
En ambos gráficos se muestra una evolución paralela en la creciente “sojización” de la superficie agrícola aunque en distintos períodos. Así en Marcos Juárez desde mediados de la década de 1970 empieza un fuerte incremento hasta el año 2000 mientras que en General

Roca esto empezó en ese año aunque con una tasa mayor de suba. También en este último departamento se muestra un fuerte crecimiento en maíz a partir de 2010.

En forma paralela al proceso de agriculturización se debe destacar también el aumento de la relevancia del sistema productivo agrícola puro, este modelo representa el 65% de las empresas del Dep. Marcos Juárez y el 23% de las del Dep. Gral. Roca (CNA 2008).

El mejor aprovechamiento de la oferta ambiental (especialmente de las lluvias), la reducción del tiempo operativo, la reducción de costos y el beneficio económico promovieron la rápida adopción de ésta tecnología con un impacto abrupto de la superficie sembrada (Panigatti et al., 1998). El aumento de la participación de los sistemas agrícolas en el de uso del suelo aún en zonas menos aptas para cultivos produjo aumentos en el riesgo global de la empresa al disminuir la diversificación de actividades y también decreció la resiliencia del sistema ante cambios súbitos en variables exógenas que lo afectaban. En el área analizada la variabilidad de rendimiento agrícola, medida por el coeficiente de variación, considerando el período 2001/02 a 2019/20, es de un 21, 22 y 19% para soja, maíz y trigo respectivamente en el Departamento Marcos Juárez mientras que en el Gral. Roca es de 33, 33 y 31 % respectivamente para los mismos cultivos. De este modo se muestra un elevado componente del riesgo en el área más marginal la que, a su vez, presenta la mayor “agriculturización” probablemente por los mejores márgenes de cultivos respecto a la ganadería bovina extensiva con manejo modal.

**Gráfico 3: mapa de isohietas de Córdoba**



Se observa en el mapa la menor posibilidad de una agricultura eficiente desde el este provincial hacia el oeste y sur de la provincia, indicando el mayor riesgo de este tipo de actividades.

En el caso de los precios de productos en el período la variabilidad tiene un valor de coeficiente de variación de 32 % en maíz y 27% en soja y trigo. Cuando se analiza el efecto conjunto de cambios en rendimiento, superficie de las actividades y precios de productos de agricultura mediante una variable que engloba a todos los factores como el Valor Bruto de la Producción, en el período se observa una variabilidad del 32 % en Marcos Juárez y del 68% en Gral. Roca, confirmando el carácter de mayor marginalidad y elevado riesgo en esta última zona.

Teniendo en cuenta la disponibilidad de estadísticas climáticas de precipitaciones mensuales para el período analizado en los dos departamentos de Córdoba, se elaboraron relaciones entre variables productivas, económicas y climáticas.

## Objetivos

El objetivo del trabajo fue analizar los posibles efectos del régimen de precipitación a través del indicador Índice de Precipitaciones Estandarizado (SPI) en los resultados económicos agrícolas, medidos por el Valor Bruto de la Producción (VBP) del área bajo estudio para determinar si se produjeron situaciones críticas ambientales y cómo afectaron la productividad y los precios de los productos. De este modo se busca un mayor conocimiento de la relación del ambiente y el riesgo de la agricultura en el área analizada.

## Materiales y métodos

Se analizaron las relaciones entre rindes y precios agrícolas de trigo, maíz y soja para el período 1997/8 al 2019/20 para los departamentos de Marcos Juárez y Gral. Roca respecto al régimen de precipitaciones mensuales en dicho período en cada zona. También se compararon estas variables con el Índice de Precipitaciones Estandarizado (SPI), índice climático de uso común, para evaluar posibles efectos sobre el Valor de la Producción Agrícola (VBP) en esas zonas. Para ello se contó con datos climáticos (series de precipitaciones del SMN y de la EEA INTA Marcos Juárez), (Andreucci, 2021), series de rendimientos agrícolas (MAGyP, 2021) y series de precios en cosecha (Bolsa de Cereales de Rosario, 2021).

Se graficaron las series de rendimientos y precios respecto a los datos de precipitaciones acumuladas de los últimos doce meses en el intervalo julio /junio de cada campaña para verificar la evolución y luego se calcularon las correlaciones entre estas variables en cada departamento. Igual cálculo se realizó para determinar la relación con el SPI que acumula 2, 3, 6 y 12 meses, tomándose en este último caso el intervalo julio/junio. Finalmente también se realizó esta comparación para el VPB en las dos zonas.

Para cada departamento se calculó el valor bruto de la producción primaria (VBP) de acuerdo a la siguiente forma

$$VBP_t = \sum_{i=1}^a S_{it} * R_{it}$$

*t es el set de campañas considerados. Campañas: 2007/2008-2018/2019.*

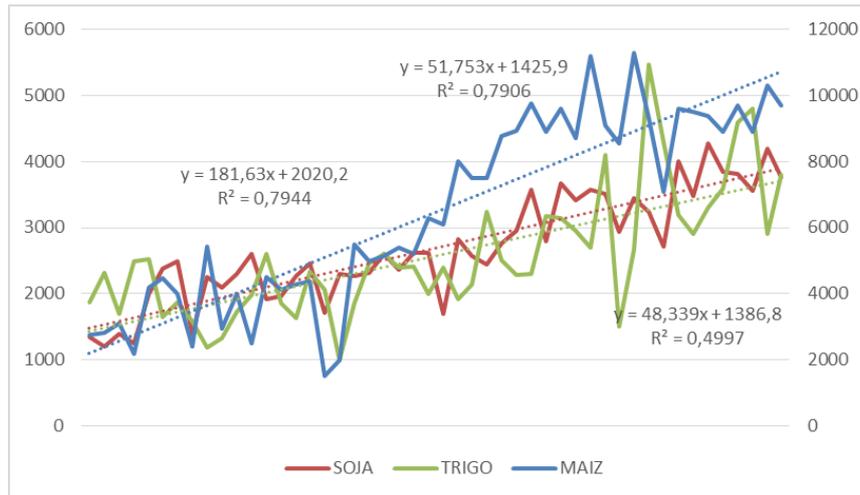
*i es el set de actividades agrícolas (soja, maíz y trigo).*

Se utilizó como una aproximación a la incidencia climática sobre el VBP agrícola el indicador SPI (Índice de precipitación estandarizado) (Mc Kee et al.,1993), que se determinó para Marcos Juárez en el período 1970/2020 y para General Roca entre 1997/2020. Finalmente se homogeneizó para comparar ambas zonas el período 1997/2020.

## Resultados

En el gráfico 4 se muestra la evolución de los rendimientos agrícolas en Marcos Juárez.

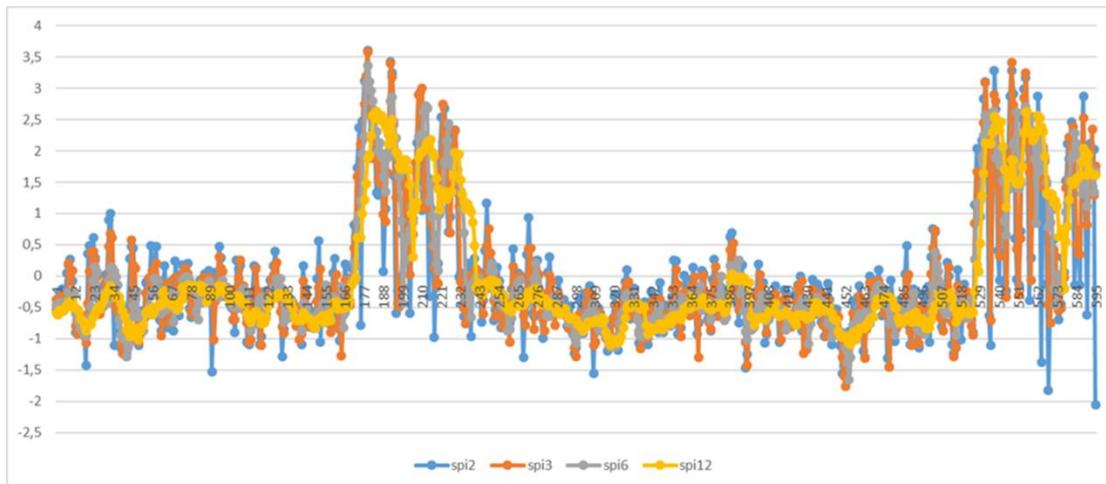
**Gráfico 4. Evolución de rendimientos en el Dep. Marcos Juárez (kg /ha)**



Se observa una tendencia creciente marcada especialmente en maíz y soja, con menor magnitud en trigo.

En el gráfico 5 se presentan los SPI mensuales acumulados para 2, 3, 6 y 12 meses para el período 1970-2020.

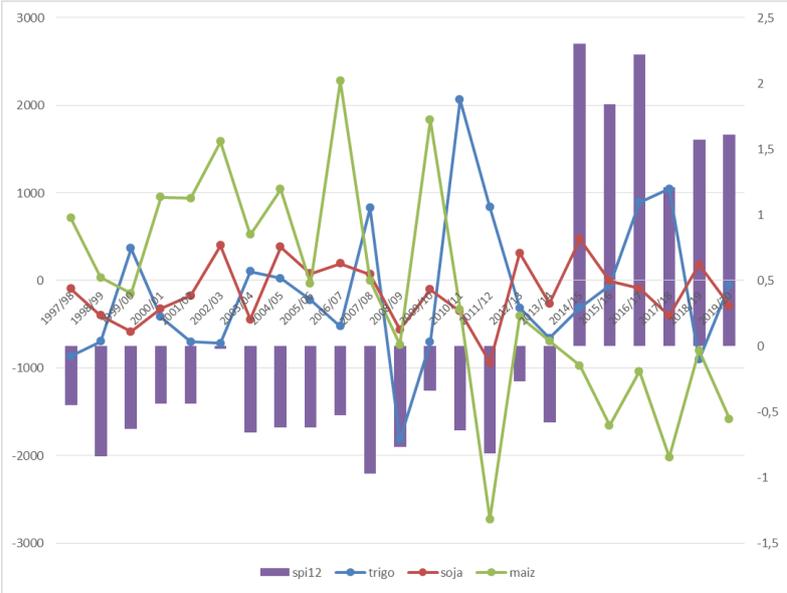
**Gráfico 5: Marcos Juárez, SPI acumulados para distinto número de meses.**



Teniendo en cuenta que los rangos extremos del SPI van de -2 (sequía extrema) a 2 (excesivo nivel de humedad) puede mencionarse que en el gráfico 5 se observan pocos valores extremos predominando los húmedos hacia el final de la serie. También se aprecia que los mayores acumulados (SPI 12) muestran menores variaciones que los datos de períodos más cortos (SPI 2, SPI 3 y SPI 6).

En el gráfico 6 se muestran los cambios de los rindes corregidos (eliminando el efecto de tendencia) respecto al SPI 12 de julio /junio de cada ciclo, que es el que presentaba mayor ajuste respecto a los otros períodos tomados por el indicador. En el eje vertical a la derecha se indica el SPI 12 y en el de la izquierda la productividad.

**Gráfico 6. Marcos Juárez, relación rendimientos corregidos vs SPI 12**



Se muestra mayor variabilidad anual en maíz y trigo respecto a soja aunque no hay una relación directa marcada, tanto positiva como negativa con el SPI en los cultivos. No han ocurrido episodios de sequía marcados durante el período y, los episodios con exceso al final de la serie no han producido variaciones de importancia en los rindes.

En el cuadro 1 se muestra los resultados de la correlación de la variable climática respecto a los rindes para Marcos Juárez.

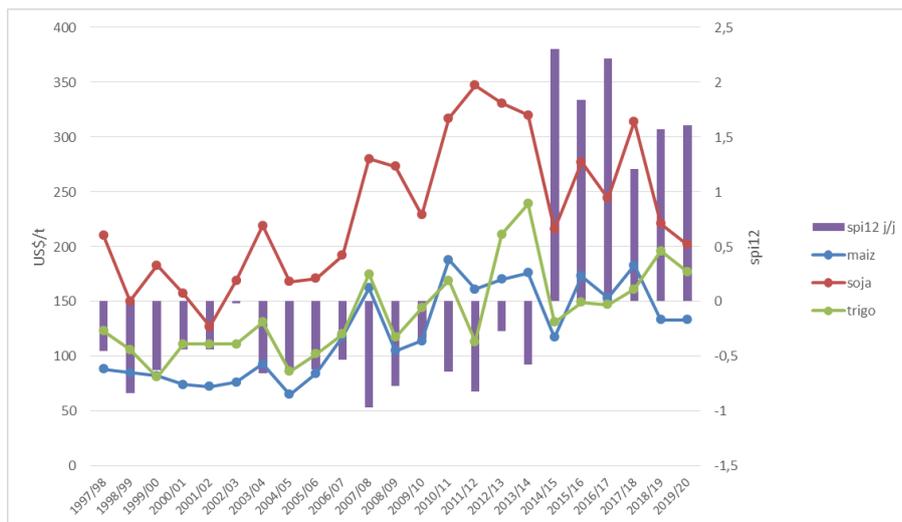
**Cuadro 1. Marcos Juárez: correlación entre rendimientos respecto a precipitaciones y SPI**

	maiz	soja	trigo	SPI 12
maiz	1			
soja	0,41011649	1		
trigo	-0,36962596	-0,22311066	1	
SPI 12	-0,46260792	0,30969594	0,09698707	1
PP J/J	0,28423224	0,45628498	-0,27285099	

De acuerdo a lo mencionado no se observan relaciones de importancia de la productividad en los cultivos, tanto respecto del SPI 12 y del acumulado de precipitaciones anual considerando el período julio/junio de cada campaña.

En el gráfico 7 y cuadro 2 se muestra la relación del indicador meteorológico respecto de los precios en cosecha para el período analizado.

**Gráfico 7. Marcos Juárez, relación precios en cosecha vs SPI 12**



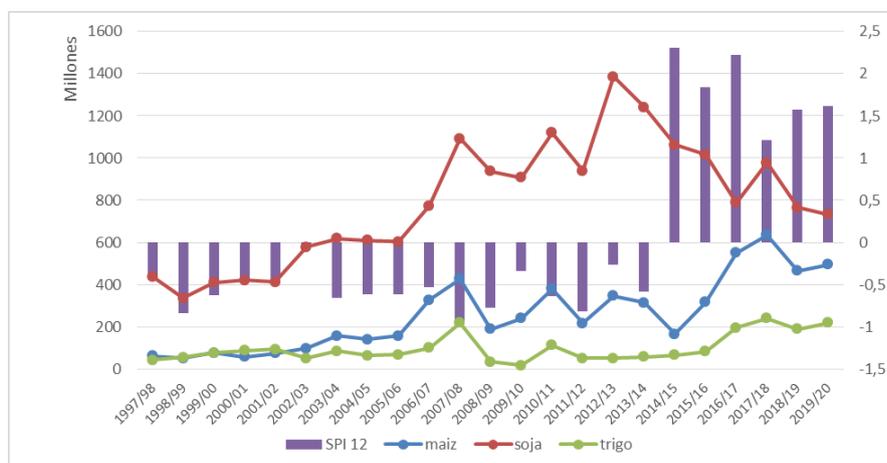
**Cuadro 2. Marcos Juárez: correlación entre precios en cosecha respecto a precipitaciones y SPI 12**

	maiz	soja	trigo	SPI 12
maiz	1			
soja	0,89146442	1		
trigo	0,75912837	0,63313676	1	
SPI 12	0,31722351	0,06484558	0,27555601	1
PP J/J	-0,01958197	-0,09169651	0,16939835	

Se observa que, aunque se presenta una relación directa mayor entre SPI y precios respecto a la que se daba con precipitaciones, la misma no es tampoco de un valor significativo.

En el gráfico 8 y cuadro 3 se muestra la evolución del VBP y el índice climático.

**Gráfico 8. Marcos Juárez, relación entre VBP agrícola vs SPI 12**



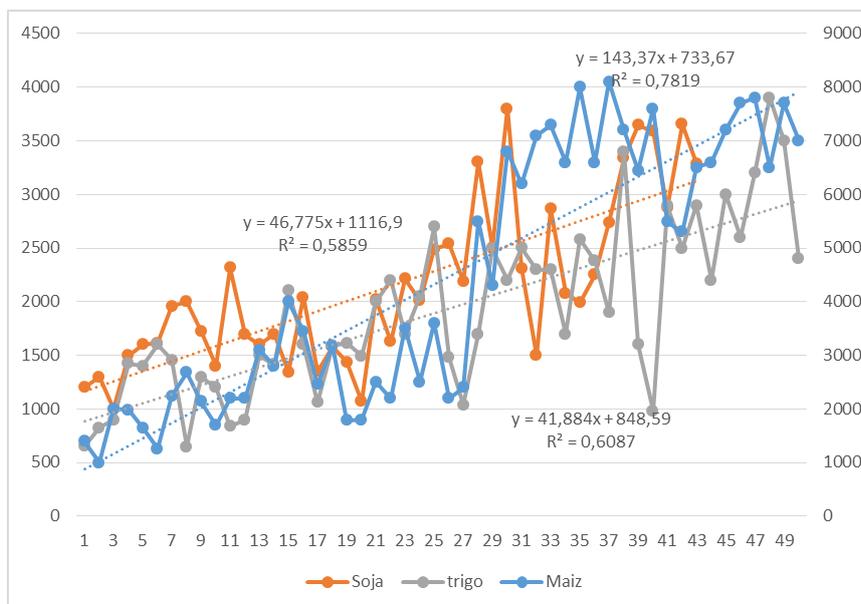
**Cuadro 3. Marcos Juárez: correlación entre VBP agrícola respecto a precipitaciones y SPI 12**

	maiz	soja	trigo	SPI 12
maiz	1			
soja	0,59319207	1		
trigo	0,79111059	0,11689542	1	
SPI 12	0,53420741	0,19867011	0,49060373	1
PP J/J	-0,05899063	0,0772555	-0,28978584	

Se observa un mayor ajuste y relación directa entre el SPI 12 y el VBP especialmente en trigo y maíz mientras que la relación es menor y de signo incierto respecto a las precipitaciones acumuladas.

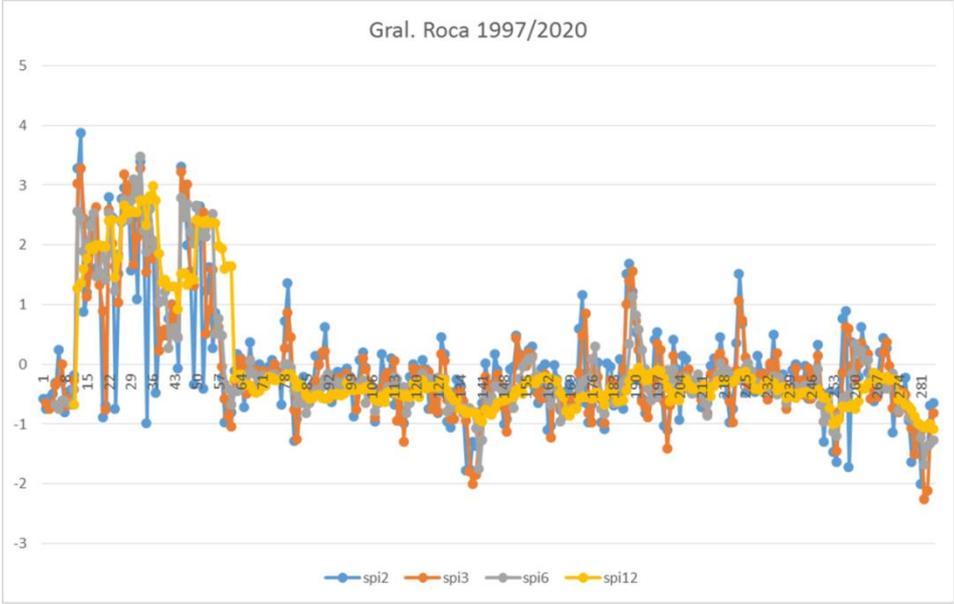
En los gráficos 9 a 11 se muestran, para el Departamento General Roca la serie de rendimientos, los SPI acumulados (de 2,3,6 y 12 meses) y la relación rendimientos corregidos de la tendencia vs SPI 12 julio /junio.

**Gráfico 9. Rendimientos agrícolas en el Departamento General Roca**



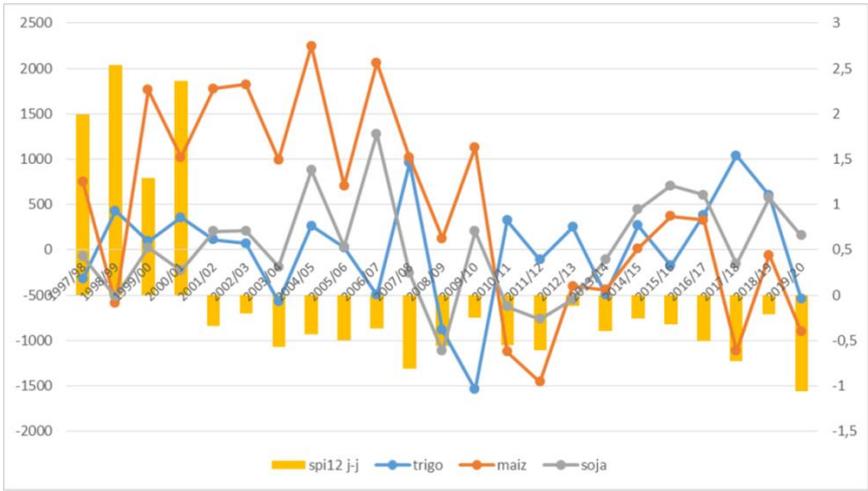
Se mantiene una tendencia creciente en los rindes de los tres cultivos.

**Gráfico 10. General Roca: SPI acumulados de 2 , 3, 6 y 12 meses**



En el período se muestran escasos casos extremos de SPI, tanto de excesos (valores positivos cercanos a 2 o más) como de sequía (valores negativos cercanos a -2), siendo a su vez de menor magnitud en la serie SPI 12. En general, los mayores valores representando situaciones de mayor humedad se dan en los primeros años de la serie.

**Gráfico 11. General Roca: rendimientos corregidos vs SPI 12**



En los cuadros 4 y 5 se muestran más en detalle las relaciones entre variables para el Departamento General Roca

**Cuadro 4. Gral. Roca: correlación entre rendimientos respecto a precipitaciones y SPI**

	maíz	soja	trigo	SPI 12
maíz	1			
soja	0,5415153	1		
trigo	-0,1593662	-0,00071036	1	
SPI 12	0,2433783	-0,07608678	0,18532413	1
PP J/J	0,3267496	0,26712028	-0,15535502	

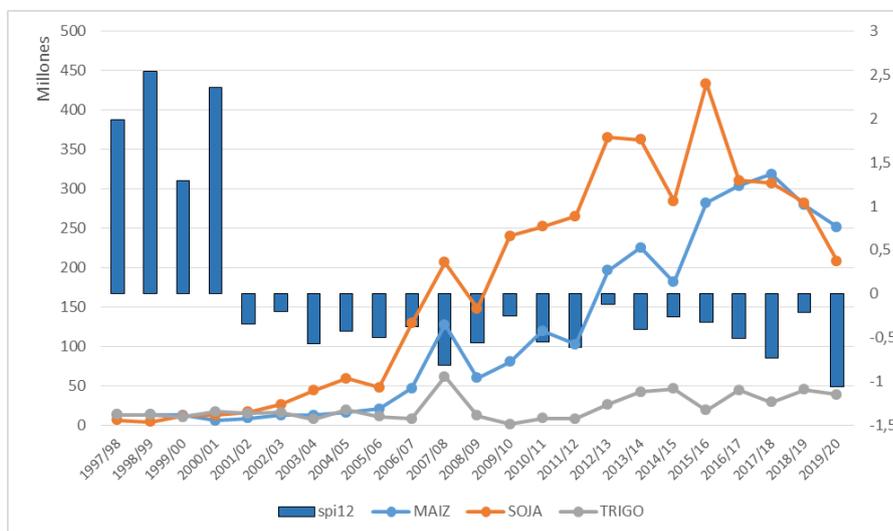
**Cuadro 5. Gral. Roca: correlación entre precios en cosecha respecto a precipitaciones y SPI 12**

	maiz	soja	trigo	SPI12
maiz	1			
soja	0,89146442	1		
trigo	0,75912837	0,63313676	1	
SPI12	-0,47509928	-0,43710796	-0,36597659	1
PP J/J	-0,20693941	-0,15511732	0,01525042	

En el caso de rendimientos no se dio una significación importante con el SPI 12 ni con la serie de precipitaciones. Los precios en cosecha tuvieron una mayor relación inversa con la serie de SPI 12.

En el gráfico 12 y cuadro 6 se muestra la evolución del VBP agrícola y el SPI 12 en Gral. Roca.

**Gráfico 12. General Roca: relación entre VBP y SPI 12**



**Cuadro 6. Gral. Roca: correlación entre VBP agrícola respecto a precipitaciones y SPI 12**

	maiz	soja	trigo	SPI12
maiz	1			
soja	0,89146442	1		
trigo	0,75912837	0,63313676	1	
SPI12	-0,47509928	-0,43710796	-0,36597659	1
PP J/J	-0,20693941	-0,15511732	0,01525042	

Teniendo en cuenta que tanto los rindes como los precios en cosecha tuvieron una tendencia creciente, se observa una relación negativa especialmente considerando el SPI 12, ya que la serie climática tiene altos valores al comienzo del período.

## Comentarios

En general se muestran valores bajos de correlación entre variables climáticas respecto a rendimientos y precios. Dentro de ese marco se da mayor correlación entre SPI y precios, especialmente en General Roca.

La correlación entre VBP y SPI muestra cifras más altas aunque no significativas, siendo la relación de signo positivo en el Departamento Marcos Juárez (por un período de mayor humedad en los últimos ciclos) que coincidió con la tendencia creciente del VBP. En el Departamento General Roca, en cambio, se dio una situación inversa con ciclos más húmedos al comienzo y más secos al final del período coincidiendo con importantes incrementos del VBP (por la mayor agriculturización).

Se debe agregar al análisis otras variables climáticas (que tengan en cuenta aspectos edáficos y de temperatura) para ajustar las posibles respuestas productivas al clima en cada zona junto a una mayor disponibilidad de datos climáticos a nivel local para mejores pronósticos.

## Agradecimientos

Se destaca la ayuda del observador meteorológico Técnico agrónomo Alvaro Andreucci por la colaboración prestada para la obtención de series de datos sobre precipitaciones.

## Bibliografía

Bolsa de Cereales de Rosario. 2021. <https://www.bcr.com.ar/es>

Ghida Daza, C. 2019. INTA. Análisis económico de cambios en los sistemas predominantes del sudeste de Córdoba en el período 1979-2018. Sitio web [www.inta.gob.ar](http://www.inta.gob.ar). <https://inta.gob.ar/documentos/analisis-economico-de-cambios-en-los-sistemas-predominantes-del-sudeste-de-cordoba-en-el-periodo-1979-2018>

McKee, T. B.; N. J. Doesken, and J. Kliest, 1993: The relationship of drought frequency and duration to time scales. In Proceedings of the 8th Conference of Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA. American Meteorological Society, Boston, MA. 179-184.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. 2021. <https://www.argentina.gob.ar/agricultura>.

Panigatti J.L.; Marelli H.; Buschiazzi D.; Gil R. 1998 Siembra Directa, Ed Hemisferio Sur 333 p

Servicio Meteorológico Nacional,. <https://www.argentina.gob.ar/smn>