



TENDENCIA Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA; SUBREGIONES PAMPEANAS, ARGENTINA (1960-2010)

Vanina Solange Aliaga¹

(Manuscrito recibido el 31 de Marzo de 2020, en versión final 1 de junio de 2020)

Para citar este documento

Aliaga V. S. (2020). Tendencia y variabilidad climática; subregiones pampeanas, Argentina (1960-2010). *Boletín geográfico*, 42(1), 13-32.

Resumen

Los incrementos en las precipitaciones y temperaturas del aire registrados en los últimos años influyen en distintos sistemas socioeconómicos en múltiples escalas. La Región Pampeana Argentina se caracteriza por una gran extensión y diversidad de actividades agrícolas, ganaderas y turísticas, las cuales dependen o se ven afectadas por las variaciones del clima. Sin embargo, dicha variabilidad no es similar en toda la región. El presente trabajo tiene como objetivo analizar la variabilidad climática a escala subregional e identificar períodos y eventos climáticos extremos en cada subregión. El periodo de estudio es 1960-2010 y se tuvieron en cuenta la Precipitación, Temperatura del aire, Humedad relativa y Velocidad del viento. Se observó que cada subregión posee una variabilidad particular, dependiendo de la variable o fenómeno considerado. Tanto la precipitación como la temperatura del aire muestran tendencias positivas, sin embargo, esto no ocurre en todas las subregiones. La variación de la humedad relativa responde en general a las máximas precipitaciones y a la cercanía al mar. La velocidad media del viento en la región también es heterogénea, estando incluso, las subregiones de mayor y menor velocidades medias lindantes. La variabilidad climática específica de cada subregión permite conocer la combinación de limitaciones y potencialidades para el uso de tierras en cada una, ya que la mayor parte de territorio es el soporte de importantes sistemas ecológicos y productivos.

Palabras clave: subregiones climáticas, variabilidad, tendencia.

¹Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET, Florida 8000 (Camino Carrindanga km 7,5), Complejo CCT CONICET, Edificio E1, Bahía Blanca, Argentina. Tel: (54-291) 486-1112/1519. E-mail: valiaga@iado-conicet.gob.ar

CLIMATE TREND AND VARIABILITY; PAMPEAN SUBREGIONS, ARGENTINA (1960-2010)

Abstract

Precipitation and air temperature increases recorded in recent years influence different socioeconomic systems on multiple scales. The Argentine Pampean Region is characterized by a great extension and diversity of agricultural, livestock and tourist activities, which depend on or are affected by climate variations. However, this variability is not similar throughout the region. The present work aims to analyze climate variability at the subregional scale and to identify extreme weather periods and events in each subregion. The study period is 1960-2010 and Precipitation, Air Temperature, Relative Humidity and Wind Speed were analyzed. It was observed that each subregion has a particular variability, depending on the variable or phenomenon considered. Both precipitation and air temperature show positive trends, however, this does not occur in all subregions. Relative humidity variation responds in general to maximum rainfall and proximity to the sea. The average wind speed in the region is also heterogeneous, even the subregions with the highest and lowest average speeds are bordering. The specific climatic variability of each subregion allows us to know the combination of limitations and potentialities for land use in each Pampean subregion, due to most of the territory is the support of critical ecological and productive systems.

Keywords: climate subregion, variability, trends

Introducción

Las diferenciaciones espaciales forman parte de los desafíos más importantes de la Geografía, donde la *región* es una de las escalas más estudiadas. Una *región homogénea* es el espacio continuo o uniforme con características en común, mostrando continuidades o similitudes espaciales de determinados fenómenos (Gasca Zamora, 2009). Como rama de la Geografía Física, la Climatología se comporta como elemento de división de unidades espaciales. Este define la distribución forestal, la biodiversidad, cultivos agrícolas e incluso poblaciones humanas (Olcina Cantos, 1996).

Una de las formas de observar las diferenciaciones climáticas en una región es estudiando la variabilidad climática que depende entre otras cosas, a su posición geográfica en el globo. Los modos dominantes en la circulación atmosférica del Hemisferio Sur están asociados a anomalías en la temperatura de la superficie del mar. Estas variaciones en la circulación atmosférica afectan la normal distribución espacial y temporal de las lluvias (Labraga, Brandizi & López, 2011). Las oscilaciones interanuales de la precipitación total anual se deben principalmente a la variabilidad en el otoño y verano austral, que es la temporada de más influencia de El Niño Oscilación del Sur (ENOS) en el cono sur de Sudamérica (Grimm, 2011). La amplia

influencia de estos eventos en el clima regional es bien conocida y pueden tener un impacto socioeconómico considerable (Davey, Brookshaw & Ineson, 2014).

En la Región Pampeana Argentina la variabilidad climática está representada por la sucesión de períodos secos y húmedos, y sus fenómenos extremos tienen importantes consecuencias sociales y económicas. Hay ciclos naturales en la atmósfera que afectan el régimen pluviométrico pampeano durante semanas, meses y décadas (Grimm, 2011; Aliaga, Ferrelli, Alberdi-Algarrañaz, Bohn, & Piccolo, 2016; Forte Lay, Scarpati, & Capriolo, 2008) establecieron las diferencias del régimen de lluvias entre los períodos 1947-1976 y 1977-2006, donde se observó un incremento de la precipitación anual en el último período.

Doyle, Saurral, y Barros (2012) obtuvieron resultados similares en cuanto a la tendencia creciente de la precipitación a partir de 1960, principalmente en el extremo noreste de la Región Pampeana. El aumento de precipitaciones ocasionó notables incrementos en los rendimientos de los cultivos de secano (Magrin, Travasso & Rodríguez, 2005) y contribuyó en forma contundente a la expansión de las fronteras agrícolas y del área sembrada con cultivos anuales (Volante et al., 2015). Como evidencia de esto se observó un corrimiento de la isohieta de 500 mm asociada al límite occidental de la Región Pampeana, hacia el oeste durante la década de 1990 permitiendo el ingreso de cultivos de grano (Sierra, Hurtado & Spescha, 1994).

Por otro lado, según lo estudiado por Hulme y Sheard (1999), la temperatura media anual en Argentina aumentó un 1°C durante el siglo pasado, donde la década de los años 1990 fue la más cálida. Estas tendencias positivas, tanto de la temperatura del aire como las precipitaciones anuales han continuado observándose en informes recientes de Argentina (Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático [TCNCC], 2015; Servicio Meteorológico Nacional [SMN], 2018). De acuerdo a los resultados obtenidos de modelos climáticos, hacia finales del presente siglo la Región Pampeana podría registrar calentamientos del orden de 1,5° C, mientras que las proyecciones de cambios en la precipitación, habría un aumento de aproximadamente 90 mm/año (Camilloni, 2018).

Si bien hay muchos estudios climáticos de la Región Pampeana, los análisis previos la han estudiado a nivel regional. La predominancia de llanuras, suelos fértiles, el nivel de productividad agrícola ganadera e industrial, así como el dominio de climas templados, la convierten en una de las regiones de mayor interés socioeconómico, pero también de gran diversidad. El objetivo del presente estudio es analizar la variabilidad climática en ocho subregiones pampeanas definidas durante un período de 50 años a fin de determinar su variación particular y su tendencia. Este análisis constituye un aporte al conocimiento del clima en la región de estudio, pues la variabilidad del clima es diferente en cada una de las subregiones. Resultados más específicos podrán ser utilizados por diferentes actores sociales de la mencionada región.

Área de estudio.

El área de estudio corresponde a las ocho subregiones climáticas definidas por Aliaga, Ferrelli, y Piccolo (2017) en la que se tuvo en cuenta los límites de la Región Pampeana definidos por Labraga et al. (2011). Las subregiones estudiadas se denominan 1: *Subtropical*; 2: *Cálido Húmedo*; 3: *Templado Muy Húmedo*; 4: *Templado Oceánico*; 5: *Cálido Serrano Pampeano*; 6: *Continental Pampeano*; 7: *Templado Serrano de Ventania*; y 8: *Semiárido* (Figura 1). Estas subregiones cubren en totalidad una superficie aproximada de 613.532 km², incluyendo el extremo sur de la provincia Corrientes, el centro y sur de las provincias de Santa Fe, Córdoba y San Luis, el centro este de la provincia de La Pampa y las provincias de Entre Ríos y Buenos Aires (Figura 1).

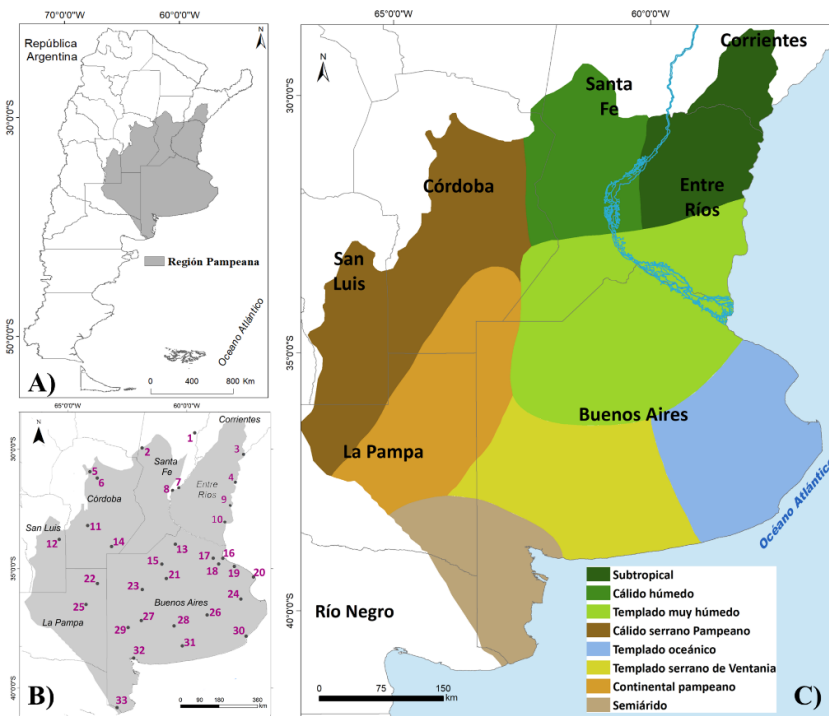


Figura 1. Localización de (A) la Región Pampeana, B) estaciones meteorológicas y C) de las subregiones climáticas estudiadas.

A nivel regional el clima se define como templado-húmedo. Las precipitaciones disminuyen desde el noreste (1000 mm) hacia el sudeste (400 mm). Las temperaturas medias anuales decrecen en sentido norte-sur, donde el valor medio máximo es 20,6

°C y el mínimo medio de 10,1 °C (Labraga et al., 2011). Desde el punto de vista económico, las características de climáticas y de buenos suelos la transforman en una zona agrícola y ganadera por excelencia.

Datos y Metodología

Se analizaron extensas series de datos mensuales y anuales de precipitaciones, temperatura del aire, humedad relativa y velocidad de viento, obtenidos de registros *in situ* en estaciones pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Para el análisis se dividieron las estaciones de acuerdo a la subregión en la que se sitúan y la representan climáticamente (Figura 1). Las series de tiempo se pre-procesaron mediante una máscara para identificar los errores como -99.9 y se corrigieron con scripts automáticos (Zhou, Aizen & Aizen, 2018). La calidad de los datos se evaluó mediante el software RCLimDex y la homogeneidad temporal de los datos de las estaciones meteorológicas se realizó con el paquete de software RHTestV4. El período de estudio corresponde a cincuenta años (1960-2010) y el análisis de la variabilidad climática a nivel subregional se realizó teniendo en cuenta las anomalías y distintas escalas temporales de los parámetros meteorológicos. Los análisis se realizaron sobre la media mensual entre las estaciones localizadas en cada subregión y se utilizaron los análisis de Fourier y métodos estadísticos estándar.

Resultados

La variabilidad climática en la Región Pampeana se estudió teniendo en cuenta distintas escalas temporales. Por lo tanto, a continuación, se presentan de forma separada los resultados para cada uno de los parámetros analizados y estableciendo comparaciones con las respuestas observadas en distintas subregiones pampeanas. A modo de simplificar cada nombre, serán identificadas con las siguientes abreviaturas: S1) *Subtropical*; S2) *Cálido Húmedo*; S3) *Templado Muy Húmedo*; S4) *Templado Océánico*; S5) *Cálido Serrano Pampeano*; S6) *Continental Pampeano*; S7) *Templado Serrano de Ventania*; y S8) *Semiárido* (Figura 1).

Precipitaciones.

Durante el período estudiado se observó una estacionalidad anual de las precipitaciones en todos los grupos, aunque se destaca en caso de S1 donde la amplitud es considerablemente mayor ya que se registra la mayor amplitud anual de precipitación. Mientras que las zonas con menores amplitudes medias están represadas en las S5, S7 y S8 que se aproximan a los 500 mm anuales. En general se observa un gradiente de precipitaciones media anual que disminuye de noreste a suroeste, así como también coincidencias en las máximas precipitaciones registradas en 1998, y entre 2000 y 2001 (Tabla 1).

Lo mismo sucede con las precipitaciones mínimas que se registran principalmente en el periodo 2008-2009. Durante el periodo de estudio se observó una

tendencia positiva en todas las subregiones, exceptuando la S8 que coincide con la más árida de la región. Se destacan también la S2 y S6 con aumentos de entre el 14 y 17% con respecto al periodo normal (Tabla 1).

| PRECIPITACION ANUAL (1960-2010) | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------------|-----------|------|-----------|------|----------------|---------------|--|
| | Media mm | Max mm | Año | Min mm | Año | Desv.Est mm | Tendencia | Significativa (respecto del normal) |
| S1 | 1360,1 | 2392,0 | 1998 | 903,2 | 1999 | 282,1 | Positiva | |
| S2 | 998,5 | 1448,9 | 2000 | 549,1 | 2008 | 193,7 | Positiva | 14% |
| S3 | 1049,5 | 1474,2 | 2001 | 709,5 | 2008 | 173,8 | Positiva | |
| S4 | 957,5 | 1312,4 | 2002 | 551,8 | 1979 | 163,3 | Positiva | |
| S5 | 807,3 | 1118,6 | 1998 | 529,1 | 2009 | 136,6 | Positiva | |
| S6 | 816,3 | 1173,5 | 1998 | 513,8 | 1962 | 162,4 | Positiva | 17% |
| S7 | 805,1 | 1097,1 | 2001 | 523,7 | 2009 | 143,2 | Positiva | |
| S8 | 510,6 | 803,8 | 1997 | 287,9 | 2008 | 107,5 | Sin tendencia | |

Tabla 1. Precipitaciones medias, máximas y mínimas en cada subregión, durante el periodo 1960-2010.

El análisis de Fourier mostró intensidades similares para todas las subregiones. Se observan señales que responden a una variación inter-decádica, aunque son de baja densidad considerando el período de estudio de 50 años. Dentro de las señales inter-anales se identifican señales en 2 años (considerablemente más intensas en las S1 y S2) y de 4 a 7 años en todas las subregiones (Figura 2). La señal anual es la de mayor intensidad en todos los casos aunque las máximas densidades están representadas en S4 y S5, mientras que las más bajas corresponden a S3, S7 y S8. Las señales inter-anales han sido estudiadas y vinculadas a los pulsos emitidos por los eventos ENSO en Sudamérica que afectan con distinta frecuencia e intensidad en la región pampeana (Grimm, 2011).

La variabilidad estacional también es común en toda la región de estudio como en el caso de 6 meses y 2 meses en todos los casos, aunque son notablemente más intensas en S1 y S2, en el noreste de la región (Figura 2). Una de las respuestas asociadas a esta frecuencia mensual es el sistema denominado Oscilación Madden Julian, la cual ha sido relacionada a las frecuencias inter-anales y estacionales de precipitación en el norte de la región pampeana, con períodos de 60 a 90 días (Bridgman & Oliver, 2006; Giovannettone, Paredes, Seiler, & Ravelo, 2013; Godoy, Aldeco, & Ferreira, 2018).

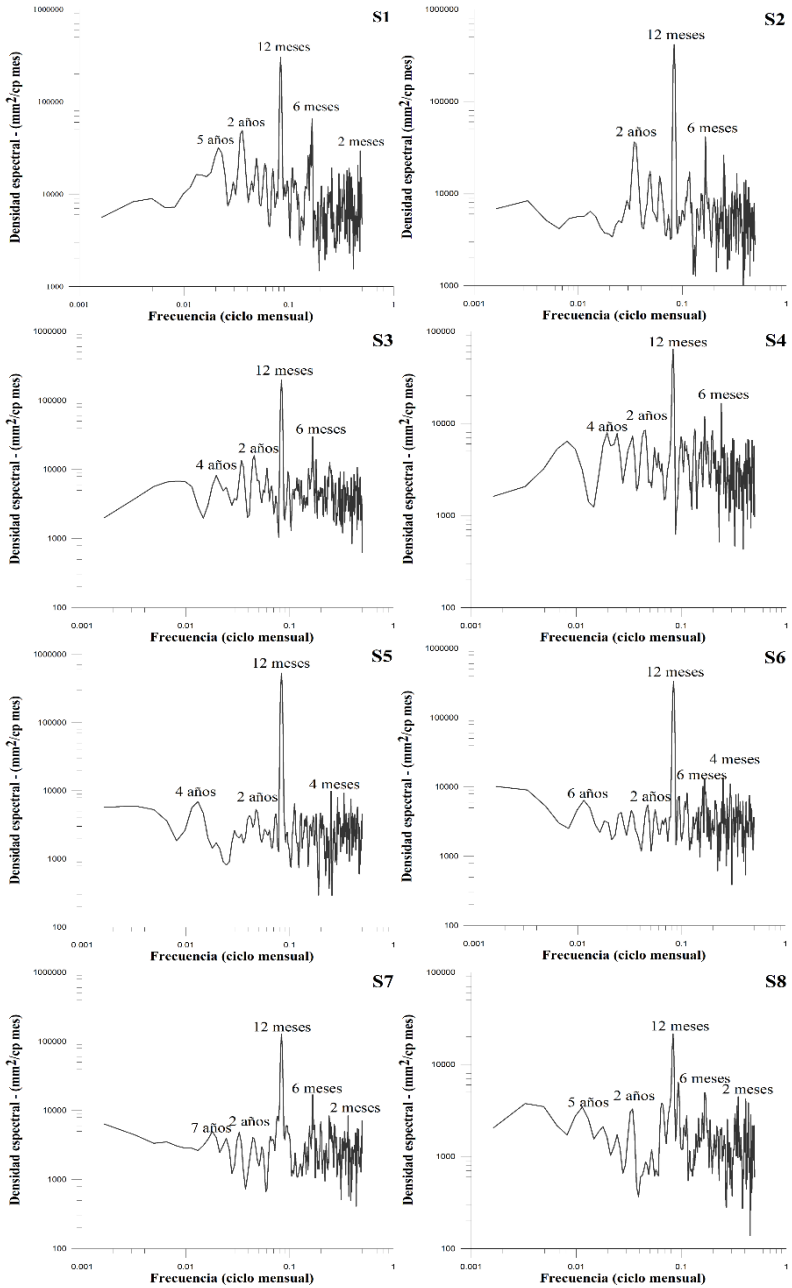


Figura 2. Densidad espectral de la precipitación mensual subregional (1960-210).

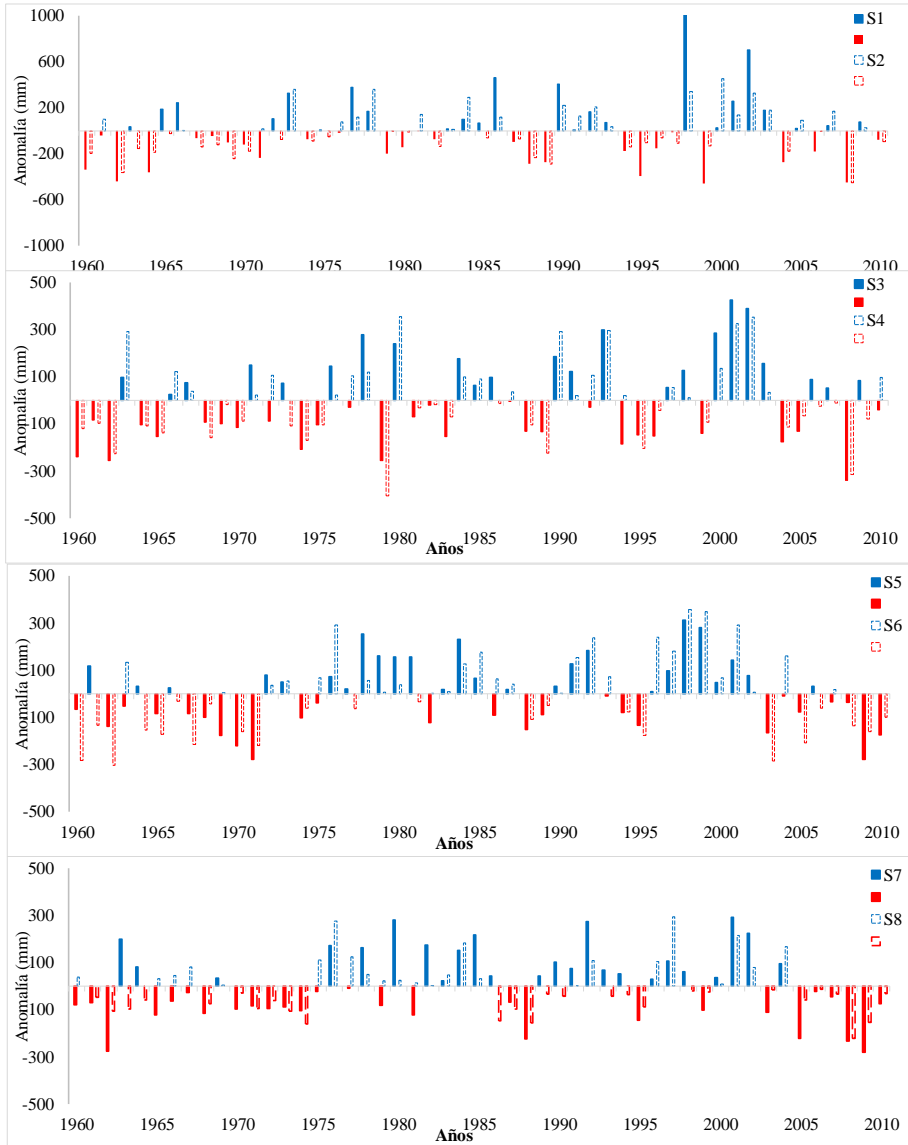


Figura 3. Anomalías de las precipitaciones media anual subregional (1960-2010)

Las anomalías medias anuales indicaron una disminución de las variaciones positivas hacia el sur de la Región Pampeana, principalmente en S8 (Figura 3). Las anomalías negativas predominan durante la primera década y media del período de estudio (1960-1975), aunque son más considerables en los S3 a S7. Durante el resto del período los ciclos negativos fueron más cortos, aunque no menos intensos. El predominio de años con anomalías positivas se observa entre el 1975 y el 2005, donde se destacan las máximas precipitaciones anuales en toda la región entre los años 1995 y 2005 (Figura 3).

Temperatura del aire.

La temperatura media de la Región Pampeana para el período estudiado es de 16,4 °C. Las S3, S5 y S6 presentan esta condición con su temperatura media anual. La máxima se registra en el S1 en el extremo noreste de la Región Pampeana, mientras que la media más baja corresponde a la zona de mayor altitud media en el S7 (14,0 °C). Este último grupo coincide también con la zona de mayor amplitud media anual de 2 °C (Tabla 2). La temperatura del aire tiene una estacionalidad definida a lo largo de toda la Región Pampeana. Se registra un gradiente de que disminuye de norte a sur (Tabla 2). Se observaron coincidencias en las máximas temperaturas medias en 1997, y entre 2008 y 2009, mientras que las mínimas se registraron en la décadas de 60' y 70'. Exceptuando las S5 y S6, en el resto de la Región Pampeana hay una tendencia positiva, es decir, un aumento de la temperatura media durante la etapa de estudio. Se destacan la S3 y S7 con aumentos de 3 y 4% con respecto a la temperatura media del periodo normal (Tabla 2).

| TEMPERATURA DEL AIRE (1960-2010) | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-------------|-----------|------|-----------|------|----------------|---------------|--|-------|
| | Media °C | Max °C | Año | Mín °C | Año | Desv.Est °C | Tendencia | Significativa (respecto del normal) | |
| S1 | 19,5 | 20,3 | 1997 | 18,7 | 1976 | 1,7 | Positiva | 2,99% | |
| S2 | 18,6 | 19,6 | 1997 | 17,9 | 2007 | 1,8 | Positiva | | |
| S3 | 16,7 | 17,5 | 2008 | 15,9 | 1964 | 1,6 | Positiva | | |
| S4 | 14,8 | 15,5 | 1980 | 14,1 | 1964 | 1,4 | Positiva | | |
| S5 | 16,6 | 17,4 | 1969 | 15,8 | 1964 | 1,6 | Sin tendencia | | |
| S6 | 15,9 | 16,6 | 2009 | 15,0 | 1976 | 1,6 | Negativa | | |
| S7 | 14,0 | 15,0 | 2008 | 13,1 | 1976 | 2,0 | Positiva | | 4,20% |
| S8 | 14,8 | 15,8 | 2009 | 14,0 | 1964 | 1,8 | Positiva | | |

Tabla 2. Temperatura del aire media, máxima y mínima subregional(1960-2010).

El análisis de Fourier muestra que a diferencia de las precipitaciones, no hay tantos máximos de densidad durante el período de estudio. Además de la señal de 12 meses, se identifica la señal inter-anual en 2 años, aunque no es considerablemente mayor en ninguna subregión en particular (Figura 4).

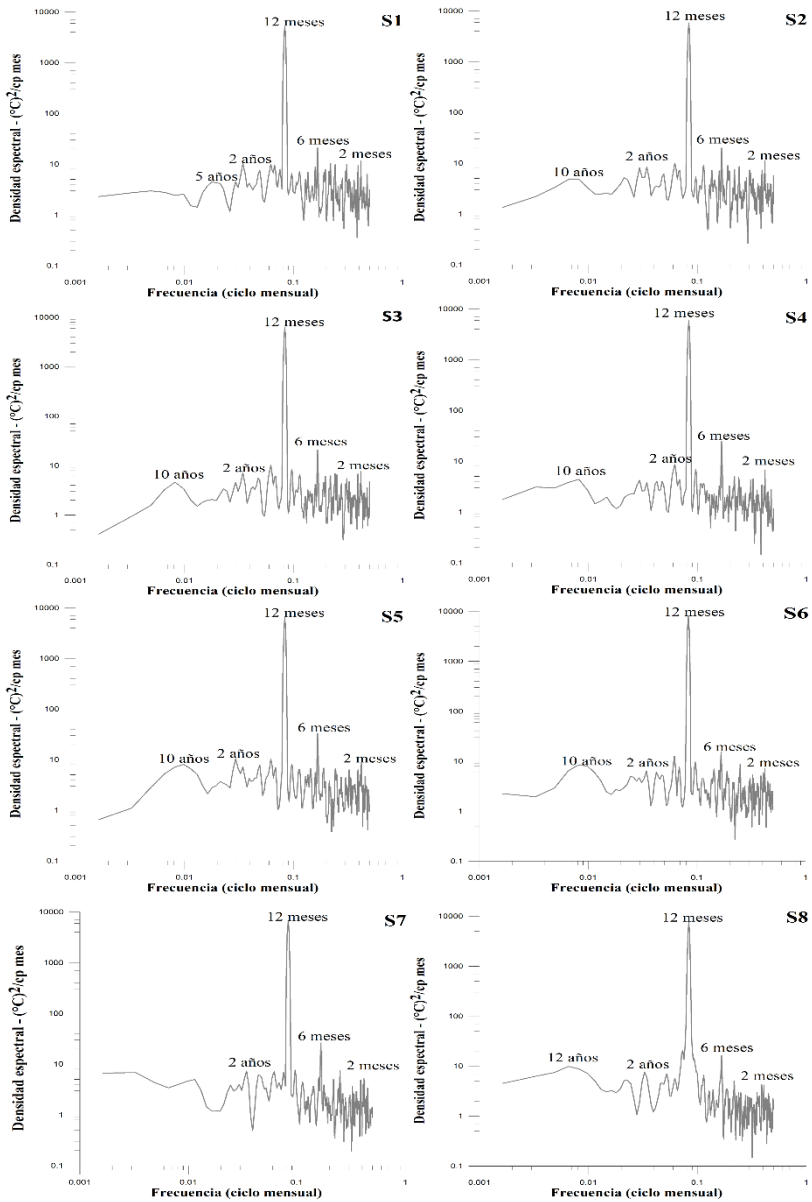


Figura 4. Densidad espectral de la temperatura del aire mensual subregional (1960-2010).

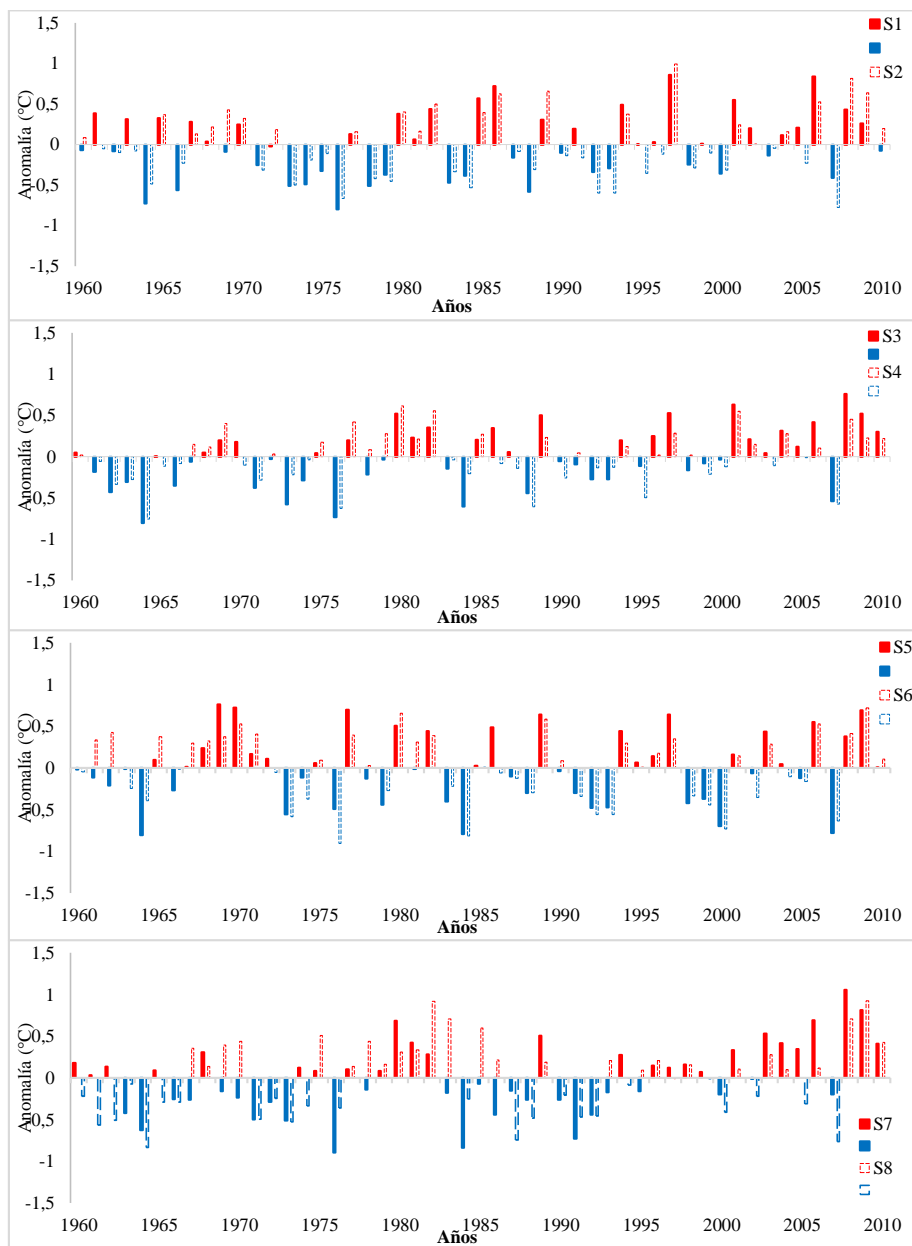


Figura 5. Anomalías de la temperatura del aire media anual subregional (1960-2010).

La variabilidad estacional también es común en toda la región de estudio, como en el caso de 6 meses y 2 meses en todos los casos (Figura 4). La variabilidad anual también se observa en todos los casos. Con respecto a las anomalías, entre las subregiones se registran mayores coincidencias temporales en las negativas que en las positivas. La S7 presenta la máxima anomalía positiva con 1,6 °C en el año 2008, el cual coincide con anomalías negativas en las precipitaciones. A diferencia de éstas, los casos negativos nunca alcanzaron el 1 °C negativo. Las más bajas llegaron a 0,9 °C en los S6 y S7 respectivamente (Figura 5).

Humedad Relativa.

La humedad relativa media en la Región Pampeana durante el período estudiado es de 71%. Las zonas más húmedas se encuentran al norte, aunque la media máxima de centra en el S4 con 78%, mientras que la mínima es de 62% en la S8 (Tabla 3). A diferencia de las precipitaciones y la temperatura del aire, la humedad no mostró un dominio de tendencias positivas, incluso se observa cierta inclinación a una disminución de la humedad media en los S1, S3 y S6. Los años más húmedos se corresponden con los máximos de precipitaciones, por ejemplo, entre los años 2000 y 2005. Los periodos se sequias extremas coinciden en los años 2008 y 2009 (Figura 3).

| | HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE (1960-2010) | | | | | | | |
|-----------|---------------------------------------|-----|------|-----|------|----------|---------------|---------------|
| | Media | Max | Año | Min | Año | Desv.Est | Tendencia | Significativa |
| | % | % | | % | | % | | % |
| S1 | 74 | 80 | 1979 | 69 | 2008 | 2 | Negativa | 2 |
| S2 | 74 | 81 | 2001 | 66 | 2008 | 3 | Positiva | |
| S3 | 73 | 78 | 1963 | 69 | 2008 | 2 | Negativa | |
| S4 | 79 | 83 | 2001 | 74 | 2008 | 2 | Positiva | |
| S5 | 67 | 73 | 1991 | 59 | 2009 | 3 | Sin tendencia | |
| S6 | 69 | 74 | 2001 | 59 | 2009 | 4 | Negativa | |
| S7 | 69 | 73 | 1997 | 61 | 2009 | 3 | Negativa | |
| S8 | 63 | 70 | 1992 | 56 | 2009 | 3 | Positiva | |

Tabla 3. Humedad Relativa media, máxima y mínima subregional(1960-2010).

El análisis de las anomalías permite observar un domino de los casos de baja humedad desde 1960 hasta 1975. A partir de éste, comienzan a predominar las anomalías positivas durante la mayor cantidad de los años, hasta aproximadamente el año 2004 cuando comienza en período de muy baja humedad.

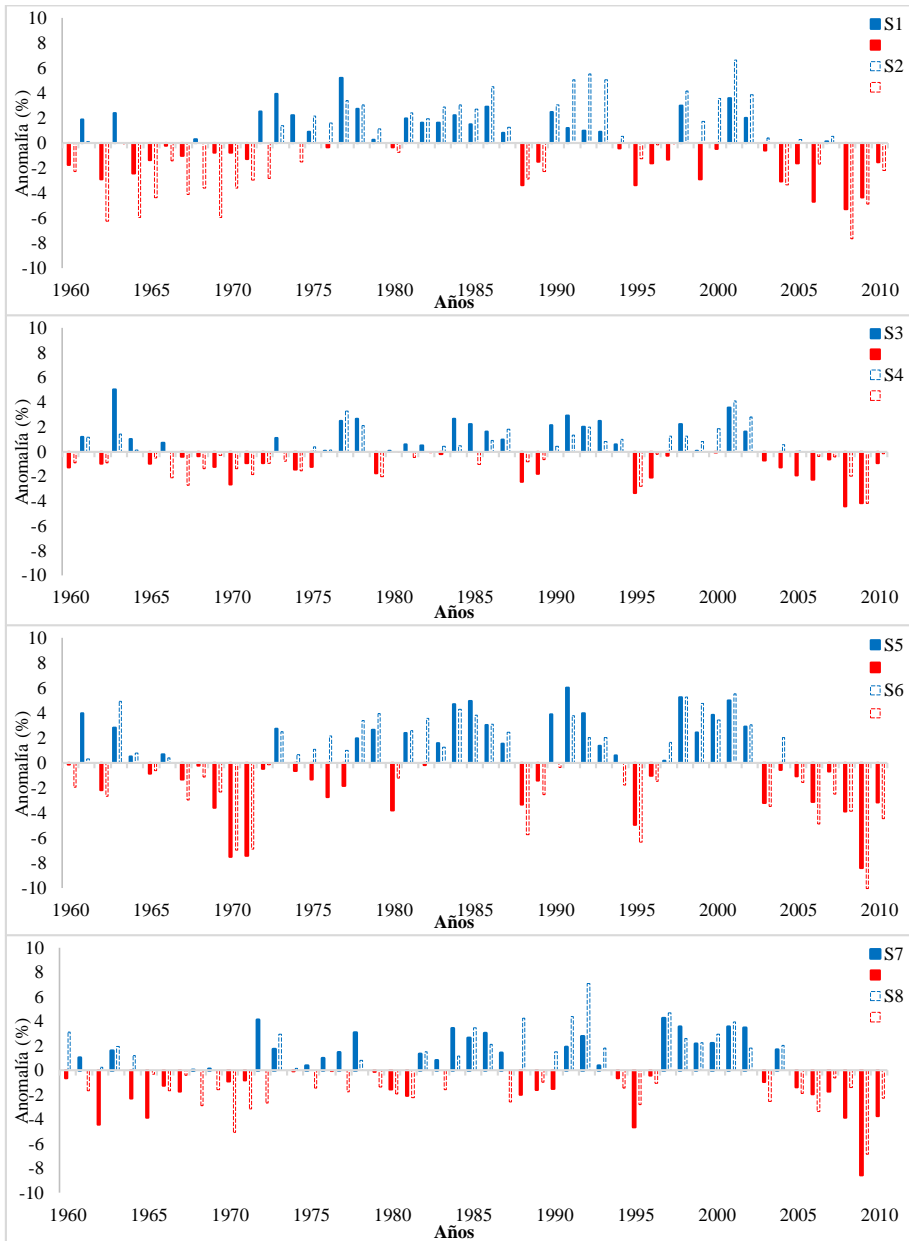


Figura 6. Anomalías de la Humedad Relativa media anual subregional (1960-2010)

A pesar de esto, las anomalías negativas son considerablemente más intensas que las positivas. Las anomalías negativas tienen un valor medio de casi -4%, mientras que las positivas no alcanzan el 3%. Los grupos donde se concentran los períodos más secos son los S5, S6 y S7, como por ejemplo entre los años 2005 y 2010 (Figura 6).

Velocidad y Dirección del viento.

Este fenómeno atmosférico es uno de los de distribución más heterogénea a lo largo de la Región Pampeana. Durante el período de estudio la velocidad media del viento fue 13 km/h, aunque no representa las diferentes intensidades medias. La subregión menos ventosa corresponde al S7 con una velocidad media de 9,8 km/h, mientras que la que muestra las mayores velocidades medias es contigua a ésta, en el S8 con una media de 21,2 km/h. La segunda más ventosa está muy por debajo de ella con 14 km/h en el S4 (Tabla 4).

| VELOCIDAD DEL VIENTO (1960-2010) | | | | | | | | |
|----------------------------------|---------------|-------------|------|-------------|------|------------------|---------------|-----------------------|
| | Media km/h | Max km/h | Año | Min km/h | Año | Desv.Est km/h | Tendencia | Significativa km/h |
| S1 | 10,5 | 12,5 | 1980 | 8,1 | 1992 | 1,1 | Negativa | |
| S2 | 13,1 | 15,6 | 1997 | 8,2 | 1963 | 1,6 | Positiva | 3 |
| S3 | 10,9 | 12,2 | 1971 | 9,3 | 2007 | 0,7 | Negativa | |
| S4 | 14,7 | 17,6 | 1972 | 12,2 | 1998 | 1,5 | Negativa | 3,5 |
| S5 | 11,7 | 14,1 | 2003 | 9,7 | 1962 | 1,1 | Positiva | |
| S6 | 12,1 | 16,1 | 1975 | 9,0 | 1960 | 1,9 | Sin tendencia | |
| S7 | 9,8 | 14,8 | 1963 | 6,3 | 1977 | 2,0 | Sin tendencia | |
| S8 | 21,2 | 25,2 | 1984 | 16,1 | 1968 | 2,4 | Positiva | 2,3 |

Tabla 4. Velocidades del viento medias, máximas y mínimas subregional (1960-2010).

El análisis de Fourier muestra que si bien, la señal anual es la más fuerte en todos los grupos, en algunos predominan las señales estacionales sobre todo de cuatro meses en los S5 y S6, mientras que en otros son más notables los interanuales. Estos incluyen 10 y de 7 a 2 años (Figura 7). Al observar las anomalías se puede identificar la misma tendencia, si bien las medias de las positivas y negativas son similares (+/- 1,3 km/h), la variabilidad interanual e intergrupala es notable. Los extremos positivos y negativos de las anomalías se registran en el S8 y se destaca una disminución entre las primeras dos décadas (1960-1980) con respecto al resto del período de estudio (Figura 8).

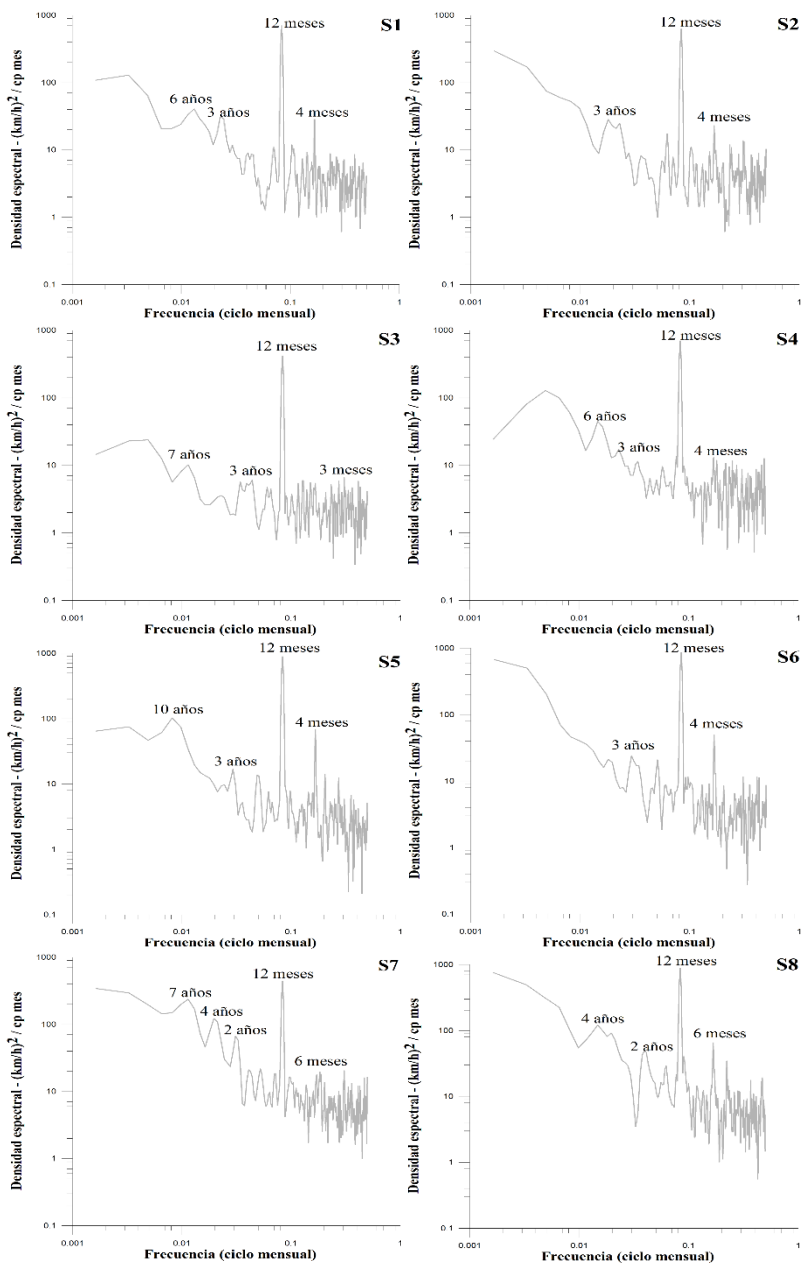


Figura 7. Densidad espectral de velocidad del viento subregional (1960-210).

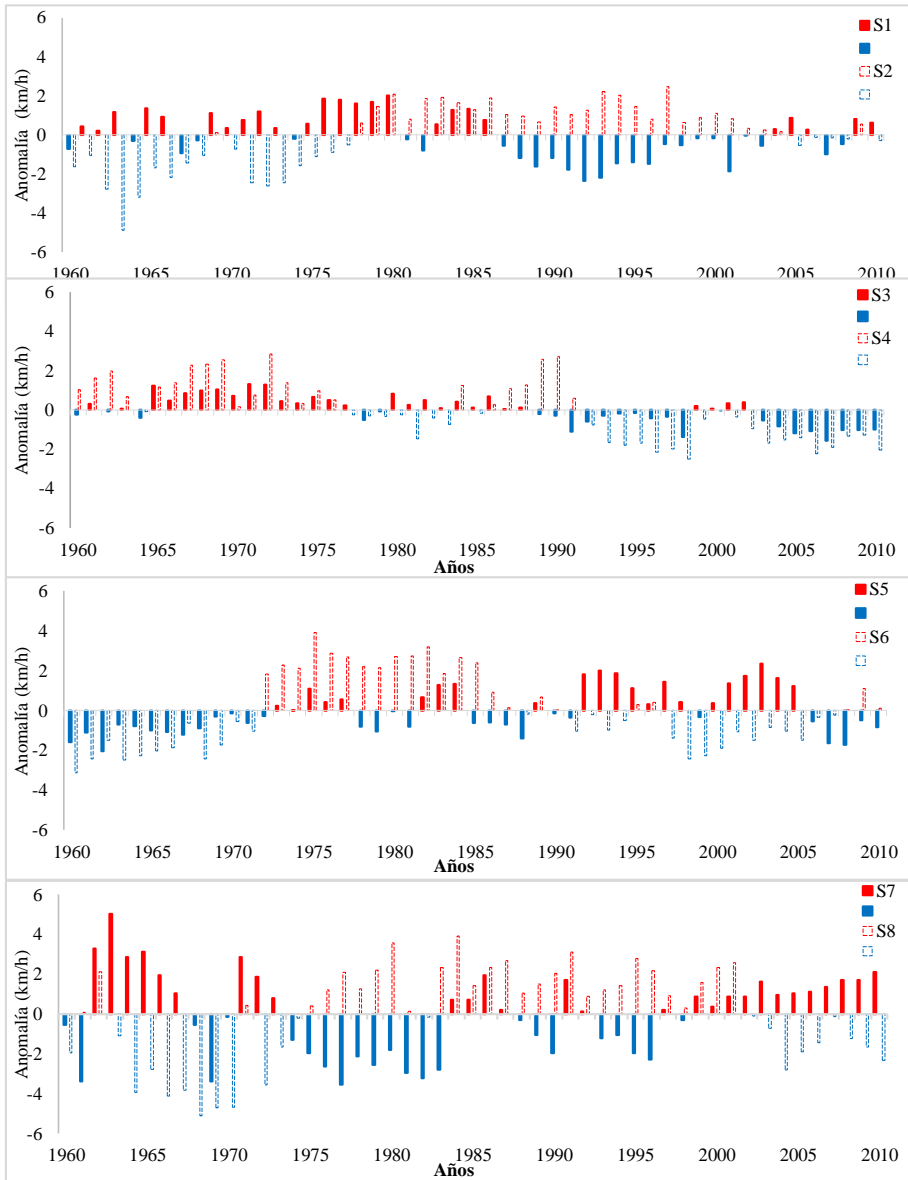


Figura 8. Anomalías de la velocidad media del viento subregional (1960-2010).

El análisis de las frecuencias medias en cuanto a la dirección del viento muestra ser tan heterogéneo como las velocidades medias. Los S1 y S2 registran las mayores

frecuencias en dirección este, noreste y sudeste. En el primer caso se destaca la mayor frecuencia en dirección sudoeste en la década 1981-1990, mientras que en el S2 en lo hace desde el noreste para los años 1960-1970. El S3 que se encuentra en el centro de la Región Pampeana no hay una dirección predominante o de mayor frecuencia, solo levemente del sector noreste.

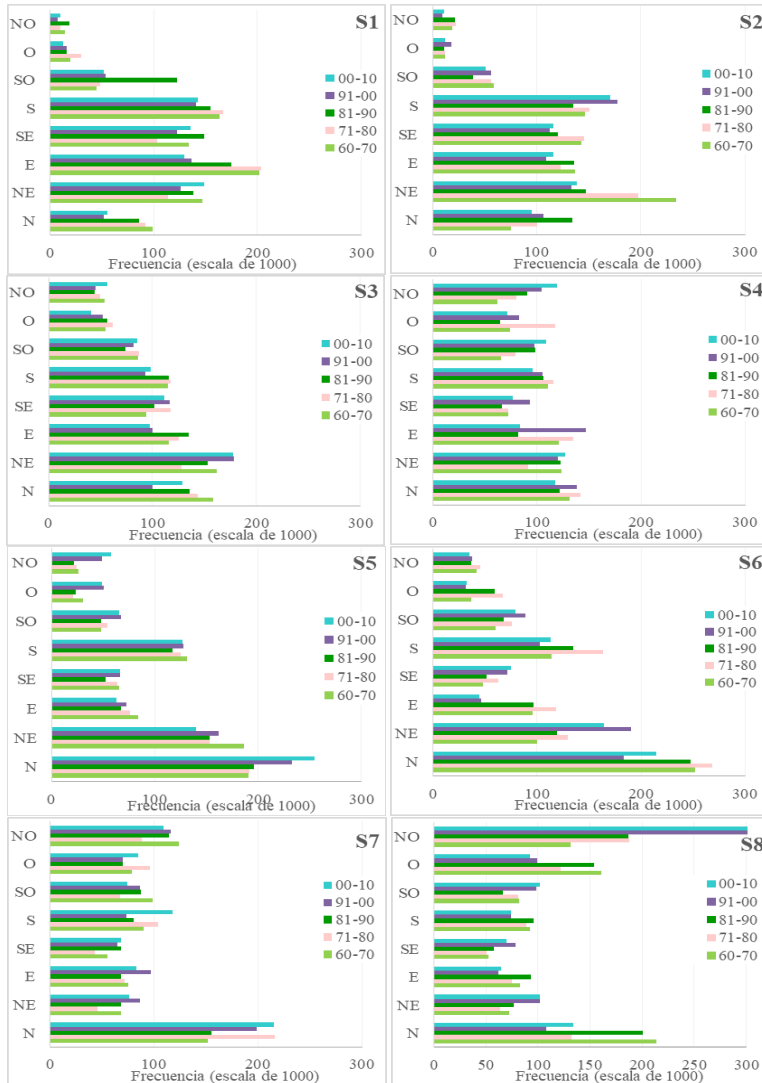


Figura 9. Frecuencia media decádica de dirección del viento (1960-2010).

Lo mismo ocurre en el caso del S4 ya que no se registra en el período de estudio una orientación dominante (Figura 9). En los S5 y S6 comienza a observar un dominio de viento norte y noreste. En el caso del S7 y S8 es notable la influencia de las frecuencias con sentido norte y noroeste con respecto al resto de las direcciones. Aunque se destacan las máximas frecuencias del Noroeste en la S8, el cual coincide con la zona de mayor velocidad media de la Región Pampeana. Cabe destacar que en este último caso la frecuencia casi se duplicó en las últimas dos décadas del período de estudio (Figura 9).

Conclusiones

El análisis de la variabilidad climática de la región Pampeana argentina en un período de 50 años ha permitido demostrar que hay predominio de tendencias positivas de la precipitación media anual en casi toda su extensión. Donde además las anomalías positivas son más mayores que las negativas y que a su vez disminuyen con dirección norte-sur. En cuanto a la temperatura del aire se observó una leve tendencia positiva en el aumento de la temperatura media durante el período de estudio. La estacionalidad térmica es marcada a lo largo de toda la Región Pampeana, aunque se intensifica al aumentar la latitud. Los cambios topográficos, como las elevadas altitudes en el centro-sur de la provincia de Buenos Aires, marcan cambios en esta respuesta disminuyendo la temperatura media (S7). Los resultados muestran que no toda la variabilidad climática es homogénea en la región pampeana, ya que no depende solamente de la latitud, la altitud y la distancia al mar, sino también la influencia de clima global.

La humedad relativa en la Región Pampeana responde a las máximas precipitaciones y a la cercanía al mar. A diferencia de la precipitación y la temperatura del aire, la humedad no mostró tendencias positivas en ningún grupo, incluso se observa cierta inclinación a una disminución de la humedad media en los S1, S3 y S6. Teniendo en cuenta que la humedad relativa responde a los eventos de inundación y sequía, se podría inferir que la disminución de la humedad media estaría vinculada con los eventos extremos de sequía observados al final del período, por lo que no se podría afirmar a ciencia cierta que sea una tendencia, sino una respuesta temporal.

Con respecto a la dirección del viento en la Región Pampeana, en el norte se muestran mayores frecuencias en dirección este, noreste y sudeste. En las subregiones que se encuentra en el centro de la Región Pampeana no hay una dirección predominante, mientras que en el sur, es notable la influencia del viento norte y más aún el noroeste con respecto al resto de las direcciones.

El estudio sobre los patrones y dinámicas de la variabilidad climática a escala subregional puede aportar conocimiento que permitan mitigar conflictos socio ambientales particulares en cada una de ellas. Es decir, que facilitaría al ordenamiento territorial funcional a cada condición climática y con ello disminuir, por ejemplo, los riesgos vinculados a actividades agropecuarias y en la gestión y planificación de áreas rurales y urbanas. Conocer como las condiciones climáticas varían de una subregión

a otra es esencial para evaluar impactos en las zonas sembradas, la hacienda, las viviendas, las ciudades y la geomorfología, entre otras.

Bibliografía

- Aliaga, V.S., Ferrelli, F., Alberdi-Algarañaz, E.D., Bohn, V.Y. & Piccolo, M.C. (2016). Distribución y variabilidad de la precipitación en la Región Pampeana, Argentina. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 42(1), 261-280.
- Aliaga, V.S., Ferrelli, F. & Piccolo, M.C. (2017). Regionalization of climate over the Argentine Pampas. *International Journal of Climatology*. 37(S1), 1237-1247.
- Bridgman, H.A. & Oliver, J.E. (2006). *The global climate system: patterns, processes, and teleconnections*. Cambridge University Press.
- Camilloni, I.A. (2018) *Argentina y el cambio climático*; Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias; *Ciencia e Investigación*; 68; 5; 11-2018; 5-10.
- Davey, M.K., Brookshaw, A. & Ineson, S. (2014). The probability of the impact of ENSO on precipitation and near-surface temperature. *Climate Risk Management*, 1, 5-24.
- Doyle, M., Saurral, R. & Barros, V.R. (2012). Trends in the distributions of aggregated monthly precipitation over the Plata Basin. *Int. Journal of Climatology*, 32, 2149-2162.
- Forte Lay, J., Scarpati, O. & Capriolo, A. (2008). Precipitation variability and soil water content in Pampean Flatlands (Argentina). *Geofísica Internacional*, 47 (4), 341-354.
- Gasca Zamora, J. (2009). *Geografía regional. La región, la regionalización y el desarrollo regional*. Instituto de Geografía – UNAM. México.
- Giovannetone, J., Paredes, F., Seiler, R. & Ravelo, A. (2013). Effectiveness of a new method (software) to evaluate the impacts of the Madden-Julian oscillation on rainfall in Central and South America. *Aqua-Lac*, 5(2), 44-55
- Godoy, A.A., Aldeco, L.S. & Ferreira, L.J. (2018). Análisis de los forzantes de la escala intraestacional a estacional durante la sequía 2017-2018. XIII CONGEMET, SMN. Departamento de Agrometeorología. Rosario, Santa Fe, Argentina.
- Grimm, A.M. (2011). Interannual climate variability in South America: impacts on seasonal precipitation, extreme events, and possible effects of climate change. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 25(4), 537-554.
- Hulme, M. & Sheard, N. (1999). Climate change scenarios for Argentina. *Climatic Research Unit*, Norwich, UK.
- Labraga, J.C, Brandizi, L.D. & López, M.A. (2011). Avances en el pronóstico climático de las anomalías de lluvia en la Región Pampeana. *Meteorológica*, 36(2), 59-71.
- Magrin G.O, Travasso M.I. & Rodríguez G.R. (2005). Changes in climate and crops production during the 20th century in Argentina. *ClimChange*, 72:229–249.

- Olcina Cantos, J. (1996). El clima: factor de diferenciación espacial. Divisiones regionales del mundo desde la antigüedad al S. XVIII. *Investigaciones geográficas*. 15, 79-98.
- Sierra, E.M., Hurtado, R.H. & Spescha, L. (1994). Corrimiento de las isoyetas anuales medias decenales en la Región Pampeana 1941-1990. *Rev. Fac. Agr*, 14(2), 139-144.
- SMN (2018): Tendencias observadas en Argentina 1961-2016. Disponible en <https://www.smn.gob.ar/caracterizacion-estadistica-de-largo-plazo>.
- TCNCC (2015): Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/sustentabilidad/cambioclimatico/comunicacionnacional/tercera>.
- Volante, J., Mosciaro, J., Morales Poclava, M., Vale, L., Castrillo, S., Sawchik, J. & Paruelo, J. (2015). Expansión agrícola en Argentina, Bolivia, Paraguay, Uruguay y Chile entre 2000-2010: Caracterización espacial mediante series temporales de índices de vegetación. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 41 (2), 179-191.
- Zhou, H., Aizen, E., & Aizen, V. (2018). Constructing a long-term monthly climate data set in central Asia. *International Journal of Climatology*. 38, 1463-1475.