

# Indices de cambio climático en Anguil: tendencias del periodo 1961-2016

Belmonte, M.L.

## RESUMEN

Durante las últimas décadas se han observado cambios climáticos en Sudamérica, con mayor frecuencia de eventos extremos, aumento de noches cálidas y disminución de noches frías. En la región central argentina disminuyeron los días con heladas y la precipitación tiende al aumento. Este trabajo tuvo como objetivo analizar tendencias anuales y estacionales de temperatura y precipitación, a partir de índices de cambio climático propuestos por la Organización Meteorológica Mundial, utilizando datos diarios de Anguil en la región central de la Argentina. En el periodo evaluado (1961/2016) se hallaron tendencias anuales positivas en la cantidad de noches cálidas y tropicales, periodos calientes, temperatura mínima diaria, días con lluvia más intensa y cantidad de precipitación anual. Tendencias negativas se encontraron en cantidad de días con heladas y noches frías, en amplitud térmica diaria, y en cantidad de días secos consecutivos. Características que han sido atribuidas al cambio climático como el incremento de temperatura, cambios en los comportamientos de las precipitaciones e incremento de eventos extremos, han sido encontradas en este trabajo. Deberán continuarse los análisis con series temporales más largas. Trabajos posteriores deberán evaluar cómo estos cambios inciden de manera positiva o negativa en el ciclo de los cultivos de la región.

**Palabras Clave:** temperatura, precipitación, eventos extremos

Belmonte, M.L. 2017. Thermal and pluviometric indicators of climate change in Anguil: trends of the period 1961-2016 RADA VIII:

## SUMMARY

During the last decades, climatic changes have been observed in South America, with more frequent extreme events, increase of warm nights and decrease of cold nights. In the central Argentine region the days with frost diminished and the precipitation tends to increase. The objective of this work was to analyze annual and seasonal temperature and precipitation trends, based on climate change indexes proposed by the World Meteorological Organization, using daily data from Anguil in the central region of Argentina. In the period evaluated (1961/2016), there were positive annual trends in the number of warm and tropical nights, hot periods, minimum daily temperature, days with more intense rainfall and amount of annual precipitation. Negative trends were found in number of days with frost and cold nights, in daily thermal

amplitude, and in number of consecutive dry days. Characteristics that have been attributed to climate change, such as temperature increase, changes in precipitation behavior and increase in extreme events, have been found in this work. Analyzes with longer time series should be continued. Further work should assess how these changes have a positive or negative impact on the crop cycle in the region.

**Key words:** temperature, precipitation, extreme events

*M.L. Belmonte, Estación Experimental Agropecuaria (EEA) del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Anguil (6326), La Pampa, Argentina. Correspondencia a: belmonte.maria@inta.gob.ar*

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe un amplio consenso científico de que el cambio climático (CC) es un hecho inequívoco. Las investigaciones también señalan una tendencia creciente en la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos extremos en los últimos cincuenta años y se considera probable que las altas temperaturas, olas de calor y fuertes precipitaciones, continuarán siendo más frecuentes en el futuro (Field, 2014). Durante las últimas décadas en América Latina se han observado importantes cambios en la precipitación y aumentos en la temperatura. En el sur de Sudamérica y en la Argentina en particular, se evidencian aumentos significativos en la ocurrencia de noches cálidas y disminución de noches frías, condiciones que determinan un aumento en la temperatura mínima (Vincent *et al.*, 2005), en coincidencia con estudios más globales en más regiones del mundo como Alexander *et al.*, (2006) o Caesar *et al.*, (2006), lo cual modificó la amplitud térmica, con tendencia a la disminución de la misma (Vose *et al.*, 2005). Del informe sobre los estudios de los cambios climáticos observados en Argentina que se realizó para la tercera comunicación a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre CC, se desprende que el número de noches cálidas aumentó en forma estadísticamente significativa en el norte y este del país. Disminuyó en Cuyo y Patagonia, aunque en estas dos regiones, o bien los casos han sido muy escasos o la disminución fue muy pequeña (Agosta y Barrucand, 2012). Las olas de calor aumentaron en el este y norte del país (Rusticucci *et al.*, 2014). En análisis estacionales y con respecto a los meses del semestre frío (abril a sep-

tiembre) se destaca un aumento en la frecuencia de noches cálidas, excepto en julio que presenta una tendencia negativa en el centro-este del país (Barrucand, 2008). En análisis a nivel regional, Fernández Long *et al.*, (2012) estudiaron la evolución temporal de las temperaturas máximas y mínimas en distintas localidades de las provincias San Luis, Santiago del Estero, Córdoba y La Pampa en el periodo 1940-2007. Estos autores encontraron que regionalmente la temperatura máxima tiende a la disminución mientras que la temperatura mínima va en aumento. Esta evolución temporal no es tan evidente cuando se analizan las series a partir de 1975. En este sentido, el trabajo de Barrucand y Rusticucci (2001) mostró que en la mayoría de las estaciones estudiadas ubicadas en la región Centro, hubo una importante disminución de la frecuencia de temperaturas mínimas frías de verano desde fines de la década del 70, seguido posteriormente con un aumento de la frecuencia de temperaturas máximas cálidas en el invierno. Vargas *et al.*, (2006) analizaron las tendencias de temperaturas diarias extremas de las estaciones Santa Rosa (La Pampa), Pilar (Córdoba) y San Miguel de Tucumán en el periodo 1960-2000; la temperatura mínima tuvo un incremento en el promedio anual mientras que la temperatura máxima registró un enfriamiento significativo en ese período. En la Región Centro del país hubo una disminución progresiva de la cantidad de días con heladas. La zona oeste de esta región es la que tuvo mayor disminución en relación al resto del área. En el periodo 1960-2010 la precipitación aumentó en casi todo el país. Los incrementos de más de 100 mm en algunas zonas semiáridas tuvieron un efecto importante en el proceso de agriculturización de esas zonas (Castañe-

da y Barros 1994; Barros *et al.*, 2000; Barros *et al.*, 2008; Doyle *et al.*, 2012) y también han cambiado sus características productivas, frente a una mayor ocurrencia de lluvias más intensas (Re y Barros, 2009, Peñalba y Robledo, 2010). Asimismo y para la región Centro de Argentina, Barros *et al.*, (2000) describieron los cambios en la precipitación anual, identificando un desplazamiento de la isoyeta de 600 mm hacia el oeste en 100 a 200 kilómetros en la mayor parte de la región durante la segunda mitad del siglo XX, resultado del aumento de la lluvia hasta esa fecha. Naumann *et al.* (2012) observaron aumentos significativos de precipitación extrema en la primavera para La Pampa. Según Russián *et al.* (2010), la distribución estadística de la precipitación estacional en la provincia de La Pampa en el período 1969-2006 se modificó con menores frecuencias debajo de la media y una ligera mayor frecuencia en los extremos más altos.

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) a través de un equipo de expertos "Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices (ETCCDMI) desarrolló un set de 27 índices climáticos útiles para la detección y el monitoreo de cambios en los extremos del clima. Para el cálculo y análisis de estos índices se requieren series largas e ininterrumpidas de registros meteorológicos. Argentina cuenta con observatorios meteorológicos oficializados bajo las normas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) distribuidos en distintas localidades a lo largo y ancho del país. Uno de ellos se encuentra en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) situado en Anguil, provincia de La Pampa, que cuenta con registros climáticos desde el año 1961.

El objetivo de este trabajo fue calcular índices climáticos y sus tendencias temporales, a partir de registros diarios de temperatura máxima, mínima y precipitación registrados en la estación meteorológica de Anguil en el periodo 1961-2016. De esta manera contribuir con otro sitio de observación que aporte información al análisis del CC en la región central de la Argentina.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La localidad de Anguil se encuentra ubicada en el centro-este de la provincia de La Pampa, en la Región Pampeana Argentina. La precipitación promedio es de 770 mm y el promedio anual de temperatura es de 15,4 °C. En relación a la temperatura del aire en la región quedan definidas dos estaciones bien diferenciadas, el invierno caracterizado por el valor promedio del mes más frío del

año (julio) que es de 8,0 °C y el verano caracterizado por el mes más cálido (enero) cuya temperatura media es de 23,9°C. Las temperaturas máximas absolutas en abrigo registraron valores de hasta 44,5°C y las mínimas absolutas con valores hasta -13,2°C (Belmonte *et al.*, 2017). El clima de la región admite la siembra y desarrollo de cultivos en seco. Los principales cultivos de cosecha son el trigo en época invernal y el girasol, maíz, soja y sorgo en época estival.

Para este trabajo se utilizó la información del observatorio meteorológico de la EEA del INTA. Su ubicación es de 36° 30' S y 63° 59' O, y a 165 metros sobre el nivel del mar. La estación se encuentra instalada desde el año 1957 en el mismo sitio, sin haber modificado su ubicación hasta la actualidad, dispone de instrumental homologado, y obtiene los registros siguiendo normas tanto de instrumental como de observación impuestas por el SMN.

Se utilizaron datos diarios de temperaturas máxima y mínima obtenidas en abrigo meteorológico a 1,5 metros de altura y de precipitación medida en pluviómetro de tipo B ubicado a 1,5 metros de altura. El periodo de datos fue desde 1961 a 2016. Del total de la serie hubo 401 datos faltantes de temperatura máxima y 94 datos faltantes de temperatura mínima, entre 1961 y 1966, lo que equivale a un 0,8% del total de datos utilizados.

Para la obtención de los índices se utilizó el módulo R-Climdex 1.0 desarrollado por el departamento de investigación climática del servicio meteorológico de Canadá y ejecutado en R versión 3.3.1 (Zhang y Feng, 2004). A los datos se les aplicó un control de calidad (Quality Control) que provee el mismo módulo R-Climdex como requisito para el cálculo de los índices. Este análisis de consistencia tiene en cuenta la existencia de valores fuera de un rango posible "outliers" y otros errores tales como temperaturas máximas inferiores a la mínima, entre otros.

Se calcularon catorce índices climáticos, cuatro asociados a eventos extremos de temperatura, seis asociados al comportamiento de la temperatura mínima y máxima y cuatro asociados al comportamiento de la precipitación y eventos extremos de lluvia (Tabla 1). Los índices fueron calculados en forma anual y mensual, en algunos casos, a partir de éstos, se obtuvieron valores estacionales. Los índices extremos fueron basados en los percentiles 10 y 90, tal como lo define el ETCCDMI. Se introdujeron para el cálculo los umbrales de temperatura: 25°C para temperatura máxima diaria y 20°C como umbral superior de temperatura mínima diaria. Se graficaron las series anuales, junto con las tenden-

cias calculadas por regresión lineal de mínimos cuadrados y regresión lineal con ponderamientos locales para evaluar las tendencias parciales. Se presentaron sus estadísticas de ajuste y su significancia estadística. Para los índices extremos de temperatura y para la amplitud térmica además

se realizó un análisis de tendencias a escala estacional, para ello se consideraron las series promediadas cada tres meses, siguiendo la clasificación tradicional para el Hemisferio Sur: Dic-Ene-Feb (verano), Mar-Abr-May (otoño), Jun-Jul-Ago (invierno), Set-Oct-Nov (primavera).

**Tabla 1.** Descripción de los índices climáticos calculados y sus unidades. (\*) Asociados a eventos extremos de temperatura, (\*\*) asociados al comportamiento de la temperatura mínima y máxima, (+) asociados al comportamiento de la precipitación y de eventos extremos de lluvia.

TN10*	Noches frías: porcentaje de días con temperatura mínima menor al percentil 10	días
TN90*	Noches cálidas: porcentaje de días con temperatura mínima mayor al percentil 90	días
TX10*	Días fríos: porcentaje de días con temperatura máxima menor al percentil 10	días
TX90*	Días calientes: porcentaje de días con temperatura máxima mayor al percentil 90	días
DTR**	Rango diurno de temperatura: diferencia media mensual entre temperatura máxima y temperatura mínima	°C
FDO**	Días de heladas: Número de días en un año cuando la temperatura mínima diaria es igual o menor a 0°C	días
TR20**	Noches tropicales: Número de días en un año cuando la temperatura mínima es mayor a 20°C	días
TNx**	Valor mensual máximo de temperatura mínima diaria	°C
SU25**	Días de verano: número de días en un año cuando la temperatura máxima es mayor a 25°C	días
WSDI**	Duración de períodos calientes	días
CDD +	Días secos consecutivos: número máximo de días consecutivos con lluvia menor a 1 mm	días
PRCPTOT +	Precipitación total anual	mm
RX1day +	Cantidad máxima anual de precipitación en 1 día	mm
R10 +	Días con lluvia mayor a 10 mm	días

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Índices térmicos

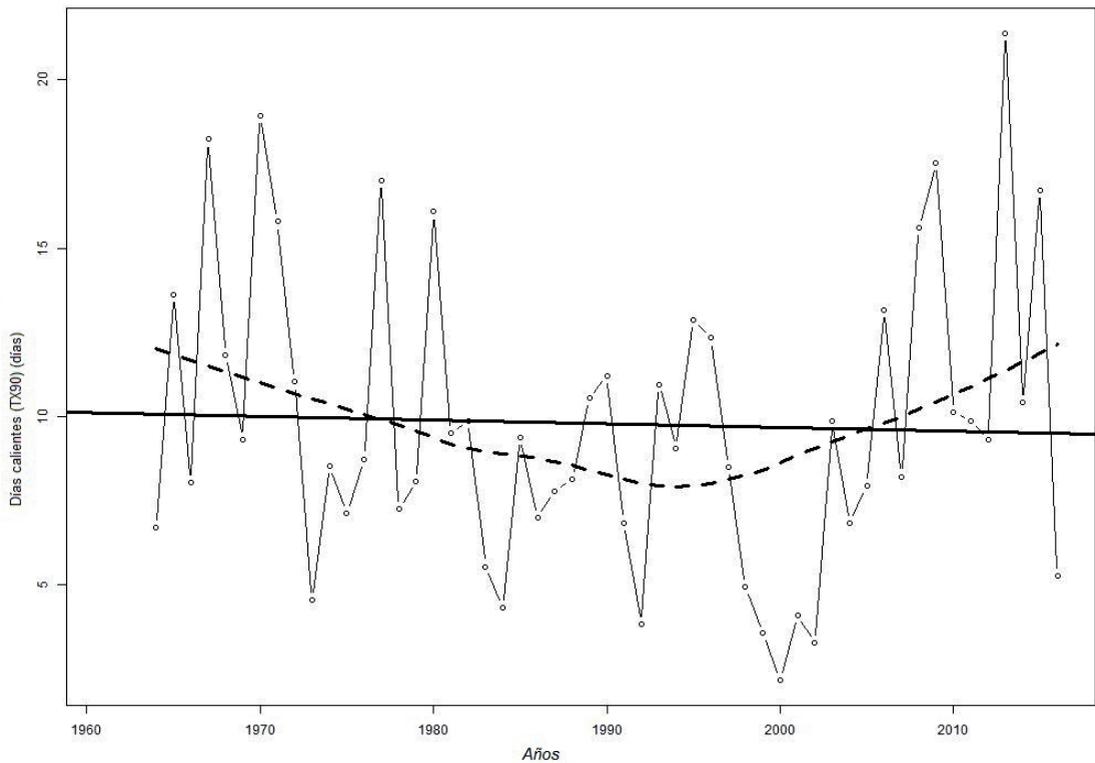
La tendencia anual del índice TX90 (porcentaje de días calientes) resultó negativa hasta 1993, a partir de ese año se hace positiva, donde alcanza su pico más alto en 2013 con 21,4% y el mínimo ocurrió en el año 2000 con 2,2% (Fig. 1). La tendencia estacional fue positiva sólo durante invierno (Tabla 2).

TX10 (porcentaje de días fríos) presentó tendencia anual positiva hasta 1993, luego cambia de sentido y alcanza su valor más bajo en 2006 con 4,5%, en tanto el valor máximo se alcanzó en el año 1972 con 16,5% (Fig. 2). La tendencia estacional de este índice resultó negativa durante invierno y primavera, positiva en verano y sin clara tendencia en el otoño (Tabla 2).

El porcentaje de noches cálidas o TN90 presentó tendencia positiva ( $p < 0,01$ ) durante toda la serie de años analizada (Tabla 3). Su valor mínimo fue en 1974 con 4,5% y alcanzó su valor máximo en 2012 con 22,2% (Fig. 3). La tendencia estacional fue positiva en otoño, primavera y verano y sin una ten-

dencia clara durante el invierno (Tabla 2). El índice de noches frías o TN10 presentó tendencia de la serie anual negativa ( $p < 0,01$ ), su valor mínimo fue alcanzado en 1997 con 3% y su valor máximo en 1971 con 20,2% (Fig. 4). La tendencia estacional resultó negativa para las cuatro estaciones del año (Tabla 2). La tendencia encontrada para este índice concuerda con los resultados obtenidos para la estación Santa Rosa por Barrucand (2008) en el periodo 1959-2003 y con los resultados a escala continental hallados por Vincent *et al.* (2005) para Sudamérica durante el periodo 1960-2000, con los índices basados en temperaturas mínimas, donde aumentó el porcentaje de noches cálidas y disminuyó el de noches frías.

El índice de noches tropicales presentó tendencia positiva ( $p < 0,01$ ) con un incremento de la pendiente partir del año 2000 (Fig. 5). El indicador de temperaturas máximas superiores a 25°C o días de verano, acusó una tendencia hacia la baja hasta comienzos de 1990, a partir de allí presentó un cambio en su sentido (Fig. 6). La duración de períodos calientes mostró tendencia anual positiva ( $p < 0,05$ ) acorde con resultados hallados por Rusticucci *et al.*, (2014). Este índice aumentó su fre-



**Figura 1.** Variación y tendencia del índice TX90 (días) durante el periodo 1961-2016. Tendencia por regresión lineal de mínimos cuadrados (línea sólida), regresión lineal con ponderamientos locales (línea punteada).

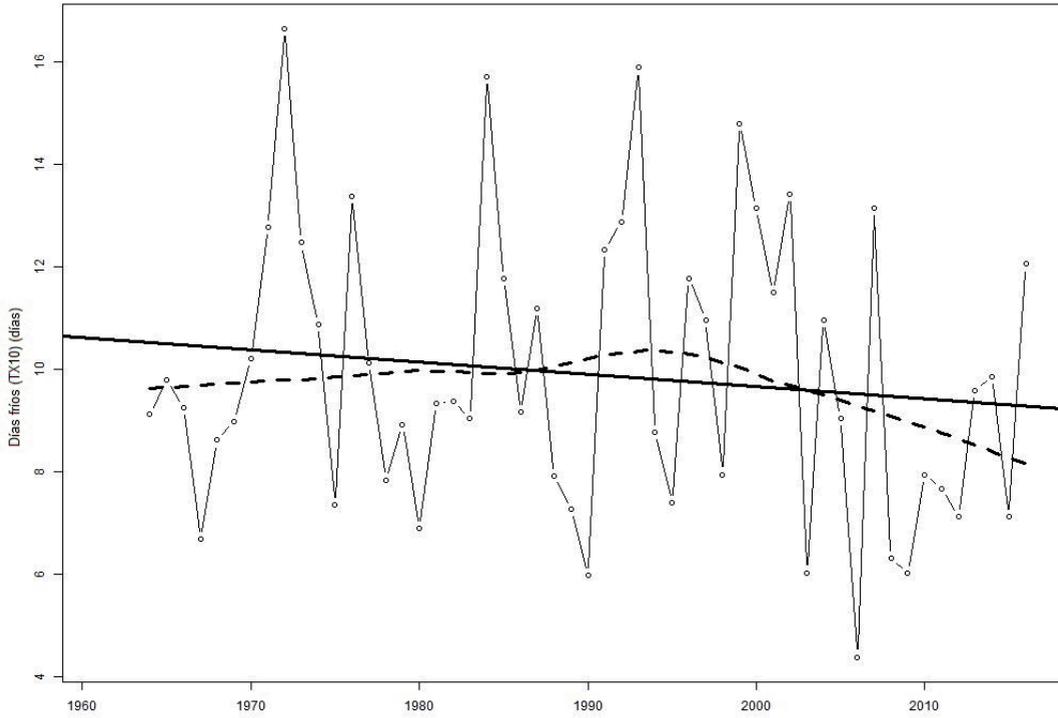
**Tabla 2.** Tendencia anual y estacional de los índices extremos de temperatura

	Anual	Verano DEF	Otoño MAM	Invierno JJA	Primavera SON
TX10 (Días fríos)	-	+	=	-	-
TX90 (Días cálidos)	-	-	-	+	-
TN10 (Noches frías)	-	-	-	-	-
TN90 (Noches cálidas)	+	+	+	=	+

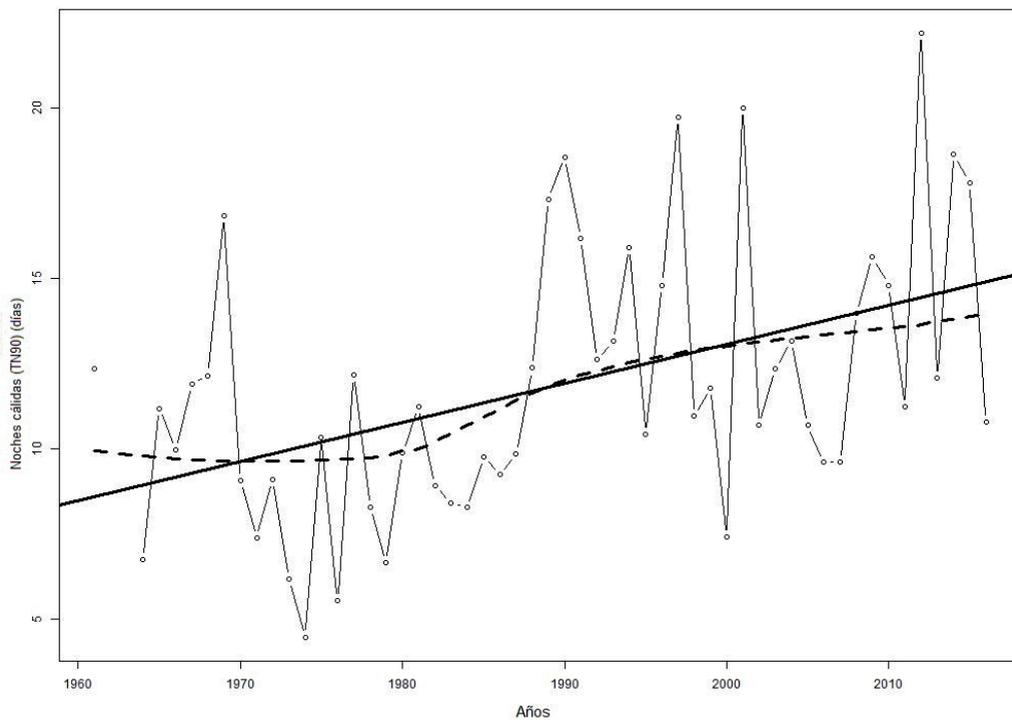
cuencia de ocurrencia y duración a partir de 1995 (Fig. 7).

La diferencia media mensual entre la temperatura máxima y la mínima (DTR) presentó tendencia lineal negativa ( $p < 0,01$ ) para la serie anual. La serie presenta un corte, con tendencia negativa hasta 2001 donde alcanza su valor más bajo para luego mostrar una tendencia al aumento (Fig. 8). Este resultado se relaciona con la tendencia al aumento de la temperatura mínima más alta (TNx) ( $p < 0,05$ ) (Fig. 9). En diversos estudios globales se explica un aumento de la temperatura mínima, que reduce la amplitud térmica (Vincent *et al.*, 2005, Alexan-

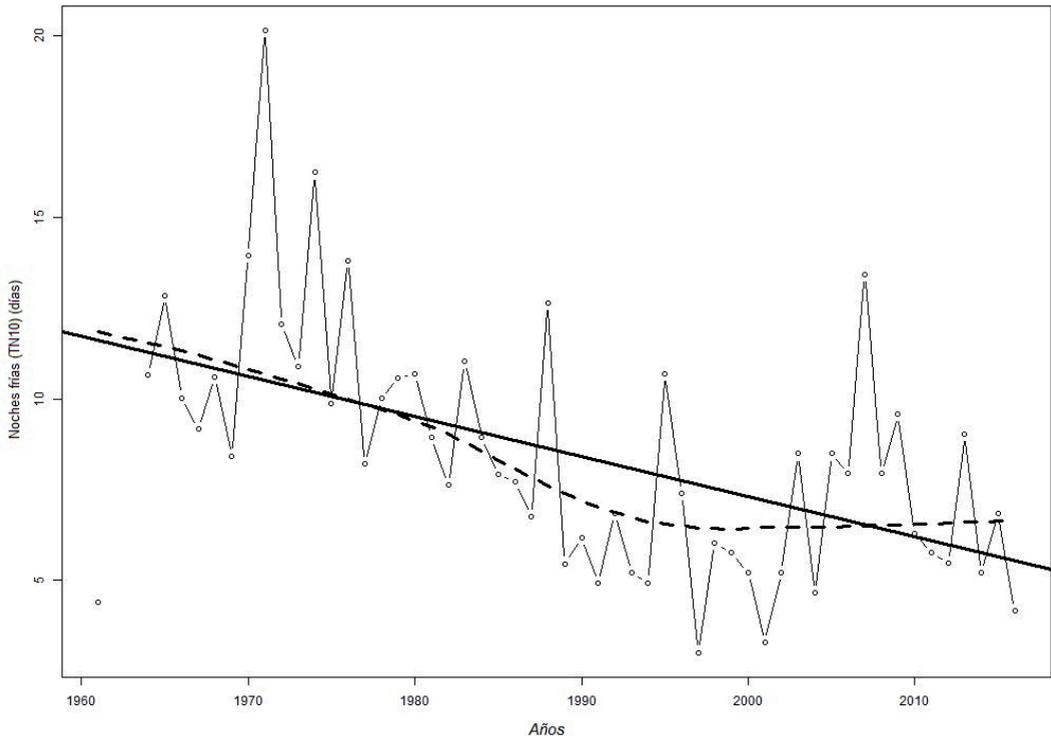
der *et al.*, 2006, Caesar, 2006). Sin embargo, Vose *et al.* (2005) en términos anuales concluyeron en aumentos en la amplitud térmica para el período 1979-2004 en el sur de Sudamérica. En el análisis estacional, la tendencia fue negativa en los meses de verano, sin embargo durante los meses de invierno presentó tendencia positiva. La amplitud térmica del verano ha disminuido debido a la tendencia negativa de la temperatura máxima media. En invierno el aumento en la amplitud térmica fue debido a un aumento en la temperatura máxima media, asociada a una disminución de días fríos (Tabla 2)



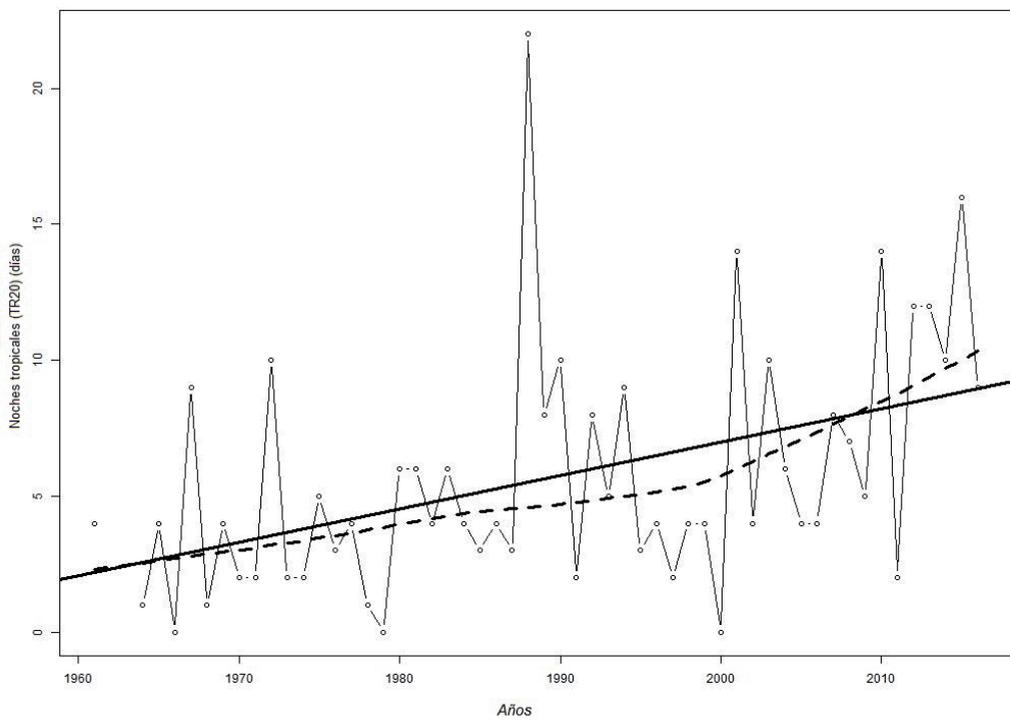
**Figura 2.** Variación y tendencia del índice TX10 (días) durante el periodo 1961-2016. Tendencia por regresión lineal de mínimos cuadrados (línea sólida), regresión lineal con ponderamientos locales (línea punteada).



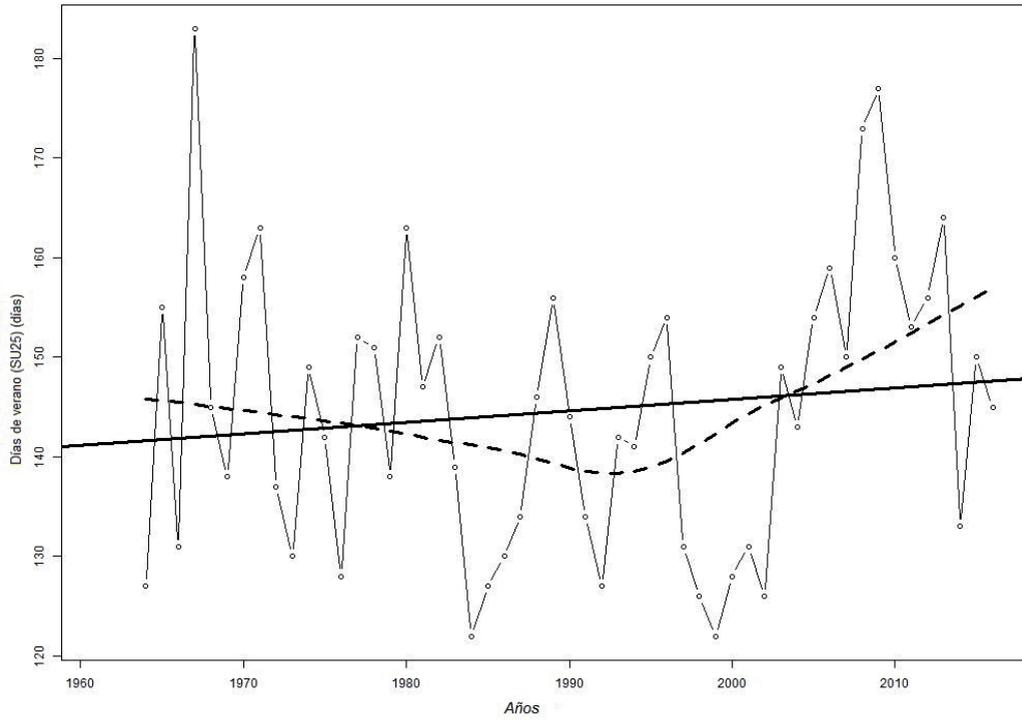
**Figura 3.** Variación y tendencia del índice TN90 (días) durante el periodo 1961-2016. Tendencia por regresión lineal de mínimos cuadrados (línea sólida), regresión lineal con ponderamientos locales (línea punteada).



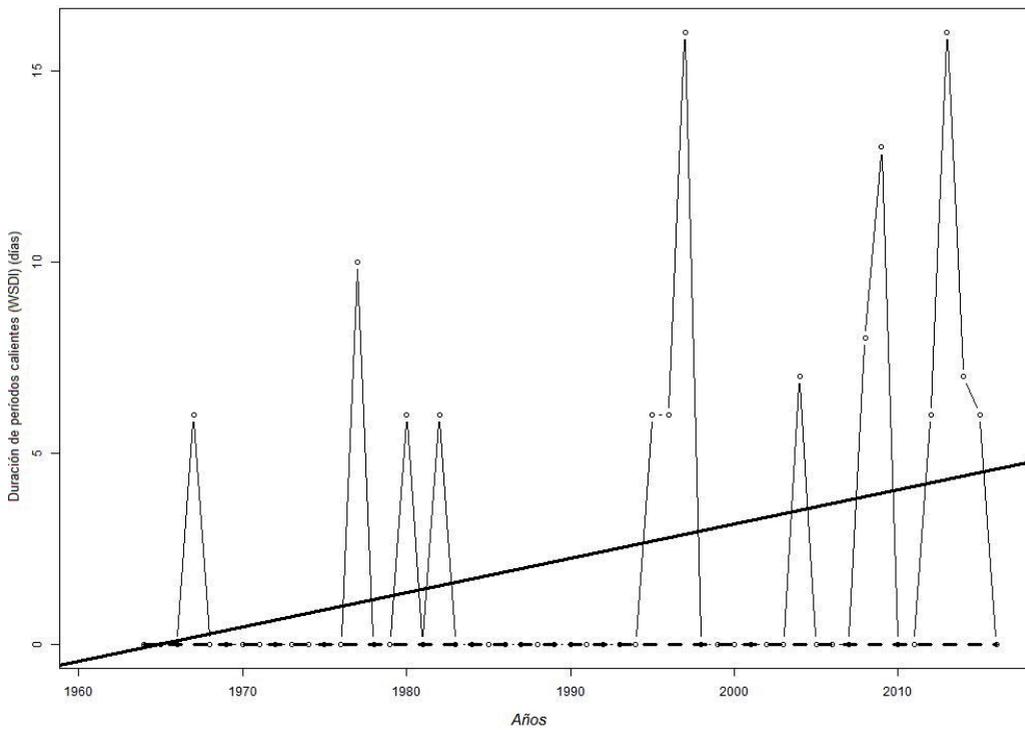
**Figura 4.** Variación y tendencia del índice TN10 (días) durante el periodo 1961-2016. Tendencia por regresión lineal de mínimos cuadrados (línea sólida), regresión lineal con ponderamientos locales (línea punteada).



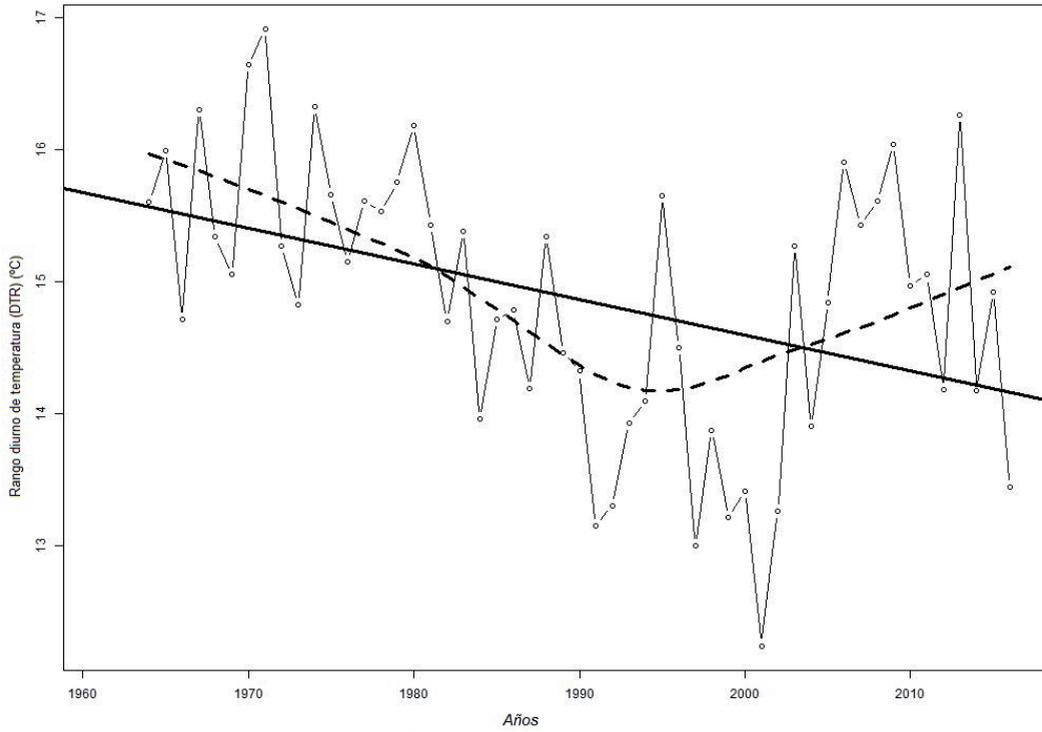
**Figura 5.** Variación y tendencia del índice TR20 (días) durante el periodo 1961-2016. Tendencia por regresión lineal de mínimos cuadrados (línea sólida), regresión lineal con ponderamientos locales (línea punteada).



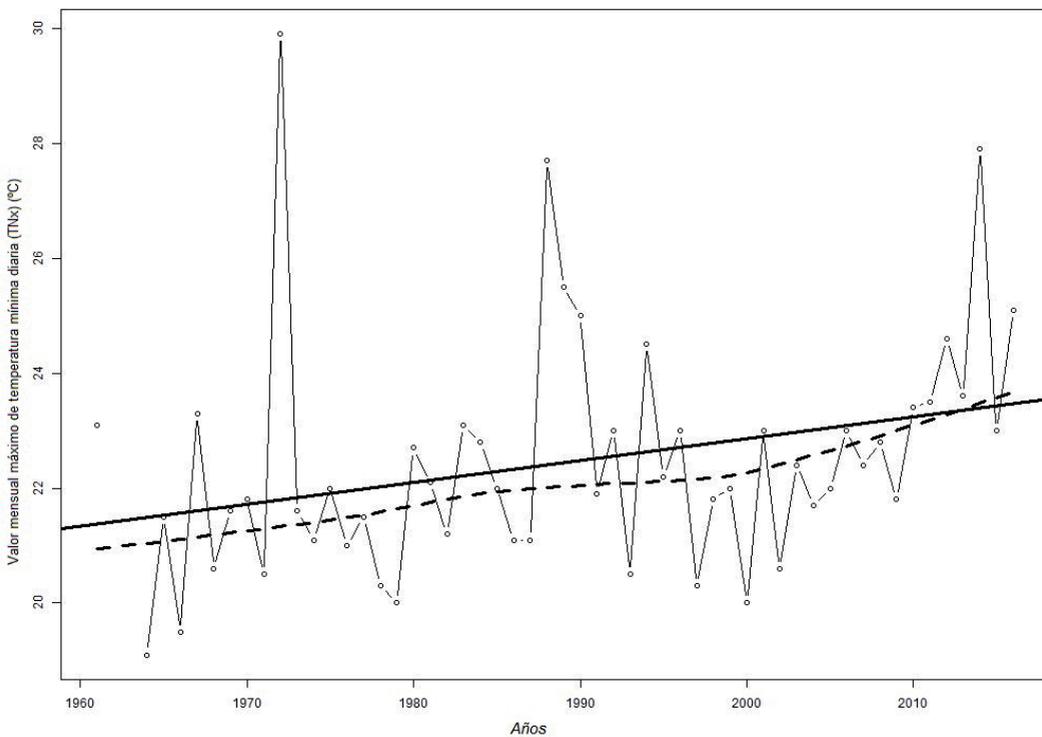
**Figura 6.** Variación y tendencia del índice SU25 (días) durante el periodo 1961-2016. Tendencia por regresión lineal de mínimos cuadrados (línea sólida), regresión lineal con ponderamientos locales (línea punteada).



**Figura 7.** Variación y tendencia del índice WSDI (días) durante el periodo 1961-2016. Tendencia por regresión lineal de mínimos cuadrados (línea sólida), regresión lineal con ponderamientos locales (línea punteada).



**Figura 8.** Variación y tendencia del índice DTR (°C) durante el periodo 1961-2016. Tendencia por regresión lineal de mínimos cuadrados (línea sólida), regresión lineal con ponderamientos locales (línea punteada).



**Figura 9.** Variación y tendencia del índice TNX (°C) durante el periodo 1961-2016. Tendencia por regresión lineal de mínimos cuadrados (línea sólida), regresión lineal con ponderamientos locales (línea punteada).

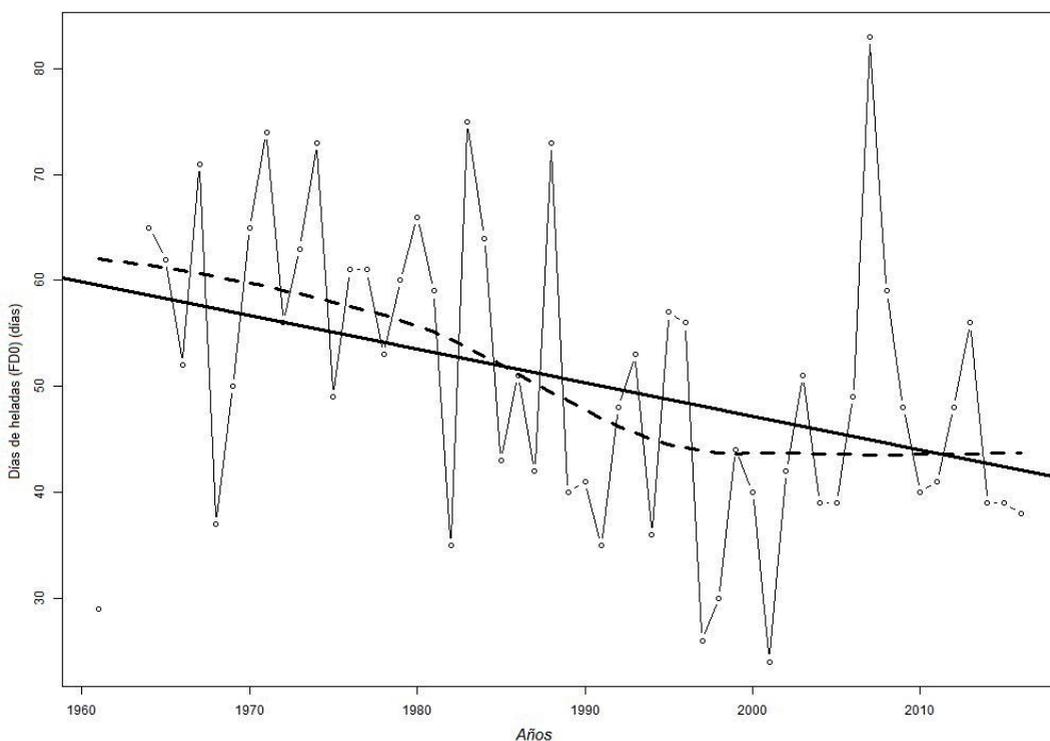
El índice día con heladas (FD0) presentó tendencia lineal negativa ( $p < 0,01$ ) para toda la serie de tiempo analizada. La variación por década resultó en  $-3,17\%$ . Esta tendencia se agudiza más en la década del '90 (Fig. 10). Los años 2007, 1983 y 1988 se presentan como años con mayor ocurrencia de heladas, con 83, 75 y 73 respectivamente. En estos años, eventos fríos del ENSO (La Niña) tenían lugar en el Pacífico tropical, destacándose la persistencia y también la intensidad del evento en 1988 y 2007. Los resultados son acordes con varios trabajos llevados a cabo en la región Centro del país que afirman que hubo una disminución progresiva de la cantidad de días con heladas (Barrucand y Rusticucci, 2001; Vargas *et al.*, 2006). Asimismo el período con heladas disminuyó en los últimos años en casi toda la región pampeana (Fernández Long *et al.*, 2005) y en la localidad de Anguil (Belmonte y Olguin Paez, 2015).

### Índices de precipitación

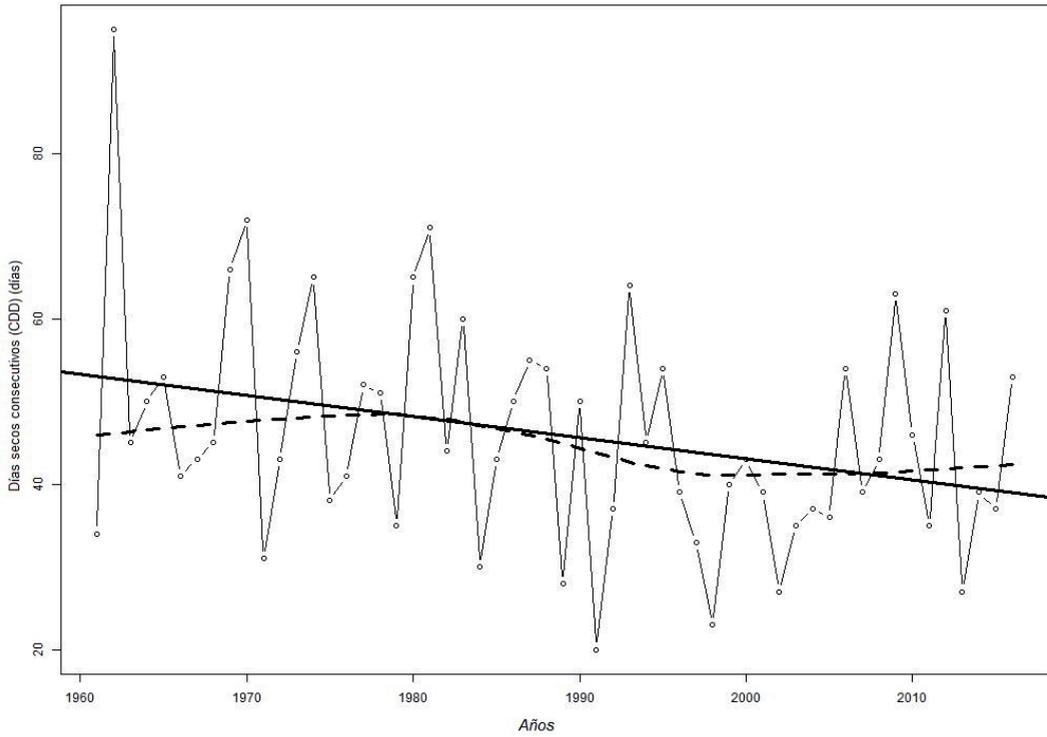
El indicador de días secos consecutivos (CDD) mostró una tendencia lineal a la disminución en toda la serie analizada ( $p < 0,05$ ). El valor máximo ocurrió en 1962, y el mínimo se produjo en 1991

(Fig. 11). Esta tendencia podría ser relacionada con una fase húmeda iniciada a partir de la década del '70 y que alcanzó su máximo en la década de 1990, dentro de un ciclo climático de larga duración estudiado en la región (Perez *et al.*, 2003).

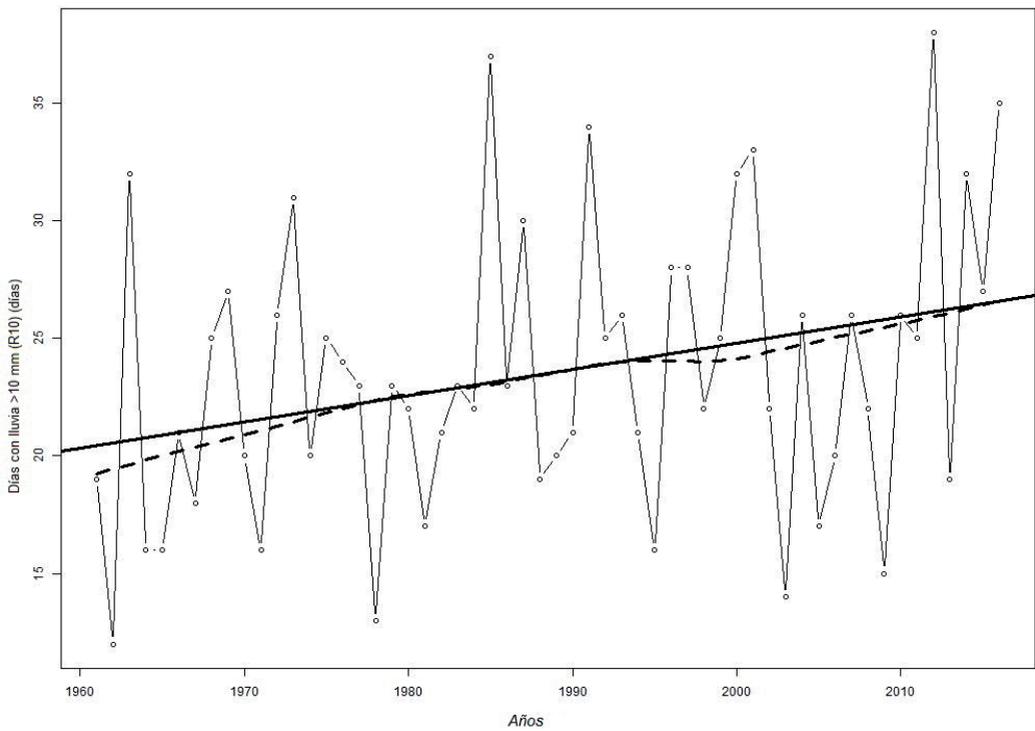
La tendencia de días con lluvia mayor a 10 mm resultó positiva ( $p < 0,05$ ) acorde también con la tendencia en aumento del indicador de intensidad de precipitación (RX1day), aunque en este último caso la tendencia es más atenuada y no significativa estadísticamente (Fig. 12 y 13). Asimismo la precipitación total anual obtuvo tendencia positiva a lo largo de la serie ( $p = 0,077$ ), con una variación decádica de  $+28,9\%$  aunque con importante variabilidad interanual. La pendiente de la recta de tendencia es más pronunciada hasta los inicios de la década de los '90 (Fig. 14). Resultados coherentes con Castañeda y Barros 1994; Barros *et al.*, 2000; Barros *et al.*, 2008; Doyle *et al.*, 2012 cuyos trabajos concluyeron en un aumento de la cantidad de precipitaciones en la mayor parte de la Argentina en las últimas décadas, y con Vergara *et al.*, 2005 que encontraron una tendencia positiva de las precipitaciones en el este de la provincia de La Pampa entre las décadas del '70 y '90.



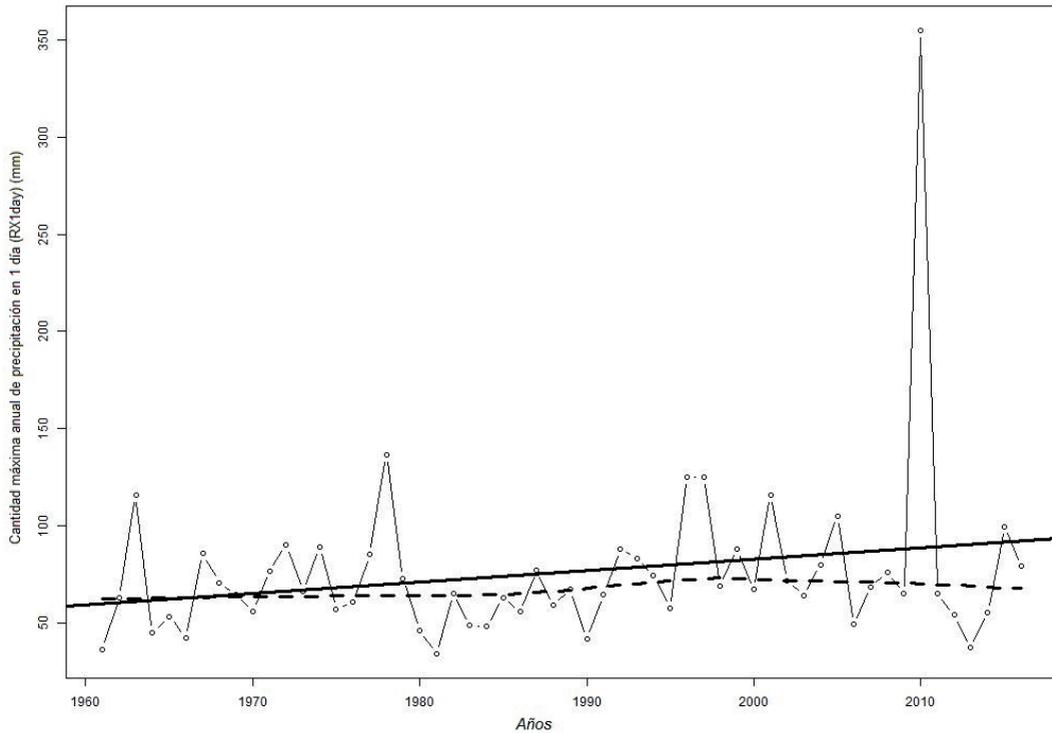
**Figura 10.** Variación y tendencia del índice FD0 (días) durante el periodo 1961-2016. Tendencia por regresión lineal de mínimos cuadrados (línea sólida), regresión lineal con ponderamientos locales (línea punteada).



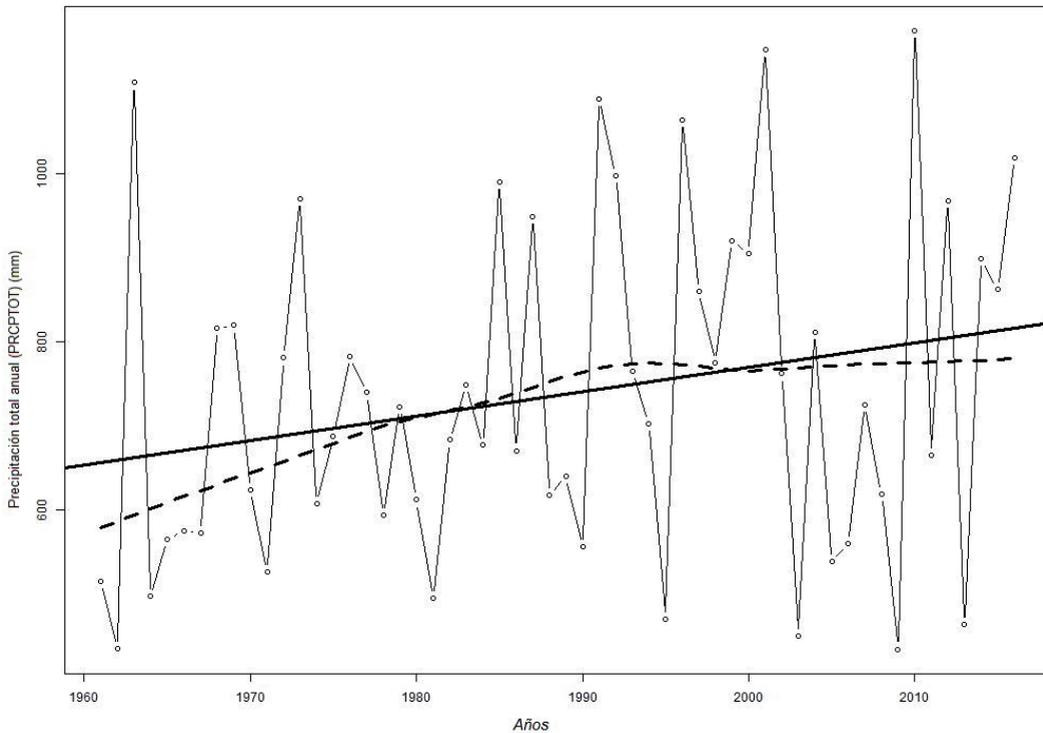
**Figura 11.** Variación y tendencia del índice CDD (días) durante el periodo 1961-2016. Tendencia por regresión lineal de mínimos cuadrados (línea sólida), regresión lineal con ponderamientos locales (línea punteada).



**Figura 12.** Variación y tendencia del índice R10 (días) durante el periodo 1961-2016. Tendencia por regresión lineal de mínimos cuadrados (línea sólida), regresión lineal con ponderamientos locales (línea punteada).



**Figura 13.** Variación y tendencia del índice RX1day (mm) durante el periodo 1961-2016. Tendencia por regresión lineal de mínimos cuadrados (línea sólida), regresión lineal con ponderamientos locales (línea punteada).



**Figura 14.** Variación y tendencia del índice PRCPTOT (mm) durante el periodo 1961-2016. Tendencia por regresión lineal de mínimos cuadrados (línea sólida), regresión lineal con ponderamientos locales (línea punteada).

## CONCLUSIONES

En este trabajo se calcularon y analizaron índices climáticos asociados a las temperaturas máximas y mínimas, a la precipitación y a eventos climáticos extremos en la localidad de Anguil entre 1961 y 2016 y con el objetivo de aportar más información de CC en la región central argentina. Las tendencias anuales relacionadas a eventos extremos mostraron aumentos significativos de noches cálidas y tropicales, y disminución significativa de noches frías y de días con heladas, como así también de la amplitud térmica, todos estos factores asociados al comportamiento de la temperatura mínima. En relación a los índices relacionados con la temperatura máxima las tendencias no fueron significativas. La tendencia al aumento de la cantidad de precipitación anual fue significativa aunque con importante variabilidad interanual. También se ha incrementado la frecuencia de eventos extremos de precipitación, relacionados a aumentos en la intensidad de precipitación y a las cantidades de lluvia diaria. Los resultados hallados son coherentes con numerosos trabajos relacionados al estudio del cambio climático en las últimas décadas en múltiples estaciones ubicadas en Sudamérica y en el centro de Argentina. Características que han sido atribuidas al CC como el incremento de la temperatura, cambios en los comportamientos de las precipitaciones e incremento de eventos extremos, han sido encontradas en este trabajo. Se pone en evidencia una marcada variación interanual de la precipitación, si bien estos cambios pueden atribuirse en mayor medida a la variabilidad climática y condiciones atmosféricas extremas, no debería descartarse la posible influencia del CC sobre este fenómeno. Sin embargo no se deberá perder continuidad en el análisis de la serie de datos de temperatura y precipitación en series temporales más largas para mejorar las conclusiones de CC en la localidad. En la región de estudio se realizan trigo y otros cereales invernales que requieren de temperaturas frescas para expresar su potencial de rinde. El principal efecto de la tendencia al aumento de la temperatura nocturna se manifiesta en la depresión del rendimiento de granos. El periodo crítico de definición de rindes de estos cereales en la región de estudio ocurre durante los meses en los cuales la tendencia al incremento encontrada en este trabajo resultó muy significativa (octubre y noviembre). Asimismo los días cálidos mostraron tendencia positiva durante el invierno, condición que acorta el ciclo de estos cultivos y se traduce en una reducción de los potenciales rindes. Sin embargo algunos cultivos estivales como la soja se favorecerán en la región con el aumento de la

temperatura nocturna del verano debido a su efecto de extensión del periodo de crecimiento. Con la tendencia al aumento de periodos calientes durante los meses de verano, cultivos de cosecha de la región como girasol y maíz acortarían sus fases de crecimiento y desarrollo, lo cual repercute negativamente en su potencial rendimiento de granos. Trabajos posteriores deberán evaluar cómo estos cambios inciden de manera positiva o negativa en el ciclo de los cultivos de la región, posiblemente las tendencias y las variaciones temporales de los indicadores climáticos evaluados exigirán medidas de adaptación y ajustes de manejo para mantener o maximizar los niveles de rindes.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agosta, E. y M. Barrucand, 2012. Condiciones medias de invierno y ondas cuasiestacionarias de Rossby asociadas a la frecuencia invernal de noches frías y cálidas en Argentina subtropical. *Geoacta*, 37(2): 147-146.
- Alexander L.; Zhang, X., Peterson, T., Caesar, J., Gleason, B., Klein Tank, A., Haylock M., Collins, D., Trewin, B., Rahimzadeh, F., Tagipour, A., Rupa Kumar, K., Revadekar, J., Griffiths, G., Vincent, L., Stephenson, B., Burn, J., Aguilar E, Brunet, M, Taylor, M., New, M., Zhai, P, Rusticucci, M., y J. Vazquez-Aguirre, 2006. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 111(D5109).
- Barros, V.; M. Castañeda, y M. Doyle, 2000. Recent precipitation trends in southern South America east of the Andes: An indication of climatic variability. *Southern Hemisphere Paleo and Neo-Climates*, P. P. Smolka and W. Volkheimer, Eds., Springer-Verlag, pp.187-206.
- Barros, V.; Doyle, M. y I. Camilloni, 2008. Precipitation trends in southeastern South America: relationship with ENSO phases and with low-level circulation. *Theor. Appl. Climatol*, 93, 19-33.
- Barrucand, M. y M. Rusticucci, 2001. Climatología de temperaturas extremas en la Argentina. *Variabilidad temporal y regional. Meteorológica*, 26: 85-101.
- Barrucand, M., 2008. Extremos de temperaturas en Argentina: cambios observados en la variabilidad espacio-temporal y su relación con otras características del sistema climático. Tesis doctoral. Biblioteca Digital FCEN-UBA. Buenos Aires, 162 pp.
- Belmonte, M. y Olguin Paez, R., 2015 Caracterización agroclimática de las heladas en Anguil (La Pampa). Periodo 1973-2014. Publicación técnica N° 100. INTA Ediciones. ISSN impreso 0325-2132. Anguil La Pampa. 16pp.
- Belmonte, M.; G. Casagrande, M. Deanna, R. Olguin, A.

- Farrell y F. Babinec, 2017. Estadísticas agroclimáticas de la EEA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas". Período 1973-2016. Publicación técnica N° 104. INTA Ediciones. ISSN impreso 0325-2132. Anguil La Pampa. 58pp.
- Caesar, J.; L. Alexander y R. Vose, 2006. Large-scale changes in observed daily maximum and minimum temperatures: Creation and analysis of a new gridded data set. *J. Geophys. Res.*, 111, D05101, doi: 10.1029/2005JD006280.
- Castañeda, E. y V. Barros, 1994. Las tendencias de la precipitación en el Cono sur de América al este de los Andes. *Meteorológica* 19: 23-32.
- Doyle, M.; R. Saurral y V. Barros, 2012. Trends in the distributions of aggregated monthly precipitation over the La Plata Basin. *Int. J. Climatol.*, 32: 2149-2162.
- Fernández Long M.; I. Barnatán y L. Spescha, R. Hurtado y G. Murphy, 2005. Caracterización de las heladas en la región pampeana y su variabilidad en los últimos 10 años. *Rev. Facultad de Agronomía*, 25(3): 247-257.
- Fernández Long, M.; G. Müller, Beltrán-Przekurat A. y O. Scarpati, 2012. Long-term and recent changes in temperature-based agroclimatic indices in Argentina. *Int. J. Climatol.*, 33, 1673-1686.
- Field, C., 2014. IPCC, Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad-Resumen para responsables de políticas. Contribución del grupo de trabajo II al quinto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra: Organización Meteorológica Mundial. Naumann, G.; M. Llano y W. Vargas, 2012. Climatology of the annual maximum daily precipitation in the La Plata Basin. *Int. J. Climatol.* 32:247-260
- Penalba, O. y F. Robledo, 2010. Spatial and temporal variability of the frequency of extreme daily rainfall regime in the La Plata Basin during the 20th century. *Climatic Change* 98:531- 550.
- Perez, S.; E. Sierra, G. Casagrande, G. Vergara y F. Ber-  
nal, 2003. Comportamiento de las precipitaciones (1918-2000) en el centro oeste de la provincia de Buenos Aires. *Rev. Fac. Agronomía. UNLPam.* 14 (2):39-46.
- Re, M. y V. Barros, 2009. Extreme rainfalls in SE South America. *Climatic Change*, 96: 119-136.
- Rusticucci, M.; J. Kyselý, G. Almeida y O. Lhotka, 2014. Long-term variability of heat waves in Argentina and recurrence probability of the severe 2008 heat wave in Buenos Aires. In WCRP Conference for Latin America and the Caribbean, Montevideo 2014
- Vargas, W.; Naumann, G. y J. Minetti, 2006. Las Tendencias de la temperatura máxima y mínima en Series de Referencia del Sudeste de Sudamérica. Aspectos metodológicos. *Revista de Geografía.* 8 (10):67-74.
- Vergara, G.; G. Casagrande, E. Sierra, S. Pérez, y R. Brevedan, 2005. Comportamiento de las precipitaciones [1921-2000] en el este de la provincia de La Pampa [Argentina]. *Rev. Fac. Agronomía. UNLPam* 16 (12):3-13.
- Vincent, L.; T. Peterson, V. Barros, M. Marino, M. Rusticucci, M. Carrasco, E. Ramírez, Alves, T. Ambrizzi, M. Berlato, A. Grimm, J. Marengo, D. Molion, L. Moncunill, L. E. Rebello, Y. Anunciação, J. Quintana, J.L. Santos, J. Baez, G. Coronel, J. Garcia, I. Trebejo, M. Bidegain, M. Haylock y D. Karoly, 2005. Observed trends in indices of daily temperature extremes in South America 1960-2000. *Journal of Climate.* 18 (23): 5011-5023.
- Russián, G.; Agosta, E. y R. Compagnucci, 2010. Variabilidad interanual a interdecádica de la precipitación en Patagonia Norte. *Geoacta*, 35: 27-43.
- Vose, R. S., Easterling, D. y B. Gleason, 2005. Maximum and minimum temperature trends for the globe: An update through 2004. *Geophysical Research Letters*, 32(23):1-5.
- Zhang, X. y F. Feng, 2004. RCLIMDEX (1.0). Manual de usuario. Climate Research Branch Environment Canada. Versión en español: Santos, J.L.: CIIFEN. 22 pp.