



RALDA 2016

XVI Reunión Argentina y
VIII Reunión Latinoamericana
de AGROMETEOROLOGÍA

"Vientos de Cambio nos Impulsan"

Puerto Madryn (Chubut)
20, 21, 22 y 23 de septiembre de 2016

XVI Reunión Argentina

y

VIII Reunión Latinoamericana de

Agrometeorología

*DECLARADA DE INTERES PROVINCIAL POR EL GOBIERNO DE LA PROVINCIA
DEL CHUBUT MEDIANTE DECRETO 327/2016*

*DECLARADA DE INTERES LEGISLATIVO POR LA HONORABLE LEGISLATURA
DEL CHUBUT MEDIANTE RESOLUCION N° 50/16-HL*

*DECLARADA DE INTERES CIENTÍFICO, AMBIENTAL Y TURÍSTICO MEDIANTE
RESOLUCION 1918/2015 (S.T. Y D). DE LA MUNICIPALIDAD DE PUERTO
MADRYN, SEDE DEL EVENTO*

MARTA G. VINO CUR Y ERICA COLOMBANI

XVI Reunión Argentina de Agrometeorología y VIII Reunión Latinoamericana de Agrometeorología : vientos de cambio nos impulsan / A. Della Maggiora...[et al.] ; compilado por Graciela Teresa Vergara. - 1a ed. - Rio Cuarto : Marta Graciela Vinocur, 2016.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-42-2098-1

1. Agronomía. 2. Meteorología. 3. Agricultura y Ganadería. I. Vergara, Graciela Teresa , comp.
CDD 630.7

XVI Reunión Argentina de Agrometeorología y VIII Reunión Latinoamericana de Agrometeorología

Vientos de cambio nos impulsan
Graciela Teresa Vergara (Compiladora)

2016 © Asociación Argentina de Agrometeorología
Ruta Nacional 36 km 601 – (X5804) Río Cuarto – Argentina
Tel.: 54 (358) 467 6191 – Fax.: 54 (358) 468 0280
info@aada.com.ar - www.aada.com.ar

Primera edición: Septiembre de 2016

ISBN 978-987-42-2098-1



Este obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 2.5 Argentina.

http://creativecommons.org/licenses/by/2.5/ar/deed.es_AR

Queda Prohibida la reproducción total o parcial del texto de la presente obra en cualquiera de sus formas, electrónica o mecánica, sin el consentimiento previo y escrito de la compiladora.

Los editores no asumen responsabilidad alguna por eventuales errores tipográficos u ortográficos, por la calidad y tamaño de los gráficos, ni por el contenido de los Trabajos de Investigación presentados a RALDA 2016. Los trabajos de Investigación se publican en versión digital, tal como fueron enviados por parte de los respectivos autores, con leves adaptaciones de sus formatos, con la finalidad de conferirles uniformidad entre ellos, en un todo de acuerdo con las normas previamente establecidas.

La mención de empresas, productos y/o marcas comerciales no representa recomendación preferente de RALDA 2016.

Área Temática 5

**Cambio y variabilidad climática, Vulnerabilidad, Adaptación,
Resiliencia y Mitigación, Energías alternativas**

VARIABILIDAD DE LA PRECIPITACIÓN PARA LA ESTACIÓN DE PRIMAVERA EN LA CUENCA DEL BERMEJO

Vita Sanchez*, M.S.¹; Ayala, S.N.¹; González, M.H.^{1,2}

¹ Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos. FCEyN UBA

² Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera – CONICET/UBA; UMI-IFAECI/CNRS, Intendente Güiraldes 2160, CABA, C1428EGA, Argentina.

*Contacto: maxivitasanchez@gmail.com

Palabras clave: lluvia; predicción; forzantes.

INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Bermejo se sitúa en el norte argentino. Presenta un ciclo anual de precipitación media con un mínimo en invierno que se intensifica hacia el noroeste. La Cordillera de los Andes, ubicada al oeste de la Argentina, inhibe el ingreso de humedad desde océano Pacífico debido a la altura de las cadenas montañosas. El flujo de viento predomina del noreste por la influencia del anticiclón del océano Atlántico Sur (AA) y un sistema térmico de baja presión en el noroeste argentino presente preferentemente en primavera y verano. La economía del área se basa principalmente en la agricultura que está altamente influenciada por la variabilidad interanual de la lluvia, las inundaciones y las sequías. El objetivo de este trabajo es encontrar los forzantes climatológicos que permitan pronosticar la precipitación para el trimestre septiembre-octubre-noviembre (SON), utilizando metodologías estadísticas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos de precipitación acumulada trimestral en primavera (SON) durante el período 1981-2010 en 25 estaciones distribuidas en la cuenca del río Bermejo, provenientes del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), la Comisión Regional del Río Bermejo (COREBE), la Asociación Provincial del Agua de Chaco (APA) y la Subsecretaría de Recursos Hídricos. La calidad de las observaciones se analizó en detalle, utilizando estaciones que presentaran menos de 15% de datos faltantes. A partir de las características de los ciclos anuales de precipitación de cada estación, se dividió a la región en tres subcuencas: BS (22°S-23.5°S, 65°O – 64°O), BM (22°S-26°S, 64°O-60°O) y BI (25.5°S-27°S, 60°O-58°O). Para cada una se construyó la serie media areal de precipitación acumulada en el trimestre de SON y se calcularon las anomalías.

Con la finalidad de establecer patrones de circulación que afectan a la lluvia, se construyeron campos de correlación lineal simultánea entre las anomalías de precipitación acumulada en el período SON en BS, en BM y en BI y variables meteorológicas obtenidas a partir del reanálisis del

National Centre of Environmental Prediction (NCEP) (Kalnay *et al.*, 1996): temperatura superficial del mar (TSM), altura geopotencial en 1000 hPa, 700 hPa, 500 hPa y 250 hPa, componentes zonal y meridional del viento en 850 hPa y zonal en 250 hPa, radiación de onda larga saliente (OLR) y agua precipitable (APP). También se calcularon las correlaciones desfasadas entre la precipitación de SON para cada subcuenca y las variables en agosto. Las correlaciones con valor absoluto mayor a 0.37 fueron consideradas estadísticamente significativas al 95% de confianza utilizando un test Normal. Las anomalías de precipitación en SON para cada año en BS, BM y BI fueron clasificadas usando la técnica de cuantiles. Se diferenciaron los años secos (anomalías por debajo del primer tercil) de los años húmedos (anomalías por encima del segundo tercil). Se construyeron los mapas compuestos de las variables mencionadas para los años extremos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los campos de correlación simultánea entre la precipitación de SON en BS y las anomalías de altura geopotencial en todos los niveles analizados muestran que la fase negativa (positiva) de la Oscilación Antártica (OAA) está asociada a anomalías positivas (negativas) de lluvia. Se observa que la intensificación (debilitamiento) del AA en SON particularmente en 700 hPa y 500 hPa está relacionada con la precipitación más abundante (escasa) en BS. Los campos de correlación desfasada no evidencian la influencia de la circulación del AA en el mes de agosto sobre la precipitación acumulada en primavera. En los niveles estudiados sí se observa la presencia de un tren de ondas asociado al patrón detectado sobre el Pacífico en los campos simultáneos, indicando cierta predictabilidad de la lluvia de SON a partir de las anomalías de altura geopotencial de agosto sobre la región. En SON, las anomalías positivas (negativas) de TSM en el Pacífico tropical indican que la fase cálida (fría) de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) está asociada a primaveras más lluviosas (secas) en BS (Ver Fig. 1). Esta señal persiste al considerar el efecto de la TSM de agosto sobre la precipitación de SON, aunque adquiere características similares al Niño (Niña) Modoki. Se observa que el enfriamiento (calentamiento) del

océano Índico oriental, y el calentamiento

35°S en SON está relacionado con lluvias más cuantiosas (escasas) en BS; ambas señales se debilitan en agosto. El dipolo observado en SON en el Atlántico tropical sugiere que la combinación de anomalías de TSM positivas (negativas) entre 10°S y 35°S y negativas (positivas) entre 5°N y 10°S están vinculadas a precipitaciones por encima (por debajo) de lo normal en la primavera de BS. Esta señal sobre la lluvia en SON disminuye al considerar la TSM en agosto. A su vez, se observa que el flujo de 250 hPa es más débil (intenso) cuando la lluvia es más abundante (escasa). Los campos de correlación del viento en 850 hPa indican que la intensificación (debilitamiento) del flujo del NO sobre la cuenca en SON se asocia a mayores (menores) valores acumulados de precipitación, debido al incremento (disminución) del flujo de humedad hacia BS. Las características del flujo en niveles altos y bajos en agosto presentan una señal más débil sobre la lluvia de SON. Los campos de correlación entre el APP y la precipitación de SON en BS muestran que la anomalía positiva (negativa) de contenido de vapor sobre BS está asociada a primaveras más lluviosas (secas). Las anomalías positivas se intensifican (debilitan) y se desplazan hacia el norte al considerar la variable desfasada en un mes. Este resultado está en concordancia con lo observado en los campos de correlación entre la OLR en agosto y la lluvia de BS, indicando que debido a la posible presencia de un monzón adelantado (atrasado) la anomalía de precipitación en SON es positiva (negativa). Además se observa que un mayor (menor) contenido de vapor en el AA en SON está asociado a precipitación más abundante (escasa) en primavera. La relación entre la variable en agosto y los valores acumulados de SON se debilita.

Para las dos subcuencas restantes algunos de los forzantes se ven debilitados en la intensidad de su señal en SON, tales como el ENOS, las anomalías de TSM en el Índico oriental y en la costa chilena, y el viento en niveles bajos. El forzante dado por la OAA se ve intensificado en BM y BI. Sin embargo, otros forzantes no actúan de la misma manera en BM y BI. Este es el caso del AA (cuya señal es menor en BI y desaparece en BM), el flujo zonal en niveles altos (se intensifica en BI y se debilita en BM), y el APP (persiste en BI y se debilita en BM). En ambas subcuencas se debilita la señal del dipolo del Atlántico y se revierten la TSM de la costa sudeste brasilera así como la disponibilidad de humedad sobre AA. Con respecto a las variables en el mes de Agosto, se nota que el flujo en niveles altos y bajos, el APP, y la TSM en la costa chilena tienen el mismo efecto sobre la precipitación de SON que en BS. Según lo observado en los campos de altura geopotencial, la señal de la OAA se intensifica en BM y BI. Y no se detectan anomalías de la circulación del AA. En el BM el dipolo de TSM se desplaza hacia el sudoeste. Se observa la señal del ENOS en BI, mientras que en BM y BS la señal más fuerte corresponde al Niño

(enfriamiento) del Pacífico oriental entre 20°S y Modoki. En BM y BI se observa correlación negativa entre la TSM del Índico Oriental en agosto y la lluvia de SON, como se observa en los campos de correlación simultánea.

Se analizaron los campos compuestos de anomalías de las variables para los años secos y húmedos, obteniendo resultados consistentes con las correlaciones detalladas anteriormente. En el BI la tendencia hacia fase positiva (negativa) de la OAA genera situaciones secas (húmedas). En los campos de TSM, se observó que eventos fríos (cálidos) del ENOS, calentamiento (enfriamiento) del Índico oriental, el Pacífico sur más frío (cálido) en las costas cercanas a Chile y anomalías positivas (negativas) del Atlántico en la costa sur de Brasil, están presentes en los años secos (húmedos). En 850 hPa el flujo anómalo del sur (norte) y el debilitamiento (intensificación) de los oestes sobre el Pacífico están asociados a eventos secos (húmedos). Para 250 hPa se ve un incremento (disminución) de flujo zonal del oeste sobre la cuenca para anomalías de precipitación negativas (positivas). Los resultados para el BM y BS se asemejan a los obtenidos para BI.

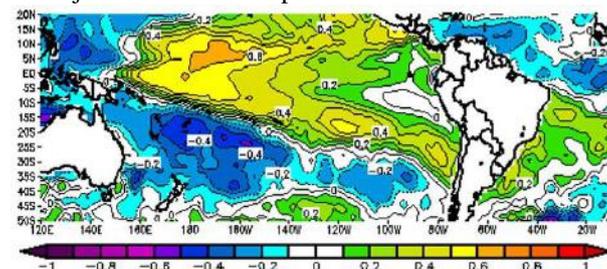


Figura 1. Campo de correlación simultánea entre la precipitación de SON en BS y la TSM.

CONCLUSIONES

Los forzantes climáticos más importantes de la precipitación acumulada en SON fueron: ENOS, OAA, APP y anomalías de TSM en la costa de Chile. Estas señales también están presentes el mes previo y en los campos compuestos de anomalías en años extremos, con lo cual podrían considerarse como posibles predictores de la precipitación acumulada en SON.

AGRADECIMIENTOS

Al SMN, COREBE, APA y Secretaría de Recursos Hídricos por los datos de lluvia, a NCEP por los datos de reanálisis, a los proyectos UBACYT 2013-2016 20620120100003ba y PIP CONICET 2015-2017 por la financiación

REFERENCIAS

Kalnay, E.; Kanamitsu, M.; Kistler, R.; Collins, W.; Deaven, D.; Gandin, L.; Iredell, M.; Saha, S.; White, G.; Woollen, J.; Zhu, J.; Chelliah, M.; Ebisuzaki, W.; Higgins, W.; Janowiak, J.; Mo, K.C.; Ropelewski, C.; Wang, J.; Leetmaa, A.; Reynolds, R.; Jenne, R.; Joseph, D. 1996. The NCEP/NCAR Reanalysis 40 year-project. Bull Amer Meteor Soc 77:437-471.

PREDICCIÓN DE EVENTOS SECOS Y HUMEDOS EN EL NORTE PATAGÓNICO

Garbarini E.M.*¹; Romero P. E.¹; Gonzalez M.H.^{1,2}

¹ DCAO-FCEN-UBA, Intendente Güiraldes 2160, C1428EGA, Argentina

² CIMA-CONICET/UBA; UMI-IFAECI/CNRS, Intendente Güiraldes 2160, C1428EGA, Argentina

*Contacto: eugenia.garbarini@yahoo.com.ar

Palabras clave: Precipitación, Extremos, Forzantes

INTRODUCCIÓN

La región del norte patagónico está compuesta por varias cuencas: la de los ríos Limay, Neuquén, Negro y Colorado. Las dos primeras cuencas son relevantes para la generación de energía hidroeléctrica y se ubican en la zona del Comahue. Las otras cuencas son áridas, pero con valles donde prospera el cultivo de frutales. La zona del Comahue presenta un régimen de precipitaciones invernales mientras que hacia el este en la Patagonia las precipitaciones son escasas, pero predominan en verano (Romero y González, 2016). La variabilidad interanual de las precipitaciones en el área total es muy grande y generalmente depende de forzantes climáticos de escala hemisférica como es la temperatura de la superficie del mar en los Océanos Pacífico, Atlántico e Índico y de los sistemas de onda de Rossby que se desplazan por el Pacífico y arriban a la cordillera de los Andes sur donde la altura moderada de la misma, permite el acceso de los frentes y la humedad hacia Argentina.

Como la variabilidad interanual está relacionada con los distintos forzantes climáticos (González *et al*, 2015) y esto se ve afectado en las actividades económicas de la región el objetivo de este trabajo es identificar patrones comunes previos y simultáneos observados en los campos de temperatura de la superficie del mar, de circulación hemisférica (geopotencial y viento en diferentes niveles) y regional (viento en capas bajas, disponibilidad de humedad) para los años secos y años húmedos. Desde el punto de vista agrometeorológico la predicción anticipada de un evento extremo húmedo o seco permite un más eficiente diseño del manejo del riego y de los cultivos en general.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron las series de precipitación media mensual y de precipitación acumulada anual proveniente de 34 estaciones que se ubican en la región de estudio, comprendida entre los 35°S y 43°S para el período 1985-2012. Estos datos provienen de diversas fuentes, entre ellas: Servicio Meteorológico Nacional (SMN), Sub Secretaría de Recursos Hídricos de la Nación, la Autoridad Interjurisdiccional de las cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC), Comité Interjurisdiccional del Río Colorado (COIRCO).

En primer lugar, se estudió el ciclo anual en cada cuenca considerando las series promedio mensuales en el período de registro. Luego para ese mismo período se realizó la clasificación de años en secos o húmedos teniendo en cuenta los percentiles 75 y 25 en las series de precipitación estacional promedio areal en cada cuenca.

Además, se calcularon las anomalías mensuales en los años clasificados previamente como secos y húmedos respecto de la media en el periodo 1985-2012 para cada una de las cuencas.

Con el fin de determinar los patrones previos que permitan establecer la posibilidad de un evento extremo, se elaboraron los campos compuestos de las anomalías de : temperatura superficial del mar (TSM) en superficie, Geopotencial en 500 hPa, viento zonal y meridional en el nivel de 850 hPa y agua precipitable en 700 hPa en los meses anteriores a los extremos hídricos (es decir, analizando trimestralmente desde Diciembre a Febrero (DEF), Marzo a Mayo (MAM) y Junio a Agosto(JJA)) tanto para los años secos como para los húmedos utilizando datos de reanálisis NCEP.

Por último, se analizaron los índices mensuales ENSO, Dipolo del Índico (DMI), Dipolo del Océano Atlántico Sur (SAODI), Oscilación Antártica (AAO) y su promedio desde diciembre del año anterior hasta septiembre del año extremo.

Cabe destacar que, para todos los análisis, los años que se tomaron como extremos son aquellos años coincidentes en las cuencas Limay y Neuquén.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La región del Comahue presenta un ciclo anual muy marcado con máximo en invierno, especialmente en junio en las cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Colorado mientras que en el Río Negro existen 2 máximos relativos: uno en mayo y otro en octubre. La precipitación disminuye sustancialmente en los meses de verano en todas las cuencas.

Como resultado de la clasificación de los extremos hídricos se observó que los años 1988, 1989, 1996, 1998, 2003, 2007, 2010, 2011 y 2012 fueron clasificados como secos tanto en la cuenca Limay como Neuquén, mientras que los años 1993 1994 1997 2001 2002 2004 2005 2006 fueron clasificados como húmedos y coincidentes en ambas cuencas.

El estudio de anomalías mensuales se observaron excesos de lluvia en las cuencas Limay

y Neuquén en los meses de invierno mientras que en la cuenca del río Negro y Colorado estos excesos se observan en los meses de primavera coincidiendo con el período de lluvia.

Analizando los campos compuestos de TSM se observó para (DEF) en los años secos en la zona ecuatorial fase positiva del ENSO y en el Océano Indico temperaturas más cálidas mientras que en el Pacífico cercano se encuentran temperaturas más frías al norte y al sur, y frío en la costa patagónica. Para los años húmedos en DEF la configuración es opuesta. Para MAM en años secos la fase del ENSO es negativa y continúa la zona del Indico oriental cálido mientras que en el Pacífico cercano es cálido al sur y frío al norte. En la costa patagónica se detectan temperaturas más frías. La configuración es opuesta en años húmedos. Para JJA se intensifica la fase negativa del ENSO y sobre el Indico continúan las temperaturas cálidas, pero más débil que en MAM. Sobre la costa oeste de Chile persisten temperaturas frías hacia el norte y cálidas hacia el sur. Sobre el Atlántico hay señal baja, pero tendiendo a frío en la costa. Para el mismo trimestre, pero en años húmedos se observa la fase positiva del ENSO, y débil señal sobre el Índico con respecto a MAM y sobre la costa oeste de Chile se encuentra cálido hacia el norte y frío hacia el sur.

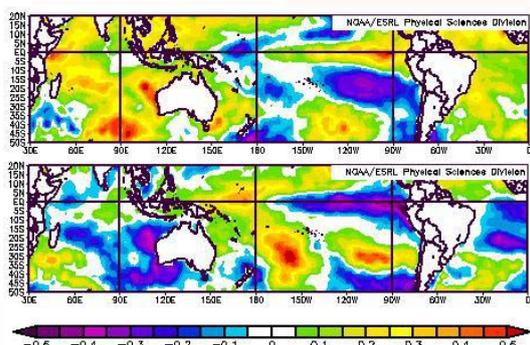


Figura 1. Temperatura superficial del mar (K) en los años secos (arriba) y años húmedos (abajo) para DEF.

En el campo de Geopotencial en 500 hPa para DEF en los años secos se detecta el Anticiclón del Atlántico y el Pacífico intensificados y al revés en los húmedos. Estas intensificaciones son máximas en MAM (cuando los anticiclones están más corridos hacia el este) debilitándose en JJA. La configuración en latitudes altas también es opuesta: en años secos se observaron bajas subpolares intensificadas en el sur patagónico (con prolongación hacia el noroeste sobre el continente) y debilitadas en el Pacífico Sur. Esta intensificación de las bajas es máxima en MAM y más débil en JJA. Solo en DEF se observa la fase positiva de AAO para los años secos y su fase opuesta en los años húmedos.

Analizando el campo de viento zonal en el nivel de 850 hPa en los años secos para el trimestre DEF alrededor de los 40°S se observa un debilitamiento de los oestes y en la zona del Atlántico intensificación a la misma latitud. Sin embargo,

sobre la cuenca no hay señal. Para MAM persiste el debilitamiento de los vientos oestes sobre la cuenca, aunque tendiendo a la intensificación llegando a JJA en el sur de la cuenca. Para los años húmedos se observa el patrón opuesto.

En el campo de viento meridional para los años secos no se observa señal en DEF sobre las cuencas. Para MAM se observa una máxima intensificación con componente sur pero que se debilita para JJA. Para los años húmedos en DEF se observa viento norte sobre la cuenca mientras que para MAM y JJA la configuración es opuesta a lo observado en los años secos.

El campo de agua precipitable en el nivel de 700 hPa para los años secos no se detecta señal. En MAM se detectan anomalías negativas de vapor siendo máximas en JJA. En años húmedos en DEF hay anomalías positivas de vapor, aunque es débil la señal, persistiendo en MAM y siendo máximos en JJA.

Por último, se estudiaron los índices ENSO, DMI, SAODI, AAO. Como resultado se observó que en los años secos hay tendencias negativas llegando a los meses de lluvia de ENSO, DMI, AAO mientras que se observó lo opuesto en SAODI. Esta configuración nuevamente es opuesta para los años húmedos.

CONCLUSIONES

Se observó que los excesos y déficits de lluvia se producen principalmente en la época invernal que es cuando la precipitación es máxima. Del análisis de los campos compuestos de las anomalías, los resultados indican que los años secos se asocian a la presencia de anomalías frías en el Pacífico tropical en el verano previo seguidos de anomalías cálidas que se intensifican en otoño e invierno, a anomalías cálidas en el Océano Indico desde el verano anterior y a una tendencia al Atlántico frío en la costa patagónica. Se observó además la intensificación del Anticiclón del Pacífico y del Atlántico el verano anterior y el debilitamiento de las bajas subpolares en el sur patagónico el otoño previo siendo. En los años húmedos se observó la configuración opuesta. La predicción anticipada de eventos húmedos y secos es una herramienta importante cuando se considera la posibilidad de la producción de frutales en la zona del valle de río Negro, lo que es una fuente de recursos económicos relevante. Con estas predicciones se pueden proyectar mejor las necesidades de riego y el potencial de las cosechas entre otras utilidades.

REFERENCIAS

- González, M.H; Garbarini, E.M; Romero P.E, 2015. Rainfall patterns and the relation to atmospheric circulation in northern Patagonia (Argentina). En: J.A. Daniels (Ed). Advances in Environmental Research 41. NOVA Publisher. New York. United States. 15pp.
- Romero, P.E; González, M.H. 2016. Relación entre caudales y precipitación en algunas cuencas de la Patagonia norte. Revista ASAGAI 1851-7838

REDUÇÃO DE TEMPERATURAS EXTREMAS EM SISTEMA AGROFLORESTAL DE CAFÉ (*Coffea arabica*) COM SERINGUEIRA (*Hevea brasiliensis*)

Zaro, G. C.^{1*}; Caramori, P. H.²; Morais, H.²; Prete, C. E. C.³

¹Estudante de doutorado em Agronomia, Bolsista da CAPES, Universidade Estadual de Londrina, PR, Brasil; ²Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), PR, Brasil; ³Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Agronomia, Londrina, PR, Brasil.

***Contacto:** geoczaro@gmail.com

Palabras clave: Temperaturas máximas; mudanças climáticas; adaptação; arborização do cafezal.

INTRODUCCIÓN

As mudanças climáticas globais são uma realidade e poderão causar grandes impactos nas áreas agrícolas de todo o planeta (IPCC; 2014). A cultura do café é uma das que poderão ser mais atingidas pelo aumento previsto das temperaturas. A espécie *Coffea arabica*, originada de sub bosques de regiões elevadas da Etiópia e Sudão, necessita de ambientes com temperaturas amenas para produzir e apresentar os padrões exigidos de qualidade da bebida. Diversos estudos, baseados em cenários futuros, têm demonstrado que as regiões produtoras tradicionais do Brasil poderão se tornar inaptas ao cultivo do café arábica com a tecnologia utilizada atualmente (Assad *et al.*, 2004). O uso de sistemas agroflorestais de café com outras espécies tem sido preconizado no Brasil, como uma alternativa de diminuição dos danos de geadas nas regiões recomendadas ao cultivo localizadas no extremo sul, onde o risco desse fenômeno é maior (Caramori *et al.*, 2004). Por outro lado, o sistema também é indicado para amenizar as temperaturas elevadas que ocorrem em regiões e épocas mais quentes (Matsumoto, 2004). Dentre as diversas possibilidades de consórcio do café com outras espécies, a seringueira se destaca pela possibilidade de gerar renda adicional ao produtor e pela baixa competição com os cafeeiros, devido a sua característica de copa ereta e sistema radicular profundo. Neste trabalho são apresentados resultados de modificação do ambiente térmico do cafezal devido à presença de árvores de seringueira consorciadas, como uma alternativa de adaptação ao aquecimento global.

MATERIALES Y MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma área de café consorciado com seringueira com 15 anos de idade, na fazenda experimental do IAPAR em Londrina, PR, Brasil (lat. 23° 22' S, long. 51° 10' W e alt. 585m). Os cafeeiros são da cultivar IAPAR 59, plantados no espaçamento de 2,5m por 0,70m, com uma planta por cova. As seringueiras foram plantadas em filas duplas perpendiculares às linhas de café, espaçadas de 4,0m por 2,5m, com espaçamento de 16m entre as filas duplas. Em área contígua implantou-se simultaneamente uma

parcela de cafeeiros expostos a pleno sol para comparação. Durante o período avaliado os cafeeiros tinham em torno de 1,5 a 2,0 m de altura e as seringueiras 18 a 20 m de altura. Em cada um desses ambientes foi instalada uma estação meteorológica automática, com as quais foram medidas a temperatura do ar a 2,0m de altura e a temperatura média das folhas dos cafeeiros, escolhendo uma folha localizada no terço superior das plantas, com duas repetições. As temperaturas das folhas foram medidas com termopares de cobre-constantan afixados em contato com a página inferior das folhas, para evitar exposição direta do sensor. As leituras foram realizadas a cada 10 segundos, obtendo-se médias a cada 15 minutos, as quais foram armazenadas em um datalogger e transferidas a planilhas para posterior análise. São apresentados resultados do período de 1 a 25 de abril de 2016, quando houve um veranico, ocasionando temperaturas elevadas atípicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante o mês de abril, as temperaturas médias do ar na região de estudo foram 1,5°C a 2,0°C acima dos valores médios históricos registrados na estação meteorológica do IAPAR próximo à área (<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=2114>), portanto, dentro do limite máximo preconizado pelo IPCC para o final do Século XXI. As Tabelas 1 e 2 mostram as temperaturas médias das folhas e do ar, respectivamente, no período analisado.

Tabela 1. Temperatura média (Tmed) das folhas no período de 1 a 25 de abril de 2016, de cafeeiros a pleno sol (Sol) e consorciados com seringueira (Consórcio) e diferença Sol-Consórcio com desvio padrão.

| Tmed (°C) | Sol | Consórcio | Diferença |
|-----------|------|-----------|-------------|
| Diária | 25,4 | 24,4 | 1,0 (±0,23) |
| 8 - 17 h | 32,4 | 28,7 | 3,7 (±0,64) |
| 10 - 15 h | 33,9 | 29,8 | 4,0 (±0,58) |
| Mínimas | 17,4 | 18,2 | 0,8 (±0,18) |
| Máximas | 39,9 | 32,1 | 7,8 (±1,33) |

Tabela 2. Temperatura média (Tmed) do ar no período de 1 a 25 de abril de 2016, de cafeeiros a pleno sol (Sol) e consorciados com seringueira (Consórcio), e diferença Sol-Consórcio com desvio padrão.

| Tmed (°C) | Sol | Consórcio | Diferença |
|-----------|------|-----------|--------------------|
| Diária | 25,5 | 25,1 | 0,4 ($\pm 0,15$) |
| 8 - 17 h | 29,8 | 29,1 | 0,7 ($\pm 0,19$) |
| 10 - 15 h | 30,9 | 30,0 | 1,0 ($\pm 0,22$) |
| Mínimas | 18,8 | 18,7 | 0,1 ($\pm 0,14$) |
| Máximas | 33,7 | 32,8 | 0,8 ($\pm 0,25$) |

Nas Figuras 1 e 2 são apresentadas as frequências de ocorrências de diferenças de temperaturas máximas de folhas e do ar, respectivamente. As diferenças de temperaturas máximas de folhas variaram entre 4 e 11°C, com maior frequência entre 7 e 8°C. As diferenças de temperatura máximas do ar variaram entre 0,6°C e 1,7°C, com maior frequência entre 0,8°C e 1,0°C.

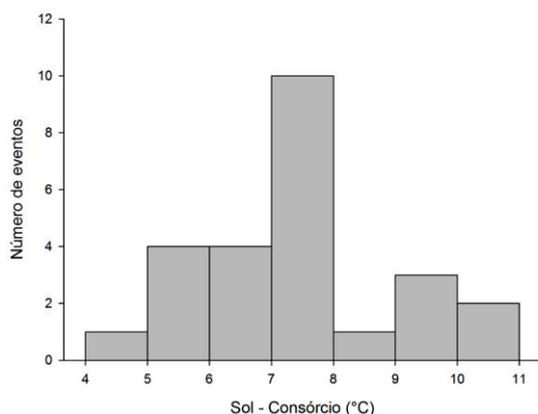


Figura 1. Frequências de diferenças de temperaturas máximas de folhas entre o café a pleno sol (Sol) e em consórcio com a seringueira (Consórcio).

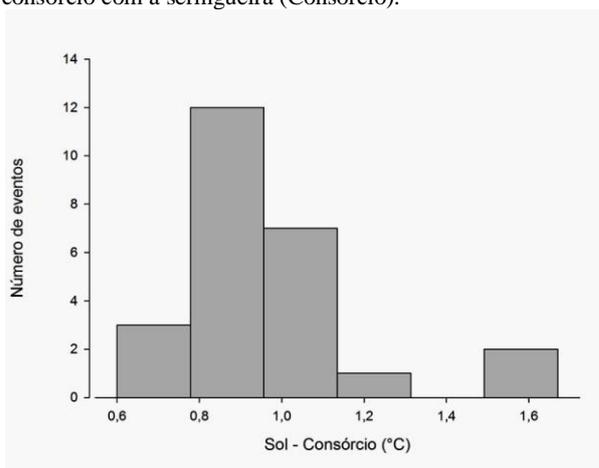


Figura 2. Frequências de diferenças de temperaturas máximas do ar entre o café a pleno sol (Sol) e em consórcio com a seringueira (Consórcio).

Nos cafeeiros consorciados, durante a noite ocorre menor perda de calor, devido à interceptação pelas copas das seringueiras. Assim, as temperaturas noturnas permanecem mais elevadas em relação aos cafeeiros expostos, fazendo com que as mínimas sejam maiores. Quando se considera a média diária, há uma redução no valor devido a esse efeito noturno. No entanto, quando se analisa somente o período diurno (8 – 17 horas), ou o período mais quente do dia (10 – 15 horas), as plantas expostas a pleno sol sofrem um aquecimento significativamente maior. Tal condição leva os cafeeiros a estresses que causam perdas na fotossíntese, aumento da respiração e lesões foliares irreversíveis conhecidas como “escaldadura”, quedas de folhas e lesões aos frutos em formação. Em um futuro com temperaturas mais elevadas, poderá haver impactos negativos tanto na produtividade como na qualidade dos frutos dos cafeeiros arábica cultivados a pleno sol. Os efeitos nas temperaturas das folhas são mais evidentes, pois tanto o aquecimento como o resfriamento ocorrem a partir da superfície exposta, sendo posteriormente transferidos ao ar circundante.

CONCLUSIONES

Aumentos de temperatura média do ar de até 2°C podem causar grandes impactos negativos na cafeicultura brasileira. O sistema agroflorestal de café com seringueira é uma alternativa de adaptação da cafeicultura ao aquecimento global.

AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece à CAPES pela concessão da bolsa de doutorado.

REFERENCIAS

- Assad, E. D.; Pinto, H. S.; Zullo Junior, J.; Ávila, A. M. H. 2004. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 39 (11): 1057-1064.
- Caramori, P. H.; Kathounian, C. A.; Moraes, H.; Leal, A. C.; Hugo, R. G.; Filho, A. A. 2004. Arborização de cafezais e aspectos climatológicos. En: Matsumoto, S. N. (Ed.). *Arborização de Cafezais no Brasil*. Uesb. Vitória da Conquista, Bahia, Brasil. 20 pp.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. *Synthesis Report Summary for Policymakers*. 2014. Disponível em: <www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf>. Consultado: 20/05/2016.
- Matsumoto, S. N. (Org.). 2004. *Arborização de Cafezais no Brasil*. Uesb. Vitória da Conquista, Bahia, Brasil. 212 p.

TENDENCIA DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO A PARTIR DE DATOS MEDIDOS EN SUPERFICIE Y DATOS DE REANÁLISIS

Cúneo*, L.M.^{1,2}; Llano, M.P.^{1,2}; Cerne, S.B.^{1,3}

¹Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (DCAO), Intendente Guiraldes 2160, Pabellón II, 2do Piso, Ciudad Universitaria, CABA, 1428. Argentina. ²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Rivadavia 1917, CABA, 1033. Argentina. ³Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA), Instituto Franco-Argentino sobre Estudios de Clima y sus Impactos UMI IFAECI 3351-CNRS-CONICET-UBA, Intendente Guiraldes 2160, Pabellón II, 2do Piso, Ciudad Universitaria, CABA, 1428. Argentina.

*Contacto: lcuneo@.at.fcen.uba.ar

Palabras clave: potencial eólico, variabilidad, disminución

INTRODUCCIÓN

Dentro de las energías sustentables, la energía eólica se genera a partir de un recurso inagotable como lo es el viento. Este tipo de energías son importantes para hacer frente al crecimiento de la temperatura media global dado que su aprovechamiento es una forma de reducir tanto el uso del combustible fósil y como la emisión de gases de efecto invernadero.

Estudiar y comprender las variaciones temporales y espaciales del viento es esencial para investigar las condiciones óptimas para la explotación del potencial eólico de Argentina. Las variaciones pueden ser a corto, mediano o largo plazo donde la velocidad del viento puede ser más o menos intensa. Estudios recientes muestran que el viento en latitudes medias está disminuyendo a razón de unos $0,5 \text{ ms}^{-1}$ por década (Pryor *et al.*, 2007 y Hui Wan *et al.*, 2010, entre muchos otros autores) y hay indicios de que esto también está ocurriendo en Argentina (Bichet *et al.*, 2012 y Watson, 2014). Por lo tanto, es de fundamental importancia para el desarrollo de la energía eólica en el país conocer el comportamiento del viento a futuro (pronóstico a corto plazo y proyecciones climáticas) y así reducir las incertidumbres en cuanto a la producción de este tipo de energía.

Según Barros *et al.* (1997), la región patagónica de Argentina tiene gran potencial eólico y la mejor forma de evaluar la variabilidad a largo plazo del viento en dicha región es trabajar con datos observados en superficie. Pero los problemas de disponibilidad de datos e instrumental imposibilitan el estudio del comportamiento de la tendencia en la zona con dichos datos.

Es el objetivo del presente trabajo explorar el comportamiento de las tendencias de la velocidad media mensual del viento a partir de datos medidos a 10 metros en la provincia de Chubut y datos de distintos reanálisis.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo este trabajo se utilizan datos horarios de velocidad y dirección del viento medidos en una estación automática a 10 metros de altura en la ciudad de Puerto Madryn, provincia de

Chubut, cortesía del Centro Nacional Patagónico (CENPAT). Los datos están disponibles entre 1982 y 2010.

Por otro lado, se trabaja con datos de reanálisis con distintas resoluciones, de velocidad del viento a 10 metros de ERA-INTERIM ($0,75^\circ \times 0,75^\circ$), MERRA ($0,5^\circ \times 0,667^\circ$), JRA-55 ($1,25^\circ \times 1,25^\circ$), ERA-20C (resolución espacial de 125 km), CFSR (resolución espacial de 38 km), NCAR RI y NCARDOE RII ($2,5^\circ \times 2,5^\circ$). Se consideran los datos en el punto de grilla más cercano a la ciudad de Trelew en la provincia de Chubut.

Para calcular la tendencia lineal de cada base de datos se realiza un ajuste lineal a partir de cuadrados mínimos y se calcula su significancia por medio de un test de hipótesis del coeficiente de correlación basado en la distribución de t-student con un 95% de confianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra la evolución del módulo de la velocidad del viento y su tendencia lineal entre 1982 y 2010 a partir de los datos de reanálisis cuya significancia es estadísticamente significativa. Además, se incluyen las series de datos de Puerto Madryn como observación de superficie independiente y los datos del Servicio Meteorológico de Trelew analizados en el Cúneo *et al.* (2016).

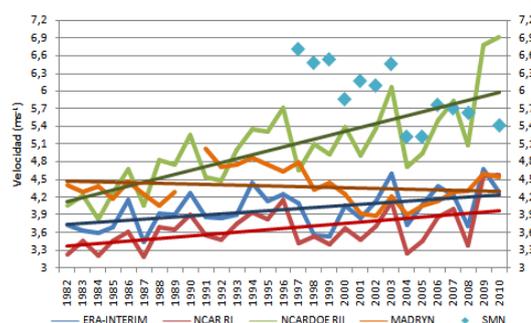


Figura 1. Velocidad media mensual de ERA-INTERIM (azul), NCAR RI (rojo), NCARDOE RII (verde) y Puerto Madryn (naranja) y SMN (celeste)

La tendencia lineal de las bases ERA-INTERIM, NCAR RI y NCARDOE RII son positivas con un 95% de confianza. Pescio *et al.* (2016), encuentran resultados similares en la

plataforma continental Argentina en el Atlántico Sur donde la tendencia de los datos NCAR RI es positiva y significativamente distinta de cero en todo el dominio. Sin embargo, Watson (2014) muestra que la tendencia de la velocidad del viento en la región de Argentina es negativa y de hasta $0,03 \text{ ms}^{-1}$ por año. Este comportamiento se observa en los datos tomados en superficie, donde las estaciones de Trelew y Puerto Madryn muestran un decaimiento en la velocidad del viento en los últimos años.

Es necesario destacar que el comportamiento diferente en la tendencia cambia radicalmente el escenario de la potencia a generar por el viento en los próximos años, conclusión a la que también arriba McVicar *et al.* (2008) donde muestran que en Australia las tendencias calculadas a partir de datos observados entre 1975 y 2006 difieren de las calculadas a partir de datos de reanálisis. Por otro lado, en el hemisferio Norte, Pryor *et al.* (2009) realizan una comparación entre las tendencias de datos observados, de reanálisis y modelos regionales climáticos en Estados Unidos indicando que los resultados son conflictivos pues la tendencia de los datos medidos y de una base de reanálisis son significativamente negativas, mientras que las demás series de reanálisis utilizadas arrojan tendencias positivas.

Es de destacar que en nuestro estudio la serie NCARDOE RII se aleja del comportamiento de las restantes bases ya que la velocidad del viento muestra valores entre 4 y 7 ms^{-1} , mientras que en las demás la diferencia es de alrededor 1 o $1,5 \text{ ms}^{-1}$.

Watson (2014) hace hincapié en ésta problemática debido a la dificultad de establecer si los cambios en el viento en niveles bajos se producen principalmente por factores específicos locales no capturados adecuadamente por las bases de reanálisis o bien si son impulsados por variaciones de los patrones de circulación atmosférica. Dentro de los factores específicos locales se encuentra la problemática en la calidad de las observaciones, Cúneo *et al.* (2016) muestra que el cambio del instrumental de medición en la localidad de Trelew imposibilita el estudio de la tendencia de la velocidad del viento y por lo tanto debería recurrirse a datos de reanálisis para realizar un análisis a largo plazo. Sin embargo, debido a la gran incertidumbre en el signo de las tendencias es difícil decidir con qué serie trabajar y autores como Wang *et al.* (2009) trataron de superar el problema utilizando mediciones de presión y estimando el gradiente de presión para poder calcular el viento geostrofico entre 1984 y 2007 en la región del Atlántico Norte.

CONCLUSIONES

Para analizar los posibles cambios en la producción de energía eólica debido a las alteraciones del recurso y su posible repercusión en la generación de energía se necesita estudiar la variabilidad de la velocidad del viento a largo plazo con series de datos extensas y

estadísticamente significativas. Las bases de datos de reanálisis utilizadas en este trabajo, presentan tendencias positivas, pero sólo algunas son significativas. En cuanto a los datos medidos en superficie, Puerto Madryn presenta tendencia negativa pero significativamente igual a cero con un 95% de confianza, mientras que en Trelew, si bien no es posible calcular la tendencia se observa que disminuye la velocidad y los valores extremos (Cúneo *et al.*, 2016). Estos resultados, verifican que en la zona cercana a Trelew también ocurre lo que distintos autores documentan para diferentes regiones de ambos hemisferios, que es que las bases de datos de reanálisis no representan adecuadamente el comportamiento del viento medido en superficie y por lo tanto es conveniente analizar con cuidado cuál será la base de datos a utilizar en el estudio de la variabilidad a largo plazo del viento.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al DCAO, CIMA, SMN y al Dr. Oscar Frumento del Centro Nacional Patagónico (CENPAT) de Puerto Madryn, provincia de Chubut por facilitar los datos trabajados. A los proyectos UBACyT: 20020100100434 y 20620110200010, PIP 112-201201-00480CO y ANPCyT PICT-2010-2110

REFERENCIAS

- Barros, V. 1983. Evaluación del potencial eólico en la Patagonia. Meteorológica XIV N° 1 y 2. 473-484.
- Bichet A.; Wild, M.; Folini, D.; Schär, C. 2012. Causes for decadal variations of wind speed over land: Sensitivity studies with a global climate model. Geophysical Research Letters 39:11.
- Cúneo, L. M.; Cerne, S.B.; Llano, M.P. 2016. Estudio preliminar de las características del viento en la zona de Trelew en relación con la producción de energía eólica. Trabajo presentado en la XVI Reunión Arg. de Agrometeorología. Puerto Madryn. Sept. de 2016.
- McVicar, T. R.; Van Niel, T. G.; Li, L. T.; Roderick, M. L.; Rayner, D. P.; Ricciardulli, L. 2008. Wind speed climatology and trends for Australia, 1975-2006: capturing the stilling phenomenon and comparison with near-surface reanalysis output. Geophys. Res. Lett 35(20):L20403.
- Pescio, A. E.; Martin, P. B.; Dragani, W. C. 2016. Wind speed trends over the southwestern Atlantic Ocean, between 33° and 50°S . Int. J. Climatol., 36: 501-507.
- Pryor, S. C.; Barthelmie, R. J.; Riley, E. S. 2007. Historical evolution of wind climates in the U.S.A. Journal of Physics: Conference Series 75, 1-8.
- Pryor, S. C.; Barthelmie, R. J.; Young, D. T.; Takle, T. S.; Arritt, R. W.; Flory, D.; Gutowski Jr, W. J.; Roads, J. 2009. Wind speed trends over the contiguous United States. J. of Geophysical Research, 114: D14105.
- Wan, H., X. L. Wang, and V. R. Swail, 2010: Homogenization and trend analysis of Canadian near-surface wind speeds. J. Climate, 23, 1209-1225.
- Wang, X. I.; Zwiers, F. W.; Swail, V. R.; Feng, Y. 2009. Trends and variability of storminess in the Northeast Atlantic region, 1874-2007. Clim. Dynam. 33,1179-1195.
- Watson, S. 2014. Quantifying the variability of wind energy. WIREs Energy Environ.

ESTUDIO PRELIMINAR DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL VIENTO EN LA ZONA DE TRELEW EN RELACIÓN CON LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EÓLICA

Cúneo*, L.M.^{1,2}; Cerne, S.B.^{1,3}; Llano, M.P.^{1,2}

¹Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (DCAO), Intendente Guiraldes 2160, Pabellón II, 2do Piso, Ciudad Universitaria, CABA, 1428. Argentina. ²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Rivadavia 1917, CABA, 1033. Argentina. ³Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA), Instituto Franco-Argentino sobre Estudios de Clima y sus Impactos UMIIFAECI 3351-CNRS-CONICET-UBA Intendente Guiraldes 2160, Pabellón II, 2do Piso, Ciudad Universitaria, CABA, 1428. Argentina

*Contacto: lcuneo@at.fcen.uba.ar

Palabras clave: viento, variabilidad; velocidad.

INTRODUCCIÓN

La energía eólica se genera a partir de condiciones ofrecidas por la naturaleza. Se obtiene a partir de un recurso inagotable y su aprovechamiento interanual ha crecido en los últimos años. La utilización de este tipo de energía es una forma de reducir la emisión de gases de efecto invernadero y la dependencia de combustible fósil. En Argentina, la demanda de energía está en pleno crecimiento y es necesario proponer alternativas limpias que no contribuyan al calentamiento global. Si bien la generación de energía eólica ha crecido mucho en los últimos años, su aprovechamiento en el país aún es incipiente a pesar del potencial eólico de la región (Barros *et al.*, 1997). No obstante, es un recurso que posee desventajas ya que el viento es una variable intermitente, difícil de pronosticar y, además, son escasos los trabajos sobre las características del comportamiento del viento en el país. Estudiar y comprender las variaciones temporales y espaciales del viento es esencial para investigar las condiciones óptimas para la explotación del recurso.

El objetivo de este trabajo es describir las características de la velocidad y dirección del viento en Trelew y explorar, en primera aproximación, si existe una relación entre las observaciones de la velocidad del viento medido a 10 metros con las observaciones realizadas a 80 metros de altura.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información utilizada consiste en datos de velocidad y dirección del viento medido a 10 metros de altura en Trelew, Chubut (43°14'S y 65°19'O) entre 1997 y 2014 (estación de superficie convencional del Servicio Meteorológico Nacional, SMN) y medido a 80 metros en una torre ubicada en el Parque Eólico Rawson (43° 20'S y 65° 11'O) entre el 4 de abril de 2012 y el 28 de febrero de 2013, también en la provincia de Chubut.

En los años 2003 y 2008 se realiza un cambio de instrumental en la estación del SMN y durante 9 meses del año 2009 la velocidad del viento se estima a partir de la escala Beaufort. En consecuencia se calculan los test estadísticos no paramétricos de Kolmogorov-Smirnov para una muestra (Massey, 1951), para dos muestras (Siegel, 1956), el test de Levene (Levene, 1960; Brown *et*

al., 1974) y el test de Wilcoxon (Wilcoxon, 1945) con el fin de determinar la homogeneidad de la serie.

La velocidad del viento se describe en este trabajo a partir de la distribución de Weibull (Hennessey, 1977), que es la función de distribución teórica que ajusta a esta variable y está caracterizada por un parámetro de escala c y un parámetro de forma k . Por otro lado, se calculan los valores medios diarios, mensuales y anuales y desvíos estándar y se analizan los ciclos diurnos, anuales e interanuales. Asimismo, se define a las velocidades extremas como aquellas que superan el percentil 90 y los eventos de calma cuando la velocidad del viento es 0 ms^{-1} . A partir de una rosa de viento de 8 direcciones se estudia la distribución de frecuencias de la dirección del viento y el valor medio de la velocidad asociado a cada dirección.

Finalmente, se estudia análogamente en el período coincidente el comportamiento del viento medido a 80 metros y se calcula, en primera aproximación, el coeficiente de correlación lineal entre los datos de velocidad media diaria medida a 80 metros en Puerto Madryn y medida a 10 metros en Trelew, sin tomar en cuenta la dirección.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al aplicar los diferentes test estadísticos se concluye que la serie de datos del SMN debe ser estudiada en tres períodos diferentes, 1997-2003, 2004-2008 y finalmente 2010-2014. Se decide eliminar el año 2009 debido a una posible sobre o subestimación de los valores de velocidad. Estas inhomogeneidades en las series de velocidad de viento ya fueron documentadas por Otero *et al.* (2016) para la estación San Julián en la provincia de Santa Cruz.

En la Figura 1 se presenta la velocidad media diaria del viento en Trelew (azul) y el valor medio correspondiente a cada período (negro), donde se observa a partir de una exploración subjetiva una tendencia negativa acompañada por una disminución de la variabilidad del viento a lo largo del período estudiado. Se encuentra una disminución de un 10,4% en el valor medio de la velocidad entre los dos últimos períodos. Resultados similares fueron documentados por distintos autores, entre los que se destaca Watson (2014) quien a partir de datos observacionales encuentra que la tendencia para la región de Argentina es negativa y de hasta $-0,03 \text{ ms}^{-1}$ por año.

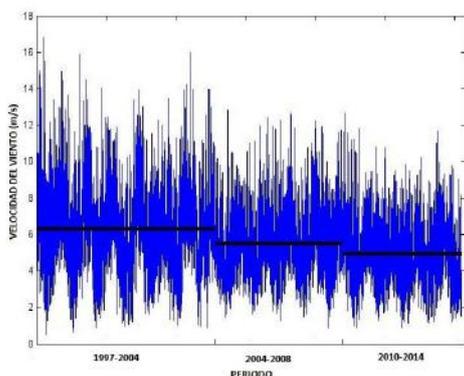


Figura 1. Velocidad media diaria del viento en Trelew (azul) y el valor medio de cada período (negro)

Si bien los tres períodos de datos se ajustan con un 95% de confianza a una distribución de Weibull, en los últimos años es mayor la frecuencia asociada a valores de velocidad de entre 2 y 4 ms^{-1} .

El análisis de los eventos de calmas arroja como resultado una disminución del 3% de dicho evento en los últimos 10 años (Figura 2) y concentrando su ocurrencia en los meses de invierno y en horas de la noche y madrugada (Figura no mostrada).

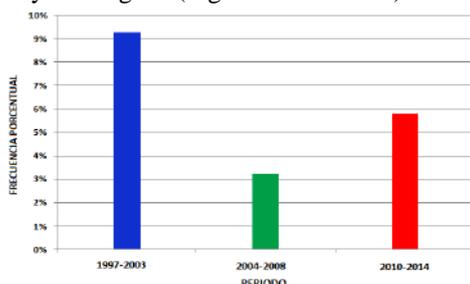


Figura 2. Frecuencia relativa de eventos de calmas en los subperíodos 1997-2003, 2004-2008 y 2010-2014 a partir de datos horarios.

La Figura 3 presenta la frecuencia de distribución de la dirección del viento para cada uno de los períodos. Independientemente del período, los vientos más frecuentes son del Oeste, mostrando una disminución en los últimos años del 4% en su frecuencia y del 30,9% en su intensidad. Los vientos del Sudoeste los más intensos con una velocidad media de 7,4 ms^{-1} .

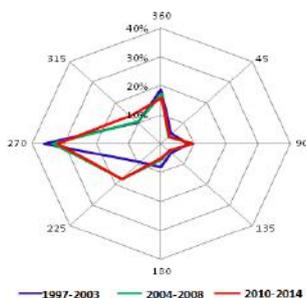


Figura 3. Frecuencia relativa de direcciones de viento en los subperíodos 1997-2003, 2004-2008 y 2010-2014 a partir de datos horarios.

Un estudio análogo se realiza con los datos del Parque Eólico Rawson que sugiere un comportamiento semejante al viento del SMN (Figura no mostrada). Entonces, se calcula el

coeficiente de correlación lineal entre los valores medios diarios de velocidad del Parque Eólico y los correspondientes al SMN en el período coincidente. Se encuentra que la correlación entre los datos medios diarios es de 0,8 por lo que sería posible estimar, en primera aproximación, la variabilidad del viento medio diario a 80 metros con los datos obtenidos a 10 metros de altura para el parque Eólico Rawson.

CONCLUSIONES

A partir de aceptar como válida la información registrada por el SMN, se encuentra que en la zona de Trelew existe una disminución del viento medio de un 10,4% en los últimos 10 años y hay un aumento en la frecuencia de las velocidades de entre 2 y 4 ms^{-1} .

Es importante destacar que en la zona de Trelew, si bien los vientos del Oeste son los más frecuentes, en los últimos años disminuyó su ocurrencia un 4% y los vientos del Sudoeste son los más intensos con 7,4 ms^{-1} de valor medio.

En primera aproximación, los datos de velocidad media diaria de Trelew y del Parque Eólico Rawson presentan una correlación de 0,8, por lo que podría ser aceptable utilizar el promedio diario del viento medido a 10 metros para estimar las variaciones mensuales del viento a 80 metros que es la altura del rotor del aerogenerador.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al DCAO, CIMA, SMN, CAMMESA. A los proyectos UBACyT: 20020100100434 y 20620110200010, PIP 112-201201-00480CO y ANPCyT PICT-2010-2110

REFERENCIAS

- Barros, V.; Frumento, O.; Rivero, M; Camilloni, I. 1997. Estudio del potencial eólico en la República Argentina para el Programa de Abastecimiento Eléctrico a la Población Rural Dispersa-Subsecretaría de Energía de la Nación.
- Brown, M. B., Forsythe, A. B. 1974. Robust tests for equality of variances. *Journal of the American Statistical Association* 69: 364-367.
- Hennessey, J., 1977. Some aspects of wind power statistics, *J. of Applied Meteorology*, 16, 119-128.
- Levene, H. 1960. Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling. Stanford University Press, Stanford, CA, pp. 278-292.
- Massey, F. J. 1951. The Kolmogorov-Smirnov Test for Goodness of Fit. *Journal of the American Statistical Association*. Vol. 46, No. 253, pp. 68-78.
- Otero, F., Cerne, B. y Campetella, C. 2016. Estudio preliminar del viento en San Julián en referencia a la generación de energía eólica. *Meteorológica*. Enviado.
- Siegel, S., 1956. *Nonparametric Statistics for Behavioral Sciences*.; International Student Edition. Japón: Kogakusha Co.
- Watson, S. 2014. Quantifying the variability of wind energy. *WIREs Energy Environ*
- Wilcoxon, F. 1945. Individual Comparisons by Ranking Methods. *Biometric Bulletin*, Vol 1, Nº 6; pp: 80-83

MODULACIÓN DEL ENSO SOBRE LAS TEMPERATURAS EXTREMAS EN ARGENTINA CENTRAL Y SU UTILIDAD COMO PREDICTOR ESTACIONAL

Barrucand, M*; Collazo, S; Rusticucci, M

Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos – FCEN-UBA / Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) Ciudad Universitaria, Pab 2 2do Piso (DCAO) Buenos Aires, Argentina

*Contacto: barrucand@at.fcen.uba.ar

Palabras clave: máximas; mínimas; ONI

INTRODUCCIÓN

El evento ENSO es el principal modo de variabilidad climática en el Pacífico Tropical, y es el responsable de gran parte de la variabilidad interanual que afecta al clima de todo el mundo. Si bien se encuentran diferencias entre los distintos eventos El Niño o La Niña, en términos generales la literatura muestra condiciones más cálidas (frías) durante el evento El Niño (La Niña) durante el invierno (otoño e invierno) sobre Argentina Central (Barros y otros, 2002). Estas características reflejan condiciones medias de la temperatura, que no pueden ser extrapoladas directamente a las temperaturas extremas. Este trabajo analiza la modulación que ejerce el evento ENSO sobre las temperaturas extremas en Argentina central y explora su utilidad como predictor de estas variables a escala estacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos de temperaturas máximas y mínimas diarias de 36 estaciones meteorológicas de Argentina Central (Figura 1). Las mismas corresponden a las bases de datos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) del período 1970-2010

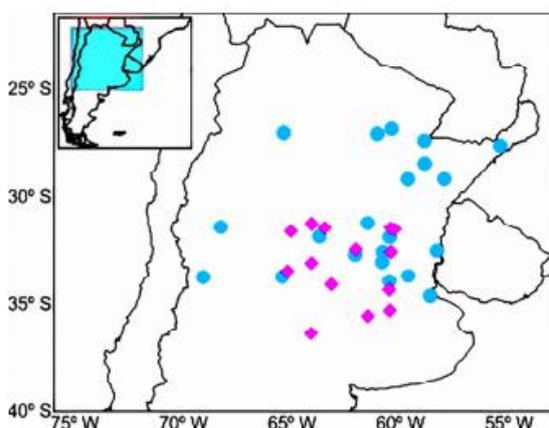


Figura 1: Zona de estudio y localización de las estaciones meteorológicas estudiadas

Se calcularon los índices de temperaturas extremas internacionalmente utilizados TN10 (noches frías), TN90 (noches cálidas), TX10 (días fríos) y TX90 (días cálidos). Los índices fueron

calculados para todo los años en forma mensual y representan la frecuencia de días en los que la temperatura mínima (TN) o máxima (TX) es inferior (superior) al percentil 10 (90).

Se consideró la clasificación de meses y años El Niño/La Niña de acuerdo al índice ONI (http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml). A partir de esta clasificación, para cada uno de los 12 meses del año, se calculó la distribución de frecuencias de los extremos de temperatura, en “años Niño” y “años Niña” considerando todas las estaciones de la región central. Las distribuciones fueron evaluadas con el test no paramétrico Wilcoxon, con un nivel de significancia del 5%, considerando como hipótesis nula que la distribución de frecuencias de extremos de temperatura bajo condiciones El Niño (La Niña) no difiere de la climatológica. Para el estudio del ENSO como predictor de temperaturas extremas a escala estacional se calcularon correlaciones de Spearman desfasadas entre el índice ONI y los índices de extremos promediados trimestralmente (índice ONI precede por un mes a cada trimestre considerado)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 presenta los resultados de la comparación entre las distribuciones de frecuencias de extremos de temperatura bajo la fase El Niño (panel superior) y La Niña (panel inferior) respecto de la climatología. Los signos + (-) indican una frecuencia de extremos significativamente superior (inferior) respecto a la climatológica.

Los resultados presentados en la Tabla 1 (panel superior) evidencian que las condiciones más cálidas observadas en Argentina central bajo la fase El Niño en los meses de invierno se deben principalmente a la modulación ejercida sobre la temperatura mínima. En efecto, entre mayo y septiembre se registra una mayor frecuencia de noches cálidas y menor frecuencia de noches frías, favoreciendo condiciones más cálidas en la región. La señal no es tan clara en los extremos de temperatura máxima. Hacia finales de primavera y durante el verano, el evento El Niño presenta una modulación más uniforme sobre la temperatura máxima, siendo las condiciones frías las más favorecidas. Esto está reflejado en una menor cantidad de días cálidos y una mayor cantidad de

días fríos durante la fase del ENSO mencionada respecto a la media climatológica. El mes de diciembre tiene la particularidad de tener temperaturas mínimas más cálidas y temperaturas máximas más frías respecto a la climatología, lo que indica una menor amplitud térmica.

Tabla 1: Diferencias significativas en la frecuencia de ocurrencia de extremos de temperatura bajo la fase El Niño (panel superior) y La Niña (panel inferior) respecto a la climatología. Los signos + (-) representan una mayor (menor) frecuencia de extremos respecto de la climatología. El sombreado oscuro (claro) representa condiciones más frías (cálidas) respecto a lo esperado climatológicamente

| Frecuencia de extremos (Años Niño vs. Climatología) | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
| TN10 | | + | | | | - | | - | - | | | - |
| TN90 | | + | + | - | + | + | + | + | + | | | + |
| TX10 | + | + | | - | - | + | | + | - | | | + |
| TX90 | - | - | | - | - | - | + | + | + | | - | - |

| Frecuencia de extremos (Años Niña vs. Climatología) | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
| TN10 | | | + | + | | | + | + | - | | + | + |
| TN90 | | | - | | | - | - | - | - | - | - | - |
| TX10 | | - | | | + | | + | + | - | | | - |
| TX90 | + | + | - | + | | | | | | - | + | + |

Bajo condiciones de evento La Niña (Tabla 1 panel inferior) se observa una mayor cantidad de noches y días fríos y una menor cantidad de noches cálidas en la región entre mayo y agosto. Esto concuerda con estudios previos sobre temperaturas medias en las que se reflejaban condiciones más frías en la región bajo condiciones de evento La Niña durante el otoño e invierno. Aquí se observa que la modulación se ejerce sobre ambos extremos de temperatura, a diferencia del evento El Niño en el que la modulación se ejercía principalmente en la temperatura mínima. En la época cálida (entre noviembre y marzo) predominan valores de temperaturas mínimas más bajas (más noches frías, menos noches cálidas) pero altos valores de temperatura máxima (más días cálidos, menos días fríos). Es por ello que sobre los valores medios de temperatura no se encuentra una influencia clara en los meses de verano. En el mes de diciembre se observa una modulación exactamente inversa a la observada bajo condiciones de evento El Niño, con temperaturas mínimas más frías y temperaturas máximas más cálidas respecto a la climatología, lo que indica una mayor amplitud térmica

Finalmente, se evaluó la utilidad del ENSO como predictor de temperaturas extremas a través de correlaciones desfasadas entre el índice ONI y los índices de extremos de temperatura promediados trimestralmente en cada una de las 36 estaciones estudiadas. En la Figura 2 se presenta el porcentaje de estaciones con correlaciones significativas en cada trimestre.

El índice ONI presenta cierta utilidad como predictor de los extremos cálidos (TN90 y TX90), aunque en distintos momentos del año: finales de invierno/principios de primavera en el caso de TN90 y desde finales de la primavera hasta principios de invierno para el caso de TX90

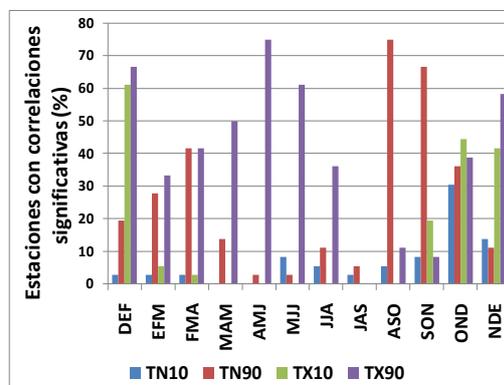


Figura 2: Porcentaje de estaciones con correlaciones significativas entre el índice ONI y los índices de temperaturas extremas. El índice ONI precede por un mes a cada trimestre

Los extremos fríos presentan una menor relación. Se destaca una correlación significativa en más de la mitad de las estaciones estudiadas con el índice TX10 para el trimestre de verano (Dic-Ene-Feb). Los cálculos se repitieron considerando otro índice del ENSO (El Niño 3.4), encontrándose resultados similares (señal algo más debilitada, especialmente para el índice TX90)

CONCLUSIONES

En los años con evento El Niño se ven favorecidas las condiciones cálidas durante el invierno, pero el efecto se observa principalmente sobre las temperaturas mínimas. Durante el verano se observa el efecto contrario, prevaleciendo un mayor número de días fríos y menor número de días cálidos. El evento La Niña favorece los extremos fríos e inhibe los cálidos durante los meses de invierno. Algo similar ocurre en el verano, pero solamente con los extremos de temperatura mínima, ya que con los de temperatura máxima sucede lo contrario. Es por ello que no se puede encontrar una relación clara sobre los valores medios de temperatura.

Se evaluó la utilidad del índice ONI como predictor de extremos de temperatura estacional, encontrándose resultados significativos en lo que respecta a extremos cálidos durante la primavera (con TN90) y el otoño (TX90).

AGRADECIMIENTOS: Proyectos UBACyT 20020130200142BA y 20020130100263BA

REFERENCIAS:

Barros V, Grimm A, Doyle M. 2002. Relationship between temperature and circulation in Southeastern South America and its influence from El Niño and La Niña Events. *Journal of the Meteorological Society of Japan* 80 (1): 21–32

ESTRATEGIAS DE RESILIENCIA EN LOS SISTEMAS SOCIO-ECOLÓGICOS AGROPECUARIOS DEL SUR DE CÓRDOBA: LOS CONSORCIOS DE CONSERVACION DE SUELOS

Rivarola, Andrea^{*1} y Vinocur, Marta¹

¹ Agrometeorología. Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC. Río Cuarto. Ruta Nac. N° 36 Km 601. CP X5804BYA, Argentina.

*Contacto: arivarola@ayv.unrc.edu.ar

Palabras clave: Variabilidad climática; resiliencia; consorcios de conservación de suelos.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, los países de América Latina se ven expuestos a los efectos del cambio climático, que incluye cambios en los patrones de lluvias, incremento en las temperaturas y la intensidad de los eventos extremos, los que condicionan la productividad del sector agropecuario y la conservación de los recursos naturales. El cambio climático constituye uno de los disparadores de la degradación de los suelos; las acciones antrópicas, como el uso de prácticas agrícolas no sustentables, provocan erosión, sedimentación de ríos, pérdidas de fuentes de agua, cobertura vegetal y de biodiversidad, lo que agrava los impactos climáticos (IICA, 2015).

Un sistema socio-ecológico (SSE) (Cumming, 2011) se considera resiliente cuando tiene la capacidad para anticipar, prevenir, tolerar, recuperar y restaurar las condiciones previas a la perturbación (sequías, inundaciones, etc.), donde el proceso de aprendizaje es un elemento clave para responder a los eventos climáticos (Montpellier Panel, 2012).

Un ejemplo de organización para un manejo conservacionista del recurso suelo y agua en los SSE son los denominados Consorcios de Conservación de Suelos (CCS). El presente trabajo pretende demostrar que la conformación de los CCS constituye una estrategia para fortalecer la resiliencia de los SSE pertenecientes a la cuenca del Arroyo Tegua Pcia. de Córdoba.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se localiza geográficamente en la cuenca del Arroyo Tegua en el Centro de la Provincia de Córdoba, aproximadamente a 140 km al Sur de la Ciudad de Córdoba. Posee aproximadamente 4.559 km² y comprende parte de los departamentos Calamuchita, Río Cuarto, Gral. San Martín, Juárez Celman y Tercero Arriba (Figura 1).

Se utilizó como material de análisis el estudio desarrollado por el Gob. de la Provincia de Córdoba (2012) denominado “*Estudio hidrológico y ordenamiento de los escurrimientos hídricos de la cuenca del arroyo Tegua*”. La aplicación del enfoque de la resiliencia se basó en criterios establecidos por Folke *et. al.*, (2003), quienes

sugieren cuatro grupos de factores para construir la resiliencia en los SSE, los que se resumen en los siguientes:

1. *Aprender a vivir con el cambio y la incertidumbre.* Se centra en la necesidad de aprender de las crisis y en reconocer la existencia de la incertidumbre y la sorpresa en el desarrollo.
2. *Promover la diversidad para la reorganización y renovación.* Enfatiza la necesidad de utilizar la memoria social (diversidad de individuos, instituciones, organizaciones) y ecológica (la necesidad de cuidar la biodiversidad) para hacer frente al cambio, factores decisivos para la gestión de la resiliencia.
3. *Enriquecer el aprendizaje de los SSE mediante la combinación de diferentes tipos de conocimiento.* Tanto el conocimiento científico como el conocimiento práctico y local son importantes para desarrollar el conocimiento socio-ecológico necesario para construir la resiliencia.
4. *Fomentar la creación de oportunidades para la auto-organización del sistema.* Interacción dinámica entre la diversidad y los disturbios, así como entre escalas y cuestiones tales como los impactos de controles externos políticos y económicos. Por lo tanto, los ecosistemas y su gobernabilidad deben coincidir en escalas similares a fin de construir la resiliencia socio-ecológica.

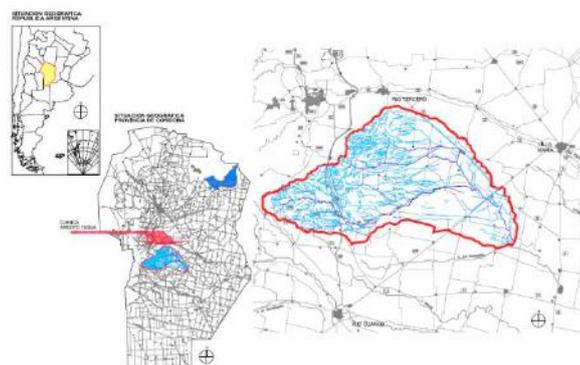


Figura 1. Ubicación del área de estudio (Gob. de la Provincia de Córdoba, 2012)

RESULTADOS

Considerando *el primer factor*, los productores agropecuarios de la cuenca del Arroyo Tegua

reconocen su exposición a diferentes adversidades climáticas y las consecuencias de las mismas, principalmente las derivadas de una mayor frecuencia de lluvias cortas y más intensas, generando excedentes pluviales. En el caso particular de la cuenca del Arroyo Tegua se destacan los serios daños por erosión hídrica en la parte alta de la misma, en la región de Alpa Corral (localidad ubicada a 979 msnm). También son importantes los procesos de sedimentación como el que ocurre a la altura de la intersección del Arroyo Tegua con la Ruta Nacional N° 158(231 msnm). Estos fenómenos ocasionan inundaciones de campos, cortes en rutas, caminos y vías férreas, afectando tanto a campos particulares (pérdida de suelos y agua no infiltrada en el perfil), como a la infraestructura pública (poblaciones, caminos, rutas, puentes, vías férreas, ductos, etc.), impactando de manera negativa en la economía regional y provincial (Gov. de la Provincia de Córdoba, 2012).

El *segundo factor* se encuentra presente en la formación de los CCS, donde convergen distintos actores que intercambian diagnósticos y soluciones para sus explotaciones, buscando en conjunto la forma de resolver problemas que preocupan a todos, referidos al deterioro del suelo y derivados de la variabilidad climática. Estos se encuentran integrados por productores agropecuarios, técnicos y profesionales agrónomos (privados y/o representantes de organismos oficiales) e intendentes de las localidades donde opera cada consorcio, para realizar trabajos de conservación, mantenimiento y recuperación de los suelos y manejo del agua. Con respecto a la memoria ecológica, en la cuenca se encuentra relictos del monte espinal (0.4%) y las principales obras realizadas para estabilizar la cuenca se localizan en el sector pedemontano, hábitat de las especies representativas del monte espinal. Considerando el *tercer factor*, los CCS priorizan en su accionar las soluciones, basadas en la tecnología y en una organización racional de los recursos para aumentar la eficacia, a través de dos pilares fundamentales como son: el progreso técnico y organizativo, basado en la aplicación del conocimiento científico y el intercambio y la cooperación en equipos de trabajo. En este contexto, los productores integrantes de una cuenca hídrica son parte fundamental para lograr la sustentabilidad a partir del uso racional de los suelos, respetando las prácticas y manejo establecidos, por ejemplo la utilización de siembras según curva de nivel, siembra directa, rotación de cultivos. Esto se consigue por medio de la transferencia de tecnología y el fortalecimiento institucional entre los CCS y las distintas entidades que quedan comprendidas dentro de la jurisdicción que abarca cada uno de ellos.

En el *cuarto factor* los productores perciben en general que todas las medidas necesarias para resolver los problemas locales, tales como los

derivados de factores climáticos, requerirían de acciones locales y a nivel gubernamental. Para el manejo de cuencas reconocen que es necesario confluir con otros CCS y con entes gubernamentales. Es así que se llega a la conformación de la Asociación de Consorcios de Conservación de Suelos de la Cuenca del Arroyo Tegua (ACCS) en el año 2013 –integrada por los CCS Clideh, Dalmacio Vélez Sarsfield, Elena, Tegua Arriba, Campo Chilo, Los Mil Lagos, Las Perdices y General Deheza - cuyo objetivo es desarrollar un proyecto de solución a nivel de cuenca hidrográfica. Esta ACCS se genera en el marco de la Ley Provincial 8936, conocida como Ley de Conservación y Prevención de la Degradación de los Suelos, cuyos objetivos principales son la conservación y control de la capacidad productiva de los suelos rurales de propiedad pública ó privada, prevención de la degradación de los suelos, recuperación de los suelos degradados y promoción de la educación conservacionista

CONCLUSIONES

La resiliencia en los SSE puede ser el resultado de la inversión en infraestructura física, institucional y de la provisión de información confiable que faciliten la adaptación al cambio climático, mediante un proceso de cambio de organización de los SSE, como lo son la formación de CCS. Los cuatro grupos de factores identificados como de fortalecimiento de la resiliencia de los SSE según Folke *et al.*, (2003) se pueden aplicar en el funcionamiento de los CCS. Este trabajo demuestra a priori, que la resiliencia puede constituir un marco conceptual útil para evaluar y para entender cuáles son las estrategias que permiten a los SSE hacer frente al cambio climático y a la variabilidad climática y mejorar su capacidad de adaptación.

REFERENCIAS

- Cumming, G. 2011. Spatial resilience in social-ecological systems. University of Cape Town. Springer Science+Business Media. New York. pp. 254
- Folke, C.; Colding, J.; Berkes, F. 2003. Synthesis. Building resilience and adaptive capacity in socialecological systems. In: F. Berkes, J. Colding, C. Folke (Eds) Navigating in social-ecological systems. Building resilience for complexity and change. Cambridge Unive. Press, Cambridge, UK, pp 352-387
- Gobierno de la Provincia de Córdoba. 2012. Estudio hidrológico y ordenamiento de los escurrimientos hídricos de la cuenca del arroyo Tegua.
- IICA. 2015. Manejo integrado de suelos para una agricultura resiliente al cambio climático. Sistematización del ciclo de foros virtuales en el marco del Año Internacional del Suelo (AIS) 2015.
- Montpellier Panel. 2012. Growth with Resilience: Opportunities in African Agriculture. Disponible en www.ag4impact.org

EL ENOS EN EL CENTRO BONAERENSE. I: VARIABILIDAD INTERANUAL DE LA PRECIPITACIÓN EN AZUL, BUENOS AIRES

Hernández, G.¹; Confalone, A.¹; Müller, G.²

¹Universidad Nacional del Centro, Facultad de Agronomía Av. República de Italia 780, B7300 Azul, Buenos Aires, Argentina.

² Centro de Investigaciones Científicas y Transferencia de Tecnología a la Producción (CICYTTP), Diamante, Entre Ríos, Argentina

*Contacto: ghuruguaya@yahoo.com.ar

Palabras clave: El Niño, La Niña

INTRODUCCIÓN

El fenómeno de El Niño - Oscilación Sur (ENOS) es un patrón climático que implica cambios en la temperatura superficial del mar en la parte central y oriental del Pacífico tropical. El evento implica grandes intercambios de calor entre el océano y la atmósfera, afectando la temperatura y el ciclo hidrológico a nivel global, estableciendo teleconexiones climáticas. El Niño (fase cálida) y La Niña (fase fría) son las fases extremas del ciclo ENOS (IPCC, 2014).

Existen diversos índices que permiten conocer si se está ante la presencia de dicho fenómeno. Uno de ellos es el Índice ONI (Oceanic Niño Index) obtenido de NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), referido a la región Niño 3.4 (5° N a 5° S y 120° W a 170° W). Este índice es la media móvil de 3 meses de la temperatura media superficial del mar (SST) en la región de El Niño 3.4 la cual se compara con la media de 30 años. Se considera condición El Niño cuando la anomalía es mayor o igual a 0,5 y La Niña cuando es menor o igual a -0,5 durante al menos tres meses consecutivos. El SOI es un indicador de la presencia del evento, que mide la diferencia entre la anomalía promedio mensual de presión atmosférica superficial en Tahití y el puerto de Darwin (IPCC, 2014) (Müller *et al.*, 2000) En este análisis se trabajó con estos índices para detectar la presencia del evento ENSO y su posible relación con la variabilidad de la precipitación en el partido de Azul (Provincia de Buenos Aires, Arg.).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudió la relación entre la precipitación media mensual de la ciudad de Azul (36,75° S, 59,83° W) y el promedio de temperaturas mensuales de la superficie del mar (SST) en la región Niño 3.4 y el SOI. De acuerdo con los datos disponibles se seleccionó el periodo 1950/2015 y los subperiodos 1950/1977 y 1981/2015. La selección de los subperiodos se realizó para analizar posibles diferencias debidas al salto climático de mediados de los 70 (Coper, 2009)

Los datos de la precipitación media mensual (Pmm) para el periodo de estudio correspondientes a la estación Azul Aero se extrajeron de la base de datos del SMN (Servicio Meteorológico Nacional) y los datos faltantes se rellenaron a partir de la base de datos KNMI Climate Explorer. Los datos de los índices SOI y ONI y de la SST se obtuvieron de la base de NOAA.

Con el paquete estadístico Excel se determinó para cada mes la existencia de tendencia en la serie de precipitación mensual para comprobar si existen cambios en el régimen de lluvias. Se evaluó la significancia de las correlaciones entre las series de precipitación y la SST en la región Niño 3.4 y el SOI y se trabajó con el mes de mejor correlación para determinar los umbrales de anomalías a través de los cuartiles 1 y 3.

Por otro lado, se realizó el análisis de la Pp (precipitación) organizada desde junio de un año a julio del año siguiente para el período 1931/2015 y se observó el comportamiento de la Pp media anual durante la ocurrencia de eventos El Niño y La Niña, determinados a partir del índice ONI. Se comenzó con el trimestre JJA (junio – julio- agosto) centrándolo en el mes de julio.

Por último, se realizó el balance hídrico mensual para Azul de acuerdo con el método de Thornthwaite y Mather (1957) para el periodo 1981/2015 y se analizaron los déficits y excesos relacionados a los eventos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las series de Pmm no presentan tendencia para el periodo analizado ($\alpha=0,05$).

Considerando un nivel de confianza del 95% ($r=0,25$), en el periodo 1950/2015, la SST en la región Niño 3.4 (Tabla 1) presenta correlaciones significativas y positivas para los meses de octubre, noviembre y diciembre y el SOI correlaciones negativas para los mismos meses, siendo mayor para el mes de octubre. Para el periodo 1951/1977 los resultados son similares a los anteriores mientras que en el periodo 1981/2015, la SST solo tiene correlación significativa y positiva para octubre mientras que el SOI es negativa para diciembre.

Al comparar los gráficos de la precipitación media para el mes de octubre en Azul con el SST de la región Niño 3.4 (Figura 1) para el mismo

mes, se puede apreciar que el comportamiento de la Pp cuando hay anomalías positivas y negativas. Al analizar la relación entre la Pp anual (jun – jul) de la localidad de Azul con los años El Niño y La Niña, de los 23 eventos El Niño registrados en el período (1931 - 2015) el 65% (15) de ellos presentan Pp por encima del promedio anual (924.29 mm) y el 39% (9) mayor al cuartil 3 (1015.45 mm). Por otro lado de los 21 eventos La Niña registrados, el 76% (16) muestran Pp menores a la media anual para el período y 19% (4) menores al cuartil 1 (797 mm) en.

En relación con el balance hídrico para Azul, en el periodo considerado, el 72 % de los años El Niño presentan excesos hídricos en algunos meses del año, mientras que el 62 % de los años La Niña presentan déficits hídricos.

CONCLUSIONES

En la región de estudio las anomalías positivas (negativas) de la SST en la región Niño 3.4, indicarían la presencia (ausencia) de un evento El Niño, aumentando (disminuyendo) las precipitaciones en los meses de octubre noviembre y diciembre. El índice SOI muestra un comportamiento inverso, donde valores negativos del índice se relacionan a eventos El Niño. Esta

(las cuales coinciden con años El Niño y La Niña respectivamente) no siempre son similares. conclusión se refuerza con el hecho de que en el 65% de años El Niño llueve por encima de la media anual y en el 76% de años La Niña por debajo de dicha media.

Tabla 1. Valores de correlación mensual de los índices el SOI y SST para región 3.4 para un nivel de significancia (Sig.) del 95%. En amarillo: correlaciones significativas

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Sig |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Correlación mensual Pp y SOI | | | | | | | | | | | | | |
| 1951 | 0,14 | 0,09 | 0,06 | -0,25 | -0,08 | -0,16 | 0,09 | -0,16 | 0,06 | -0,37 | -0,33 | -0,34 | 0,25 |
| 2015 | | | | | | | | | | | | | |
| 1951 | 0,11 | 0,29 | -0,05 | 0,12 | -0,31 | -0,25 | 0,24 | -0,03 | -0,07 | -0,47 | -0,41 | -0,40 | 0,38 |
| 1977 | | | | | | | | | | | | | |
| 1981 | 0,17 | 0,10 | 0,11 | -0,36 | 0,20 | -0,18 | -0,05 | -0,19 | 0,15 | -0,30 | -0,26 | -0,34 | 0,34 |
| 2015 | | | | | | | | | | | | | |
| Correlación mensual SST para región 3.4 y Pp | | | | | | | | | | | | | |
| 1950 | -0,06 | -0,04 | -0,06 | 0,17 | 0,18 | 0,17 | 0,11 | 0,20 | -0,15 | 0,41 | 0,31 | 0,27 | 0,25 |
| 2015 | | | | | | | | | | | | | |
| 1950 | -0,02 | -0,09 | -0,05 | -0,10 | 0,21 | 0,07 | -0,10 | 0,04 | 0,01 | 0,38 | 0,39 | 0,38 | 0,38 |
| 1977 | | | | | | | | | | | | | |
| 1981 | -0,14 | -0,06 | -0,04 | 0,36 | 0,23 | 0,27 | 0,33 | 0,26 | -0,29 | 0,43 | 0,23 | 0,23 | 0,34 |
| 2015 | | | | | | | | | | | | | |

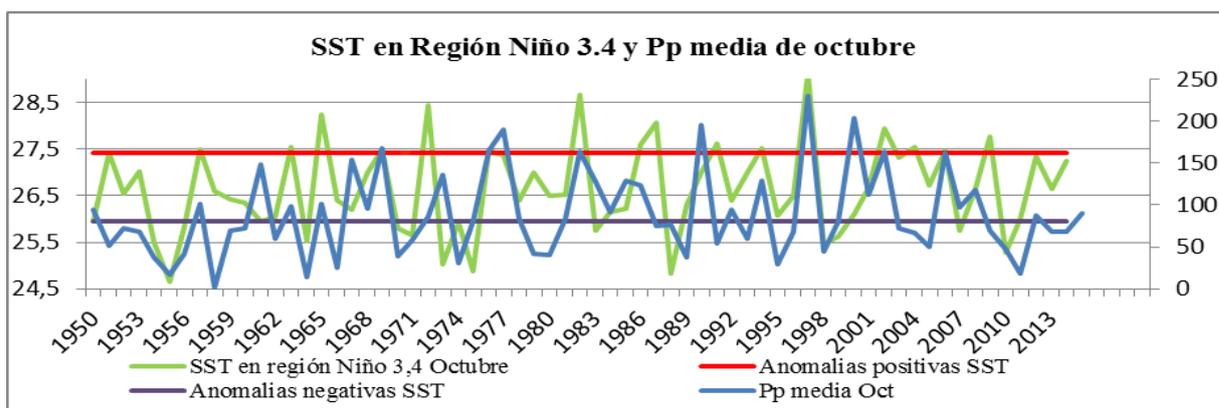


Figura 1. Pp y anomalías de la SST en la región Niño 3.4 en el mes de octubre, serie 1950-2015. La línea roja marca el cuartil 3 y la línea azul el cuartil 1.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración de Marina Barrucand. Se agradece al revisor anónimo por sus comentarios que ayudaron a mejorar de forma sustancial el presente trabajo.

REFERENCIAS

IPCC, 2014: Anexo II: Glosario [Mach, K.J., S. Planton y C. von Stechow (eds.)]. En: Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, págs. 127-141

Coper, M. S. 2009. Caracterización del salto climático de mediados de los 1970s en Sudamérica. Tesis de Maestría recuperada en 10/05/2016 en

http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2009/cf-jacques_mc/pdfAmont/cf-jacques_mc.pdf

Müller, G. V.; Nuñez, M. N.; Seluchi, M. E. 2000. Relationship between ENSO cycles and frost events within the Pampa Húmeda region. *Int. J. Climatol.* 20: 1619 – 1637

NOAA/ NWS. 2016. Center for Weather and Climate Prediction. Recuperado el 2 de mayo de 2016, http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml.

KNMI Climate Explorer European Climate Assessment & Data https://climexp.knmi.nl/getprcpall.cgi?id=someone@somewhere&WMO=87642&STATION=AZUL_AERO&extraargs=

Thornthwaite, C. W.; Mather, J. R. 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Laboratory of Climatology. Centertown, NJ, USA.

EL ENOS EN EL CENTRO BONAERENSE. II: IMPACTO EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ

Hernández, G.*¹ Confalone, A.¹

¹ Facultad de Agronomía de Azul-UNCPBA, Av. Rep. de Italia 780, 7300-Azul, Buenos Aires, Argentina

*Contacto: ghuruquaya@yahoo.com.ar

Palabras clave: cultivos de verano; precipitación, maíz.

INTRODUCCIÓN

El fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) es una de las principales causas de la variabilidad del clima a escala regional. Sus fases opuestas, cálida o El Niño y fría o La Niña, están asociadas a anomalías en las precipitaciones en muchas áreas del mundo, con diferente grado de probabilidad de ocurrencia según la región y época del año (Serio, 2011) pero con una robusta tendencia al aumento en Los Niños extremos (Nathaniel, 2014). El ENOS es un fenómeno de acoplamiento entre el océano y la atmósfera que se manifiesta mediante variaciones en todo el sistema climático, afectando la productividad de los cultivos en la Región Pampeana argentina (Podestá *et al.*, 1999; Travasso *et al.*, 2009). El crecimiento y el rendimiento de los cultivos es altamente dependiente de la disponibilidad hídrica (Dardanelli *et al.*, 2003). Las mayores disminuciones del rendimiento se asocian a deficiencias hídricas que ocurren durante aquellas etapas donde se definen los componentes que lo determinan (Otegui y López Pereira, 2003).

El cultivo de maíz habitualmente se realiza en condiciones de secano (recibiendo solamente el aporte de la precipitación), por lo que la principal limitación climática es la oferta de agua alrededor de la floración, es decir el período crítico para la fijación de grano (Tollenaar *et al.*, 1992).

Si bien se han realizado trabajos previos que relacionan ENOS-precipitación y rendimientos de maíz, los resultados en el partido de Azul son poco claros. Fernandez Long *et al.* (2011) encontraron en la zona norte y centro de la región pampeana, un fuerte impacto del ENOS sobre el rendimiento del maíz., mientras que en el centro-sudeste de la provincia de Buenos Aires el impacto se mostró débil, evidenciando un comportamiento diferente que en el resto de la región, con valores de correlación negativos. Trabajos previos también habían demostrado que la señal del ENOS sobre las precipitación de la región pampeana se debilitaba hacia el sur (Barros y Silvestri, 2002).

Las variaciones climáticas interanuales e interestacionales se traducen en una gran variabilidad en la producción agrícola. Por lo tanto, se plantea el objetivo de analizar el impacto del ENOS sobre el rendimiento de maíz en la localidad de Azul, provincia de Buenos Aires.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó el modelo Ceres-maize (Jones y Kiniry, 1986) incluido en el paquete DSSAT v.4.5 (Hoogenboom *et al.*, 2015) que permite unificar el manejo del cultivo para analizar únicamente los efectos del clima sobre el cultivo creciendo en el efecto característico del lugar en estudio. Los datos requeridos por el modelo son los relacionadas con: a) el clima (temperatura máxima y mínima, radiación global, precipitación, temperaturas del punto de rocío y viento) que conforman el archivo climático (*.WTH) y que fue cargados con datos meteorológicos provenientes de la estación Azul del Servicio Meteorológico Nacional (latitud: 36° 50' S, longitud: 59° 50' W, altitud: 147 m.s.n.m.); b) el suelo (propiedades físicas y químicas de cada horizonte del perfil) que conforman el archivo de suelo estándar (*.SOIL) y que fue cargado con perfiles de suelo Argiudol típico, característico de los suelos agrícolas del partido de Azul (Pazos, 2009); c) el manejo (residuos, fechas de siembra, fertilización, etc.), considerados en el archivo (*.X), para ello se consideró el manejo característico de los establecimientos locales y una siembra temprana: 16 de octubre, después del peligro de las heladas, con una densidad de 7,5 plantas/m²; y d) los coeficientes genéticos del híbrido AX878 MG de Nidera, previamente calibrados para las condiciones edafoclimáticas de Azul (Vilatte y Confalone, 2012).

El modelo fue ejecutado para los eventos extremos de El Niño (1991/92; 1992/93; 1997; 98 y 2002/03) y La Niña (1988/89; 1995/96; 1998/99; 2007/08; 2010/11) (NOAA/NWS, 2016) para determinar la producción de materia seca total y el rendimiento en grano del cultivo en cada uno de los años.

Se realizó un análisis de correlación, utilizando el programa Statistix (2003) entre el rendimiento en grano del cultivo y las precipitaciones mensuales de octubre a diciembre.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Analizando la producción de materia seca total y el rendimiento en grano del cultivo de maíz para los años de El Niño y La niña analizados (Tabla 1), se observa que en promedio, la materia seca total en años El Niño es de 24.581 kg ha⁻¹ y el rendimiento en grano es de 15.046 kg ha⁻¹, con el año agrícola 1991/92 con el valor más alto y el menor en el ciclo 1992/93, con una diferencia de 6.054 kg ha⁻¹ y 3518

kg ha⁻¹ en materia seca total y grano, respectivamente.

En años La Niña, los valores promedio de materia seca total son de 15.234 kg ha⁻¹, y rendimiento en grano de 8.727 kg ha⁻¹. Es el año agrícola 1995/96 el que presenta los valores más altos, mientras los valores más bajos corresponden al año 2007/08. En promedio, la materia seca total del maíz presenta una disminución del 38 % en años La Niña en relación a la observada en años El Niño. El rendimiento en grano sufre en años La Niña una disminución mayor, alcanzando un promedio de 42% menos que en años Niño. Además, como se puede observar en la Tabla 1, el coeficiente de variación (C.V) aumenta en años La Niña, pasando de 10,7 % y 10,4 % en años de El Niño, a 28,7 % y 31,2 % en años la Niña para materia seca total y de granos, respectivamente.

Tabla 1. Rendimiento de materia seca total aérea (MS Total) y de grano (MS Grano) para el cultivo de maíz en Azul, Buenos Aires y la precipitación acumulada (Pp) de octubre a diciembre

| año | MS Total (kg ha ⁻¹) | MS Grano (kg ha ⁻¹) | Pp (mm) |
|----------|------------------------------------|------------------------------------|------------|
| El Niño | | | |
| 91/92 | 28.355 | 16.876 | 310,4 |
| 92/93 | 22.301 | 13.358 | 253,0 |
| 97/98 | 24.185 | 15.715 | 411,9 |
| 02/03 | 23.483 | 14.235 | 426,5 |
| media | 24.581 | 15.046 | 350,4 |
| C.V. (%) | 10,7 | 10,4 | 23,6 |
| La Niña | | | |
| 88/89 | 20.748 | 11.913 | 212,2 |
| 95/96 | 20.933 | 12.271 | 243,0 |
| 98/99 | 14.631 | 7.501 | 175,8 |
| 07/08 | 10.849 | 6.018 | 170,9 |
| 10/11 | 14.707 | 9.117 | 159,4 |
| media | 15.234 | 8.727 | 192,2 |
| C.V. (%) | 28,7 | 31,2 | 17,9 |

Se encontró una asociación significativa entre el rendimiento y la precipitación acumulada en el trimestre octubre-diciembre (r: 0,80 y p-value: 0,0095), así como una correlación positiva entre la precipitación de diciembre y el rendimiento del maíz (r: 0,6802; p-value: 0,0438) que representa la disponibilidad de agua en el período crítico (que en las condiciones de este estudio sucede en los primeros días de enero).

La precipitación acumulada durante el trimestre octubre-diciembre es 45 % menor en años La Niña, con respecto a los años El Niño (Tabla 1). En años La Niña se observa una menor variabilidad interanual en la precipitación de ese trimestre.

CONCLUSIONES

El impacto que el ENOS presenta sobre la precipitación afecta el rendimiento del maíz creciendo en las condiciones edafoclimáticas de

Azul, centro de la provincia de Buenos Aires. El rendimiento en grano del cultivo se relaciona positivamente con la precipitación de los meses octubre, noviembre y diciembre, encontrándose la mejor correlación con la precipitación acumulada durante el mes de diciembre.

REFERENCIAS

- Barros, V.; Silvestri, G. 2002. The relation between sea surface temperature at the subtropical South- Central Pacific and precipitation in Southeastern South America. *Journal of climate* 15:251-267.
- Dardanelli, D.; Collino, D.; Otegui, M.; Sadras, V. 2003. Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de los cultivos de grano. En: *Producción de granos. Bases funcionales para su manejo*. E.H. Satorre, *et al.* (eds.). Editorial Facultad de Agronomía-UBA. p. 375-440.
- Fernández Long, M.; Spescha, L.; Hurtado, R.; Murphy, G. 2011. Impacto del ENOS sobre los rendimientos de maíz en la región pampeana argentina. *Agriscientia*, 28(1), 31-38. Recuperado en 07 de mayo de 2016, de <http://www.scielo.org.ar/scielo.ph>.
- Hoogenboom, G.; Jones, J.; Wilkens, P. W.; Porter, C. H.; Boote, K. J.; Hunt, L. A.; Singh, U.; Lizaso, J. I.; White, J. W.; Uryasev, O.; Ogoshi, R.; Koo, J.; Shelia, V.; Tsuji, G. Y. 2015. Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.6 (<http://dssat.net>). DSSAT Found., Prosser Washington.
- Jones, C.; Kiniry, J. 1986. CERES-Maize: a Simulation Model of Maize Growth and Development. Texas A&M Univ. Press, College Station, Texas.
- Nathaniel, J. 2014. Atmospheric Science: A boost in big El Niño. *Nature Climate Change*, 4: 90-91.
- NOAA/ NWS. 2016. Center for Weather and Climate Prediction. Recuperado el 2 de mayo de 2016, http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml.
- Pazos, S. 2009. Los Phaeozem pampeanos en la WRB 2006. *Geociencias* 16: 19-22.
- Otegui, M.E.; López Pereira, M. 2003. Fecha de siembra. En: Satorre *et al.* Producción de cultivos de grano: bases funcionales para su manejo. Ed. Facultad de Agronomía, U.B.A. p. 259-275.
- Podestá, G.; Messina, C.; Grondona, M.; Magrin, G. 1999. Associations between grain crop yields in Central-Eastern Argentina and El Niño-Southern Oscillation. *J. Appl. Meteor.* 38: 1488-1498.
- Serio, L. 2011. Variabilidad y cambio climático. En: *Agrometeorología*. G.M. Murphy y R.H. Hurtado (eds.). Editorial Facultad de Agronomía-UBA 9: 149-164.
- Statistix 8. 2003. Statistix for Windows Analytical Software. V.8, Tallase, FL, USA.
- Tollenaar, M.; Dwyer, L.; Stewart, K. 1992. Ear and Kernel Formation in Maize Hybrids Representing Three Decades of Grain Yield Improvement in Ontario. *Crop. Sci.* 32: 432-438.
- Travasso, M.; Magrin, G.; Grondona, M.; Rodríguez, G. 2009. The use of SST and SOI anomalies as indicators of crop yield variability. *Int. J. Climatol.*, 29: 23-29.
- Vilatte, C.; Confalone, A. 2012. Impacto del cambio climático sobre el cultivo de maíz en el centro de la Provincia de Buenos Aires. Editorial Académica Española. ISBN: 978-3-659-01916-6. 81p.

USO DE TIPOLOGÍAS EN PRODUCTORES AGROPECUARIOS AFECTADOS POR LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

Llames* A. A; Vinocur M. G y Wehbe M. B

Universidad Nacional de Río Cuarto, Ruta 36 km 601, X5804 BYA Río Cuarto, Córdoba, Argentina

*Contacto: allames@ayv.unrc.edu.ar

Palabras clave: cambio climático; resiliencia; tipologías

INTRODUCCIÓN

El cambio climático (CC) que está soportando nuestro planeta es un proceso global y de largo plazo que involucra interacciones complejas entre factores climáticos, sociales, ambientales, económicos, tecnológicos, institucionales y políticos. El CC puede manifestarse a través de cambios lentos en las condiciones climáticas medias, en el incremento de la variabilidad interanual y estacional y en el aumento de la frecuencia de eventos extremos como sequías, lluvias intensas, olas de calor. También puede producir modificaciones climáticas rápidas, causando cambios catastróficos en los ecosistemas (e.g. Tompkins y Adger, 2004; Magrin *et al.*, 2007).

La producción agropecuaria es una de las actividades productivas más expuestas a las variaciones y al cambio del clima y por lo tanto, extremadamente afectada por los mismos. Dichos efectos pueden estudiarse de manera directa según el impacto sobre los cultivos, o bien en términos de cómo dichos impactos pueden perturbar el desarrollo de una región particular. En este último caso, una forma de análisis es a través del conocimiento de las características intrínsecas de los productores agropecuarios tipificados.

La construcción de tipologías surge de la necesidad de clasificar, ordenar o resumir en un conjunto reducido de tipos a los individuos, instituciones, grupos, sociedades o a cualquier unidad de análisis objeto de estudio, es decir de las distintas conceptualizaciones de los complejos fenómenos sociales (López Roldán, 1996). La encuesta es uno de los métodos que se utiliza para el estudio y análisis de los sistemas productivos y para la construcción de tipologías (Balsa, 2007) ya que constituye una excelente fuente de datos para abordar interrogantes de tipo estructural y funcional del sistema productivo en estudio (Meneses y Rodríguez, 2015).

Además, la complejidad de los agro-ecosistemas torna imposible tratar por separado cada uno de los factores que contribuyen a su resiliencia frente a los impactos del cambio climático. Uno de los métodos usados para evaluar la capacidad de recuperación de los productores agropecuarios ante un evento adverso, es la construcción de indicadores, paso esencial para la evaluación de la resiliencia de un sistema socio-ecológico de este tipo (Cabell y Oelofse, 2012).

Luego, y a partir de la totalidad de las variables de las encuestas, y tomando como referencia los

El objetivo de este trabajo es clasificar a los productores agropecuarios según la tipología determinada por Balsa (2007) y, en función de la información de las encuestas, determinar cuáles de los indicadores de resiliencia propuestos en la literatura pueden ser aplicados a los productores del área de estudio, como un primer paso de un análisis más profundo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron a los productores agropecuarios ubicados dentro de la unidad ambiental homogénea Llanura Plana. “Esta unidad es una planicie de 780.750 ha, caracterizada por un relieve normal donde los suelos predominantes de esta unidad son bien drenados, de textura franca arenosa muy fina y elevada susceptibilidad a erosión hídrica” (de Prada *et al.*, 2008) (Figura 1). Para ello, se analizaron 23 encuestas realizadas en el año 2003 en el marco del Proyecto de Investigación AIACC LA29, donde cada encuesta presentaba un relevamiento detallado de las características de producción, socio-demográfica, económica y financiera de los productores agropecuarios de esa unidad ambiental.

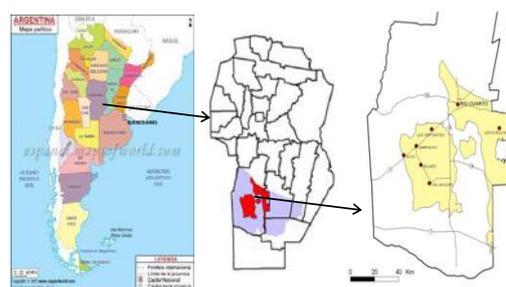


Figura 1. Mapas de la República Argentina, Provincia de Córdoba, Departamento Río Cuarto y Unidad Ambiental Llanura Plana (en amarillo).

Para clasificar a los productores se utilizó la tipología desarrollada por Balsa (2007). Las características consideradas fueron las siguientes: distribución de la tenencia de la tierra, relacionando cuatro variables: propietarios, superficie total de las explotaciones agropecuarias (EAP), superficie propia y superficie cedida, lugar de residencia de los productores y el tipo de mano de obra (asalariada o familiar).

trece indicadores propuestos por Cabell y Oelofse (2012) se analizaron dichos indicadores para los

productores del área de estudio. Como una primera aproximación, este análisis debería permitir evaluar la resiliencia del productor agropecuario típico del área bajo estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La distribución de la tenencia de la tierra muestra que todos los productores propietarios (91%) trabajan la totalidad de la superficie propia, existiendo además un 63% de estos productores que incorporan a la superficie propia trabajada, algunas hectáreas alquiladas.

Un 9% de los productores trabajan solamente superficie arrendada. El 17% de los productores trabaja superficies menores a las 200 has, el 26% de los productores se concentran en superficies de 200 a 400 has, el 31% en la de 400 a 800 has, el 13% entre 800 y 1000 has y el 13% entre 1400 y 1600 has.

Solo el 22% de los productores agropecuarios residen en la EAP, el resto lo hace en localidades cercanas. La mano de obra asalariada es el personal técnico y administrativo, el cual varía de uno (el 30% de los productores) a tres (el 70% de los productores).

Según la tipología de Balsa (2007), puede afirmarse que todos los productores agropecuarios del área de estudio son del tipo **Farmer aburguesado**. Así se representa al tipo de productor que posee una explotación de tamaño mediano-chico, que no reside en la misma, es propietario de la tierra o propietario y a su vez arrendatario de otras explotaciones para aumentar la superficie de producción, emplea poca mano de obra asalariada (uno o dos) y realiza la producción de forma directa sin tercerizar.

Tomando como referencia los trece indicadores propuestos por Cabell y Oelofse (2012), se analizó detenidamente cada uno de ellos y se determinó que solo siete indicadores pueden ser aplicados a los productores encuestados. Entre ellos: **1) Diversidad funcional y de respuesta** (control de plagas y enfermedades); **2) Heterogeneidad espacial y temporal** (los productores dicen que respetan la rotación de cultivos soja, maíz, trigo); **3) Exposición a disturbios** (están expuestos a condiciones climáticas adversas y compran semillas mejoradas genéticamente resistentes a enfermedades, sequías, salinidad); **4) Aprendizaje reflexivo y compartido** (mantenimiento de registros, servicios de extensión y asesoramiento para productores); **5) Globalmente autónomo y localmente interdependiente** (dependencia de recursos locales, entre vecinos se alquilan maquinarias); **6) Razonablemente rentable** (Productores y empleados ganan salarios dignos, el sector agropecuario no confía en subsidios distorsionadores); y **7) Construcción de capital humano** (en lo construido: tecnología, infraestructura, actividad económica; en lo cultural: habilidades y capacidades individuales). Estos indicadores, especialmente el referido a la rentabilidad de la actividad hacen

referencia a la resiliencia de los productores frente a los impactos del clima considerados individualmente en el marco de una economía de mercado. El resto de los indicadores, aquellos que no pueden identificarse en las prácticas de los productores del área de estudio, son los que más aportan a la resiliencia del conjunto de la actividad agrícola (Socialmente Autónomo, Ecológicamente Autorregulado, Conectado Apropriadamente, Óptimamente redundante, junto con Capital Natural Local y Honrar el Legado).

CONCLUSIONES

A partir de la tipología realizada es posible concluir que los productores en estudio comparten una misma clasificación, lo que sugiere que hay homogeneidad entre ellos en cuanto a las variables analizadas.

En cuanto al análisis de resiliencia de los productores se concluye que si analizamos a nivel productor, es posible identificar ciertas características que hacen a su resiliencia, mientras que si se amplía el nivel de análisis a una escala local, son las características que no se encuentran presentes las que podrían poner al sistema en una situación de vulnerabilidad frente a los impactos futuros del CC.

REFERENCIAS

- Balsa, J. 2007. Fuentes y metodología para el abordaje de algunos problemas historiografía del agro pampeano del siglo XX. En: Graciano, O; Lázaro, S. (comps). *La Argentina rural del siglo XX. Fuentes, problemas y métodos*. La Colmena, Buenos Aires, Argentina. 388 pp.
- Cabell, J. F.; Oelofse, M. 2012. An indicator framework for assessing agroecosystem resilience. *Ecology and Society* 17(1): 18.
- De Prada J.; Degioanni, A; Gil, H. 2008. Introducción y Metodología de la Encuesta Agropecuaria. En: De Prada J.; Penna J. (Eds.) *Percepción económica y visión de los Productores Agropecuarios de los Problemas Ambientales en el Sur de Córdoba*, Argentina. INTA. Bs. As. Argentina. 94 pp.
- López Roldán, P. 1996. La construcción de Tipologías: metodología de análisis. *Papers* 48: (9-29).
- Magrin G.; Gay García, C.; Cruz Choque D.; Giménez J.; Moreno A.; Nagy G. J.; Nobre C.; Villamizar A. 2007. Latin America. En: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptations and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Parry, M. L.; Canziani O. F.; Palutikof P. J.; Van der Linden P.; Hanson C. E. (Eds), Cambridge University Press, Cambridge, UK. 976 pp.
- Meneses, J.; Rodríguez, D. El cuestionario y la entrevista. Consultado 13/04/2015.
- Tompkins E. L.; Adger W. N. 2004. Does adaptive management of natural resources enhance resilience to climate change? *Ecology and Society* 9(2): 10.

INCUBATION PERIOD OF COFFEE RUST DISEASE UNDER FUTURE CLIMATE CHANGE SCENARIOS: A CASE STUDY OF MINAS GERAIS AND SÃO PAULO, BRAZIL*

Alfonsi, W. M.V.^{1,2*}; Coltri, P.P.²; Zullo Júnior, J.²; Patrício, F.R.A.³; Koga-Vicente, A.²; Alfonsi, E.L.²

¹Faculty of Agricultural Engineering (FEAGRI), Scholarship National Council for Scientific and Technological Development (CNPq). ²Center of Meteorological and Climate Researches Applied to Agriculture (CEPAGRI), University of Campinas (UNICAMP); ³Biological Institute, Campinas, Brazil; *Part doctoral project at the FEAGRI-UNICAMP

*Contact: walmvital@gmail.com

Key-words: *Hemileia vastatrix*; Arabica coffee, regional models

INTRODUCTION

The arabica coffee (*Coffea arabica* L.) is one of the most vulnerable crops to climate change (Assad *et al.*, 2004; Zullo Junior *et al.*, 2011; Coltri, 2012) being that the pests and diseases are the main biotic factors that may change with new possible patterns of temperature and rainfall (Ghini *et al.*, 2011). The coffee rust, caused by *Hemileia vastatrix*, is the major disease of coffee plants (Matiello and Almeida, 2006, Carvalho *et al.*, 2010). The incubation period (IP)-the time interval between inoculation and the appearance of symptoms-is a critical stage of the pathogen's biological cycle (Ghini *et al.*, 2011), but few studies were conducted using new regional models to understand the IP patterns in future climate change scenarios. Regional models, with better spatial resolution, are indicated to study arabica coffee because this crop is primary cultivated by smallholders, especially in southeast of Brazil. In this context, this study investigates the changes in the incubation period of *Hemileia vastatrix*, under future climate change scenarios simulated using regional climate models for southeast Brazil.

MATERIAL AND METHODS

This study was conducted for four producing cities located in the states of Minas Gerais and São Paulo, the main producer region of Arabica coffee in Brazil (Figure 1): Manhuaçu, Patrocínio, Pedregulho and Três Pontas. The incubation period (IP) of coffee rust was estimated using the multiple regression model proposed by Moraes *et al.* (1976) described by Equation 1.

$$Y = 103.01 - 0.98 \cdot X_1 - 2.10 \cdot X_2 \quad (1)$$

where: **Y**=estimated incubation period (IP) in days; **X₁**=maximum average temperature in °C, and **X₂**=minimum average temperature in °C.

In Brazil Eta, a mesoscale model, is used to forecast meteorological and climate conditions. In order to simulate future climate condition, the Center for Weather Forecasting and Climate Research (CPTEC/INPE) developed an Eta version nested in the Global Circulation Models HadGEM2-ES and MIROC5 (Chou *et al.*, 2014),

based in Global Circulation Models from Coupled Model Intercomparison Projection phase 5 which provided the basis for the 5th IPCC Assessment Report (AR5). These two regional climate models, Eta HadGEM2-ES and Eta MIROC5, with spatial resolution of 20 km were used to assess the impact of climate change projections on coffee rust. The high emission greenhouse gases (GHG) scenario, the RCP 8.5W/m², was chosen in order to examine potentially large changes in the disease. The data obtained from the regional models were maximum and minimum temperature. The “**current scenario**” was calculated using values from 1961 to 1990 (climatic normal period) while values from 2011 to 2040 were used to calculate the future values of PI being called “**future scenario**”.



Figure 1. Study area, municipalities in the states of Minas Gerais and São Paulo, Brazil.

RESULTS AND DISCUSSION

The results obtained for IP based on Eta HadGEM2-ES model showed a more pronounced infestation in the future than those obtained for current scenario. The future IP on Eta HadGEM2-ES model values reduced 8.5 days in average when compared with current values (Table 1 and Figure 2).

Table 1. Incubation Period (IP) of coffee rust for current (1961-1990) and future (2011-2040) climate scenarios of regional models.

| Municipalities | Eta HadGEM2-ES Days | | Eta MIROC5 Days | |
|----------------|---------------------|--------|-----------------|--------|
| | Current | Future | Current | Future |
| Manhuaçu | 55 | 48 | 62 | 59 |
| Patrocínio | 50 | 41 | 61 | 58 |
| Pedregulho | 52 | 43 | 63 | 60 |
| Três Pontas | 53 | 44 | 64 | 61 |

These results indicate that, in general, the four municipalities assessed can be more vulnerable to rust disease in the future climate scenario than in current conditions, considering the Eta HadGEM2-ES model. Similar results were found for high emissions scenarios of GHG by Ghini *et al.* (2011), using global models, and by Alfonsi *et al.* (2014), with regional models having 40 km of spatial resolution. On the other hand, the Eta MIROC5 model tends to underestimate the temperature when compared to Eta HadGEM2-ES model, penalizing less the results. In this case, the IP also decreased, but less when compared to the previous model. This result also indicates that, in the future, the studied area will be more vulnerable to coffee rust when compared to current climate conditions. In this case, the IP decreased 3 days in average as shown in Table 1 and Figure 2. It was also found that, in general, for the two models studied, the seasonal pattern of the epidemic in the future scenario can follow the current pattern, that is: the disease will continue to be higher during the rainy season (October to March) and lower in the dry season (April to August), as shown in Figure 2. However, it is important to emphasize that although the rainy season be more vulnerable than the dry season, the months from January to March will be warmer and, consequently, unfavorable to the occurrence of the disease. In this sense, it is expected that the epidemic cycle of the disease can begin in October and November, and extend its peak during the months of July and August.

CONCLUSIONS

The study concludes that the two regional climate models used produced similar results for the future infestation of coffee rust, reducing the values of IP. For both models, there may be an increase in the infestation of coffee rust, reducing the value of the IP. It is noteworthy that the epidemic may begin early and extend its peak of infection for the months of June, July and August.

ACKNOWLEDGEMENTS

University of Campinas-UNICAMP; National Institute for Space Research-INPE and the National Council for Scientific and Technological Development-CNPq, for funding research.

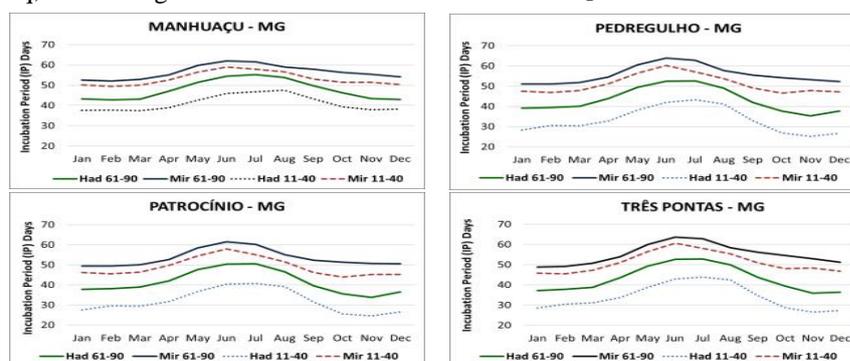


Figure 2. Incubation Period (IP) in current (1961-1990 - solid line) and future climate scenarios (2011-2040 - dotted line) for the municipalities of Manhuaçu, Patrocínio, Pedregulho and Três Pontas.

REFERENCES

- Alfonsi, W.M.; Coltri, P.P.; Patricio, R.A.; Zullo Junior, J.; Gonçalves, R.R.V. 2014. Vulnerability of coffee crop to coffee rust disease in Brazil in the high CO₂ emission of ETA Regional Climatic Model. In: The 25th International Conference on Coffee Science, Armenia.
- Assad, E. D.; Pinto, H. S.; Zullo Júnior, J.; Ávila, A. M. H. 2004. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 39, p. 1057-1064.
- Carvalho, V.L.; Chalfoun, S.M.; Cunha, R. L. 2010. Manejo de doenças do cafeeiro, Lavras: EPAMIG, v.1, p. 689-756
- Coltri, P. P. 2012. Mitigação de emissão de gases de efeito estufa e adaptação do café arábica a condições climáticas adversas. 148 p Tese (Doutorado), Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Chou, S.C., Lyra, A.; Mourão, C.; Dereczynski, C.; Pilotto, I.; Gomes, J.; Bustamante, J.; Tavares, P.; Silva, A.; Rodrigues, D.; Campos, D.; Chagas, D.; Sueiro, G.; Siqueira, G.; Nobre, P.; Marengo, J. 2014. Evaluation of the Eta Simulations Nested in Three Global Climate Models. American Journal of Climate Change, v.3 n.5.
- Ghini, R.; Hamada, E.; Pedro Júnior, M.J.; Gonçalves, R.R.V. 2011. Incubation period of *Hemileia vastatrix* in coffee plants in Brazil simulated under climate change. Summa Phytopathologica, v. 37, n. 2, p. 85-93.
- Matiello, J.B.; Almeida, S.R. 2006. A ferrugem do cafeeiro no Brasil e seu controle. Varginha: PROCAFÉ, 106 p.
- Moraes, S.A.; Sugimori, M.H.; Ribeiro, I.J.A. Ortolani, A.A.; Pedro Júnior, M.J. 1976. Período de incubação de *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. em três regiões do Estado de São Paulo. SummaPhytopathologica, v. 2, p. 32-38.
- Zullo Junior, J.; Pinto, H.S.; Assad, E.D., Ávila, A.H. 2011. Potential for growing arábica coffee in the extreme south of Brazil in a warmer world. Climatic Change, Netherlands, v.109, n.3-4, p. 535-548, dez.

POTENCIAL IMPACTS OF CLIMATE CHANGE ON ARABICA COFFEE IN SOUTHEAST OF BRAZIL

Coltri, P.P.^{1,3}; Alfonsi, W. M.V.^{2,3,4}; Alfonsi, E.L.^{1,3}; Koga-Vicente, A.^{1,3}; Zullo Júnior, J.^{1,3}; Gonçalves, R.R.V.^{1,3}; Pinto, H.S.^{1,3}

¹ Researcher at Center of Meteorological and Climate Researches Applied to Agriculture (CEPAGRI); ² PhD student, Scholarship National Council for Scientific and Technological Development (CNPq). ³ Univeristy of Campinas (UNICAMP), Brazil; ⁴ Faculty of Agricultural Engineering (FEAGRI), Campinas - SP, Brazil

*Contacto: pcoltri@cpa.unicamp.br

Key-words: regional climate models, climatic risk, temperature

INTRODUCTION

Coffee is one of the most important commodities in the international agricultural trade, representing a significant source of income to several Latin American, African and Asian countries (Beer *et al.* 1998; Lin 2007; Damatta 2004). Brazil is by far the world's most important producer, accounting for 45% of global production. Researches simulating the impact of climate change on agriculture, indicate that global warming may reduce Arabica coffee production, impacted by an increase in temperatures and/or water deficit, especially in Brazil (Assad *et al.*, 2004; Zullo Junior *et al.*, 2011). This fact could affect the world's coffee grain production. Studies to understand the impact of climate change on coffee crops were done using global or regional climate models from previously Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) reports (Assad *et al.*, 2004; Schroth *et al.*, 2009; Zullo Junior *et al.*, 2011). In this context, it is important to realize analyses using regional models, with high spatial resolution, from the last IPCC report (AR5). The objective of our study is to analyze and understand the potential impact of future scenarios of climate change on coffee production in four main producing municipalities in southeast of Brazil, related to: (i) risk on temperature and water deficiency and (ii) timing of coffee Arabica flowering process. To carry out this study, we used the future scenarios of regional climatic models, with 20km of spatial resolution.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted in four municipalities in southeast of Brazil, representing the main producing region of Arabica coffee: Mogiana, South of Minas Gerais, Matas of Minas Gerais and Cerrado Mineiro (Figure 1). The municipalities selected were: Franca (in Mogiana region), Patrocínio (in Cerrado region), Machado (in South of Minas region), and Manhuaçu (in Matas de Minas region). The municipalities are highlighted in black in Figure 1. To analyze the impact of the projections of climate change on Arabica coffee, we used the regional climate models: Eta-HadGEM2-ES and Eta-MIROC5. Eta is the regional climate

model used in Brazil and provided a downscaling for the Global Circulation Models (GCM) HadGEM2-ES e MIROC5 simulations. We choose the high emission greenhouse gases (GHG) scenario, the Representative Concentration Pathways (RCP) 8.5 W/m², based on the 5th report (AR5) of IPCC. To better analyze the future climatic risk, we first calculated the current scenario using the climatological normal period (1961-1990) from the model. After that, we calculated the future scenario, based on 2011-2040 model data.



Figure 1. Study area and, in black, the municipalities analyzed.

To evaluate the impact of these scenarios on coffee production in the sites of interest, we used the climatic parameters for coffee production: annual average temperature between 18°C and 22°C, and annual water deficit less than 100 mm (Camargo, 1985). To analyze the coffee flowering process, we used potential evapotranspiration parameter. According to Camargo and Camargo (2001) the flower buds complete the maturation and enter in dormancy stage getting ready for full anthesis, when the sum of potential evapotranspiration from the first ten days of April reaches about 350 mm. To calculate evapotranspiration and water deficit we used computational programs developed by Rolim *et al.* (2008), based on the methods of Thornthwaite & Mather (1955).

RESULTS AND DISCUSSION

Analyzing Eta-HadGEM2-ES results in future scenarios of high emission of GHG, the annual average temperature in these municipalities may increase in average 2.9°C. Two municipalities, one

in Mogiana and the other in Cerrado region, may present high temperature to Arabica coffee production. The annual water deficit may be more than 100 mm in three municipalities (Franca, Manhuaçu and Patrocínio). One impact of the high water demand is an increase in irrigation demand. These results corroborate with previous studies relating Arabica coffee and climate change (Schroth et al., 2009; Zullo Junior et al., 2011; Schroth et al., 2014; Ovalle-Rivera et al., 2015). On the other hand, the Eta-MIROC5 model, tend to underestimate the temperature when compared to Eta-HadGEM2-ES model, penalizing less the results. Thus, in future scenarios of high emission of GHG, Eta-MIROC5, tends to increase the temperature in average 1.4°C, and all the studied municipalities will not exceed the annual average temperature limit, remaining at low climatic risk to Arabica coffee production. Analyzing the water demand, the hydric deficit tends to increase but not enough to require irrigation in the future. Scenarios resulting from both models show that the coffee flower buds may complete the maturation and enter in dormancy stage, getting ready for full anthesis before than the actual scenarios. The results show that it may happen in all studied municipalities. In Eta-HadGEM2-ES model this process may be anticipated, in average, one month. In Eta-MIROC5 model, this process may be anticipated less than one month. The main limitation of this anticipation is that the final flowering process cannot be homogeneously, especially if the subsequent rain is not regular, as proposed by the models. In figure 2 we verify this result in Machado to Eta-HadGEM2-ES model.

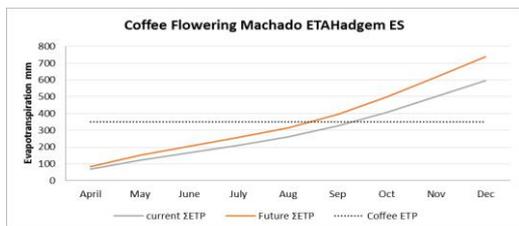


Figure 2. Coffee flowering in current scenario (gray) and future scenario (red) using Eta-HadGEM2-ES model. In Black is the potential evapotranspiration to coffee (350mm)

CONCLUSION

We concluded that the models will penalize the temperatures differently in the future. Analyzing both models together, the temperature may increase from 1.4°C (Eta-MIROC5) to 2.9°C (Eta-HadGEM2-ES) until 2040. If the temperature increases as the Eta-HadGEM2-ES projects, most of the municipalities studied may present high climatic risk to the production (in terms of temperature and water demand). On the other hand, if the temperature increases as the Eta-MIROC5 projects, these municipalities may continue with low climatic risk to Arabica coffee production,

without irrigation need. Due to future climate change, coffee flower may complete the maturation and enter in dormancy stage before it happens in current scenario. In this context, although we could verify that coffee crops will be affected in the future, the vulnerability and the estimated risk in these areas depends largely on the model used. Finally, it is important to continuous this study, integrating data models, real climate data and data field to better understand the real risk of climate change on coffee production.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank to National Council for Scientific and Technological Development-CNPq, for funding this research, to CPTEC-INPE and UNICAMP.

REFERENCES

- Assad, E.D.; Pinto, H.S.; Zullo, J.R.; De Ávila, A.M.H. 2004. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. *Pesqui Agropecu Bras* 11:1057-1064.
- Beer, J.; Muschler, R.; Kass, D.; Somarriba, E. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agrofor Syst* 38:139-164
- Camargo, A. P. 1985. Florescimento e frutificação de café arábica nas diferentes regiões cafeeiras do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 20:831-839.
- Camargo, A.P.; Camargo, A.P. 2001. Definição da esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais. *Bragantia*, 60:65-68.
- Damatta, F.M. 2004. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. *Field Crops Res* 86:99-114.
- Lin B.B. 2007. Agroforestry management as an adaptive strategy against potential microclimate extremes in coffee agriculture. *Agric For Meteorol* 144:85-94.
- Ovalle-Rivera, O.; Läderach, P.; Bunn, C.; Bersteine, R. M.; Schroth, G. 2015. Projected Shifts in Coffea Arabica Suitability among Major Global Producing Regions Due to Climate Change. *PLoS ONE* 10(4).
- Rolim, G.S.; Sentelhas, P.C.; Barbieri, V. 1998. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 6:133-137.
- Schroth G, Läderach P, Blackburn D, Neilson J, Bunn C. Winner or loser of climate change? A modeling study of current and future climatic suitability of Arabica coffee in Indonesia. *Regional Environmental Change*. 2014.1-10.
- Schroth, G.; Läderach, P.; Dempewolf, J.; Philpott, S.; Haggard, J.; Eakin, H.; 2009. Towards a climate change adaptation strategy for coffee communities and ecosystems in the Sierra Madre de Chiapas, Mexico. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 14:605-25.
- Thornthwaite, C.W.; Mather, J.R. 1055. The water balance. *Publications in Climatology*. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p.
- Zullo Junior, J.; Pinto, H.S.; Assad, E.D.; Avila, A.M.H. 2011. Potential for growing Arabica coffee in the extreme south of Brazil in a warmer world. *Clim Change* 109:535-548

POTENCIAL IMPACTS OF GLOBAL CLIMATE CHANGE IN PERSIMMON (*Diospyros kaki*) CROP VARIETY 'FUYU': A CASE STUDY IN BRAZILIAN MUNICIPALITIES

Alfonsi, E.L.^{1,3}, Coltri, P.P.^{1,3}; Alfonsi, W. M.V.^{2,3,4}; Koga-Vicente, A.^{1,3}; Gonçalves, R.R.V.^{1,3}; Avila, A.M.,H.^{1,3}; Pinto, H.S.^{1,3}

¹ Researcher at Center of Meteorological and Climate Researches Applied to Agriculture (CEPAGRI); ² PhD student, Scholarship National Council for Scientific and Technological Development (CNPq). ³ University of Campinas (UNICAMP), Brazil; ⁴ Faculty of Agricultural Engineering (FEAGRI), Campinas-SP, Brazil
*Contact: alfonsieduardo@gmail.com

Key-words: regional models, climatic risk, temperature

INTRODUCTION

According to Food and Agriculture Organization (FAOSTAT), Brazil is the fourth largest persimmon producer in the world, behind China, Republic of Korea and Japan. In 2014, Brazil produced 182.300 tons of the fruit. São Paulo state, in southeast of Brazil, is the biggest producer in the country, responsible for 58% of the total production followed by Rio Grande do Sul (in the South of the country) with 18,5% of the total production (IBGE 2016). The main varieties produced in São Paulo State is "Rama Forte", 'Giombo' and 'Fuyu', and in Rio Grande do Sul state, the main cultivation is focused in 'Fuyu' and 'Kioto' varieties (Grellmann *et al.*, 2003). Among the varieties produced in Brazil, it highlights the variety 'Fuyu', belonging to Amagaki group, which are sweet persimmons, non-tannic and firm flesh, they are well accepted and more required in foreign market. In addition, this variety can be consumed not fully mature or after completion of the natural maturation without any treatment (Penteado, 1986). Recent research has suggested that the climate change, which includes increase in temperature, prolonged droughts, changes in seasonal precipitation and concentration of extreme weather events, may affect some crops, especially in Brazil (Assad *et al.*, 2004; Zullo Junior *et al.*, 2011). However, most of these studies are done to arable crops as coffee (Assad *et al.*, 2004; Zullo Junior *et al.*, 2011), soybean, (Assad *et al.*, 2005), and others. Few studies are conducted with fruit crops, which represent one of the main products of family farming in Brazil. In this context, this study aims to analyze the potential impact of the climate change, using the high emission greenhouse gases (GHG) scenario, the RCP 8.5W/m², in the persimmon crop, variety 'Fuyu', in the main producing municipalities of two major producing areas of Brazil: Mogi das Cruzes and Caxias do Sul. In order to carry out this study, we used the regional climate models Eta-HadGEM2-ES and Eta-MIROC5, with 20 km of spatial resolution.

MATERIAL AND METHODS

The study was conducted in the main producing municipalities of two major producing areas of

Brazil: Mogi das Cruzes (São Paulo state) and Caxias do Sul (Rio Grande do Sul state). The municipalities are highlighted in Figure 1. To analyze the impact of the projections of climate change on persimmon, we used the regional climate models: Eta-HadGEM2-ES and Eta-MIROC5, with 20km of spatial resolution. We chose the high emission greenhouse gases (GHG) scenario, the RCP 8.5W/m², based on the 5th report (AR5) of IPCC. To better analyze the future climatic risk, we first calculate the current scenario using the climatological normal period (1961-1990) from the model. After that, we calculate the future scenario, based on 2011-2040 model data.



Figure 1. Study area: Brazil; Rio Grande do Sul State; Caxias do Sul City; and São Paulo State; Mogi das Cruzes City.

To evaluate the impact of these scenarios on persimmon production in the municipalities of interest, we used the climatic parameters for persimmon production: annual average temperature between 15°C and 18°C, for variety with high demand for low temperature (varieties belonging to Amagaki group or sweet: 'Fuyu', 'Jiro', 'Fuyuhana'); and 17°C and 22°C, for variety with less demand for low temperature (varieties belonging to Shibugaki group or astringent type: 'Taubaté', 'Pomelo', 'Rubi'; and Variable group: 'Rama Forte', 'Giombo', 'Kaoru'); and annual precipitation between 1000 to 1500mm (Epagri, 2016; Razzouk, 2007).

RESULTS AND DISCUSSION

Analyzing the future scenarios of high GHG emissions with Eta-HadGEM2-ES climate model, we verify that the average temperature may increase about 2,5°C in both municipalities. This increase in the temperature may affect the persimmon production, especially the 'Fuyu'

variety, which requires more chill hours than the other varieties. Both municipalities, in this case, may become unsuitable to this cultivation, increasing the climatic risk. However, in this climate future projections, the other varieties as 'Sibugaki' and 'Variable' groups, may be not impacted (Table 1), becoming an attractive alternative to the producers. In contrast, some studies indicate that this production changes may be detrimental to the persimmon market, because the 'Fuyu' characteristics' (as sweet, non-tannic and firm) are well accepted by the foreign market. This increase in the temperature also may influence the persimmon flowering process and fruit ripening, reducing the plant cycle, as Mowat and George (1994) and Mowat *et al.* (1995) demonstrated in their studies. The authors found that in countries with temperatures above 21°C in the spring, as in Australia, the flowering occurs 30 days after bud sprouting and lasts 7 to 10 days. On the other hand, in temperate countries with temperatures around 14°C, as in New Zealand, the flowering starts 75 days after the shoot buds, and finishes the process between 14 and 28 days. The authors concluded that the advance of flowering and the decline of bud, which occurs at high temperatures, may affect productivity and fruit quality. According to Mowat *et al.* (1995), high temperatures in the summer, in the begging of the fruit development process, is one of the most important factor for early physiological fruit abortion.

Table 1. Climatic parameters in current scenario and future scenario using Eta-HadGEM2-ES model in two different municipalities.

| Municipalities | Current | | Future | |
|-----------------|---------|--------|--------|--------|
| | T (°C) | P (mm) | T (°C) | P (mm) |
| Caxias do Sul | 15,2 | 1095 | 16 | 1246 |
| Mogi das Cruzes | 16,4 | 1323 | 17,6 | 1238 |

T=annual average temperature; P=annual average precipitation.

We also analyzed precipitation in the municipalities, and we verified that, in this future scenario, Mogi das Cruzes city may decrease 220mm in the annual precipitation, which would make the region with water limitation, requiring additional irrigation.

Table 2. Climatic parameters in current scenario and future scenario using Eta-MIROC5 model in two different municipalities.

| Municipalities | Current | | Future | |
|-----------------|---------|--------|--------|--------|
| | T (°C) | P (mm) | T (°C) | P (mm) |
| Caxias do Sul | 17 | 1644 | 19,5 | 1686 |
| Mogi das Cruzes | 18,5 | 1011 | 21 | 791 |

T=annual average temperature; P=annual average precipitation.

On the other hand, Eta-MIROC5 results indicate that the average temperature may increase 0,8°C in Caxias do Sul and 1,2°C in Mogi das Cruzes (Table 2). The annual precipitation may increase in Caxias do Sul (around 151mm), and decrease in Mogi das Cruzes (around 85 mm). Analyzing the changes in the climate pattern, the cultivation of persimmon

variety 'Fuyu', may not be affected in the future in these municipalities.

CONCLUSION

In this study we concluded that the models penalize differently the climate variables in future scenarios. Analyzing both models, the temperature may rise between 0,8°C (Eta-MIROC5) and 2,5°C (Eta-HadGEM2-ES) by the year 2040. If the average temperature increases as the pessimists projection of Eta-HadGEM2-ES, the persimmon production, especially the 'Fuyu' variety, which requires more chill hours than the other varieties, may be impacted (in terms of temperature) in both municipalities. In this case, the alternative is replacing the varieties more adapted. However, the new varieties indicated are not belonging to the Amagaki group (sweet). In terms of annual precipitation, Mogi das Cruzes may present water limitation, requiring additional irrigation. On the other hand, if the temperature and the precipitation change as the Eta-MIROC5 projections, these municipalities will be able to continue the cultivation of persimmon variety 'Fuyu'.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thanks to National Council for Scientific and Technological Development-CNPq, for funding this research, to CPTEC-INPE and UNICAMP.

REFERENCES

- Assad, E.D.; Pinto, H.S.; Zullo Júnior, J.; Avila, A.M.H. 2004. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.39, n.11, p.1057-1064.
- Assad, E.D.; Pinto, H.S.; Zullo Júnior, J.; Fonseca, M. 2005 Impacto das mudanças climáticas no zoneamento de riscos climáticos para a cultura da soja no Brasil. In: XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, Campinas: SBAGRO v. 1
- Epagri. Disponível em: <<http://www.epagri.sc.gov.br>> Acesso em 03 jun. 2016
- Grellmann, E.O.; Simonetto, P.R.; Fioravanzo, J.C. 2003. Comportamento fenológico e produtivo de cinco cultivares e uma seleção de caquizeiro em Veranópolis, Rio Grande do Sul, Brasil. Pesquisa Agropecuária. Gaúcha, v. 9, n. 1-2, p. 71-76.
- Ibge - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 03 jun. 2016.
- Mowat, A.D.; George, A.P. 1994. Persimmon In: Schaffer, B.; Andersen, P.C. (ed) Handbook of environmental physiology of fruit crops: Temperate crops. Boca Raton CRC Presss, V.1, cap. 8, p. 209-232.
- Mowat, A.D.; George, A.P.; Collins, R.J. 1986. Cultivation of persimmon (*Diospyros kaki* L.) under tropical conditions. Acta Horticulturae, n. 409, p. 141-149,1995.
- Penteado, S.R. Fruticultura de clima temperado em São Paulo. Campinas: Fundação. Cargil, p.157-173.
- Razzouk, P.L.G. 2007. Avaliação fenológica de dez variedades de caquizeiro (*Diospyros kaki* L.) e propagação por estaquia em regiões tropicais. Dissertação de mestrado, UNESP - Ilha Solteira, 104 p.

TERMOPLUVIOMETRÍA Y EFECTO NIÑO EN PATAGONIA NORTE

Forquera*, J.C.¹; Gonzalez, D. A.¹; Prieto, C.G.¹

¹ Facultad de Cs. Agrarias, Universidad Nacional del Comahue, Cinco Saltos 8303, Argentina

*Contacto: jcforque@gmail.com

Palabras clave: anomalías; temperatura; precipitación

INTRODUCCIÓN

El clima de regiones áridas en Argentina, fue estudiado por (Burgos J., 1963) usando el índice hídrico (IH) de (Thorntwaite C. et al., 1955). De igual modo, con (IH), (Moyano M. et al., 2006) identifica como árida el litoral atlántico, semiárida el sector central, subhúmeda seca la pre cordillera y subhúmeda húmeda la cordillera.

Con modelos climáticos globales y ajustes propios (Labraga J., 1998) pronostica a invierno-verano 2030-2070 en Patagonia Norte PN, aumentos en temperatura media de 0,75 a 1°C y disminución en precipitación media de 2,5 a 5 mm.

Con datos NCEP/NCAR Reanalysis (NOAA) período 1961-2012, (Forquera J., 2013) detecta en PN anomalías térmicas de +1,1°C en 2000-2012.

Amplitud térmica media anual de 15-16°C en el período 1970-1990, atraso en mínimas mensuales de meses fríos y adelanto en máximas de meses cálidos, señala (Fernández Long M. et al., (2006).

El objetivo de este trabajo es con datos quinquenales de temperatura y precipitación observados en la región Patagonia Norte Argentina, conocer las anomalías, respecto del período base 1995-2014, analizando las mismas en el marco del fenómeno macroclimático “El Niño”.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos observados anuales son del período 1995-2014 de estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), Neuquén (NQN, 38°57'S, 68°08'W, 271m); Cipolletti (CIP 38°55'S, 67°58'W, 265m); Río Colorado (RCO 39°01'S, 64°05'W, 79m); Chapelco (CHC, 40°10'S, 40°10'W, 650); Bariloche (BCH, 41°09'S, 71°10'W, 840m); Maquinchao (MCH, 41°15'S, 68°44'W, 888m); San Antonio Oeste (SAO, 40°44'S, 64°97'W, 7m); Viedma (VMA, 40°51'S 63°01'W, 7m). De la Universidad Nacional del Comahue se utilizó la estación meteorológica ubicada en Cinco Saltos (CSS, 38°56'S, 67°59'W, 285m). Se incluyen datos medios mensuales de décadas 1971-80 y 1981-90.

Las variables meteorológicas son temperatura media (t) y precipitación media (p), cálculos de evapotranspiración y balance hídrico climático, ambos por el método de Thorntwaite programado por (Hurtado R. et al., 2005). Ordenando quinquenios del período base 1995-2014: Siendo (1) 95-99, (2) 00-04, (3) 05-09 y (4) 10-14. Desagregando estaciones climáticas: (Vx) Verano, (Ox) Otoño, (Ix) Invierno, y (Px) Primavera.

El Índice Oceánico Niño ONI; umbral +/-0,5°C “on line” de (Kalnay E. et al., 1996); refleja anomalías positivas “Niño” y negativas “Niña” de la temperatura superficial Océano Pacífico TMS entre (5°N-5°S; 120°-170°W) respecto de 1971-2000.

Índice ONI y variables (t) y (p) quinquenales restados del período base se leen de tablas 1 a 3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La temperatura quinquenal regional promedio respecto de 1995-2014, produce anomalías medias con tendencia creciente +0,325°C/año.

Las anomalías de la temperatura media superficial TMS del mar, ONI, ponderado trimestral decrecen -0,30°C en el período 1995-2014.

La precipitación quinquenal regional promedio respecto de 1995-2014, produce anomalías medias con tendencia decreciente en 0,5 mm/año.

Tabla 1. Precipitación

| Quinquenio | I(p) | P(p) | V(p) | O(p) |
|------------|------|------|------|------|
| 1-1995/99 | -1,0 | -4,5 | 0,9 | -0,5 |
| 2-2000/04 | 7,8 | 5,8 | -2,1 | 5,2 |
| 3-2005/09 | 0,8 | -4,6 | 0,3 | -5,9 |
| 4-2010/14 | -7,6 | 3,4 | 1,1 | 1,0 |

La correlación de anomalías de precipitación versus índice ONI, resulta $r=0,47$; $r^2=0,38$. En particular primaveras con índices ONI altos generan bajas precipitaciones en el verano siguiente. Esto es, anomalías ONI P(o) versus anomalías precipitación verano V (p); $r=-0,91$; $r^2=0,83$.

Tabla 2. ONI quinquenios

| Quinquenio | I(o) | P(o) | V(o) | O(o) |
|------------|------|------|------|------|
| 1-1995/99 | 0,1 | -0,1 | 0,1 | 0,2 |
| 2-2000/04 | 0,3 | 0,4 | 0,2 | -0,0 |
| 3-2005/09 | 0,1 | 0,1 | -0,0 | -0,2 |
| 4-2010/14 | -0,3 | -0,3 | 0,2 | -0,1 |

Tabla 3. Temperatura quinquenios, estaciones

| Quinquenio | I(t) | P(t) | V(t) | O(t) |
|------------|------|------|------|------|
| 1-1995/99 | -0,3 | 0,2 | -0,8 | -0,1 |
| 2-2000/04 | -0,1 | -0,4 | -0,2 | -0,5 |
| 3-2005/09 | 0,0 | 0,1 | 0,3 | -0,1 |
| 4-2010/14 | 0,4 | 0,7 | 0,6 | 0,2 |

La correlación anomalía temperatura versus índice ONI, tablas 3 y 2 es $r=-0,70$ y la regresión $r^2=0,50$; con matriz de 48 datos resulta $r=-0,39$ y $r^2=0,16$; parece corresponder un comportamiento inverso en la temperatura cuando el índice ONI aumenta.

El índice hídrico IH, el índice de aridez y el balance hídrico climático de CR 300 milímetros de tabla 4, acusan variaciones en los quinquenios, cuando se utilizan valores medios regionales.

Tabla 4. Balance hídrico climático Regional: (E) exceso; (C) Consumo; Reposición (R) e Índices

| q | Déficit | E. | C. | R. | IH | Ia |
|---|---------|----|-------|-------|-------|------|
| 1 | 339.5 | 0 | 97.2 | 97.2 | -27.8 | 46.3 |
| 2 | 309.3 | 0 | 131.7 | 131.7 | -25.4 | 42.3 |
| 3 | 408.8 | 0 | 113.9 | 113.9 | -32.8 | 54.6 |
| 4 | 379.4 | 0 | 61.2 | 61.2 | -30.6 | 50.9 |

Valores medios de la región vinculados a los IH con promedios de ONI el $r=0,64$; $r^2=0,41$. De igual forma los Ia con promedios ONI $r=-0,64$; $r^2=0,40$. Con estaciones centrales de la región, ej. Coronel Belisle, para 2010-2014 resultan $IH=-40,3$ y $Ia=67,1$ que indican clima árido.

La temperatura y precipitación de la Patagonia Norte, en verano e invierno, figura 1, se comportan con tendencias inversas. La amplitud térmica media crece y supera 16°C . El índice ONI invierno crece con correlación positiva en las tres últimas décadas con precipitación. El índice ONI verano con mínimos en primera y última década.

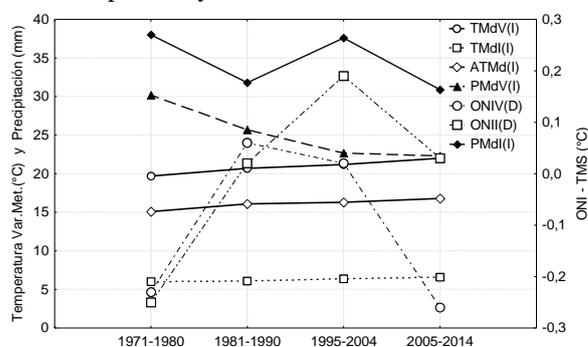


Figura 1. Medias. Temperatura, Precipitación de Patagonia Norte. ONI-TMS anomalías. Décadas.

Las anomalías de ONI TMS graficadas por quinquenios desde 1950, figura 2, entre máximos y mínimos quince años, tendencia creciente -0.2 a $+0.3^{\circ}\text{C}$ hasta el quinquenio 1990-1994 inclusive. Desde 1995-1999 máximos y mínimos transcurren aproximados cada siete años, con tendencia decreciente $+0.3$ a -0.1°C y correlación negativa de temperatura y en precipitación positiva.

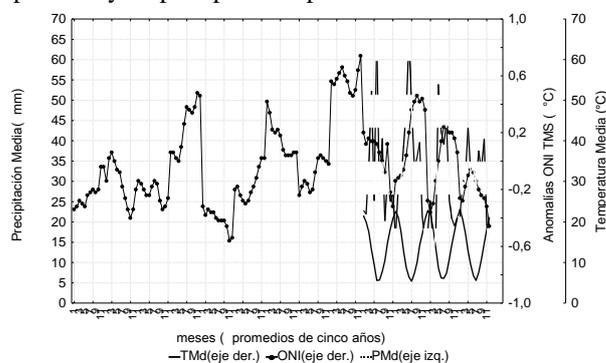


Figura 2. Medias. Temperatura, Precipitación de Patagonia Norte 1950-2014. Quinquenios

En figura 2, los últimos 20 años la correlación con 48 datos, ONI-TMd $r=0,50$ y ONI-PMd $r=-0,32$. Por otra parte los últimos 10 años con 24 datos,

ONI-TMd aumenta la correlación $r=0,74$ y ONI-PMd también en $r=-0,63$. Se destaca que el índice ONI se toma cuatro meses antes que las variables.

CONCLUSIONES

En la región se ha incrementado la temperatura media de verano, provocando un aumento de la amplitud térmica media quinquenal regional de $15,8$ a $17,1^{\circ}\text{C}$.

La precipitación quinquenal media de invierno 2010-2014 ha disminuido y se ve un cambio en el patrón de distribución estacional, las lluvias ahora también ocurren en primavera con inviernos secos a muy secos. El período 2000-2004 fue húmedo y el período 2005-2009 seco. Anomalías negativas de ONI, “La Niña”, produciría baja precipitación.

La precipitación media quinquenal de verano disminuye cuando en primavera se manifiestan anomalías positivas de ONI, “El Niño”; su correlación es $r=-0,91$ y $r^2=0,83$.

La evapotranspiración potencial regional media ha tenido un incremento, en particular en el último quinquenio.

El balance hídrico climático seriado, muestra un déficit hídrico regional elevado con tendencia creciente.

La estación Viedma, en 1995-2014 registra un cambio de semiárido a árido, según el IH de Thornthwaite.

AGRADECIMIENTOS

Al Servicio Meteorológico Nacional Argentino.

REFERENCIAS

- Burgos, J. 1963. El clima de las regiones áridas en la República Argentina. Revista de investigaciones agrícolas, 385-405.
- Fernández Long, M.; Muller, G. 2006. Tendencia en la frecuencia de días con heladas en la Pampa Húmeda. XI Reunión Argentina de Agrometeorología, (págs. 269-272). La Plata, Argentina.
- Forquera, J. 2013. Elementos climáticos y anomalías en los períodos 1961-1980; 1981-2000 y 2001-2013 de la región norte en la Patagonia Argentina (-37°S ; -43°S y -56°W ; -72°W). Cinco Saltos: Informe inédito.
- Hurtado, R.; Fernández Long, M. 2005. Fauna-Climatología y Fenología Agrícolas. Argentina Bs.As.
- Kalnay, E.; Kanamitsu, M.; Kistler, R.; Collins, W.; Deaven, D.; Gandia, L.; Iredell, M.; Saha, S.; Walt, G.; Woollen, J.; Zhu, Y.; Chelliah, M.; Ebisuzaki, W.; Higgins, W.; Janowiak, J.; Mo, K. C.; Ropelewski, C.; Wang, J.; Leetmaa, A.; Reynolds, R.; Jenne, R.; Joseph, D. 1996. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. Bull Am Meteorol Soc.
- Labraga, J. 1998. Escenario de cambio climático para la Argentina. XI Reunión Argentina de Agrometeorología (págs. 16-17). La Plata: Congreso.
- Moyano, M.; Díaz, R. 2006. Tierras secas en Argentina. XI Reunión Argentina de Agrometeorología, (págs. 16-17). La Plata, Argentina.
- Thornthwaite, C.; Mather, J. 1955. The water balance. Lab. of Climatology, John Hopkins University, Centerton, New Jersey.

CAMBIOS EN EL BALANCE ENTRE PRECIPITACIÓN Y EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL MENSUALES EN EL ESTE-NORESTE ARGENTINO.

Penalba*, O.C.^{1,2}; Pántano, V.C.^{1,2}

¹ Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, FCEN, Universidad de Buenos Aires, Bs. As., Argentina

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Bs. As., Argentina

*Contacto: penalba@at.fcen.uba.ar

Palabras clave: cambio observado; proyecciones climáticas; balance de agua

INTRODUCCIÓN

Los cambios observados en las variables climáticas en el siglo XX se han instalado como interés prioritario en la comunidad científica y en otras áreas que reciben su impacto. En nuestro país, el aumento observado en las precipitaciones en términos medios (Barros et al., 2013), favoreció el desplazamiento de la frontera agrícola, favoreciendo la difusión de los principales cultivos hacia el área marginal occidental más seca. Sin embargo, su rendimiento puede ser influenciado también por los cambios proyectados para la temperatura. Una forma de evaluar este impacto es a través de la evapotranspiración. En un estudio climático a escala mensual, la metodología de Thornthwaite (1948) permite obtener valores adecuados de evapotranspiración potencial en climas templados húmedos. Camargo y otros (1999) encontraron que la estimación puede ser mejorada utilizando la temperatura efectiva, variable que depende de la amplitud térmica, en lugar de la temperatura media mensual. Por lo tanto, debido a las múltiples interacciones que forman parte del sistema climático, los cambios proyectados para la temperatura y la precipitación repercuten en el balance entre el ingreso y el egreso de agua al suelo.

El objetivo de este trabajo es evaluar los cambios observados y proyectados en el balance entre la precipitación y la evapotranspiración potencial en la región de producción agrícola en secano de la Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo este estudio, se utilizaron datos diarios observados en puntos de estación y salidas mensuales de Modelos Climáticos Globales (MCGs). Las observaciones de temperaturas, máxima y mínima, y precipitación corresponden a 46 estaciones ubicadas en la región de estudio, provistas por el Servicio Meteorológico Nacional y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Los datos fueron sometidos a un control de calidad (OMM, 2004). Por otra parte, se utilizaron las salidas de 7 MCGs de la fase 5 del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados del CMIP5, descrita en Taylor et al. (2012). El criterio utilizado para la selección fue minimizar la

dependencia entre modelos debido a su origen institucional o por códigos compartidos. Se trabajó con el experimento *historical* para la simulación del período pasado y con los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para las simulaciones del período futuro.

Para evaluar el cambio observado, se seleccionaron dos períodos excluyentes: 1940-1970 y 1980-2010; mientras que para las proyecciones futuras se utilizó el período 2065-2100.

En primer lugar, a partir de los datos observados, se estimó la evapotranspiración potencial por el método de Thornthwaite (1948) con las modificaciones de Camargo et al. (1999), a escala mensual. Luego, se calcularon los valores medios de precipitación acumulada mensual y evapotranspiración potencial mensual para los dos períodos de tiempo pasado.

En segundo lugar, se trabajó con el ensamble de los MCGs seleccionados. La cuantificación del cambio proyectado de temperatura y precipitación se realizó a partir del análisis de las distribuciones de frecuencias, para los percentiles (P) en los intervalos probabilísticos P0 a P20; P20 a P40; P40 a P60; P60 a P80; P80 a P100. Para la cuantificación del cambio (C) se calcula la diferencia (razón) entre el valor de temperatura -T- (precipitación -PP-) proyectado y el del experimento *historical* para cada intervalo de percentiles, como se indica en la ecuación 1 (ecuación 2):

$$C(T) = P(T_{fut}) - P(T_{hist}) \quad (1)$$

$$C(PP) = P(PP_{fut}) / P(PP_{hist}) \quad (2)$$

donde los subíndices se refieren al experimento *historical* (hist) y a las proyecciones (fut). El cambio proyectado para cada intervalo de percentiles se aplica a una serie de datos del tiempo pasado, según las ecuaciones 3 y 4:

$$T_m = T_{obs} + C(T) \quad (3)$$

$$PP_m = PP_{obs} * C(PP) \quad (4)$$

donde los subíndices se refieren a los datos observados (obs) y la variable resultante modificada (m) por el cambio proyectado (C).

La incertidumbre asociada a estas proyecciones fue evaluada a través de la relación entre el cambio proyectado por el ensamble de los modelos (señal) y la variabilidad de los modelos (ruido), de acuerdo a Blázquez et al. (2012).

Finalmente, la evapotranspiración potencial proyectada se estima a partir de las series modificadas de temperatura máxima y mínima.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar, en la Figura 1 se muestran, a modo de ejemplo, los valores medios de enero y julio de precipitación menos evapotranspiración potencial para la región de estudio, adaptado de Pántano et al. (2014). En las estaciones occidentales los altos valores de evapotranspiración de verano y las bajas precipitaciones de invierno resultan en condiciones deficitarias en ambos meses. En cambio, el resto de la región presenta valores positivos, negativos o cercanos a cero de acuerdo a la época del año.

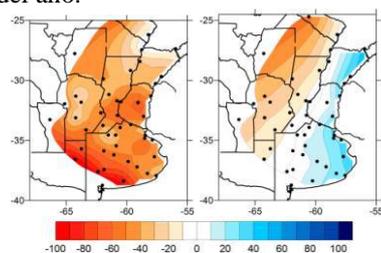


Figura 1. Valores medios de precipitación menos evapotranspiración potencial (mm), para enero (izq.) y julio (der.). Adaptado de Pántano et al. (2014).

Luego, se analizan los cambios observados en los valores medios de precipitación. Para enero y julio (Figura 2) se observa un comportamiento espacial homogéneo, prevaleciendo aumentos en enero y disminuciones en julio. Por su parte, la evapotranspiración potencial (Figura 3) presenta disminuciones en enero en todas las estaciones analizadas mientras que en julio el cambio es heterogéneo en el signo y de menor magnitud.

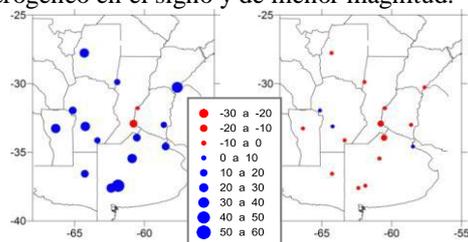


Figura 2. Cambio en los valores medios de precipitación acumulada mensual (mm) entre los períodos 1940-1970 y 1980-2010 para enero (izq.) y julio (der.).

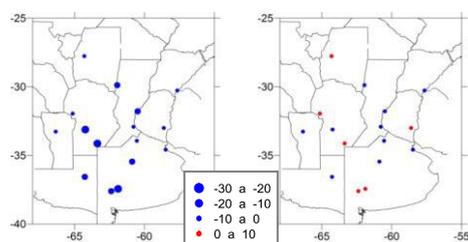


Figura 3. Cambio en los valores medios de evapotranspiración potencial mensual (mm) entre los períodos 1940-1970 y 1980-2010 para enero (izq.) y julio (der.).

En el análisis de incertidumbre, los cambios proyectados para la precipitación (señal) a partir del ensamble no superan la variabilidad entre modelos (ruido), para los dos escenarios analizados (RCP 4.5 y RCP 8.5) y la relación Señal/Ruido es menor a 1 en todos los puntos de retícula (no se muestra), poniendo en evidencia la incertidumbre que caracteriza a esta variable. Es por ello que no se muestra el cambio proyectado para la precipitación.

En cuanto a la temperatura, la relación también es menor a 1 de acuerdo al escenario RCP 4.5 y mayor a 1 para el escenario RCP 8.5. Por lo tanto, el cambio proyectado de temperatura de acuerdo a este último escenario fue utilizado para estimar la evapotranspiración potencial proyectada.

Debido a los aumentos proyectados en la temperatura, se obtienen aumentos en la evapotranspiración potencial proyectada de acuerdo al escenario RCP 8.5 del CMIP5, a excepción de Villa Dolores (Figura 4).

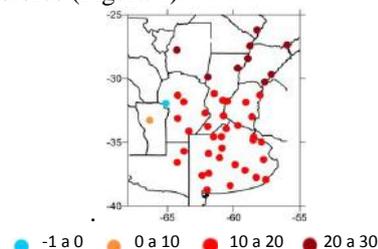


Figura 4. Cambio proyectado en evapotranspiración potencial según el escenario RCP 8.5.

CONCLUSIONES

En este trabajo se analizaron los cambios observados y proyectados de precipitación y evapotranspiración potencial poniendo de manifiesto la vulnerabilidad de las estaciones occidentales. Las proyecciones indican que las condiciones deficitarias se verán intensificadas por los aumentos proyectados en temperatura mientras que no se pueden extraer conclusiones sobre las proyecciones de precipitación debido a la alta incertidumbre que las caracteriza.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto UBA 20020130100263BA

REFERENCIAS

- Barros, V.; Garavaglia, C.; Doyle, M. 2013. Twenty-first century projections of extreme precipitations in the Plata Basin. *Int. J. River Basin Management*, 373-387.
- Blázquez, J.; Nuñez, M. 2012. Analysis of uncertainties in future climate projections for South America: comparison of WCRP-CMIP3 and WCRP-CMIP5 models. *Climate dynamics*, 41(3-4), 1039-1056.
- Camargo, A.; Marin, F.; Sentelhas, P.; Giarola Piccini, A. 1999. Ajuste de equação de Thornthwaite para estimar la evapotranspiração em climas arido y superhmedo, com base na amplitude térmica diaria. *Rev. Bras. Agrometeorología*, 7, 2: 251-257.
- OMM. 2004. World Climate Programme Data and Monitoring. Fourth Seminar for Homogenization and Quality Control in Climatological Databases, 2003, Budapest, Hungría. WCDMP-No 56.
- Pántano, V.; Spescha, L.; Penalba, O.; Murphy, G. 2014. Influencia de la variabilidad de temperatura y precipitación en la Situación Hídrica del suelo, en la región oriental de secano de la Argentina. *Meteorologica*. Vol 39 Nro 2. pags 21 a 36.
- Taylor, K.; Stouffer, R.; Meehl, G. 2012. An Overview of CMIP5 and the experiment design. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 93, 485-498.
- Thornthwaite, C.W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geog.Review*.38: 55-94.

EMISION DE N₂O EN MAIZ EN RESPUESTA AL SUMINISTRO DE N PARA CONDICIONES CONTRASTANTES DE AGUA EN EL SUELO

Cambareri*, M.¹; Echarte, L.^{1,2}; Oelbermann, M.; Posse, G.⁴; Hernández, M.¹; Galante, P.¹

¹Unidad Integrada INTA - Facultad de Ciencias Agrarias UNMdP – Balcarce (7620) Argentina; ²CONICET; ³Department of Environment and Resource Studies, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, N2L 3G1, Canada; ⁴Instituto de Clima y Agua CIRN CNIA INTA, Bs As, Argentina.

*Contacto: cambareri.matias@inta.gob.ar

Palabras clave: calentamiento global; estrategias de mitigación.

INTRODUCCIÓN

El N₂O es un gas de efecto invernadero (GEI), con un potencial de calentamiento global cerca de 300 veces mayor al del CO₂ (Solomon *et al.*, 2007). El incremento de las emisiones agrícolas de N₂O está vinculado a estrategias de manejo de suelo y la aplicación de fertilizantes nitrogenados (Maharjan *et al.*, 2014).

La fertilización con nitrógeno (N) es una práctica generalizada en el cultivo de maíz (Echeverría y Sainz Rosas, 2005). La aplicación de fertilizantes nitrogenados usualmente resulta en incrementos de las emisiones de N₂O (Halvorson *et al.*, 2008; Hoben *et al.*, 2011). Sin embargo, se desconoce la variación de la emisión bajo diferentes escenarios de oferta hídrica. Es de interés evaluar prácticas de manejo con el potencial de reducir las emisiones de N₂O sin comprometer la producción del cultivo de maíz. Pocos trabajos han intentado caracterizar la respuesta de la emisión de N₂O al suministro de N en condiciones contrastantes de disponibilidad de agua en el suelo (*e.g.* Liu *et al.*, 2011; Maharjan *et al.*, 2014; Cambareri *et al.*, 2014). En el sudeste de Buenos Aires, Argentina, se evaluó la emisión de N₂O en cultivos de maíz en condiciones de N no limitantes para el crecimiento (Dyer *et al.*, 2012), y para dos condiciones de nitrógeno aplicado antes y después del riego (Cambareri *et al.*, 2014). Sin embargo, no se caracterizó la emisión de N₂O a lo largo del ciclo del cultivo de maíz, ni se distinguieron posibles períodos de mayor emisión.

Los objetivos de este trabajo fueron: (i) comparar las emisiones directas de N₂O por unidad de área y por rendimiento de un cultivo de maíz expuesto a condiciones contrastantes de suministro de N y de disponibilidad de agua; (ii) caracterizar la emisión en distintos períodos del ciclo del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un experimento en la Unidad Integrada Balcarce (Balcarce, lat. 37°45' S, long. 58°18' W; 130 m snm) durante la campaña 2013-2014; sobre un suelo Argiudol típico con una profundidad efectiva de aprox. 1,4 m. El 18 de octubre se sembró el híbrido DK747MGRR2, con la densidad (8 plantas m⁻²) recomendada para la

zona, bajo labranza convencional. Plagas y malezas fueron controladas.

Los tratamientos incluyeron la combinación de dos regímenes de agua (irrigado (I) y secano (S)) y dos niveles de suministro de N (0 y 120 kg N ha⁻¹): (i) irrigado y fertilizado (IN120); (ii) irrigado sin fertilización (IN0); (iii) secano y fertilizado (SN120) y (iv) secano sin fertilización (SN0). La fertilización nitrogenada se realizó al voleo a la siembra en la forma de urea granulada. Se realizó un diseño en parcela divididas dispuesta en bloques completos aleatorizados con 3 repeticiones; la disponibilidad de agua se asignó a la parcela principal y el suministro de N a las subparcelas.

La recolección de muestras de N₂O se realizó con cámaras de plástico sobre base de hierro rectangulares (~13 Litros) móviles según Parkin y Venterea (2010) siguiendo el protocolo descrito por Cambareri *et al.* (2014). Las tasas de emisión de N₂O se cuantificaron de acuerdo a Hutchinson y Mosier (1981) y Venterea *et al.*, (2009). La cantidad de N₂O emitida y el factor de emisiones inducidas por fertilización (FEIF) se determinaron de acuerdo a Maharjan *et al.* (2014). En los momentos de muestreo de N₂O, se determinó el contenido de humedad del suelo en forma gravimétrica.

Las emisiones de N₂O de cada tratamiento se agruparon por períodos: vegetativo temprano – (Vte); vegetativo tardío (Vta); período crítico (PC); llenado temprano (Lte) y llenado tardío (Lta). Se realizaron análisis de la varianza y comparación de medias (LSD) para determinar diferencias entre tratamientos y entre períodos.

RESULTADOS

El espacio de poros del suelo lleno con agua (EPLA) en los momentos de medición de N₂O presentó valores entre 80 y 40% durante el ciclo del cultivo, excepto en los tratamientos en secano durante el PC (Fig. 1 c.); donde EPLA fue mayor en Riego que en Secano (p<0,01; interacción N x A no significativa; Fig. 1 c).

La fertilización con N incrementó el rendimiento, la biomasa y el número de granos (NG) en mayor medida en condiciones de Riego que de Secano (Tabla 1; p<0,05). A la vez, los tratamientos con riego presentaron una tendencia a menor emisión de N₂O estacional por tonelada de rendimiento (EPR).

Tabla 1. Rendimiento, biomasa aérea, número de granos (NG), peso de 1000 granos (PMG), índice de cosecha (IC), emisión de N₂O para todo el ciclo del cultivo y emisión de N₂O por tn de grano producido (EPR), para maíz con 2 niveles de agua en el PC (Riego y Secano) y 2 niveles de fertilización (120 y 0 kg ha⁻¹).

| Agua | N | Rendimiento (kg ha ⁻¹) | Biomasa (kg ha ⁻¹) | NG | PMG (g) | IC | Emisión de N ₂ O (g N ha ⁻¹) | EPR (g N tn grano ⁻¹) |
|--------|-----|------------------------------------|--------------------------------|------------|---------|--------|---|-----------------------------------|
| Riego | 120 | 14273,6 a | 27855,3 a | 4938,8 a | 288,7 | 0,51 a | 460 | 32,1 |
| | 0 | 9940,2 b | 21003,8 b | 3830,4 b | 259,4 | 0,47 b | 210 | 21,8 |
| Secano | 120 | 9255,3 b c | 19373,6 b | 3599,1 b c | 279,6 | 0,48 b | 470 | 50,1 |
| | 0 | 8797,2 c | 18547,4 b | 3308,2 c | 244,3 | 0,48 b | 230 | 26,7 |

| ANOVA | | | | | | | | |
|-------|--|-------|-------|-------|-------|-------|------|----|
| Agua | | 0,005 | 0,014 | 0,007 | ns | ns | ns | ns |
| N | | 0,011 | 0,008 | 0,016 | 0,004 | 0,024 | 0,05 | ns |
| AxN | | 0,022 | 0,019 | 0,002 | ns | 0,034 | ns | ns |

*Letras iguales indican diferencias no significativas entre tratamientos.

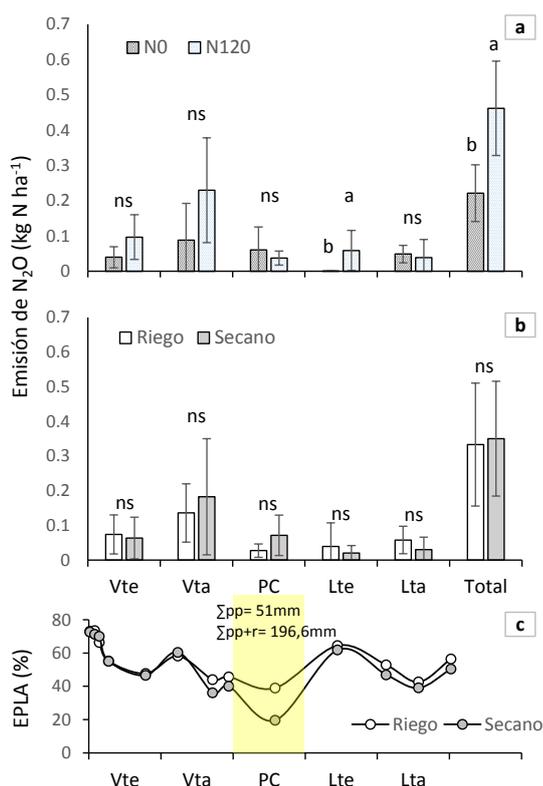


Figura 1. Emisión de N₂O: (a) con y sin N; (b) con y sin riego y (c) espacio de poros llenos con agua (EPLA, %), para los distintos períodos del ciclo del cultivo de maíz. *ns= diferencias no significativas

La emisión de N₂O estacional fue mayor para los tratamientos fertilizados respecto de los no fertilizados, en cualquier disponibilidad de agua ($p=0,05$; Tabla 1 y Figura 1.a; interacción AxN no significativa, $p=0,96$). El FEIF fue similar entre Riego y Secano (0,203 y 0,198 ns, respectivamente; $p=0,96$). Esto indicaría que el diferente contenido de agua en el suelo durante el PC del cultivo no afectó las emisiones de N₂O estacional.

Al inicio del ciclo (i.e. cercano a la fertilización) y al inicio del llenado de granos, la emisión de N₂O tendió a ser mayor en el fertilizado que en el no fertilizado, bajo cualquier disponibilidad de agua (Fig. 1a).

CONCLUSIONES

La cantidad de N₂O emitida fue mayor en el cultivo de maíz fertilizado con N. Un mayor

contenido de agua respecto del que naturalmente ocurre no afectó la emisión de N₂O.

REFERENCIAS

- Cambareri, M.; Echarte, L.; Oelbermann, M.; Posse, G.; Hernandez, M.; Galante, P. 2014. Emisión de N₂O en un cultivo de maíz en condiciones contrastantes de suministro de N y agua. Reunión Binacional Uruguay-Argentina de Agrometeorología y XV Reunión Argentina de Agrometeorología. 1 al 3 de octubre de 2014. Piriápolis, Uruguay.
- Dyer, L.; Oelbermann, M.; Echarte, L. 2012. Soil carbon dioxide and nitrous oxide emissions during the growing season from temperate maize-soybean intercrops. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 175(3), 394–400.
- Echeverría, H. E.; Sainz Rozas, H. R., 2005. Nitrógeno. In: Echeverría, H. E., García, F. O. (Eds.), *Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos*. Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina, pp. 69–97.
- Halvorson, A. D.; Del Grosso, S. J.; Reule, C. A. 2008. Nitrogen, tillage, and crop rotation effects on nitrous oxide emissions from irrigated cropping systems. *J. Environ. Qual.* 37:1337–1344.
- Hoben, J.; Gehl, R.; Millar, N.; Grace, P.; Robertson, G. 2011. Non-linear nitrous oxide (N₂O) response to nitrogen fertilizer in on-farm corn crops of the U.S. midwest. *Glob. Change Biol.* 17:1140–1152.
- Hutchinson, G. L.; Mosier, A. R. 1981. Improved soil cover method for field measurement of nitrous oxide fluxes. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45, 311–316
- Liu, Y.; Li, Y.; Wan, Y.; Chen, D.; Gao, Q.; Li, Y.; Qin, X. 2011. Nitrous oxide emissions from irrigated and fertilized spring maize in semi-arid northern China. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 141, 287–295.
- Maharjan, B.; Venterea, R. T.; Rosen, C. 2014. Fertilizer and Irrigation Management effects on nitrous oxide emissions and nitrate leaching. *Agron. J.*, 106(2), 703.
- Parkin, T.B.; Venterea, R.T. 2010. Sampling Protocols. Chapter 3. Chamber-Based Trace Gas Flux Measurements. En: *Sampling Protocols*. R.F. Follett, Ed. p. 3-1 a 3-39.
- Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K.; Tignor, M.; Miller, H. 2007. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. Cambridge Univ. Press New York, NY.
- Venterea, R.; Spokas, K.; Baker, J. 2009. Accuracy and precision analysis of chamber-based nitrous oxide gas flux estimates. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 73:1087–1093.

IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON TEMPERATE CLIMATE FRUITCULTURE, EXPLORATORY ANALYSIS WITH REGIONAL MODEL ETA-MIROC5

Avila, A M H de^{1*}; Blain, G C²; Pinto, H S³; Amano, A T⁴; Alfonsi, W. M.V.⁵

^{1,3}Center for Meteorological and Climate Research Applied to Agriculture, State University of Campinas, Barão Geraldo, Campinas, SP 13083-970, Brazil, ²Agronomic Institute of Campinas(IAC), ⁴Institute of Mathematics, Statistics and Scientific Computing at Unicamp ⁵Faculty of Agricultural Engineering (FEAGRI).

*Contact: avila@cpa.unicamp.br

Key words: Huglin's heliothermal index (HI); temperatures below 7.2 °C; future climate scenarios

INTRODUCTION

Several fruit trees of cold climate require, approximately, 700 hours with air temperatures below 7.2 °C to produce (Aron and Gat, 1991; Pedro Jr. et al., 1979). The increase in global air temperature predicted by the IPCC will be up to 4 °C in respect to the current temperature by the end of this century. To compensate this climate imbalance many species of fruit trees may migrate to higher latitudes and/or altitudes in an attempt to find colder conditions. An effective effort to deal with it is the genetic breeding of species that do not require long hours of cold to overcome dormancy.

This study aims at conducting an exploratory analysis using the regional model ETA-MIROC5 to evaluate possible impacts of the climate change on the production of temperate fruits in South Brazil. After Chou et al. (2014b) the 8.5 W/m² representative concentration pathway has been used in this study. Among the AR5 scenarios, this is the most pessimistic and it was regarded as the most suitable for this first exploratory analysis.

MATERIAL AND METHODS

The area of study is located between 18° and 40° south latitude, and 50° and 55° west longitude. The ETA-MIROC5 (Chou et al., 2014b) model has spatial resolution of 20 kilometers, and it is nested with the global model-MIROC5 (Watanabe, et al., 2010). In this study we used the ETA-MIROC5 simulations based on the 8.5 Representative Concentration Pathways (RCPs) scenarios —RCP 8.5. In Brazil, the Eta model was installed in the National Institute for Space Research in 1996 (CHOU, 1996).

The Heliothermal Index (Huglin, 1978) and the number of days with temperatures below 7,2°C were calculated for both the current (1976-2005) and future climate scenarios (1976-2005) (2011-2040).

The Heliothermal Index of Huglin (HI) was calculated using:

$$HI = \sum_{01Apr}^{30Sept} \frac{[(T - 10) + (T_x - 10)]}{2} d$$

T is the mean air temperature (°C), T_x maximum air temperature (°C), d is a coefficient related to the length of day. For Latitude $\leq 40^\circ$, $d=1$. The classes of are presented in Table 1.

Table1: Classes of Heliothermal Index (Huglin, 1978)

| Class of climate | Acronym | Class interval |
|------------------|---------|----------------|
| Very warm | HI + 3 | >3000 |
| Warm | HI + 2 | >2400 ≤ 3000 |
| Temperate warm | HI + 1 | >2100 ≤ 2400 |
| Temperate | HI - 1 | >1800 ≤ 2100 |
| Cool | HI -2 | >1500 ≤ 1800 |
| Very cool | HI -3 | ≤1500 |

RESULTS AND DISCUSSION

The results based on the HI calculated with the ETA-MIROC5 RCPs 8.5 model show an increase in areas with higher HI values (Figure 1). Moreover, the HI lower values tend to move to areas of higher altitudes and latitudes when compared to the period 1976-2005.

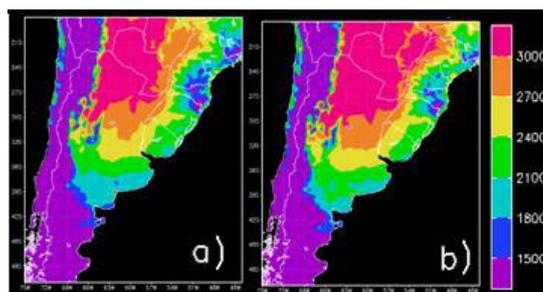


Figure 1: Results for the Heliothermal Index. a) period 1976-2005, and b) 2011-2040.

Figure 2 shows a reduction in number of days with temperatures below 7.2°C between May and September 2011-2040 compared with 1976-2005. In areas of higher altitude, the reduction tends to be lower. It suggests that the areas of higher altitude may suffer less with the impact of climate change during the studied period.

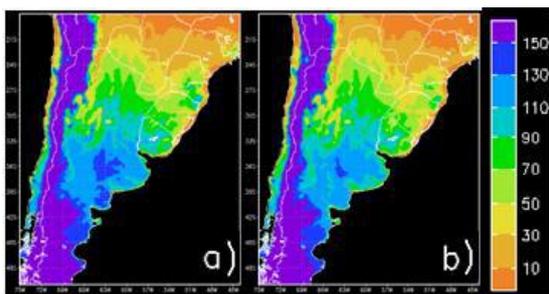


Figure 2: Number of days with temperatures below 7,2C. a) 1976-2005 b) between May and September, 2011-2040.

Figure 3 shows the mean precipitation for the two different periods. It is possible to observe that according to ETA-MIROC5, the precipitation amounts will decrease in tropical area and slightly increase in subtropical area. This is a relevant result because the amount of precipitation defines the quality of the fruit.

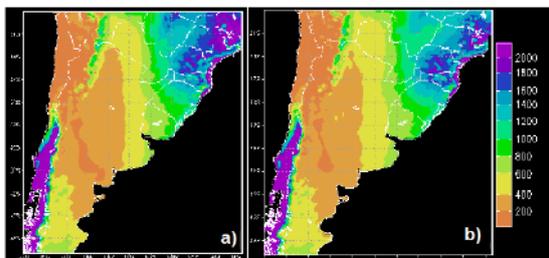


Figure3: Mean precipitaion for the two different periods a) period 1976-2005, and b) 2011-2040.

CONCLUSION

The results show that species of fruit trees tend to move from areas that present risks of productivity to regions with higher latitudes and altitudes.

It is essential to include correction techniques in the models, and new indices and models of climate change in future studies.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thanks to National Council for Scientific and Technological Development-CNPq, Process 446321/2015-5 for funding this research.

REFERENCES

- Aron, R; Gat Z Estimating chilling duration daily temperature extremes and elevation in Israel. 1991.Clim. Res. V. 1, 125-132.
- Chou, S.C. 1996. Modelo Regional Eta. In: Climanálise Especial, Edição Comemorativa de 10 anos, p.203-207.
- Chou, S.C.; Lyra, A.A.; Mourão, C.; Dereczynski, C.; Pilotto, I.; Gomes, J.; et al. Assessment of Climate Change over South America under RCP 4.5 and 8.5 Downscaling Scenarios. 2014b. American Journal of Climate Change, 3: 512-527.
- Huglin, P. Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole. 1978. In: SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR L'ÉCOLOGIE DE LA VIGNE, Contança. **Annales**. Contança: Ministère de l'Agricultura et de l'Industrie Alimentaire, p.89-98.
- Pedro Jr. M J; Ortolani, A A; Rigitano, O; Alfonsi, R R; Pinto, H S; Brunini, O. 1979. Estimativa de horas de frio abaixo de 7 e de 13°C para regionalização da fruticultura de clima temperado no estado de São Paulo. *Bragantia*, V 38, p.123-130.
- Tonietto, J.; Carbonneau, A. A multicriteria climatic classification system for grapegrowing regions worldwide. 2004. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 124, n. 1-2, p. 81-97.
- Watanabe, M., *et al.* Improved Climate Simulation by MIROC5: Mean States, Variability, and Climate Sensitivity. 2010. *Journal of Climate*, **23**, 6312-6335. <http://dx.doi.org/10.1175/2010JCLI3679>.

RELACIÓN ENTRE EL CLIMA REGIONAL Y LOCAL Y LA HIDROLOGÍA DEL VALLE DE UCO (MENDOZA, ARGENTINA)

Barufaldi, S.¹; Mastrantonio*, L.¹; Portela, J.A.²

¹ Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Alte. Brown 500. Chacras de Coria. CP 5507. Mendoza. Argentina.

² INTA, EEA La Consulta. Ex Ruta 40 km 96. La Consulta. CP 5567. Mendoza. Argentina.

*Contacto: lmastra@fca.uncu.edu.ar

Palabras clave: precipitaciones nivales; caudal río Tunuyán; ENSO

INTRODUCCIÓN

La variabilidad climática afecta de diversas formas las actividades humanas, produciendo impactos socioeconómicos y ambientales. El régimen de los caudales de los ríos argentinos, cuyas nacientes se encuentran sobre la Cordillera de los Andes, depende de diversos factores relacionados principalmente con las latitudes sobre las que descansa su cuenca (Compagnucci y Araneo, 2005). En el caso de las cuencas hídricas del oeste argentino, aparece especialmente importante el fenómeno ENSO (Boninsegna *et al.*, 2009), gobernando las variaciones interanuales de los caudales de muchos ríos y sistemas fluviales.

La hipótesis de estudio es que la variación temporal del caudal del Río Tunuyán y arroyos de la cuenca del Valle de Uco, junto con la variación de las precipitaciones a escala local, dependen de fenómenos climatológicos a escala global.

El objetivo del presente trabajo es evaluar la relación entre la variabilidad climática (precipitaciones sólidas y líquidas) y el régimen hidrológico (caudales) del Valle de Uco.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio corresponde a la cuenca del río Tunuyán Superior o del Valle de Uco que se encuentra ubicada al centro-oeste de la Provincia de Mendoza (Figura 1). Sobre ella se ha desarrollado uno de los principales oasis de la región, teniendo un espacio irrigado tanto urbano como rural, a partir del aprovechamiento del recurso hídrico con infraestructura artificial creada por el hombre.

Se recopiló información de: a) precipitaciones líquidas, en el sitio www.hidricosargentina.gov.ar (estaciones meteorológicas La Remonta, Puesto Papagayos, Valle de Uco y Yaucha) y en el sitio www.contingencias.mendoza.gov.ar (estaciones Agua Amarga, La Consulta, Tunuyán y Vista Flores), correlacionándolas a todas con la de Valle de Uco por tener registros más antiguos, desde 1955; b) precipitaciones nivales en el sitio www.agua.gob.ar (estaciones Toscas, Laguna del Diamante, Palomares y Salinillas, con registros diarios desde 1990); c) caudales del río Tunuyán en la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (con registros desde 1950); y d) índice ENSO (Oceanic Niño Index, a partir de registros mensuales de la National Oceanic and Atmospheric Administration desde 1950) en www.noaa.gov.



Figura 1. Área de estudio de la Cuenca del río Tunuyán Superior, sobre el territorio argentino en los Andes Centrales (Fuente: Google Earth).

Se aplicó análisis estadístico univariado: matrices de diagrama de dispersión, coeficientes de correlación y regresiones lineales entre precipitaciones líquidas, precipitaciones sólidas, caudal e índice-ENSO.

Se utilizó también análisis estadístico multivariado discriminante lineal para caudal del río Tunuyán, Equivalente Agua Nieve de las estaciones Toscas y Laguna del Diamante, e índice ENSO, considerando a las clases (grupos) de ENSO (niño, niña, neutro) como variable de clasificación preestablecida.

Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico de los datos de precipitaciones líquidas indicó que la variabilidad interanual multidecádica de las mismas en verano no guarda relación con el fenómeno ENSO, sino que estaría principalmente determinada por el anticiclón del Atlántico Sur. Tampoco mostraron asociaciones importantes con los caudales de los ríos (datos no presentados).

En cambio, el índice ENSO sí se correlacionó significativamente con las precipitaciones sólidas (coeficientes entre 0,37 y 0,44), y también se asoció positivamente con la variación temporal del régimen hidrológico de la cuenca. En este sentido, se observa que El Niño aumenta las precipitaciones nivales y por ende los caudales de los ríos, en tanto La Niña muestra lo inverso. Diversos estudios en distintas cuencas confirman esta relación (Escobar *et al.*, 1998; Norte *et al.*, 1998; Compagnucci y Araneo, 2005; Villalba y Boninsegna, 2008; Compagnucci y Araneo, 2007).

Del análisis discriminante realizado resultó que la variable de mayor peso en la discriminación es el índice ENSO. Además, los centroides en el espacio discriminante muestran una buena separación entre los grupos (Figura 2). La tasa de error aparente resultó muy baja (4,3%).

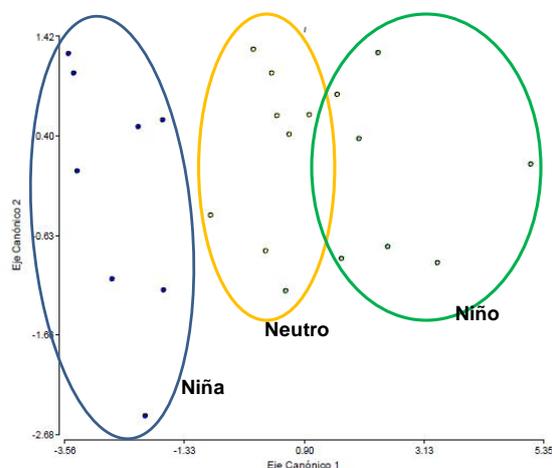


Figura 2. Biplot del análisis discriminante lineal. Los casos representan los años considerados en este análisis (1990-2014).

CONCLUSIONES

Las precipitaciones nivales y el régimen hidrológico en la cuenca del Valle de Uco están estrechamente influenciados por el ciclo ENSO, aumentando o disminuyendo los caudales fluviales. Sin embargo, no toda la variabilidad extrema de los caudales puede explicarse por el ciclo ENSO, quedando para futuros trabajos la dilucidación de qué otros motores climáticos pueden estar afectando el clima local.

En el actual contexto de cambio climático es esencial poder establecer un escenario hídrico de la zona, considerando pronósticos posibles que ayuden a elaborar políticas de uso de agua, de prevención ante eventos climáticos extremos y de fortalecimiento de la matriz productiva.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencia, Técnica y Posgrado de la Universidad Nacional de Cuyo por la financiación del Proyecto 06/A596.

REFERENCIAS

- Boninsegna, J.A.; Argollo, J.; Aravena, J. C.; Barichivich, J.; Christie, D.; Ferrero, M. E.; Lara, A.; Le Quesne, C.; Luckman, B. H.; Masiokas, M.; Morales, M.; Oliveira, J. M.; Roig, F.; Srur, A.; Villalba, R.. 2009. Dendroclimatological reconstructions in South America: A review. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 281:210-228.
- Compagnucci, R.; Araneo, D. 2005. Identificación de áreas de homogeneidad estadística para los caudales de ríos andinos argentinos y su relación con la circulación atmosférica y la temperatura superficial del mar. *Meteorológica* 30(1-2):41-53.
- Compagnucci, R.; Araneo, D. 2007. Alcances de El Niño como predictor del caudal de los ríos andinos argentinos. *Ingeniería Hidráulica en México* 22(3):23-35.
- Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo, C. W. 2009. InfoStat versión 2009. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
- Escobar, F.; Aceituno, P. 1998. Influencia del fenómeno ENSO sobre la precipitación nival en el sector andino de Chile central durante el invierno. *Bull. Inst. Fr. Études Andines* 27(3):753-759.
- Norte, F.; Simonelli, S.; Heredia, N. 1998. Impacto del fenómeno ENOS en el régimen Hidrometeorológico de Mendoza, Argentina. *Bull. Inst. Fr. Études Andines* 27(3):761-770.
- Villalba R., Boninsegna J. 2008. Documento sobre la oferta hídrica en los oasis de riego de Mendoza y San Juan en escenarios de Cambio Climático. Los escenarios de Cambio Climático y el impacto en los caudales. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable – Fundación Torcuato Di Tella. 26 p

CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE TÉRMICO EN CULTIVOS DE AJO A PARTIR DE LA INTERACCIÓN CLON-AMBIENTE

Portela*, J.A.; Giusti, R.

EEA La Consulta INTA. Ex Ruta 40 km 96, La Consulta (5567) Mendoza, Argentina

*Contacto: portela.jose@inta.gob.ar

Palabras clave: *Allium sativum*; temperatura; biomasa

INTRODUCCIÓN

El ajo (*Allium sativum*) es una especie geófita perenne cuyo cultivo se conduce como anual. Las variedades principalmente cultivadas en la Argentina provienen originalmente de regiones entre los 30° y 40° de Latitud Norte (Burba, 2008), y su ciclo a campo inicia con la brotación en otoño y termina con la formación del bulbo en primavera.

Su crecimiento y desarrollo es controlado fundamentalmente por la temperatura, pudiendo distinguirse en función de ello cinco etapas ecofisiológicas (Portela, 2013).

El cultivo en el país se encuentra principalmente concentrado en la provincia de Mendoza, y dentro de ella en particular en el Valle de Uco (Pereyra, 2013). En esa región, desde mediados de la década de 1990, INTA viene estudiando a campo la ecofisiología del cultivo.

En el contexto del cambio climático, la constante a esperar es justamente el cambio; e.g., fluctuaciones interanuales mucho más importantes en torno a una tendencia de incremento en la temperatura. El objetivo de este trabajo es caracterizar el ambiente térmico para el cultivo de ajo en este contexto cambiante, a partir de estudiar la interacción clon-ambiente de variedades con amplias diferencias en precocidad de cosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon datos de estudios de crecimiento realizados sobre cuatro variedades clonales de distinto grupo ecofisiológico (GE), durante 5 años (2005 a 2009), en la EEA La Consulta INTA (Mendoza, Argentina, a 33,7° LS y 940 m.s.n.m.).

Los clones probados fueron Morado INTA (GE IIIa), Unión (GE IIIb), Sureño INTA (GE IVb) y Castaño INTA (GE IVc), que se diferencian en su adaptación al crecimiento en otoño (mayor en GE III) y en su precocidad de cosecha ($a > b > c$; Portela, 2013). De cada ensayo anual en DBCA, se extrajeron periódicamente muestras de 4 plantas por parcela sobre las que se midió la biomasa total del vástago (i.e., sin considerar raíces), expresada como materia seca a estufa.

Para el análisis estadístico se empleó el método multivariado de regresión por mínimos cuadrados parciales (MCP), de una matriz conformada con covariables ambientales, considerando cada año como un ambiente, sobre una matriz de residuos obtenida de un análisis de interacción por el modelo GREG (regresión por genotipo; Balzarini

et al., 2005). Las covariables ambientales se conformaron con valores de temperaturas mínimas, medias y máximas diarias, registradas en la Estación Agrometeorológica de la EEA La Consulta INTA, promediadas mensualmente o por períodos estacionales; con las temperaturas medias diarias se calcularon además sumas térmicas (st) hasta 3 momentos del cultivo (cvi: fin del crecimiento vegetativo inicial, rcv: fin del rápido crecimiento vegetativo, y cos: cosecha), considerando 0 °C como temperatura base. Los cálculos multivariados se realizaron con InfoStat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A fin de ejemplificar características de los datos térmicos registrados durante el período en estudio, en la Figura 1 se presenta un gráfico de cajas de las temperaturas medias diarias del aire, agrupados anualmente según la época del año.

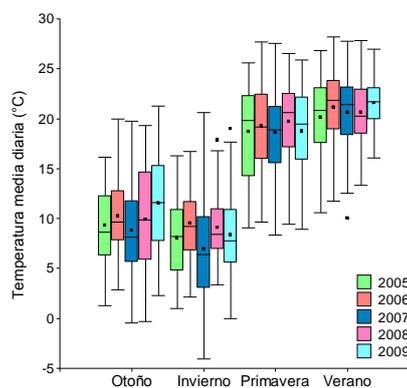


Figura 1. Gráfico de cajas de las temperaturas medias diarias del aire, agrupadas por estación del año, registradas en la Estación Agrometeorológica de la EEA La Consulta INTA entre 2005 y 2009.

El año 2007 fue el que mostró las mayores variaciones; principalmente en invierno. Vale aquí agregar que el mes más frío del año, julio, tuvo en 2007 las marcas medias más bajas de la serie registrada en la EEA La Consulta (1978-2015). Por otro lado, 2006 mostró la situación completamente opuesta: julio tuvo las marcas medias más altas en la misma serie de años. Es decir, que el período estudiado incluye los dos ambientes con inviernos más extremos de los últimos 38 años.

En la Figura 2 se presentan las evoluciones de la acumulación de materia seca en el vástago, para cada clon en los 5 años estudiados. Se destacan *a priori* dos grupos de años en todos los casos: 2005-2006-2008, con cierta anticipación en la evolución y mayor acumulación final de biomasa (mayor

productividad), y 2007-2009, con características opuestas. Contrastando estas observaciones con la Figura 1, la explicación de las diferencias estaría principalmente en las temperaturas invernales.

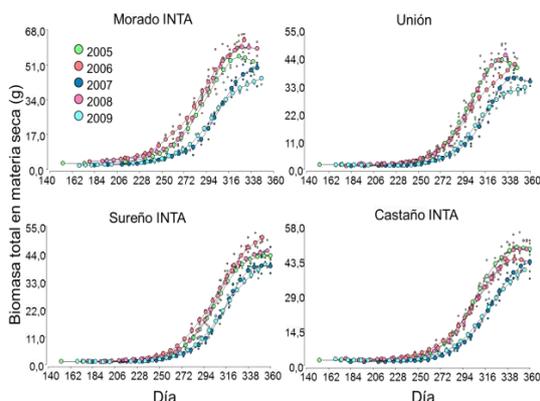


Figura 2. Evolución de la biomasa (materia seca) del vástago de plantas de ajo de cuatro variedades clonales, entre 2005 y 2009 en la EEA La Consulta INTA. ‘Día’ se refiere al día del año, siendo 1 el primero de enero de cada año. Curvas ajustadas por el modelo de regresión localmente ponderada (LOWESS; InfoStat).

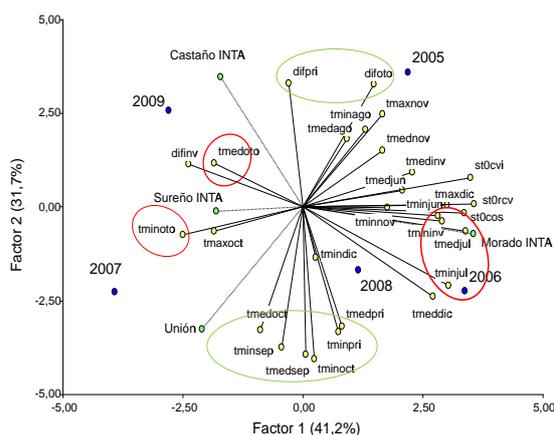


Figura 3. Triplot de la regresión por mínimos cuadrados parciales de covariables ambientales sobre los residuos de un modelo GREG, de los datos de biomasa total acumulada a cosecha de 4 clones de ajo durante 5 años (2005-2009), en La Consulta, Mendoza. Denominaciones que inician con ‘dif’ representan amplitudes térmicas diarias promedio por estación del año.

En la Figura 3 se presenta el triplot obtenido a partir del análisis de MCP. De la proyección sobre el eje 1 del gráfico, para el conjunto de datos considerados en este estudio, puede interpretarse que condiciones de inviernos más cálidos, particularmente con temperaturas mínimas más altas, y que no vengan de otoños cálidos, son las que determinan las interacciones clon-ambiente más importantes. Estas son las condiciones ambientales que caracterizaron al año 2006 que, como se comentó, coincide en ser el que tuvo el invierno con temperaturas más altas de la serie de registros en la EEA La Consulta, y son también las que pueden explicar el mejor desempeño de Morado INTA en ese año. En este sentido, tratándose del clon más precoz

probado, es el que naturalmente consiguió aprovechar mejor las condiciones térmicas de ese año.

Esto último no es un hecho menor a comentar sino un aspecto central a destacar en este trabajo, en el contexto del cambio climático: el incremento de temperaturas invernales registrado en 2006, si bien parece haber sido importante, no impactó negativamente en el cultivo de ajo, sino todo lo contrario. De hecho, en líneas generales, los cuatro clones respondieron de manera positiva a este efecto (Figura 2).

La Figura 3 también muestra que los años 2007 y 2009 tuvieron los inviernos relativamente más fríos. Lógicamente, esto determinó peor respuesta relativa del clon más precoz, pero mejor en los clones más tardíos que habrían escapado al efecto.

De la proyección sobre el eje 2 puede decirse que condiciones relativamente más frescas a principios de primavera, así como de mayor amplitud térmica en otoño y primavera, tuvieron también importancia en determinar interacción clon-ambiente en las condiciones probadas. Esto caracterizó al año 2005, y explicaría el mejor desempeño relativo de Castaño INTA en ese año. En tanto, la condición opuesta a ésta caracterizó a 2008, y sería la más favorable para Unión.

CONCLUSIONES

Para cultivos de ajo en el Valle de Uco, Mendoza (Argentina), las temperaturas invernales resultan ser las principales determinantes de la interacción clon-ambiente, aún entre cultivares con amplia variación en precocidad de cosecha.

Los incrementos extremos de temperatura invernal registrados hasta aquí promueven, antes que limitan, la acumulación de biomasa.

En tanto, condiciones menos extremas en otoño y primavera parecen más favorables para el desempeño de los clones más precoces.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto Regional con Enfoque Territorial MZASJ-1251205. INTA, EEA La Consulta.

REFERENCIAS

- Balzarini, M.G.; Bruno, C.; Arroyo, A. 2005. Análisis de ensayos agrícolas multi-ambientales. Ejemplos con Info-Gen. Brujas, Córdoba. 141 p.
- Burba, J.L. 2008. Los grupos varietales del ajo (*Allium sativum* L.). Contribución para su entendimiento. Horticultura Argentina 27:20-27.
- Pereyra, M. 2013. Panorama de la producción de ajo en la Provincia de Mendoza. En: J.L. Burba (Ed.). 100 Temas sobre Producción de Ajo – Tomo 1: Situación del cultivo de ajo y aspectos socioeconómicos. Ediciones INTA, La Consulta, Mendoza, p 86-100.
- Portela, J.A. 2013. Crecimiento y desarrollo de la planta de ajo. En: J.L. Burba (Ed.). 100 Temas sobre Producción de Ajo – Tomo 3: Bases ecofisiológicas e ingeniería del cultivo de ajo. Ediciones INTA, La Consulta, Mendoza, p 8-35.

LA ACUMULACIÓN NÍVEA EN LA CORDILLERA DE LOS ANDES EN LA REGIÓN DE CUYO, COMO UN INDICADOR CLIMÁTICO DEL FENÓMENO EL NIÑO

Flamenco, E. A¹; De Ruyver, R.¹

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria., Nicolás Repetto y De Los Reseros s/n. Hurlingham, Buenos Aires, CP1686, Argentina.

Contacto: flamenco.eduardo@inta.gov.ar

Palabras clave: ENOS, nieve, pronóstico, forzante

INTRODUCCIÓN

La ocurrencia de episodios El Niño provoca impactos hidro-climáticos en diferentes regiones del planeta. Dichos impactos o teleconexiones tienen una variabilidad espacio temporal que difiere según su ubicación geográfica.

El objetivo de este trabajo destaca la acumulación de nieve en la Cordillera de los Andes en la región de Cuyo y su posible rol como indicador climático asociado al evento El Niño.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos diarios y máximos anuales del equivalente de agua de la nieve (E.A.N.) de las estaciones nivométricas Toscas, Laguna El Diamante y Valle Hermoso de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (Tabla 1). Los datos de temperatura superficial del mar (SST) se obtuvieron del “Climate Diagnostic Center” de la “National Oceanic Atmospheric Administration” (NOAA) (Reynolds y Smith, 1994).

Tabla 1. Listado y ubicación geográfica de las estaciones nivométricas utilizadas de la región de Cuyo en la Cordillera de los Andes.

| Estación | Latitud | Longitud | Registros |
|--------------------|-------------|----------|-----------|
| Toscas | 33° 10' 35" | 69° 56' | 1957-2014 |
| Laguna El Diamante | 34° 10' 50" | 69° 40' | 1956-2014 |
| Valle Hermoso | 35° 08' | 70° 10' | 1952-2014 |

Con el objetivo de identificar cual región oceánica presenta la mayor correlación o teleconexión (Giddings y Soto, 2006) con la acumulación nívica, la Figura 1 muestra las correlaciones entre las SST y el E.A.N. de la estación nivométrica Toscas, para el mes de Junio, previos a la manifestación de El Niño; mapas que fueron obtenidos con el programa ClimLab (Tanco y Berri, 2000) desarrollado en el “International Research Institute” (IRI) del “Lamont-Doherty Observatory” de la Universidad de Columbia (USA). Se eligieron Junio y Setiembre por que son los meses de inicio y finalización de las nevadas en esta región de la cordillera ubicada entre 30° a 37° de latitud Sur. Similar patrón, no mostrado en este artículo, se verifica para las otras estaciones, y con meses posteriores, Julio Agosto y Setiembre.

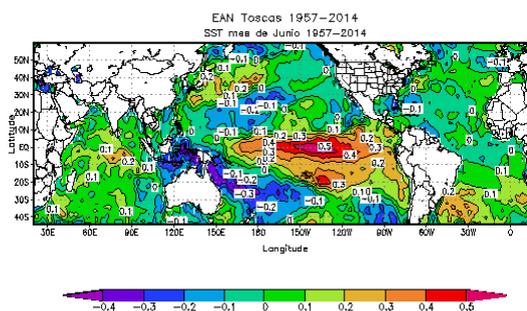


Figura 1. Correlación entre el E.A.N. en Toscas y las SST del mes de Junio.

Se observa que esta región oceánica es la ubicada en el Océano Pacífico Central, donde se encuentra la región Niño 3.4 (170° - 120° W; 5° N - 5° S), que es la zona donde existen pronósticos de diferentes alcances desde el punto de vista temporal (hasta 6 o más meses), siendo éstos los que serán cuestionados si pueden ocurrir o no en función del estado o evolución de las nevadas.

La correlación positiva indica que un calentamiento/enfriamiento del mar está asociado a nevadas por encima/debajo de lo normal. Para determinar la significancia estadística entre el E.A.N. y las SST de la región 3.4, en el cálculo de “r” se ajustaron los grados de libertad en base a la autocorrelación de ambas series temporales. Se consideró la correlación serial de dichas variables, aplicando el t-test sobre los “r” de las regiones oceánicas detectadas reemplazando el número de observaciones con el número efectivo (Neff), calculado como sigue (Slonosky *et al.*, 2000):

$$N_{eff} = N * (1 - |r1 * r2|) / (1 + |r1 * r2|)$$

donde N es el número de observaciones real, r1 y r2 la autorrelación con lag=1 de las series de tiempo de las SST y el E.A.N. Para determinar si los “r” son estadísticamente significativos se aplicó el test basado en la distribución de Student, considerando el Neff.

$$\text{Error estándar de } r = \sqrt{(1-r^2)/(\text{Neff} - 2)}$$

Si el “r” calculado supera el “r” tabulado, que resulta de multiplicar el error estándar por la t-Student con Neff-2 grados de libertad, el coeficiente es significativo en el nivel de significancia tabulado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2 muestra las “r” entre el E.A.N. máximo anual de las 3 estaciones nivométricas y las SST de Junio y Setiembre de la región Niño 3.4, que es el “rc” calculado, en tanto la correlación calculada en base a Neff es el “rt” tabulado. En todos los casos se observa que el “rc” calculado es mayor al “rt” y la fuerza de la relación se indica en la columna Nivel de significancia.

Tabla 2. Correlación entre SST región Niño 3.4 y E.A.N. Entre paréntesis se indica el mes de las SST con el que se calculó “r”.

| Estación | N | Neff | rc | rt | Nivel de significancia [%] |
|------------------------|----|------|------|------|----------------------------|
| Toscas (6) | 58 | 58 | 0.51 | 0.40 | 99.9 |
| Toscas (9) | 58 | 56 | 0.51 | 0.41 | 99.9 |
| Laguna El Diamante (6) | 59 | 59 | 0.58 | 0.38 | 99.9 |
| Laguna El Diamante (9) | 59 | 57 | 0.58 | 0.38 | 99.9 |
| Valle Hermoso (6) | 63 | 63 | 0.41 | 0.40 | 99.9 |
| Valle Hermoso (9) | 63 | 60 | 0.41 | 0.41 | 99.9 |

El Gráfico 1 ilustra la evolución diaria de acumulación y fusión nival desde 1990 que es cuando se dispone de datos diarios, en años Niño. Se observa que en casi todos los años las nevadas desde su fase inicial son normales o encima de lo normal, y los pronósticos de El Niño acompañaron este tipo de régimen nival. Un centro de la NOAA pronosticó El Niño para los años 2012/13 y 2014/15, sin embargo en ambos casos, durante el transcurso del invierno anterior se observaba que las nevadas se ubicaban muy por debajo de lo normal. Surge así válida una inferencia que deberá verificarse con futuros escenarios. Por lo tanto cuando las nevadas durante el invierno son por debajo de lo normal, resulta poco probable la ocurrencia de episodio El Niño en el verano siguiente.

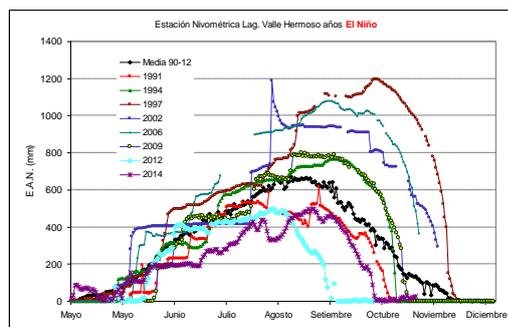


Gráfico 1. E.A.N. diario en la estación Valle Hermoso.

CONCLUSIONES

Se observa desde 1990 que cuando el E.A.N. a lo largo de la temporada invernal acumula valores normales o superiores a los normales en la región de Cuyo de la Cordillera de los Andes, dichos inviernos antecedieron a un evento El Niño, el cual se manifestó en el verano inmediato posterior.

Por el contrario, una acumulación nívea por debajo de lo normal y, que en el transcurso del invierno prolonga la situación deficitaria de acumulación hacia Agosto y Setiembre, últimos meses de nevadas, sería indicador de una poco probable ocurrencia del fenómeno El Niño en el verano austral siguiente.

Se analizaron dos temporadas, 2012/13 y 2014/15 donde la mayoría de los centros de pronósticos mundiales, como el NCEP y ECMWF, desde Marzo-Abril del 2012 y 2014, respectivamente, pronosticaban El Niño; en el 2012 no se produjo. El evento pronosticado del 2014/15 sólo ha mostrado un débil calentamiento, por lo que no pudo caracterizarse como El Niño.

La finalidad de este artículo es mostrar la base metodológica, y dado que los pronósticos de El Niño continuarán, tendremos la oportunidad de continuar con la verificación de la hipótesis planteada, es decir, *“que cuando desde Mayo y hasta Agosto o Setiembre se registran acumulaciones níveas por debajo de lo normal, existe una mayor probabilidad de no ocurrencia de un evento el Niño, al menos durante la temporada estival siguiente.”*

REFERENCIAS

- Giddings L.; Soto M. 2006. Teleconexiones y precipitaciones en América del Sur. Revista de Climatología, Vol. 6, 13-20
- Reynolds R; Smith T. 1994. Improved global sea surface temperature analysis using optimum interpolation. J. Climate, 7, 929-948.
- Slonosky V; Jones P.; Davies T. 2000. Variability of the surface atmospheric circulation over Europe 1774-1995. International Journal of Climatology, 20, 1875-1897.
- Tanco R.; Berri G. 2000. CLIMLAB2000, Versión 1.1.0, A Statistical Software Package for Climate Applications. IRI for Climate Prediction, LDEO, Palisades, N.Y., 10964 USA.