

Variabilidad climática de la precipitación, temperatura y de sus eventos extremos en el sur de Santa Fe

Anibalini, V.; Dickie, M. J.; Gastaudó, J. y Coronel, A.

RESUMEN

La variabilidad climática en distintas escalas temporales (largo plazo, interdecadal e interanual) de las precipitaciones, de la temperatura y de sus eventos extremos son determinantes en la producción agropecuaria de la región sur de Santa Fe, provocando daños económicos y sociales. En este contexto, este estudio buscó establecer los índices de extremos climáticos de precipitación y temperatura en el sur de Santa Fe, y determinar su variabilidad a largo plazo, interdecadal e interanual. Para ello, se determinaron series de precipitación anual y temperatura media anual de la localidad bajo estudio (Zavalla). Se establecieron índices de extremos de precipitación y temperatura. Se determinó un aumento significativo del calentamiento y una disminución de los días con precipitación a largo plazo. La precipitación anual mostró una tendencia a la disminución, contraria a la hallada a nivel regional, lo que podría explicarse por la sensibilidad diferencial de las escalas de trabajo. Se encontró que la variabilidad interdecadal de los días consecutivos con precipitación y el número de olas de calor es significativa. En todas las variables e índices analizados la variabilidad interanual resultó la más importante, la cual estaría limitando la obtención de los rendimientos potenciales de los cultivos en la zona de influencia del área bajo estudio.

Palabras clave: tendencia; décadas; extremos hídricos; extremos térmicos

Anibalini, V.; Dickie, M. J.; Gastaudó, J. and Coronel, A., 2022. Climate variability of precipitation, temperature and their extreme events in the south of Santa Fe. RADA XIII: 23-29

SUMMARY

Climate variability on different time scales (long-term, interdecadal and interannual) of precipitations, temperatures and climate extremes are determinants in agricultural production in southern Santa Fe. This variability causes economic and social damage. In this context, our aim was to establish the climatic extreme precipitation and temperature indexes in southern Santa Fe, and determine their long-term, interdecadal and interannual variability. Precipitation and temperature series for Zavalla were identified. Extreme precipitation and temperature indexes were established. Long-term warming

increased significantly and wet days' decrease. Annual precipitation showed decreasing trend, opposite that found at regional level, explained by the differential sensitivity of the work scales. Interdecadal variability on consecutive wet days and heatwaves was significant. In every variable and indexes studied the interannual variability was the most important. This could limit crop yields in the study region.

Key words: trends; decade; extreme precipitation; extreme temperature

Anibalini, V. y Gastaud, J.: Cátedra de Climatología. Facultad de Cs. Agrarias-UNR. Campo Experimental Villarino, CC N° 14. (S2125ZAA) Zavalla – Santa Fe. Argentina. Dickie, M. J.: Cátedra de Climatología. Facultad de Cs. Agrarias-UNR. Campo Experimental Villarino. INTA Cañada de Gómez. Lavalle 1466. (2500) Cañada de Gómez-Santa Fe. Argentina. Coronel, A. Cátedra de Climatología. Facultad de Cs. Agrarias-UNR. Campo Experimental Villarino. Instituto de Investigaciones en Ciencias Agrarias de Rosario (IICAR) (CONICET-UNR). Campo Experimental Villarino, CC N° 14. (S2125ZAA) Zavalla – Santa Fe. Argentina. Correspondencia a: coronel8@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Hace décadas que se observa una tendencia al incremento de los eventos extremos en el tiempo y clima del mundo, producto del calentamiento global (Westra *et al.*, 2013). Particularmente en el centro de Argentina, el clima tiende a condiciones más cálidas y húmedas, aumentando la magnitud y frecuencia de temperaturas extremas y lluvias intensas (Cavalcanti *et al.*, 2015; Müller *et al.*, 2021). Estos eventos han causado grandes pérdidas económicas en el sector agrícola-ganadero, consecuencia de las inundaciones. Pero también la falta de precipitaciones (P), es un evento extremo que provoca estaciones de sequía prolongadas causando grandes daños económicos y sociales. En la región pampeana, la mayor parte de los sistemas de producción agrícola no incluyen irrigación, con lo cual la precipitación se convierte en un elemento decisivo de lo que allí ocurrirá. Es así que determinar la variabilidad de baja frecuencia de las P a través de distintos índices climáticos resulta importante para comprender más acabadamente la ocurrencia de eventos extremos en una región o localidad determinada. Además, el crecimiento de los días tropicales (DT) y las olas de calor (OC) también provocan grandes daños económicos y sociales (Moreno *et al.*, 2020).

Cabe destacar que estos eventos no sólo presentan tendencias a largo plazo, sino que también fluctúan en distintas escalas temporales, por ejemplo: variabilidad interanual, variabilidad interdecadal.

Para Argentina, diversos trabajos muestran

que estas fluctuaciones son reflejadas en las distintas variables atmosféricas, como la cantidad de precipitación, la intensidad de precipitación, la temperatura, la evapotranspiración, como así también en la ocurrencia de fenómenos extremos (Forte Lay *et al.*, 2008; Tencer, 2010; Coronel *et al.*, 2012). Asimismo, la variabilidad climática es la causa principal de la variación de la producción agrícola de un año a otro (Travasso *et al.*, 2009; Fernández Long *et al.*, 2011; Jozami *et al.*, 2018).

Por lo tanto, en Zavalla, sur de Santa Fe, donde la producción se realiza bajo condiciones de secano y siendo zona de vulnerabilidad climática frente al cambio climático es importante caracterizar los indicadores basados en P y temperatura (T). Definir su variabilidad se torna relevante ante un escenario de calentamiento global, dado el efecto que estas variables tienen sobre la salud humana, los sistemas productivos y naturales.

Los objetivos fueron establecer los índices de extremos climáticos de P y T en el sur de Santa Fe, y determinar su variabilidad a largo plazo, interdecadal e interanual.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la localidad de Zavalla ubicada a 33°01'S y 60°53'O, a una altitud de 50 m sobre el nivel del mar, sur de la provincia de Santa Fe (Argentina) (Figura 1). Se ubica en el centro de la región agrícola de Argentina. Para el período de análisis (1973-2020), la temperatura media anual es de 17°C, su régimen de precipitaciones es semi-monzónico, no contando con estaciones

secas marcadas a lo largo del año, con una P anual que varía entre 511 a 1378 mm a lo largo del período, siendo la P media anual de 966 mm. La serie temporal analizada abarca desde el 1 de enero de 1973 al 31 de diciembre del 2020. Los datos diarios de P, temperatura máxima (TM) y temperatura media (Tm), se obtuvieron de la estación agrometeorológica de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNR, perteneciente a la red del SMN y de INTA, ubicada en la localidad en estudio.

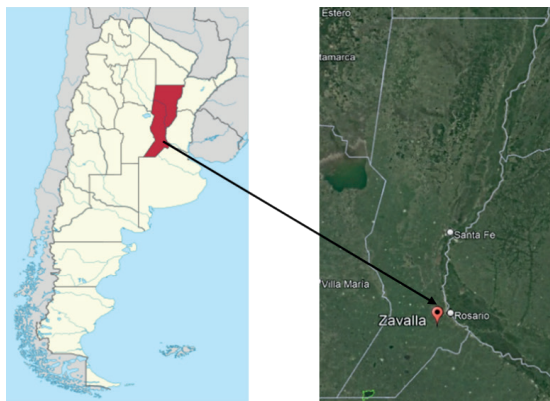


Figura 1. Ubicación geográfica de la localidad de Zavalla

Se determinaron las series de precipitaciones anuales (P_a) y de temperaturas medias anuales (T_{ma}) y las series anuales de los siguientes índices extremos:

P1d: valor máximo de P diaria para cada año

TDh: número total anual de días húmedos ($P \geq 1$ mm)

ISId: índice simple de intensidad diaria

Este índice se determina para cada año:

$$ISId = P_a / TDh$$

Ds: número máximo anual de días secos consecutivos (día seco $P < 1$ mm)

Dh: número máximo anual de días húmedos consecutivos (día húmedo $P \geq 1$ mm)

DT (días tropicales): cantidad total anual de días con temperatura máxima $\geq 30^\circ\text{C}$ (MeteoSwiss)

OC (ola de calor): cantidad total anual de olas de calor. Se define como ola de calor: temperaturas máximas \geq al percentil 90 del semestre cálido (octubre-marzo) de la serie 1973-2020, durante al menos 3 días consecutivos (SMN). El percentil 90 toma un valor de $33,1^\circ\text{C}$.

Con el fin de garantizar OC independientes, dado que una misma masa de aire puede persistir por varios días, se estableció que entre dos períodos consecutivos los mismos estuvieran separados al menos por tres días entre sí (Coronel

et al., 2006; Dickie y Coronel, 2020).

Para cada una de estas variables se determinaron: a) los valores estadísticos básicos: promedio, desviación estándar, máximo y mínimo; b) la tendencia lineal a largo plazo a través de mínimos cuadrados; c) se dividieron las series de temperatura media anual y precipitación anual, y de los índices extremos en las siguientes décadas: 1973-1980 (d1), 1981-1990 (d2), 1991-2000 (d3), 2001-2010 (d4), 2011-2020 (d5). Se evaluó si las décadas pertenecen a la misma población con el test de Kruskal-Wallis, y a su vez se calcularon los parámetros estadísticos básicos para cada década (promedio, mediana, cuartiles, límites de confianza 5 y 95%). d) la variabilidad interdecadal mediante el suavizado por regresión local Lowess (Cleveland, 1979). Para calcular la componente de mediano plazo o decadal se requiere un filtro de longitud mayor a los períodos característicos del fenómeno de El Niño-Oscilación Sur (ENOS), lo cuáles varían entre dos y ocho años. Por lo tanto, se probó distintos anchos de ventana en el suavizado Lowess. En esta metodología el ancho de ventana varía entre 0 y 1, y dicho valor está relacionado con el número de datos vecinos tomados para obtener la regresión local para cada valor de la nueva serie. El valor definido fue 0,2, o sea cada dato de la serie suavizada se calculó con un 20% del total de los datos (48 datos), lo que significa 10 datos vecinos. Este valor es acorde a la ventana utilizada al aplicar otras metodologías, como promedios móviles pesados de 11 años, utilizados entre otros por Penalba y Vargas (2004). e) La variabilidad interanual: a la serie original se le resta la tendencia y la serie suavizada por Lowess.

En el análisis de la variabilidad interanual, dado que los valores de P_a son de distinto orden de magnitud al resto de las variables, se estandarizaron las series interanuales dividiendo cada valor por el valor medio de la variable y se multiplicó por 100, a fin de expresar los cambios en porcentaje.

La varianza explicada por cada uno de los componentes de la variabilidad se determina como el cociente: entre la varianza de la tendencia lineal y la varianza de la serie original (tendencia a largo plazo), entre la varianza del suavizado lowess y de la serie original (interdecadal), y por último para la variabilidad interanual el cociente entre la varianza de la serie original-tendencia-suavizado y la de la serie original (Caorsi *et al.*, 2018). En el caso de la tendencia a largo plazo coincide con el coeficiente de determinación R^2 , ya que son variables ortogonales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra los parámetros estadísticos de las variables e índices de eventos extremos para Zavalla, para el período 1973-2020.

Tendencia a largo plazo

Las variables e indicadores de eventos extremos que presentan tendencias lineales significativas durante el período de análisis son: TDh, Tma y DT. En el caso de TDh se observa un decrecimiento de los días con P (3,6 días en 10 años), mientras que para Tma y DT un significativo aumento (0,2°C en 10 años y 5,5 días en 10 años, respectivamente) (Tabla 2.). El decrecimiento de TDh, no alcanza para definir un aumento significativo en ISId. La variabilidad explicada por la tendencia lineal en estas variables oscila entre un 27 y 29%.

Si bien la Pa muestra un leve decrecimiento de 1973 al 2020, el mismo no es significativo. Sin embargo, en Rosario, localidad situada a 30 km de Zavalla, se observa un comportamiento diferente ya que la Pa aumenta en forma sostenida a partir de principios del siglo XX (Müller y Lovino, 2019), al igual que en otros sitios de la región pampeana (Müller *et al.*, 2021). Hay que tener en cuenta que las tendencias son sensibles al período de información analizado, en el caso de Zavalla el lapso de tiempo es menor ya que comienza su funcionamiento en 1973, mientras que los otros estudios toman como inicio 1911, 1960 ya que toman como base la estación Rosario Aero. Por otro lado, la P es la variable que presenta mayor

variabilidad espacial y temporal.

Tanto en Zavalla como en Rosario (Müller y Lovino, 2019) los Ds tienden a aumentar y por el contrario los Dh a una disminución. Si bien en Zavalla estas tendencias no son estadísticamente significativas.

Las tendencias positivas de la Tma y de los índices extremos DT y OC son consistentes con el calentamiento regional asociado al Cambio Climático. Lo encontrado para Tma es coincidente con lo expresado para la región húmeda en la Tercera Comunicación de Cambio Climático (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2015), por Brendel (2020) y Müller y Lovino (2019) para Rosario. Müller y Lovino (2019) expresan que el mayor aumento de la Tma en Rosario ocurre a partir de la década del 70, período en el que comienza este estudio.

Así mismo, Feron *et al.* (2019) postulan que se espera según distintas proyecciones de modelos climáticos que las OC se dupliquen en América del Sur y las temperaturas extremas aumenten.

Series decádicas

Las variables e indicadores que presentan diferencias significativas entre las décadas analizadas son TDh, Tma y DT, las mismas que presentaron tendencias significativas a largo plazo (Tabla 2. y Tabla 3.).

El comportamiento decadal de estas variables puede observarse en la Figura 2. TDh muestra una disminución continua de su valor medio a través

Tabla 1. Promedio (Prom), desviación estándar (DS), valores máximos (Máx) y mínimos (Mín) de cada variable e índice

	Pa(mm)	P1d(mm)	TDh	ISId(mm/día)	Ds	Dh	Tma(°C)	DT	OC
Prom	966,3	90,2	62	15,6	39	4	17,1	61	2
DS	200,0	28,5	10	2,7	13	1	0,5	14	1
Máx	1378,1	185,2	85	23,4	83	7	18,1	106	5
Mín	510,6	47,5	43	10,4	19	2	15,7	34	0

Tabla 2. Coeficiente de regresión (R², %), pendientes (a) y su correspondiente valor de probabilidad (p) de las tendencias lineales de cada variable analizada

	Pa	P1d	ISId	TDh	Ds	Dh	Tma	DT	OC
R ²	3	0,5	4	27	5	1	27	29	5
a	-2,5	-0,14	0,04	-0,36	0,20	-0,01	0,02	0,55	0,02
p	0,24	0,65	0,18	0,0002	0,13	0,49	0,0002	0,0001	0,14

Tabla 3. Valores de Kruskal-Wallis (H) y su probabilidad (p) para todas las variables

	Pa	P1d	ISId	TDh	Ds	Dh	Tma	DT	OC
H	1,11	0,93	2,51	10,7	2,49	3,23	14,16	14,45	8,55
p	0,89	0,92	0,64	0,03	0,65	0,46	0,007	0,006	0,06

de las décadas, como así también en la mediana y en los valores máximos. En cuanto al valor mínimo, en términos generales disminuye, presentando una discontinuidad entre las décadas d3 (1991-2000) y d4 (2001-2010). Por el contrario, Tma y DT presentan una tendencia de aumento entre las décadas. La única variable que presenta un valor atípico, por debajo del límite de confianza del 5%, es Tma en la década d4, cuyo valor es 16,2°C y corresponde al valor anual del año 2007. El valor mínimo de todo el período de esta variable es 15,7°C (Tabla 1.), corresponde al año 1976, sin embargo, no es un valor atípico para la respectiva década (d1).

Los valores de tendencia encontrados para el número de DT y OC son coincidentes con lo expresado por Arguez *et al.* (2020) donde se postula que las tendencias anuales si bien son al alza, pueden ser con un nivel de significancia bajo, pero al analizarlas a nivel de década la tendencia se mantiene y la significancia aumenta considerablemente.

Variabilidad interdecadal

La varianza explicada por la variabilidad interdecadal varía entre 6 y 20%, tomando los mayores valores para Dh y OC (Tabla 4.; Figura 3). Por lo tanto, el número consecutivo de días húmedos y las olas de calor en Zavalla son los

índices que presentan mayor relación con las oscilaciones de frecuencia menores a 10 años, dentro de las cuales se encuentra el fenómeno ENOS.

La variabilidad interdecadal contribuye en forma positiva a partir del año 2015, resultando mayores Dh y OC (Figura 3.). Es esperable que Dh aumente durante la fase cálida del ENOS, principalmente durante el semestre cálido.

Variabilidad interanual

Por último, la varianza explicada por la variabilidad interanual también se muestra en la Tabla 4. Esta variabilidad es la más importante en todas las variables e índices analizados.

Con el fin de analizar la importancia de los valores de la variabilidad interanual en la Figura 4 se muestra para cada variable estandarizada e índice sus estadísticos básicos (promedio, mediana, cuartiles, máximos y mínimos).

Se destaca la diferencia en la variabilidad interanual de la Pa respecto a Tma, ya que para Pa el máximo (mínimo) valor puede estar hasta un 50% por arriba (debajo) de la media del período analizado, mientras que para Tma los cambios pueden llegar como máximo a un 5%.

Asimismo, se observa la ocurrencia de valores atípicos en índices con la variable precipitación

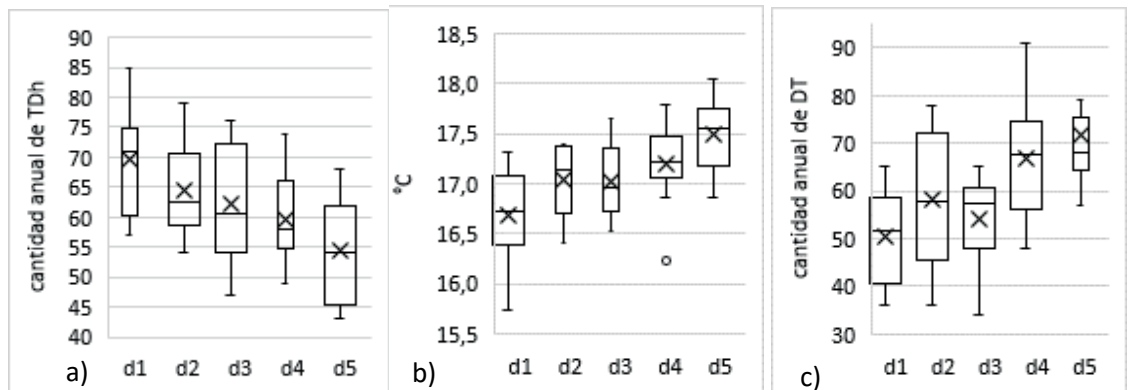


Figura 2. Box plot de las variables que muestran diferencias entre décadas: a) TDh; b) Tma; c) DT. Referencias: límite inferior caja: 25%; límite superior: 75%, línea recta dentro de la caja: 50%, cruz: promedio, límite inferior de la recta: 5%, límite superior: 95%; puntos: valor atípico.

Tabla 4. Varianza explicada por la variabilidad interdecadal e interanual en %

	Pa	P1d	ISId	TDh	Ds	Dh	Tma	DT	OC
Decadal	6	6	8	5	7	17	7	8	20
Interanual	85	89	87	62	78	69	64	56	70

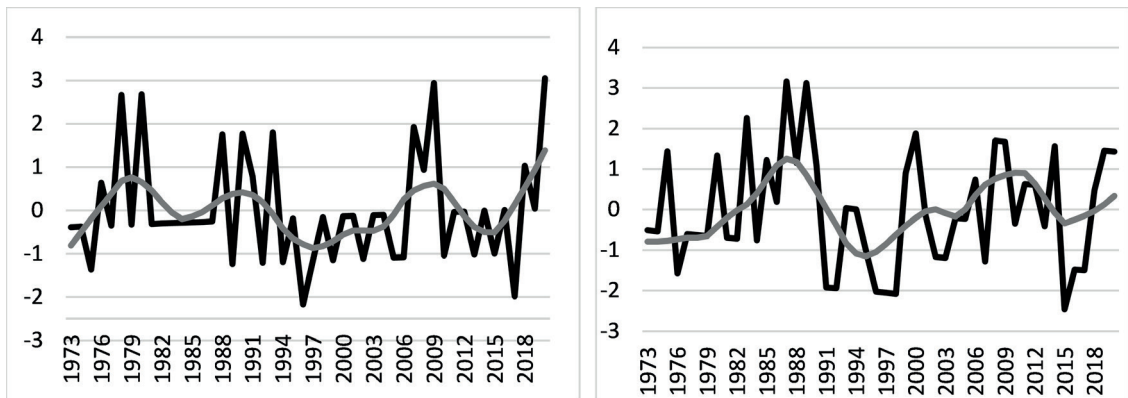


Figura 3. Izquierda: Dh sin tendencia lineal (negra) y variabilidad interdecadal (gris). Derecha: OC sin tendencia lineal (negra) y variabilidad interdecadal (gris).

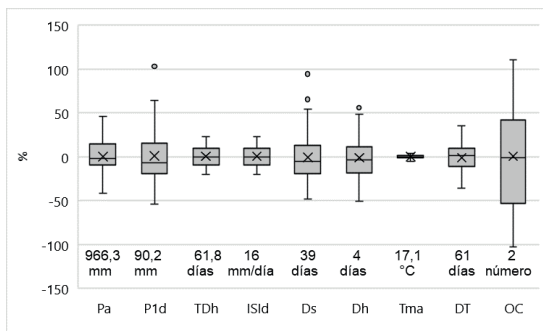


Figura 4. Box plot de la variabilidad interanual de las variables e índices. Se incluye los valores medios de cada una de las variables e índices. Referencias: límite inferior caja: 25%; límite superior: 75%, línea recta dentro de la caja: 50%, cruz: promedio, límite inferior de la recta: 5%, límite superior: 95%; puntos: valor atípico.

(P1d, Ds y Dh), en tanto con los índices relacionados a la temperatura no se presentan valores atípicos.

Que la variabilidad interanual sea la más importante en explicar las varianzas de las series, muestra un escenario de incertidumbre debido a los impactos que generan en la salud humana, la actividad agropecuaria, el sector energético, entre otros (Brendel, 2020).

Los cambios en la Pa, que también se destacan en los índices asociados, muestra la chance de ocurrencia de excesos o déficit de precipitación, que tendrán su consecuencia en forma contundente en el sector agropecuario, principalmente si los mismos ocurren en la época de mayor precipitación (semestre cálido) y en particular en los períodos críticos de los cultivos (Dickie y Coronel, 2018; Jozami *et al.*, 2018).

Si bien los cambios de la Tma son pequeños, DT y OC presentan mayor variabilidad interanual alrededor de la media. Según Confalone *et al.* (2017), cuando se considera la ocurrencia de

OC junto a una situación de deficiencia hídrica puede ocasionar una merma significativa en los rendimientos de los cultivos de maíz y soja, en condiciones de secano.

CONCLUSIONES

En la zona de estudio, sur de Santa Fe, la variabilidad interanual es la más importante en todas las variables e índices analizados. En este escenario surge la necesidad de la gestión del riesgo climático, ya que la variabilidad interanual de las precipitaciones y de la temperatura condicionan los rendimientos de los principales cultivos de la región, y expone a la sociedad a mayores riesgos de inundaciones, sequías y olas de calor.

Además, se determinó a largo plazo un aumento significativo del calentamiento y una disminución de los días con precipitación. Resulta relevante tomar medidas que disminuyan la liberación de gases de efecto invernadero, especialmente en la actividad agropecuaria, ya que es la principal actividad productiva de la región.

Es importante en este contexto, el seguimiento de los pronósticos y proyecciones climáticas con el fin de tomar decisiones con el objetivo de planificar y orientar las actividades económicas con una visión de sustentabilidad ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

- Arguez, A.; S. Hurley, A. Inamdar, L. Mahoney, A. Sanchez-Lugo and L. Yang, 2020. Should We Expect Each Year in the Next Decade (2019–28) to Be Ranked among the Top 10 Warmest Years Globally? *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 101: E655–E663.

- Brendel, A.S., 2020. Tendencias y anomalías termopluviométricas actuales y futuras de una cuenca hidrográfica de la Región Pampeana Argentina: un análisis orientado a reducir los impactos socioambientales. *Geografía Digital* 17(34):30–45.
- Caorsi, M.; G. Cruz, R. Terra y L. Astigarraga, 2018. Variación de la precipitación y la ocurrencia de sequías en la cuenca lechera del SW del Uruguay en el período 1939 - 2011. *Agrociencia (Uruguay)* 22(1):116–123.
- Cavalcanti, I.F.A.; A.F. Carril, O.C. Penalba, A.M. Grimm, C.G. Menéndez, E. Sanchez, A. Chechi, A. Sörensson, F. Robledo y J. Rivera, 2015. Precipitation extremes over La Plata Basin—review and new results from observations and climate simulations. *J. Hydrol.* 523:211–230.
- Cleveland, W.S., 1979. Robust Locally weighted Regression and Smoothing Scatterplots. *American Statistical Association* 74:829–836.
- Confalone, A.; C.A. Vilatte, L.M. Aguas, M.S. Barufaldi, M.F. Eseiza and G.D. Ponce, 2017. Efecto biofísico del cambio climático en el rendimiento de cultivos de verano. *Cuban J. Agric. Sci.*51(2):249–25.
- Coronel, A.; S. Bischoff y M. Lara, 2006. Estructura vertical, temporal y espacial de las masas de aire extremas en la República Argentina en invierno. *Meteorológica* 31(1 y 2):37–48.
- Coronel, A.; O. Sacchi y M. Costanzo, 2012. Variabilidad climática de los componentes del balance hídrico seriado en el sur de Santa Fe. *Ciencias Agronómicas* 19:7–11.
- Dickie, M. y A. Coronel. 2018. Relación estadística entre los rendimientos de maíz y la ocurrencia de deficiencias hídricas en el Depto. Rosario. *Ciencias Agronómicas* 31:017–024.
- Dickie, M. y A. Coronel, 2020. Masas de aire y patrones de circulación asociados a la ocurrencia de deficiencias hídricas severas durante el período crítico de maíz. *RIA* 46(3):371–378.
- Feron, S.; R.R. Cordero, A. Damiani, P.J. Llanillo, J. Jorquera, E. Sepúlveda, V. Asencio, D. Laroze, F. Labbe, J. Carrasco and G. Torres, 2019. Observations and Projections of Heat Waves in South America. *Sci Rep* 9, 8173 pp.
- Fernández Long, M.E.; L. Spescha, R. Hurtado y G.M. Murphy, 2011. Impacto del ENOS sobre los rendimientos de maíz en la región pampeana argentina. *Agriscientia* 28: 31–38.
- Forte Lay, J; O. Scarpati y A. Capriolo, 2008. Variabilidad de las precipitaciones y contenido de agua en el suelo de la Planicie Pampeana (Argentina). *Geofísica internacional* 47 (4): 341–354.
- Jozami, E.; E. Montero Bulacio and A. Coronel, 2018. The effect of the Oceanic Niño Index in corn yield at the central region of Argentina. *Int. Journal of Climatology* 38(1):1–12.
- Moreno, J.M.; C. Laguna-Defior; V. Barros; E. Calvo Buendía; J.A. Marengo y Ú. Oswald Spring (eds.), 2020. Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos – Informe RIOCCADAPT. McGraw-Hill, Madrid, España, 716 pp.
- Müller, G.V. y A.M. Lovino, 2019. Servicio a terceros: Variabilidad climática, eventos extremos y escenarios climáticos futuros en la ciudad de Rosario. Centro de Estudios de Variabilidad y Cambio Climático (CEVARCAM) – FICH – UNL. Santa Fe, Argentina, 49 pp.
- Müller, G.V.; A.M. Lovino and L.C. Sgroi, 2021. Observed and Projected Changes in Temperature and Precipitation in the Core Crop Region of the Humid Pampa, Argentina. *Climate* 9:1–24.
- Penalba O. and W. Vargas, 2004. Interdecadal and interannual variations of annual and extreme precipitation over central-northeastern argentina. *I. J. Climatol.* 24:1565–1580.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2015. Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. “Cambio Climático en Argentina; Tendencias y Proyecciones” (Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera). Buenos Aires, Argentina. 264 pp.
- Tencer, B., 2010. Variabilidad de los eventos extremos de temperatura observados y modelados en el sudeste de Sudamérica, y sus proyecciones ante un escenario de cambio climático. Tesis doctoral FCEyN-UBA, 206 pp.
- Travasso. M.I.; G.O. Magrin, O. Grondona and G.R. Rodríguez, 2009. The use of SST and SOI anomalies as indicators of crop yield variability. *Int.J. Climatol.* 29(1): 23–29.
- Westra, S.; LV. Alexander and F.W. Zwiers, 2013. Global Increasing Trends in Annual Maximum Daily Precipitation. *J. Clim.* 26: 3904–3918.
- <https://www.meteosuisse.admin.ch/home/climat/changement-climatique-suisse/jours-tropicaux-jours-de-gel-et-autres-indicateurs-climatiques.html> (Consultada el 27/05/2022).
- <https://www.smn.gov.ar/estadisticas> (Consultada el 01/06/2022).