

VARIABILIDADE DOS RENDIMENTOS DE GIRASSOL NA ARGENTINA EM FUNÇÃO DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA INTERANUAL¹

LUIS HENRIQUE LOOSE²; MARIA ELENA FERNANDEZ LONG³; DANILO CARNELOS³
e GUILLERMO M. MURPHY³

Recibido: 15/10/10

Aceptado: 24/11/10

RESUMO

A fonte de variabilidade climática El Niño Oscilação Sul (ENOS) tem sido largamente estudada nas últimas duas décadas e se descobriu que são fortes as relações dela com as chuvas e os rendimentos de grãos de algumas culturas na «região pampeana» da Argentina. No entanto, há outras fontes de variabilidade climática, que somados ao ENOS podem melhorar a precisão dos prognósticos de rendimento dos cultivos. A influência de diferentes fontes de variabilidade climática sobre a produção de girassol na «região pampeana» ainda não foi bem estudada. Este trabalho tem como objetivo analisar o impacto do El Niño e outras fontes de variabilidade climática sobre as variações anuais da produção de girassol. A região foi dividida em 10 zonas em que os rendimentos têm uma variabilidade interanual homogênea. Os rendimentos médios de cada zona foram correlacionados com os seguintes índices de variabilidade climática: Índice de Oscilação Sul (SOI), Índice Multivariado de ENOS (MEI), Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Oceano Pacífico na região Niño-3.4 (SST3,4), Índice Oceânico de Niño (ONI), e Índice Bivariado de Niño (BEST); índice da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP); índice de Oscilação da Antártida (AAO); dois índices de TSM do Oceano Pacífico Tropical Sul (PAC 5 e PAC 8); e um índice de TSM do Oceano Atlântico Tropical Sul (ATL 1). Conclui-se que nem todas as regiões respondem da mesma forma à variabilidade climática; regiões com mais correlações significativas responderam inversamente ao ENOS e aos índices do Atlântico, ou seja, os rendimentos de girassol tendem a ser menores com as condições do El Niño ou anomalias positivas do Atlântico.

Palavras-chave. *Helianthus annuus*; variabilidade climática; temperatura da superfície do mar; El Niño.

VARIABILITY OF SUNFLOWER YIELDS IN ARGENTINA IN FUNCTION OF INTERANNUAL CLIMATIC VARIABILITY

SUMMARY

The main source of climate variability El Niño Southern Oscillation (ENOS) has been quite studied in the past two decades, and strong relationship with rains and grain crop yields in the «Pampas» of Argentina was found. Nevertheless, there are other sources of climate variability, which added to the ENOS, can improve the accuracy of yield forecasting. The influence of different sources of climate variability on the production of sunflower in the pampeana region has not been yet well studied. This work aims to analyze the impact of ENSO and other sources of climatic variability on the annual variations of sunflower production. The region was divided into 10 areas in which yields have a homogeneous interannual variability. The average yield of each one was correlated with the following indices of climatic variability: Índice de Oscilação Sul (SOI), Índice Multivariado de ENOS (MEI), Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Oceano Pacífico na região Niño-3.4 (SST3,4), Índice Oceânico de Niño (ONI), e Índice Bivariado de Niño (BEST); índice da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP); índice de Oscilação da Antártida (AAO); dois índices de TSM do Oceano Pacífico Tropical Sul (PAC 5 e PAC 8); e um índice de TSM do Oceano Atlântico Tropical Sul (ATL 1). All of the regions do not respond to the climatic variability similarly; regions with more significant correlations responded inversely to ENOS and Atlantic indices, that is, sunflower yields tend to be smaller with El Niño conditions or with positives temperature anomalies of the Atlantic.

Key words. *Helianthus annuus*; climate variability; sea surface temperature; El Niño.

1 Este trabalho foi desenvolvido durante o pasantia do primeiro autor na cadeira de Climatología e Fenología Agrícolas do FAUBA no primeiro semestre de 2010.

2 Curso de Agronomia, Centro de Ciências Rurais (CCR) Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil.

3 Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires (FAUBA), Buenos Aires, Argentina.

INTRODUÇÃO

Em esfera global, a produção de grãos é fortemente afetada pelas condições meteorológicas, especialmente pelas variações de temperatura e precipitação. A temperatura tem grande influência na taxa de crescimento e desenvolvimento das plantas (Pascale y Damario, 2004), enquanto as precipitações determinam a quantidade de água disponível a elas, o que interfere nos processos fotossintéticos e na capacidade da planta em absorver nutrientes do solo, e conseqüentemente na produção.

Por sua vez, as condições meteorológicas constantemente sofrem efeitos secundários, ocasionados principalmente pela interação entre oceanos e a atmosfera. Como conseqüência desta interação ocorre a manifestação natural da variabilidade climática interanual (Hurtado *et al.*, 2005). Uma avaliação da variabilidade climática ao longo do tempo mostra que, dependendo da região analisada, podem ocorrer alterações contínuas ou ciclos bem demarcados dos elementos meteorológicos, como as temperaturas e a precipitação (Pinto *et al.*, 1989).

O fenômeno mais estudado em variabilidade climática é o El Niño Oscilação Sul (ENOS), que em geral, sua fase quente (El Niño) apresenta maiores precipitações no sudeste da América do Sul (Ropelewski & Halpert, 1987), enquanto sua fase fria (La Niña) está associada a menores precipitações (Ropelewski & Halpert, 1989).

A verdade é que há uma forte influência do fenômeno ENOS especialmente sobre a precipitação pluvial no sudeste sul-americano, assim como sobre a «região pampeana» (Diaz *et al.*, 1998; Grimm *et al.*, 2000). Além disso, os ciclos de ENOS impactam sobre as temperaturas (Rusticucci & Vargas, 2002) e conteúdo de água no solo (Spescha & Lay, 2002; Spescha *et al.*, 2004). Em função disso, a variabilidade interanual da produção agrícola nessa importante região produtora de grãos, em grande parte está associada às fases de ENOS, uma vez que a precipitação pluvial é a principal fonte de água para esses agro ecossistemas.

Pesquisas mostram que na «região pampeana» da Argentina as fases de ENOS impactam sobre os rendimentos (kg/ha) de milho (Travasso *et al.*, 2003; Hurtado *et al.*, 2003; Fernandez Long *et al.*, 2008),

soja (Bettolli *et al.*, 2004) e trigo (Hurtado & Berri, 1998). Podestá *et al.* (1999), estudaram a relação entre os índices de ENOS e os rendimentos de milho, soja, sorgo, girassol e trigo, não encontrando correlação significativa para girassol e trigo. Porém, Hurtado & Berri (1998), encontraram correlação positiva entre as anomalias de temperatura da superfície do mar na região «Niño 3» (região do Oceano Pacífico Equatorial) e as anomalias de rendimento de trigo na província de Buenos Aires, o que contraria o trabalho anterior.

Apesar dos inconvenientes, muitos autores afirmam que frente a uma previsão de La Niña ou El Niño pode se diminuir prejuízos ou favorecer ganhos de rendimento de grãos (Trenberth, 1997; Podestá *et al.*, 2002; Berlato *et al.*, 2005). Porém, anomalias extremas de precipitação tem sido registradas ainda em condições neutras de ENOS (Scian *et al.*, 2006), e a grande variabilidade das precipitações interanuais dentro de cada fase de ENOS (Ferreira *et al.*, 2001; Podestá *et al.*, 2002), tem diminuído o potencial de uso exclusivo dos índices de ENOS nos prognósticos climáticos e de rendimento de grãos dos cultivos (Magrin & Travasso, 2001).

Outras fontes de variabilidade climática estão sendo estudadas ultimamente, a fim de verificar se há uma relação delas com as chuvas nos continentes e a produtividade de grãos. Travasso *et al.*, (2003), encontraram uma significativa correlação entre as anomalias de temperaturas da superfície do mar (TSM) na região do Oceano Atlântico Sul (OAS) e a anomalias de precipitação na «Região Pampeana». Segundo Magrin *et al.* (2007), a anomalia positiva (aquecimento das águas) reflete em médios e altos rendimentos de milho, o que pode ocorrer mesmo sob anos La Niña ou Neutros. Além disso, o uso das anomalias de TSM da região do OAS pode melhorar os sistemas de previsão climática quando associada com os índices de ENOS (Magrin *et al.*, 2007).

A Oscilação da Antártida (AAO) é outra fonte de variabilidade climática que tem influência sobre a circulação atmosférica na América do Sul. Silvestri y Vera (2003), observaram que a relação entre a variabilidade de AAO e a variabilidade interanual da precipitação sobre a parte sudeste do continente sul-americano é fortemente significativa durante o inverno

e primavera, enquanto a interação ENOS e AAO parece ser significativa apenas durante a primavera austral. Segundo Thompson y Wallace (2000), a primavera é a estação mais ativa da circulação estratosférica inferior do Hemisfério Sul e as flutuações AAO durante essa época estão associados com o resfriamento/aquecimento significativo em nível da tropopausa na região polar/tropical. Seus resultados mostram que a influência combinada de ENOS e AAO durante a primavera tem relação com a variabilidade da precipitação sobre o continente.

Já a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) pode ser definida como uma variabilidade climática semelhante ao ENOS, mas de prazo mais longo, persistindo por um período de 20 a 30 anos (Mantua *et al.*, 1997). Em geral, décadas com chuva acima da normal são associadas à fase quente da ODP, enquanto chuva abaixo da normal, à fase fria. Em escala decadal a ODP pode ser responsável pela variabilidade interanual, sazonal e mensal da precipitação e, em escala anual, juntamente com o fenômeno ENOS explica grandes anomalias de precipitação no sul do Brasil (Streck *et al.*, 2009).

Embora pesquisadores tenham estudado a relação dos índices climáticos sobre as precipitações e rendimentos de várias culturas, poucos têm trabalhado com girassol, que é em área semeada a quarta principal cultura de grãos da Argentina (Siia, 2010). Este trabalho teve como objetivo verificar a relação dos rendimentos de girassol de todas as regiões produtoras da Argentina com os diferentes índices de variabilidade climática.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de produção de girassol foram obtidos junto a Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPYA), para as campanhas compreendidas entre 1969/70-2008/09. Tomaram-se como representativos os dados de produtividade dos departamentos que possuíam ao menos 200 hectares de área colhida e descartaram-se os departamentos com 20% ou mais de dados faltantes. Os dados remanescentes compreendem 153 departamentos produtores de girassol englobando as províncias argentinas de Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos, La Pampa, Santa Fé, Chaco, San Luis e Santiago del Estero.

Os departamentos foram organizados em grupos segundo a similaridade da variabilidade interanual do rendimento de grãos. Correlacionou-se os rendimentos de cada departamento entre si, formando uma matriz de 153x153 e a partir dali foram sendo organizados os grupos através das maiores correlações, onde os departamentos base escolhidos foram os que apresentaram maior número de correlações acima de 0,95, e 0,90 para algumas regiões, obtendo-se um total de 13 zonas (Fig. 1). Prosseguiu-se a incorporação dos departamentos seguintes levando em conta sempre a significância da correlação e a localização geográfica de cada um. Aqueles departamentos que não tinham uma relação geográfica com a zona de maior correlação foram localizados novamente com outra zona próxima quando sua correlação com o departamento principal fosse superior a 0,8, e em caso contrário, excluído da análise.

Todos os dados dos índices de variabilidade climática (IVC) foram obtidos da web site da NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) dos Estados

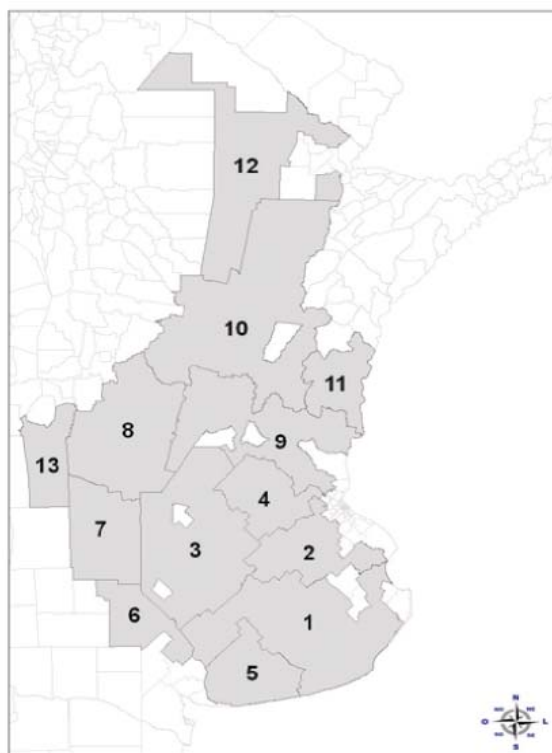


FIGURA 1. Zonas homogêneas produtoras de girassol da Argentina.

Unidos (NOAA, 2010). Os índices utilizados foram, Índice de Oscilação Sul (SOI), Índice Multivariado de ENOS (MEI), Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Oceano Pacífico na região Niño-3.4 (SST3,4), Índice Oceânico de Niño (ONI), e Índice Bivariado de Niño (BEST); Índice da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP); Índice de Oscilação da Antártida (AAO); dois índices de TSM do Oceano Pacífico Tropical Sul (PAC 5 e PAC 8); e um índice de TSM do Oceano Atlântico Tropical Sul (ATL 1).

A organização dos dados de IVC se deu em séries obtendo-se a média de 3, 6, 9 e 12 meses correspondente a diferentes épocas, englobando desde os últimos meses do ano anterior (i-1) ao mês da semeadura da safra analisada (i) até os primeiros meses do ano posterior (i+1). Por exemplo, para correlacionar com a anomalia de produtividade da safra 1969/70, foram geradas médias dos índices de variabilidade climática de outubro de 1968 a setembro

de 1969, até setembro de 1969 a agosto de 1970, para o caso da média de 12 meses. Da mesma maneira procedeu-se para as médias de 9, 6 e 3 meses, conforme Tabela 1.

Depois de separadas as 13 zonas homogêneas, calcularam-se as médias dos rendimentos interanuais dos departamentos integrantes de cada uma. Na análise da variabilidade da produção média das zonas homogêneas no decorrer dos anos, verificou-se uma tendência positiva da evolução temporal dos rendimentos de girassol. Essa evolução dos rendimentos pode ser atribuída ao efeito da tecnologia (Hough, 1990). Para filtrar-se esta tendência e suavizar o efeito tecnológico sobre o aumento da produção de grãos utilizou-se a metodologia de LOWESS (Cleveland & Devlin, 1988). Obtiveram-se os resíduos da variabilidade interanual do rendimento de grãos, que nada mais são que os desvios dos rendimentos em relação à linha de tendência da metodologia.

TABELA 1. Período que engloba as médias de cada um dos índices de ENOS, ATL 1, PAC 5, PAC 8, ODP e AAO utilizados para correlacionar com os desvios dos rendimentos.

Número de meses promediados	período		Número de meses promediados	período	
12 meses	Out (i-1)	Set (i)	6 meses	Jan (i)	Jun (i)
	Nov (i-1)	Out (i)		Fev (i)	Jul (i)
	Dez (i-1)	Nov (i)		Mar (i)	Ago (i)
	Jan (i)	Dez (i)		Abr (i)	Set (i)
	Fev (i)	Jan (i+1)		Mai (i)	Out (i)
	Mar (i)	Fev (i+1)		Jun (i)	Nov (i)
	Abr (i)	Mar (i+1)		Jul (i)	Dez (i)
	Mai (i)	Abr (i+1)		Ago (i)	Jan (i+1)
	Jun (i)	Mai (i+1)		Set (i)	Fev (i+1)
	Jul (i)	Jun (i+1)		Out (i)	Mar (i+1)
	Ago (i)	Jul (i+1)		Nov (i)	Abr (i+1)
	Set (i)	Ago (i+1)		Dez (i)	Mai (i+1)
9 meses	Nov (i-1)	Jul (i)	3 meses	Jan (i)	Mar (i)
	Dez (i-1)	Ago (i)		Fev (i)	Abr (i)
	Jan (i)	Set (i)		Mar (i)	Mai (i)
	Fev (i)	Out (i)		Abr (i)	Jun (i)
	Mar (i)	Nov (i)		Mai (i)	Jul (i)
	Abr (i)	Dez (i)		Jun (i)	Ago (i)
	Mai (i)	Jan (i+1)		Jul (i)	Set (i)
	Jun (i)	Fev (i+1)		Ago (i)	Out (i)
	Jul (i)	Mar(i+1)		Set (i)	Nov (i)
	Ago (i)	Abr (i+1)		Out (i)	Dez (i)
	Set (i)	Mai (i+1)		Nov (i)	Jan (i+1)
	Out (i)	Jun (i+1)		Dez (i)	Fev (i+1)

Correlacionaram-se a cada um dos IVC, para os distintos períodos de tempo calculados, com os desvios dos rendimentos de girassol de cada grupo de departamentos. Assumiram-se a correlação «r» crítico igual a 0,349 para a zona 13 (devido ao menor número de dados) e «r» igual a 0,312 para as demais zonas, significativa a 95% ($\alpha = 5\%$) (Sneecor & Cochran, 1980). Cada um dos IVC foi avaliado separadamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para seis zonas, ao menos um índice de ENOS tem relação significativa de 95% ($\alpha = 5\%$) com os rendimentos. As zonas homogêneas 4, 9, 10 e 13 apresentam significativamente para os cinco índices de ENOS, enquanto as zonas 1 e 2 responderam a quatro e três dos índices, respectivamente (Tabela 2).

Para a zona 4, o sinal mais forte é do índice MEI, que teve sua maior correlação para a média de tri-

mestral de junho (i) a agosto (i), com r igual a -0,38. Juntamente com o índice SST 3,4 são os que têm maior correlação com a produção de grãos de girassol nesta zona, apresentando sinais a partir do mês de abril (i) até os primeiros meses do ano seguinte a semeadura (i+1). Da mesma maneira, a zona 9 apresenta o maior valor de correlação para o índice MEI, com r igual a -0,40, para a média semestral de dezembro (i) a maio (i+1). Os índices de SOI e BEST apresentaram correlações de 0,39, e -0,39, respectivamente, para médias trimestrais dos meses de dezembro (i) a fevereiro (i+1).

A zona homogênea 10 tem sua correlação mais forte para o índice BEST, com coeficiente r igual a -0,47, para a média trimestral de dezembro (i) a fevereiro (i+1). Os índices MEI e SOI apresentam correlação r igual a -0,41 e 0,40, respectivamente. Os cinco índices tiveram sua melhor correlação para médias trimestrais e semestrais com mês inicial em novembro (i) e dezembro (i) (Tabela 2).

TABELA 2. Melhores correlações dos rendimentos das zonas homogêneas com o IVC de ENOS: MEI, ONI, SOI, SST 3,4 e BEST.

ZONA	MEI			ONI			SOI			SST 3.4			BEST		
	r	Período		r	Período		r	Período		r	Período		r	Período	
1	-0,39	**	abr(i) jun(i)	-0,34	**	mar(i) mai(i)	0,27	*	jan(i) mar(i)	-0,37	**	fev(i) abr(i)	-0,35	**	out(i) dez(i)
	0,37			-0,26			0,37			-0,28			-0,33		
2	**	jun(i) ago(i)			jun(i) ago(i)		**	mai(i) jul(i)		*	mai(i) jul(i)		**	mai(i) jul(i)	
	-0,31			-0,26			0,28			-0,27			-0,25		
3	*	dez(i) mai(i+1)			dez(i) fev(i+1)		*	nov(i) jan(i+1)		*	dez(i) mai(i+1)			nov(i) jan(i+1)	
	-0,38			-0,35			0,35			-0,37			-0,35		
4	**	jun(i) ago(i)		**	nov(i) abr(i+1)		**	dez(i) mai(i+1)		**	jun(i) mai(i+1)		**	dez(i) mai(i+1)	
	-0,24			0,19			-0,25			0,24			0,22		
5		feb(i) abr(i)			jul(i) set(i)			jul(i) set(i)			jul(i) set(i)			jul(i) set(i)	
	-0,05			0,06			-0,13			0,07			0,08		
6		abr(i) jun(i)			ago(i) out(i)			set(i) nov(i)			ago(i) out(i)			jul(i) set(i)	
	0,15			0,16			-0,20			0,19			0,16		
7		mar(i) mai(i)			abr(i) set(i)			fev(i) abr(i)			abr(i) jun(i)			mar(i) mai(i)	
	0,12			0,17			-0,21			0,17			0,19		
8		ago(i) out(i)			jul(i) set(i)			jul(i) set(i)			abr(i) set(i)			jul(i) set(i)	
	-0,40			-0,36			0,39			-0,37			-0,39		
9	**	dez(i) mai(i+1)		**	dez(i) fev(i+1)		**	dez(i) fev(i+1)		**	nov(i) abr(i+1)		**	dez(i) fev(i+1)	
	-0,41			-0,37			0,40			-0,38			-0,47		
10	***	dez(i) mai(i+1)		**	dez(i) fev(i+1)		**	dez(i) fev(i+1)		**	nov(i) abr(i+1)		***	dez(i) fev(i+1)	
	-0,21			-0,18			0,21			-0,22			-0,24		
11		nov(i) jan(i+1)			dez(i) fev(i+1)			dez(i) mai(i+1)			set(i) nov(i)			dez(i) fev(i+1)	
	-0,17			-0,15			0,22			-0,15			-0,22		
12		dez(i) mai(i+1)			dez(i) mai(i+1)			dez(i) mai(i+1)			dez(i) mai(i+1)			dez(i) mai(i+1)	
	-0,42			-0,42			0,47			-0,46			-0,45		
13	**	dez(i) mai(i+1)		**	dez(i) mai(i+1)		***	nov(i) jan(i+1)		***	dez(i) mai(i+1)		***	dez(i) mai(i+1)	

Para a zona 13 o sinal mais forte é do índice SOI para a média trimestral de novembro (i) a janeiro (i+1), com coeficiente r igual a 0,47. Os índices SST 3.4, BEST, ONI e MEI apresentam boa correlação para a média semestral dos meses de dezembro (i) a maio (i+1). As zonas 1 e 2 tiveram sua maior correlação com os índices MEI, com r igual a -0,39 e -0,37, respectivamente. Além disso, ambos tiveram boa correlação com o índice BEST.

A zona 3 teve correlações significativas somente a 90%, com sinal mais forte para o índice MEI, enquanto as zonas 5, 6, 7, 8, 11 e 12 não tiveram relação significativa com nenhum dos índices de ENOS, mostrando que os rendimentos de girassol dessas zonas não respondem imediatamente a este fenômeno.

Assim, podemos dizer que os índices de ENOS (MEI, ONI, SOI, SST 3.4 e BEST) apresentaram boa correlação (r) com as anomalias dos rendimentos de

girassol de seis das treze zonas homogêneas. Os resultados estatisticamente significativos ($\alpha = 5\%$) da Tabela 2 mostram que os índices MEI, ONI, SST 3.4 e BEST, respondem com sinal negativo, enquanto o índice SOI apresenta sinal positivo. Como já mencionado anteriormente, o SOI é calculado de forma diferente que os demais índices, e, portanto, tem um sinal oposto.

A Tabela 3 mostra as correlações das anomalias de rendimentos médios de girassol com os índices obtidos do Oceano Atlântico Sul (ATL 1), Oceano Pacífico Subtropical (PAC 5 e PAC 8), Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e Oscilação da Antártida (AAO).

O índice ATL 1 apresenta correlações significativas ($\alpha = 5\%$) com os rendimentos de girassol para as zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9 e 13. Esse resultado mostra que as TSM do Oceano Atlântico nesta região tem influência sobre os rendimentos de girassol na maioria

TABELA 3. Melhores correlações dos rendimentos das zonas homogêneas com o IVC de ATL 1, PAC 5, PAC 8, ODP, e AAO.

ZONA	ATL 1		PAC 5		PAC 8		ODP		AAO	
	r	Período	r	Período	r	Período	r	Período	r	Período
1	-0,51 ***	dez(i) mai(i+1)	0,28 *	mai(i) jul(i)	-0,18	jul(i) set(i)	-0,35 **	out(i) dez(i)	0,37 **	dez(i) fev(i+1)
2	-0,46 ***	fev(i) abr(i)	0,33 **	jun(i) ago(i)	0,18	jan(i) mar(i)	-0,33 **	out(i) dez(i)	0,28 *	nov(i) jan(i+1)
3	-0,39 **	dez(i) mai(i+1)	0,36 **	dez(i) fev(i+1)	-0,31 *	nov(i) abr(i+1)	-0,44 ***	out(i) dez(i)	0,47 ***	dez(i) fev(i+1)
4	-0,38 **	dez(i) mai(i+1)	-0,30 *	jan(i) mar(i)	-0,19	out(i) dez(i)	-0,36 **	out(i) dez(i)	0,51 ***	nov(i) jan(i+1)
5	-0,40 **	nov(i) abr(i+1)	0,22	abr(i) jun(i)	0,23	dez(i) fev(i+1)	-0,22	nov(i) jan(i+1)	0,19	mar(i) mai(i)
6	-0,38 **	nov(i) abr(i+1)	0,23	mai(i) jul(i)	-0,12	mar(i) mai(i)	-0,13	nov(i) jan(i+1)	0,36 **	dez(i) fev(i+1)
7	0,23	abr(i) jun(i)	-0,21	mar(i) mai(i)	-0,19	dez(i) fev(i+1)	-0,11	jan(i) mar(i)	0,26	jun(i) fev(i+1)
8	-0,19	dez(i) fev(i+1)	-0,20	mar(i) nov(i)	-0,20	mai(i) jul(i)	-0,08	out(i) set(i+1)	0,26	ago(i) out(i)
9	-0,40 **	dez(i) mai(i+1)	0,37 **	out(i) mar(i+1)	-0,37 **	out(i) dez(i)	-0,34 **	out(i) dez(i)	0,27 *	nov(i) jan(i+1)
10	-0,28 *	dez(i) mai(i+1)	0,36 **	dez(i) mai(i+1)	-0,35 **	out(i) dez(i)	-0,41 ***	out(i) dez(i)	0,24	ago(i) jan(i+1)
11	-0,23	jan(i) mar(i)	-0,24	jan(i) mar(i)	0,25	mai(i) jul(i)	-0,20	out(i) dez(i)	-0,16	jul(i) set(i)
12	0,28 *	jul(i) set(i)	-0,22	fev(i) abr(i)	-0,23	out(i) dez(i)	-0,29 *	out(i) dez(i)	0,30 *	ago(i) jan(i+1)
13	-0,47 ***	set(i) mai(i+1)	-0,41 **	mar(i) mai(i)	-0,28 *	nov(i) abr(i+1)	0,21	nov(i-1) jul(i)	0,43 **	jul(i) jun(i+1)

das zonas produtoras da Argentina. Este índice também tem o sinal oposto, onde as anomalias positivas de TSM se relacionam com menores rendimentos, enquanto as anomalias negativas se relacionam com maiores rendimentos. Podemos dizer que é um importante resultado, pois as zonas 5 e 6 não apresentaram correlação significativa com os índices de ENOS, podendo-se usar este índice para fazer um prognóstico de rendimento de girassol para estas zonas.

Quanto aos índices originários das anomalias de TSM de duas regiões do Oceano Pacífico Subtropical (OPS), o índice PAC 8 apresentou correlação significativa apenas para as zonas 9 e 10, enquanto PAC 5 teve correlação significativa para as zonas 2, 3, 9, 10 e 13. Isso mostra que há uma influência das anomalias de TSM dessas regiões sobre os rendimentos de girassol de algumas zonas, apesar de os índices de ENOS apresentam uma influência bem mais forte. Porém, o comportamento desta relação varia entre as zonas, onde para algumas zonas apresenta sinal positivo e para outras, sinal negativo.

De maneira geral, os resultados encontrados mostram que quando há uma anomalia positiva da TSM da região do OPE (aquecimento das águas e possivelmente a presença de El Niño) os rendimentos de grãos de girassol tendem ser menores. Este resultado mostra que com o girassol ocorre o oposto ao milho. O milho tem maiores rendimentos em anos de El Niño, que supostamente apresenta maiores precipitações sobre a «região pampeana». Isso pode ser explicado pelo girassol ser mais suscetível a doenças, tais como mofo branco ou podridão de esclerotinia, mancha de alternaria e mancha de septoria, que são favorecidas pelas maiores precipitações e maior umidade do ar (Leite, 2005). Outro fator importante que interfere na produção do girassol é a disponibilidade de Radiação Solar Global (Radons, 2010), que é menor em anos de El Niño devido à maior nebulosidade.

A ODP apesar de ser um fenômeno de escala temporal maior, apresenta correlação significativa ($\alpha = 5\%$) com os rendimentos de girassol das zonas 1, 2, 3, 4, 9 e 10, todos para a média trimestral dos meses de outubro (i) a dezembro (i).

Já a AAO tem um comportamento distinto dos demais, apresentando sinal positivo. Isso significa que a anomalia positiva da AAO tem relação com maiores rendimentos de girassol, enquanto a anomalia negativa se relaciona a menores rendimentos. A correlação é significativa ($\alpha = 5\%$) para as zonas 1, 3, 4 e 6 para as médias trimestrais desde novembro (i) a fevereiro (i+1), e para a zona 13, média anual de julho (i) a junho (i+1) (Tabela 3).

A Figura 2 mostra a influência proporcional da variabilidade climática de distintas fontes sobre as regiões argentinas produtoras de girassol.

Apenas as zonas 7, 8, 11 e 12 não tiveram correlação significativa com nenhum dos índices estudados. Esse resultado leva a entender que para essas zonas a produção de girassol é pouco afetada pela variabilidade climática desses índices. Entretanto, as demais zonas (1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10 e 13) possuem correlação significativa a 95% com ao menos um dos índices de variabilidade climática, sendo que algumas apresentam até correlação significativa a 99% ($\alpha = 1\%$).

CONCLUSÕES

Os resultados encontrados apontam que a maioria dos departamentos produtores de girassol da Argentina sofre influência de ao menos um dos índices de variabilidade climática sobre o rendimento de grãos de girassol.

Os índices de ENOS e as anomalias de TSM da região do OAS influenciam nos rendimentos de girassol do maior número de zonas, enquanto as anomalias de TSM da região do OPS têm influência sobre poucas zonas.

Os rendimentos de girassol respondem de maneira inversa às anomalias de TSM, tanto do Oceano Atlântico, quanto do Oceano Pacífico, nas diferentes regiões. As anomalias positivas estão associadas a menores rendimentos, enquanto as anomalias negativas se relacionam a maiores rendimentos.

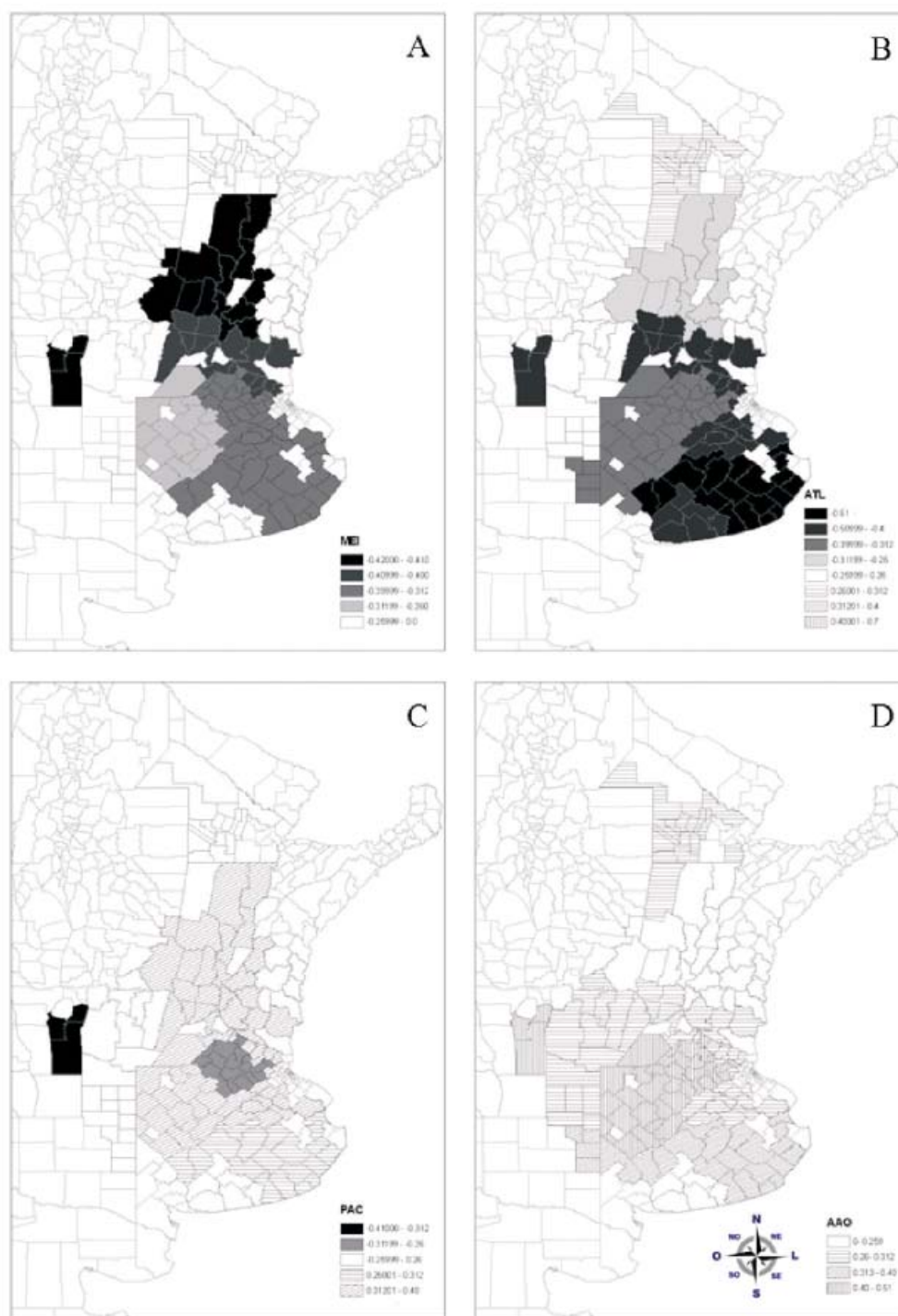


FIGURA 2. Mapa das maiores correlações significativas para os índices MEI (A), ATL 1 (B), PAC 5 (C) e AAO (D). O valor das correlações pode ser observado nas tabelas 2 e 3.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho se realiza em âmbito do projeto UBACyT G078.

BIBLIOGRAFÍA

- BERLATO, M.A.; H. FARENZENA e D.C. FONTANA. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.40, n.5, p.423-432, 2005.
- BETTOLLI, M.L.; O.C. PENALBA y W.M. VARGAS. Análisis de las campañas de rendimientos extremos de soja en relación con eventos ENOS y las variables climáticas. *Anales X Reunión Argentina de Agrometeorología*, Mar del Plata, 2004.
- CLEVELAND, W.S. and S.J. DEVLIN. Locally-weighted regression: an approach to regression analysis by local fitting. *Journal of the American Statistical Association*, v.83, p.596-610, 1988.
- DIAZ, A.F.; C.D. STUDZINSKI and C.R. MECHOSO. Relationships between precipitation anomalies in Uruguay and southern Brazil and sea surface temperature in the Pacific and Atlantic Oceans. *Journal of Climate*, v.11, p.251-271, 1998.
- FERNANDEZ LONG, M.E.; D. CARNELOS y R. HURTADO. Respuesta de los Rendimientos de maíz al ENOS, en grupos homogéneos de la Región Pampeana. *Anales XII Reunión Argentina de Agrometeorología*, San Salvador de Jujuy, Argentina, 2008.
- FERREIRA, R.A. *et al.* A linked-modeling framework to estimate maize production risk associated with ENSO-related climate variability in Argentina. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.107, p.177-192, 2001.
- GRIMM, A.; V. BARROS and M. DOYLE. Climate variability in Southern South America associated with El Niño and La Niña events. *Journal of Climate*, v.13, p.35-58, 2000.
- HOUGH, M.N. Agrometeorological aspects of crops in the United Kingdom and Ireland. A review for sugar beet, rape, peas, wheat, barley, oats, potatoes, apples and pears. *Office for Official Publications of the EU*, Luxembourg, p.310, 1990.
- HURTADO, R. *et al.* Evaluación del ENSO como predictor de los rendimientos de maíz en la Región Pampeana (Argentina). *Revista de la Facultad de Agronomía UBA*, v.23, n.2-3, p.131-139, 2003.
- HURTADO, R. *et al.* Análisis de la sensibilidad de distintos índices del ENSO para explicar los rendimientos de maíz en la Región Pampeana. *Revista de la Facultad de Agronomía UBA*, v.25, n.1, p.53-60, 2005.
- HURTADO, R. and G.J. BERRI. Relationship between wheat yields in the Humid Pampa of Argentina and ENSO, during the period 1970-1997. *Anais XÚ Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Brasília, Outubro, 1998.
- LEITE, R.M. V. B. C. Doenças do girassol. In: Kimati, H. *et al.* (ed.). Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas. São Paulo: *Agrônoma Ceres*, v.2, p. 385-399, 2005.
- MAGRIN, G.O. and M.I. TRAVASSO. Economic value of ENSO-based climatic forecasts in the agricultural sector of Argentina. In: Proceedings of the 2nd International Symposium «Modeling Cropping Systems», European Society of Agronomy, Florence, Italy, p.139-140, 2001.
- MAGRIN, G.O. *et al.* Improving Applications in Agriculture of ENSO-Based Seasonal Rainfall Forecasts Considering Atlantic Ocean Surface Temperatures. In: Mannava, V.K.; Sivakumar and Hansen, J. *Climate Prediction and Agriculture Advances and Challenges*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2007.
- MANTUA, N.J. A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v.78, p.1069-1079, 1997.
- NOAA. Monthly atmospheric and SST indices. *National Oceanic and Atmospheric Administration, United States*, 2010. Website: [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/], 2010.
- PASCALE, A.J. y E.A. DAMARIO. «Bioclimatología Agrícola y Agroclimatología». Ed. *Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires*, 2004. 550p.
- PINTO, H.S.; J. ZULLO Jr. e S.A. ZULLO. Oscilações pluviométricas temporais no E. S. Paulo. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, p. 29-33, 1989.
- PODESTÁ, G.P. *et al.* Association between grain crop yields in central-eastern Argentina y El Niño-Southern Oscillation. *Journal of Applied Meteorology*, v.28, p.1488-1498, 1999.

- PODESTÁ, G.P. *et al.* Use of ENSO-related climate information in agricultural decision making in Argentina: a pilot experience. *Agricultural Systems*, 2002.
- RADONS, S.Z. Severidade de ocorrência de mancha de septória e produtividade do girassol irrigado. 2010. 66f. *Dissertação (Mestrado em Agronomia)* – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.
- ROPELEWSKI, C.F. and M.S. HALPERT. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/southern oscillation. *Monthly Weather Review*, v.115, p.1606-1626, 1987.
- ROPELEWSKI, C.F. and M.S. HALPERT. Precipitation patterns associated with the high index phase of the Southern Oscillation. *Journal of Climate*, v.2, p.268-284, 1989.
- RUSTICUCCI, M. and W. VARGAS. Cold and warm events over Argentina and their relationship with the ENSO phases: Risk evaluation analysis. *International Journal of Climatology*, v.22, p.467-483, 2002.
- SCIAN, B. *et al.* Characteristics of large-scale atmospheric circulation related to extreme monthly rainfall anomalies in the Pampas Region, Argentina, under non-ENSO conditions. *Theoretical and Applied Climatology*, v.85, p.89-106, 2006.
- SIIA. Estimaciones y Estadísticas. Sistema Integrado de Información Agropecuaria. Ministerio de Producción. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de la Nación Argentina. Website: [<http://190.220.136.179/index.php/series-por-tema/agricultura>], 2010.
- SILVESTRI, G.E. and C.S. VERA. Antarctic Oscillation signal on precipitation anomalies over southeastern South America. *Geophysical Research Letters*, v.30, n.21, p.2115, 2003.
- SNEDECOR, G.W. and W.G. COCHRAN. Statistical methods. The Iowa State University Press, 507 págs, 1980.
- SPESCHA, L. *et al.* Los excesos de agua edáfica y su relación con el ENSO en la Región Pampeana. *Revista de la Facultad de Agronomía UBA*, v.24, p.161-167, 2004.
- SPESCHA, L. y J.A. FORTE LAY. Impacto de «La Niña» en la reserva de agua edáfica en la Región Pampeana. *Revista Argentina de Agrometeorología*, v.2, n.1, p.81-88, 2002.
- STRECK, N.A. *et al.* Associação da variabilidade da precipitação pluvial em Santa Maria com a Oscilação Decadal do Pacífico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, n.12, p.1553-1561, 2009.
- THOMPSON, D.W.J. and J.M. WALLACE. Annular modes in the extratropical circulation. Part I: month-to-month variability. *Journal of Climate*, v.13, p.1000-1016, 2000.
- TRAVASSO, M.I.; G.O. MAGRIN and G.R. RODRIGUEZ. Relations between sea surface temperature and crop yields in Argentina. *International Journal of Climatology*, v.23, p.1655-1662, 2003.
- TRENBERTH, K. 1997. Short-term climate variations: Recent accomplishments and issues for future progress. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v.78, p.1081-1096, 1997.
- TRENBERTH, K.E. and J.M. CARON. The southern Oscillation Revisited: Sea level pressures, surface temperatures and precipitation. *Journal of Climate*, v.13, p.4358-4365, 2000.
- WANG, S.W. Studies on the Atmospheric Centers of Action. *Report Stat. Univers. New York*. 32 pp, 1992.