

## **APLICABILIDAD DE LOS DATOS GRILLADOS PARA EL ANÁLISIS ESPACIOTEMPORAL DE LAS PRECIPITACIONES, PROVINCIA DE BUENOS AIRES (ARGENTINA)**

**Casado, Ana<sup>1</sup>; Picone, Natasha<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur – CONICET. Bahía Blanca. E-mail: [ana.casado@uns.edu.ar](mailto:ana.casado@uns.edu.ar)

<sup>2</sup>CIG - IGEHCS, CONICET / UNCPBA. Tandil. E-mail: [npicone@fch.unicen.edu.ar](mailto:npicone@fch.unicen.edu.ar)

---

### Resumen

La obtención de datos climáticos constituye un desafío para numerosas regiones debido a la indisponibilidad de información, a la baja calidad de las series disponibles y/o al alto costo de las series comercializadas. Es por ello que los datos grillados a escala global son cada vez más utilizados en investigaciones en hidrología y climatología. Este trabajo evalúa el potencial de aplicación de los datos grillados para el análisis espaciotemporal de las precipitaciones en áreas sujetas a una marcada discontinuidad de registros climáticos en espacio y tiempo. El mismo se centra en la provincia de Buenos Aires (Argentina) y utiliza las series grilladas de precipitación mensual del *Global Precipitation Climatology Centre* (GPCC). Los métodos de análisis combinan la estadística y el análisis geoespacial para (i) determinar el grado de ajuste de las series grilladas respecto de las series provenientes de fuentes oficiales de registro y (ii) evaluar el potencial de aplicación de los datos grillados en climatología. Los resultados obtenidos muestran un buen ajuste de los datos grillados en el área de estudio, con una variabilidad de ajuste entre el 60 y el 99 %. Además, se observa que las series grilladas de precipitación describen las mismas tendencias de distribución espacial y de variabilidad temporal que aquellas descritas en estudios previos para periodos equivalentes. Si bien se reconocen ciertas limitaciones intrínsecas, se concluye que las series grilladas de precipitación del GPCC constituyen una herramienta con gran potencial para el análisis de procesos de diferenciación espaciotemporal de las precipitaciones en áreas sujetas a una marcada discontinuidad de registros.

Palabras clave: Datos grillados - Precipitaciones - Análisis espaciotemporal - Provincia de Buenos Aires

### **APPLICABILITY OF GRIDDED CLIMATE DATASETS TO SPATIOTEMPORAL RAINFALL ASSESSMENT, BUENOS AIRES PROVINCE (ARGENTINA)**

#### Abstract

Obtaining long-term climate datasets represents a challenge for many regions worldwide due either to the lack of information or to the low quality and/or elevated cost of the series available. As a result, gridded climate datasets are increasingly used in hydrology and climatology research. This paper evaluates the potential of gridded climate datasets to assess spatiotemporal patterns of rainfall in regions where climate records are markedly discontinuous in space and time. The study centers in the province of Buenos Aires (Argentina), and uses the monthly precipitation dataset of the *Global Precipitation Climatology Centre* (GPCC). Methods combine statistical and geospatial analyses to (i) determine the degree of adjustment of gridded precipitation data relative to official records collected across the region, and (ii) evaluate the potential of applicability of gridded data in climate analysis.

---

Recibido: mayo de 2018 Aceptado: Septiembre de 2018

Gridded data series showed a good fit across the study area, explaining between 60 and 99% of the variance of recorded data. In addition, gridded data series described similar spatiotemporal trends and variability to those described in previous studies for equivalent periods of observation. Although they exhibit intrinsic limitations, it is concluded that GPCC precipitation datasets hold great potential for spatiotemporal assessment of rainfall in areas subject to marked discontinuity of climate records.

Keywords: Gridded Data – Rainfall – spatiotemporal analysis – Buenos Aires province

---

### *Introducción*

En los últimos años, el uso de datos climáticos grillados se popularizó notoriamente. Los campos de aplicación en hidrología y climatología son numerosos y variados y se incrementan junto con la automatización de la información y el desarrollo de nuevas geotecnologías. Algunos ejemplos incluyen la caracterización del clima (Garreaud, Vuille, Compagnucci y Marengo, 2009) y el análisis de la variabilidad climática a gran escala (Grimm, 2011), la caracterización de regiones hidroclimáticas (Demaria et al., 2013) y el análisis de la variación altitudinal de la temperatura (Sharma y Déry, 2016), entre otros. La creciente popularidad de los datos grillados reposa fundamentalmente en su gran potencial para resolver dos problemas frecuentes en investigaciones hidrológicas y climatológicas: la indisponibilidad de datos históricos y la baja calidad de las series históricas disponibles (Shelton, 2009). En efecto, la obtención de series de datos hidroclimáticos constituye un desafío para numerosas regiones, desafío que incluye además el alto costo de las series comercializadas. La *Physical Sciences Division* (PSD) del *Earth System Research Laboratory* (ERSL) de NOAA provee una amplia gama de datos climáticos a escala mensual y diaria a lo largo de varias décadas y para distintos puntos del globo. En todos los casos se trata de datos grillados, interpolados a distinta resolución espacial a partir de redes globales de estaciones meteorológicas e información satelital.

El propósito del presente trabajo es evaluar el potencial de los datos grillados para la reconstrucción espaciotemporal de series climáticas en regiones donde la ausencia general de registros se combina con la escasez de políticas de planificación, lo que genera un fuerte grado de incertidumbre frente a la manifestación espacial de la variabilidad del clima. El estudio se centra en la provincia de Buenos Aires (Argentina), donde la alternancia de sequías e inundaciones representa una de las problemáticas más recurrentes (Scarpati y Capriolo, 2013). Estos eventos tienen su origen en la variabilidad natural de las precipitaciones, tanto espacial como temporal (Aliaga, Ferrelli, Alberdi Algarañaz, Bohn y Piccolo, 2016; Scian, 2000) y en la predominancia de procesos hidrológicos verticales (evaporación e infiltración) como consecuencia de la baja energía del relieve, que favorecen los procesos de sequía y anegamiento (Kruse y Laurencena, 2005). En adición, estas

condiciones naturales se ven acentuadas por el uso y la gestión del recurso hídrico y, por extensión, por el efecto a la vez mitigador y agravante ejercido por las estructuras y políticas de almacenamiento, utilización y distribución del agua.

### *Materiales y métodos*

#### *Materiales*

La serie de datos grillados de precipitación que se emplean en este trabajo corresponde al *Global Precipitation Climatology Centre* (GPCC; V7) y fueron provistas gratuitamente por el ERSI de NOAA. Las mismas contienen datos mensuales de precipitación a lo largo del periodo 1901-2013 interpolados a una resolución espacial de 0.5 x 0.5 grados de latitud/longitud. Cabe destacar que la mayoría de las series de datos climáticos grillados brindados por el ERSI se encuentra en formato netCDF (\*.nc). Así, la visualización, el tratamiento y el análisis de estas series requieren del uso de programas especializados. Este estudio utiliza dos programas robustos pero amigables, ambos de descarga gratuita. El programa *Integrated Data Viewer* (IDV; Unidata) permite visualizar y delimitar series de datos, extraer series temporales para un determinado punto del globo y analizar el comportamiento de las variables climáticas en el espacio y el tiempo. También provee una amplia gama de herramientas de análisis estadístico y espacial. Por otra parte, *NetCDF Operators* (NCO) es un conjunto de operadores DOS diseñados para facilitar el análisis de datos almacenados en formato netCDF. Existe una gran cantidad de operadores para descripción, procesamiento, edición y análisis matemático-estadístico de datos netCDF. En todos los casos, los mismos permiten manipular grandes bases de datos en forma rápida y robusta.

Paralelamente, se obtuvieron series de datos de precipitación mensual registrada en 21 estaciones meteorológicas distribuidas en la provincia de Buenos Aires y provincias aledañas (tabla Nº 1). El periodo disponible para cada una de las series disponibles varía de una estación a otra y algunas series presentan registros faltantes para uno o varios meses. En consecuencia, las series fueron delimitadas para el periodo 1971-2000. Ello permitió maximizar la cantidad de registros disponibles a lo largo de la provincia sobre una base climática de 30 años.

**Tabla N° 1. Descripción de las estaciones meteorológicas de registro utilizadas en el análisis y porcentaje de registros mensuales disponibles para el periodo 1971-2000 (N)**

#	Fuente	Estación	Provincia	Latitud (° S)	Longitud (° O)	N (%)
1	SMN	Azul Aero (I)	Buenos Aires	36,5	59,5	100
2	SMN	Bahía Blanca Aero	Buenos Aires	38,4	62,1	100
3	INTA	Balcarce	Buenos Aires	37,8	58,3	100
4	SMN	Bolívar Aero	Buenos Aires	36,1	61,0	98
5	INTA	Bordenave	Buenos Aires	37,8	63,1	100
6	SMN	Coronel Suárez Aero	Buenos Aires	37,3	61,5	100
7	SMN	General Pico Aero	La Pampa	35,4	63,4	100
8	INTA	General Villegas	Buenos Aires	35,0	63,0	92
9	INTA	Hilario Ascasubi	Buenos Aires	39,4	62,6	100
10	INTA	Hurlingham	Buenos Aires	34,6	58,7	99
11	SMN	Junín Aero	Buenos Aires	34,3	60,5	100
12	SMN	Laboulaye Aero	Córdoba	34,1	63,2	100
13	INTA	Laprida	Buenos Aires	37,5	60,8	100
14	SMN	Las Flores Aero	Buenos Aires	36,0	59,1	100
15	SMN	Mar del Plata Aero	Buenos Aires	37,6	57,3	100
16	SMN	Pehuajó Aero	Buenos Aires	35,8	61,9	100
17	INTA	Pergamino	Buenos Aires	33,9	60,6	99
18	SMN	Punta Indio BA	Buenos Aires	35,2	57,2	100
19	SMN	Tandil Aero	Buenos Aires	37,1	59,1	100
20	SMN	Tres Arroyos	Buenos Aires	38,2	60,1	100
21	SMN	Viedma Aero	Río Negro	40,5	63,0	100

Fuente: elaboración propia

### *Métodos de análisis*

Este estudio combina el tratamiento de series de datos grillados de precipitación mensual con el análisis estadístico y climático de las mismas para determinar su potencial de aplicación en hidroclimatología. El proceso de análisis comprendió tres etapas como se detalla a continuación.

Etapas 1: Delimitación espaciotemporal y tratamiento preliminar de las series de datos grillados. Puesto que las series de datos grillados son globales, el primer paso supone delimitar las series en espacio y tiempo para maximizar el costo de procesamiento. Así, se delimitó la zona comprendida entre los 32° S y 42° S de latitud y los 56° O y 64° O de longitud y se definió un periodo temporal de 90 años entre 1911 y 2000. Ello produjo una muestra de 1080 datos de precipitación mensual para 357 puntos repartidos uniformemente a lo largo de la provincia de Buenos Aires y zonas aledañas. Sobre esta base se extrajeron

tres series de precipitación: (a) precipitación mensual para los puntos correspondientes a cada una de las estaciones meteorológicas de registro (tabla 1), (b) precipitación media mensual para cada uno de los 357 puntos disponibles en la grilla, (c) precipitación anual para cada uno de los 357 puntos disponibles en la grilla. Estas series conforman la base para el análisis estadístico y climático comparativo de datos grillados de precipitación.

Etapas 2: Análisis estadístico de las series grilladas. Esta etapa comprende la determinación del grado de ajuste de las series grilladas (series “a”) respecto de las series registradas en las estaciones meteorológicas de control (tabla N° 1). Para ello se emplearon test de correlación (Pearson) y estadísticas de error de series mensuales y anuales a lo largo del periodo 1971-2000 (periodo disponible para las series de registro). Las estadísticas de error incluyeron el error medio absoluto (EMA; ecuación 1) y el error medio cuadrático (EMC; ecuación 2) entre datos de precipitación grillados,  $P_G$ , y registrados,  $P_R$ :

$$EMA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_G - P_R) \quad (1)$$

$$EMC = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_G - P_R)^2} \quad (2)$$

Etapas 3: Análisis climático comparativo de las series grilladas. En esta etapa se pretende determinar el potencial de los datos grillados de precipitación para llevar a cabo estudios climáticos. Así, se analiza la variabilidad de la precipitación en escalas temporales frecuentemente utilizadas en climatología (anual, decádica y climática), a lo largo de periodos compatibles con estudios previos realizados en el área. La finalidad de este procedimiento es la de efectuar una comparación adecuada de los resultados obtenidos respecto de aquellos obtenidos en estudios previos, derivados del análisis de datos registrados en estaciones meteorológicas. El análisis anual y decádico requirieron previa clasificación de las series grilladas en regiones de comportamiento pluviométrico homogéneo a lo largo de la provincia con el fin de limitar el número de puntos de análisis. Las regiones de precipitación homogénea se identificaron por clasificación ascendente jerárquica (AHC) de los regímenes de precipitación anual (series “b”). La menor varianza dentro de las clases se logró con el método de disimilaridad de Ward (distancia euclidiana). Para cada región, se promediaron los montos de precipitación anual (series “c”), se estandarizaron los resultados y se calculó la media móvil de 11 años. Ello permitió filtrar las variaciones con periodos inferiores a 10 años y conservar las variaciones interdecádicas

(Penalba y Vargas, 2004). Finalmente, el análisis de variabilidad climática se basó en el análisis de isohietas de precipitación media anual calculadas para periodos de 30 años, utilizando todos los puntos disponibles de información. Se elaboraron mapas que muestran la distribución espacial de la precipitación media anual para cada periodo, se calculó la diferencia de precipitación registrada entre periodos consecutivos y se compararon dichas distribuciones con aquellas documentadas por otros trabajos realizados en el área de estudio.

## **Resultados y Discusión**

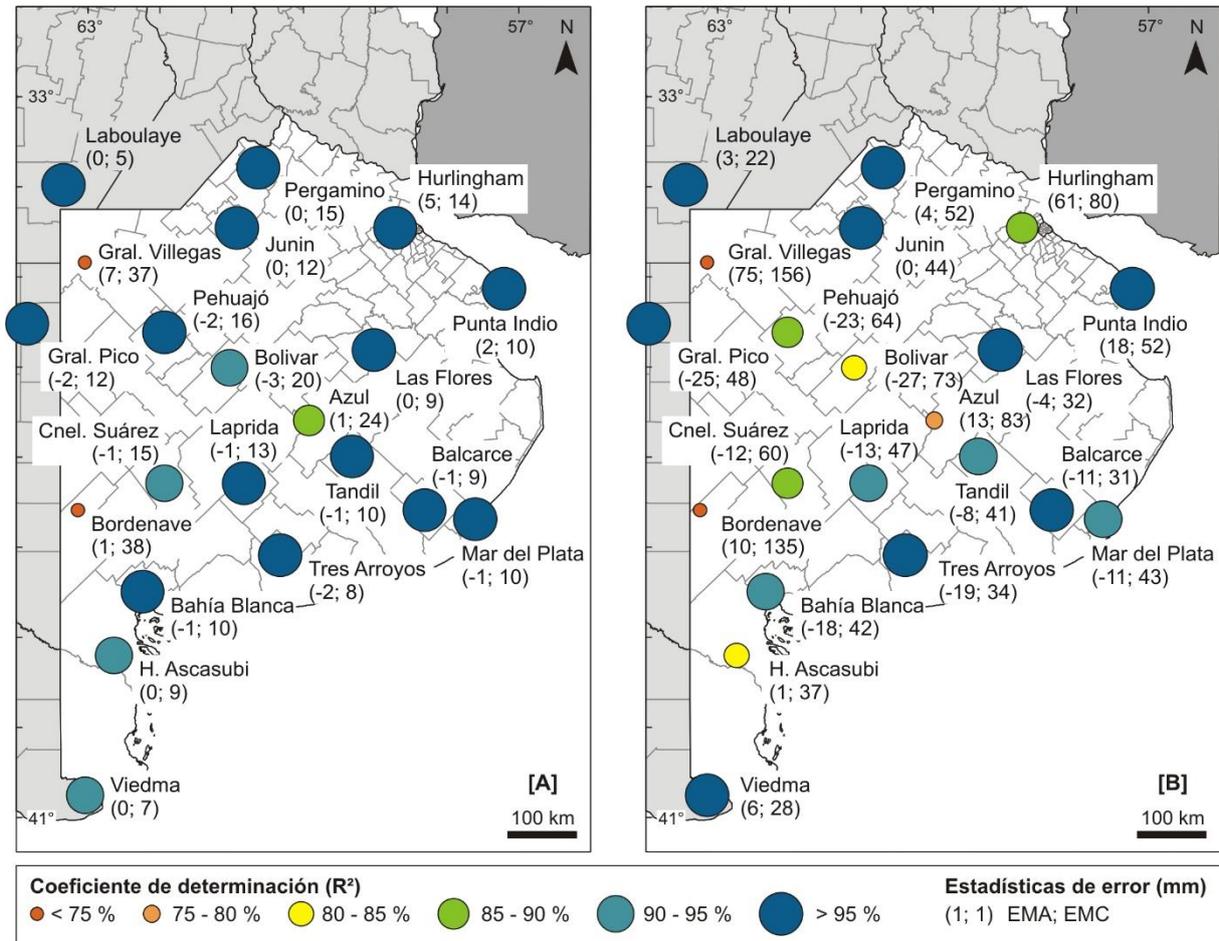
### Ajuste estadístico de las series grilladas de precipitación

La correlación entre las series de datos grillados de precipitación y los registros medidos en distintas estaciones meteorológicas a lo largo de la provincia indicó un muy buen ajuste tanto a escala mensual ( $0,65 < r^2 < 0,99$ ) como anual ( $0,60 < r^2 < 0,99$ ). Los mejores ajustes (más del 90 % de la varianza explicada) ocurren en dos bandas relativamente paralelas localizadas en torno a los paralelos de  $35^\circ$  y  $38^\circ$  de latitud sur, con excepción de las estaciones General Villegas y Bordenave que exhiben el peor ajuste (figura N° 1). El ajuste de las estaciones localizadas en el centro de la provincia es de entre 80 y 90 %. Un aspecto interesante a destacar es que el ajuste de las series mensuales es sensiblemente superior al de las series anuales para casi la totalidad de estaciones. Ello indica que las series de precipitación mensual contienen errores que se acumulan año a año y que afectan por tanto la varianza de las series anuales a lo largo del periodo de observación. Este aspecto queda igualmente reflejado por las estadísticas de error de las series mensuales. Si bien el EMC mensual se mantiene bajo, promediando 15 mm a lo largo de la provincia, el mismo representa entre el 7 % y el 60 % de la precipitación media mensual calculada para el periodo en Laboulaye (mejor ajuste) y Bordenave (peor ajuste), respectivamente. Naturalmente, las estaciones para las cuales el EMC mensual represente un porcentaje significativo de la precipitación media mensual exhibirán un menor ajuste anual debido a la acumulación anual de errores mensuales. En función de resultados obtenidos en este trabajo, el umbral a partir del cual las estaciones presentan un menor ajuste anual es del 15 % de la precipitación media mensual. Otro aspecto interesante a destacar es que el EMA mensual es distinto de cero para numerosas estaciones, lo que indica que los errores no están uniformemente distribuidos a lo largo del periodo de observación sino que exhiben una tendencia a sobreestimar (EMA positivo) o subestimar (EMA negativo) la precipitación media

mensual.

**Figura N° 1. Ajuste y error de datos grillados de precipitación respecto de datos registrados en distintas estaciones meteorológicas de la provincia de Buenos Aires y zonas aledañas.**

**[A] series mensuales y [B] series anuales. Periodo 1971-2000.**



Fuente: elaboración propia

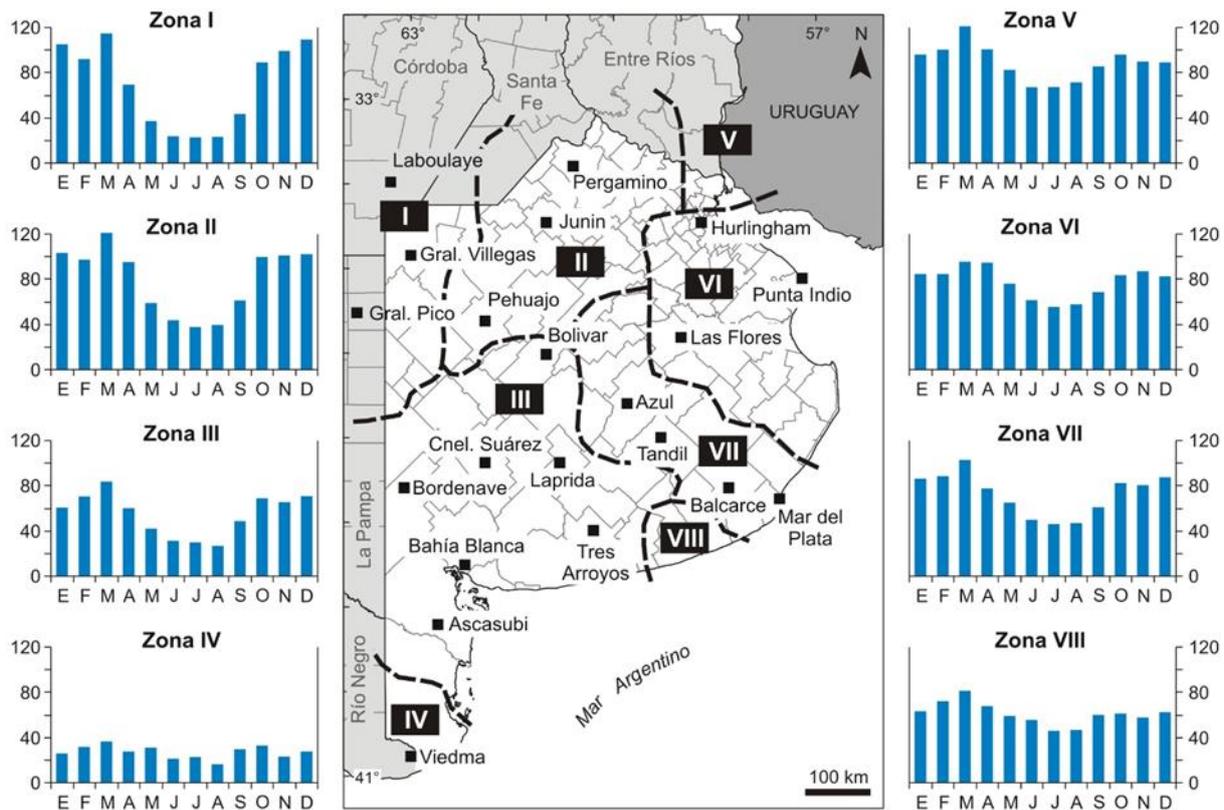
*Análisis climático comparativo de series grilladas de precipitación*

*Análisis anual*

La clasificación ascendente jerárquica de regímenes anuales de precipitación (1911-2000) indicó que existen ocho zonas de precipitación homogénea a lo largo de la provincia (figura N° 2). La distribución anual de la precipitación para cada una de las zonas describe la estacionalidad típica de la región, con una estación lluviosa y una estación más o menos seca que reflejan la marcha estacional de la insolación y la migración latitudinal de los principales centros de acción en el extremo sur de América del Sur (Gan, Kousky y

Ropelewski, 2004; Marengo, et al., 2010; Nogués Paegle et al., 2002; Vera et al., 2006; Zhou y Lau, 1998). En efecto, se observa que las precipitaciones se concentran en las estaciones de primavera y verano mientras que los meses invernales registran los menores montos de precipitación mensual. Se observa asimismo que los regímenes de precipitación decrecen en magnitud hacia el suroeste, tal es el rasgo característico de la región (Capelli de Steffens y Campo de Ferreras, 1994; Krepper, Scian y Pierini, J., 1989). Así, la precipitación media mensual para el mes más húmedo (seco) supera los 125 mm (65 mm) en el noreste de la provincia mientras que en el suroeste se mantiene por debajo de 40 mm (20 mm).

**Figura N° 2. Distribución anual de la precipitación (mm) y zonas de comportamiento pluviométrico homogéneo en la provincia de Buenos Aires y zonas aledañas. Periodo 1911-2000.**



Fuente: elaboración propia.

Un aspecto interesante es que, para latitudes similares, el oeste de la provincia - zonas I a IV - exhibe inviernos netamente más secos que el este - zonas V a VIII (figura N° 2). Resultados similares fueron obtenidos por Penalba y Vargas (2004), quienes demostraron que el noreste y centro-este de Argentina exhiben abundantes precipitaciones

sin presencia de estación seca propiamente dicha debido a que las mismas resultan de la conjunción de dos factores: la variación estacional de la insolación (ciclo anual) y procesos advectivos semi-anales que modifican el ciclo anual sustancialmente. En oposición, el noroeste del país (incluyendo el noroeste de la provincia de Buenos Aires) presenta la mayor correlación armónica con el ciclo anual y, en consecuencia, la estación seca es mucho más marcada (Penalba y Vargas, 2004), pudiendo ser interrumpida ocasionalmente por sistemas frontales (fríos y cálidos), ondas frontales y procesos de ciclogénesis (Zapperi, Casado, Gil y Campo, 2006). Otro aspecto interesante a destacar es que la precipitación máxima anual se va distanciando del verano hacia el suroeste para transformarse en dos máximos equinocciales bien diferenciados, tal como fue señalado por estudios anteriores basados en series de datos históricos (Capelli de Steffens y Campo de Ferreras, 1994; Krepper, et al., 1989). Sin embargo, estudios más recientes identificaron que la estación estival registra el mayor porcentaje de precipitación en numerosas estaciones a lo largo de la región (Gabella, Zapperi, y Campo, 2010). En efecto, estos resultados coinciden con un incremento generalizado de la precipitación estival que ha sido documentado desde los años 1970 para una vasta porción del continente americano (Liebmann, et al., 2004).

#### *Análisis decádico*

Se promediaron las series de precipitación anual para cada una de las regiones de comportamiento pluviométrico homogéneo para determinar las tendencias más significativas a lo largo de la región (figura N° 3). La regresión lineal de las series promediadas indica una tendencia al incremento de los montos de precipitación anual para todas las zonas, con máxima pendiente en el noroeste, centro y suroeste de la provincia (zonas I, III y VII). El coeficiente de correlación lineal indicó igualmente que la tendencia al incremento de la precipitación anual en estas zonas es significativa (para un nivel de confianza del 95 %). Resultados similares fueron obtenidos por Castañeda y Barros (1994) y por Penalba y Vargas (2004), quienes además documentaron máxima correlación en el noroeste de la provincia.

Independientemente de esta tendencia generalizada al incremento, todas las zonas exhiben una marcada variación interanual de la precipitación anual (figura N° 3). Se observa una tendencia decreciente a partir de los años '20, una tendencia a la normal en torno a mediados de siglo y una clara tendencia creciente a partir de los años '60 que se intensifica notoriamente en las últimas décadas (Castañeda y Barros, 1994; Minetti y Vargas, 2009). Efectivamente, numerosos estudios han documentado variaciones interdecádicas de los montos anuales de precipitación con una tendencia al aumento desde los años '60 a una



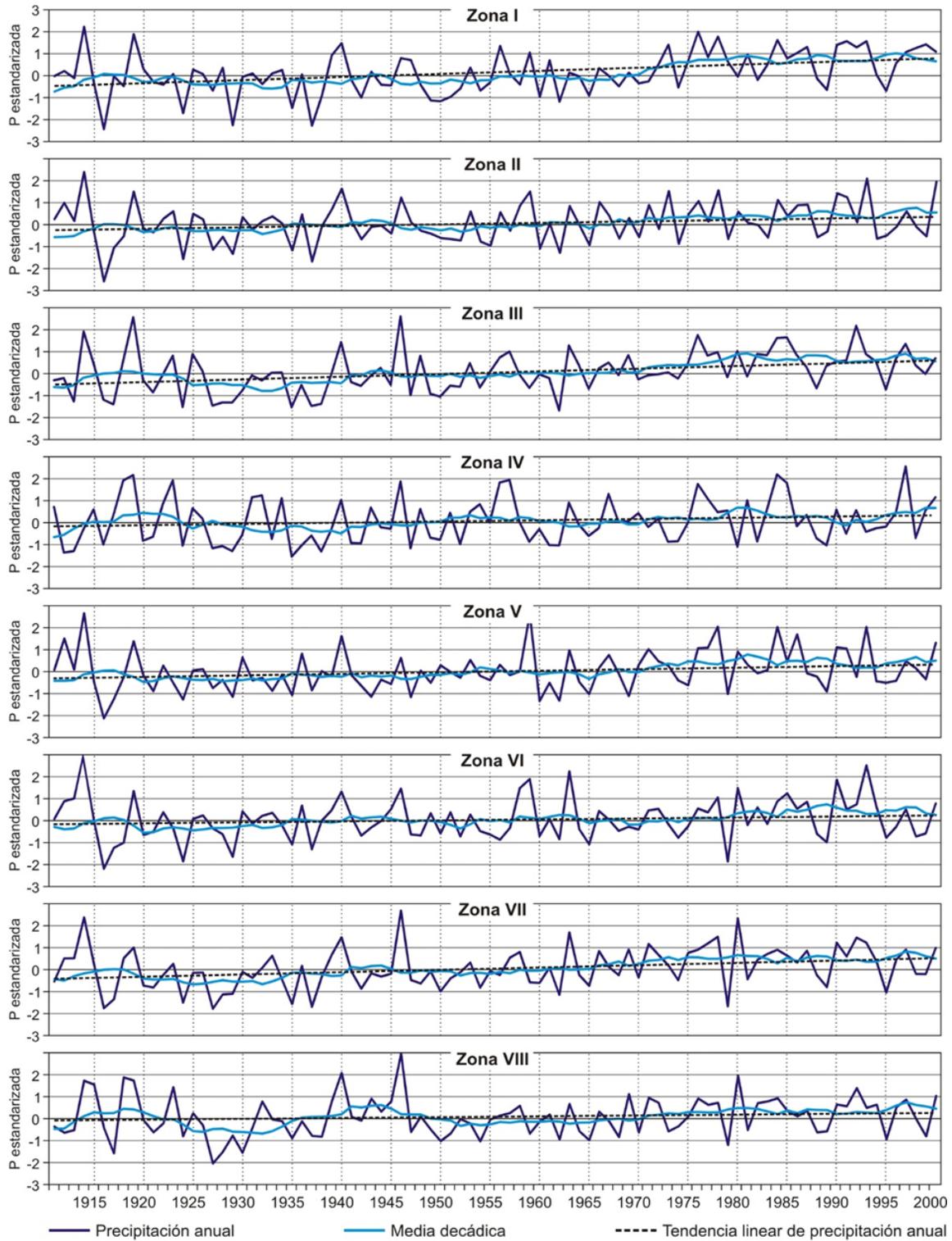
variedad de escalas espaciales, incluyendo el extremo sur de Suramérica (Castañeda y Barros, 1994; Rusticucci y Penalba, 2000), el centro-norte de la Argentina (Minetti y Vargas, 2009; Penalba y Vargas, 2004), la región pampeana (Forte Lay, Scarpati, y Capriolo, 2008), la provincia de Buenos Aires (Kruse y Laurencena, 2005) y las cuencas serranas del suroeste de la provincia (Gentili y Gil, 2013), entre otros. Algunos autores atribuyen este fenómeno a las tendencias de algunos índices hemisféricos como el SOI<sup>1</sup> (Scian, 2000), a variaciones en la circulación atmosférica continental y en la posición de la SACZ<sup>2</sup> (González, Nery y Barros, 1998) y a variaciones del gradiente medio de temperatura (Rusticucci y Penalba, 2000).

---

<sup>1</sup> SOI: Índice de Oscilación Sur

<sup>2</sup> SACZ: Zona de Convergencia Sudatlántica

**Figura Nº 3. Precipitación anual, media decádica y tendencia lineal de la precipitación para cada una de las zonas de comportamiento pluviométrico homogéneo identificadas en la provincia de Buenos Aires y zonas aledañas. Periodo 1911-2000**

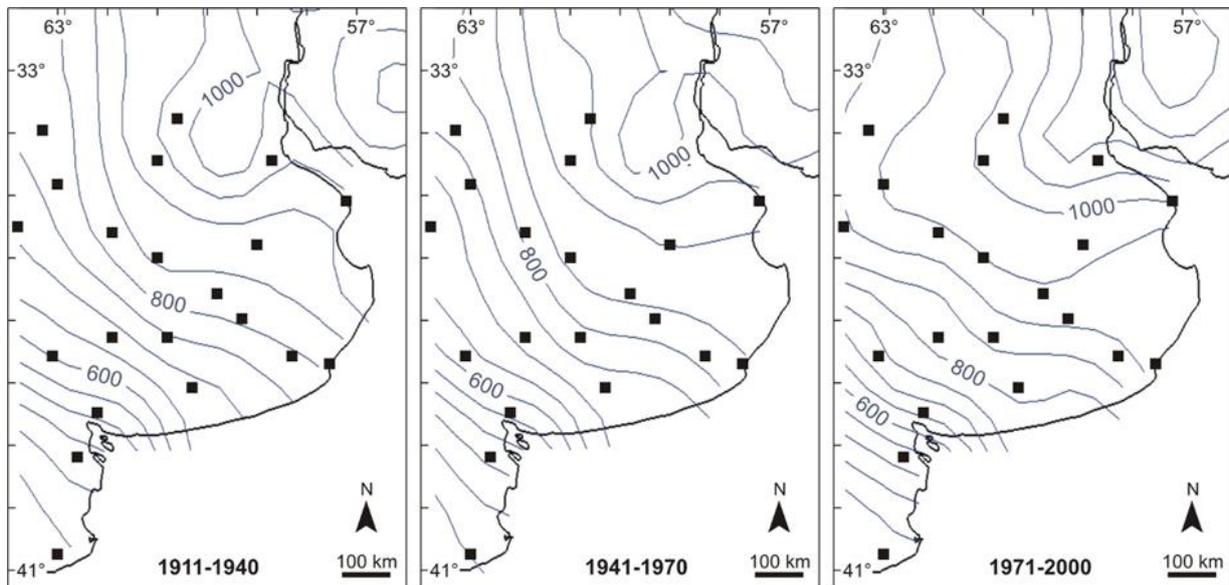


Fuente: elaboración propia en base a los datos de *Physical Sciences Division (PSD)* del *Earth System Research Laboratory (ERSL)* de NOAA.

### *Análisis climático*

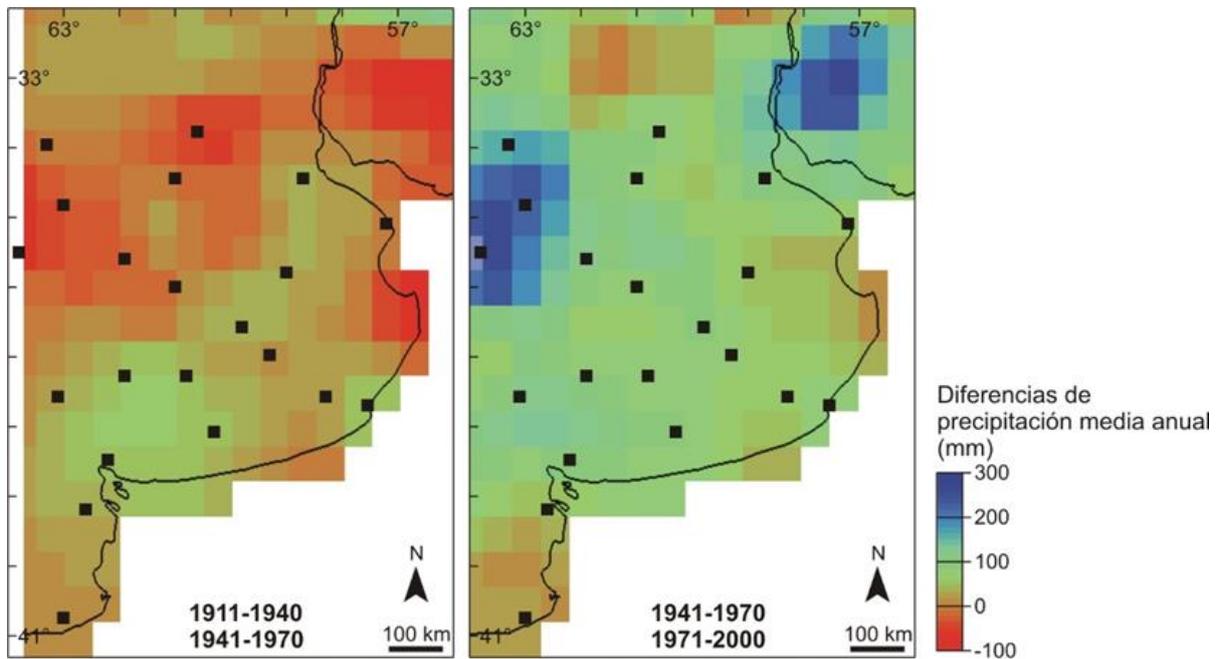
Las series de datos grillados indican que la precipitación media anual (1911-2000) en el área de estudio decrece de 1200 mm en el extremo noreste (32°S - 56°O) a 300 mm en el extremo suroeste (42°S - 64°O). Estos resultados son ampliamente consistentes con estudios previos realizados en la región. Por ejemplo, Forte Lay et al. (2008) encontraron que la diferencia de precipitación media anual entre el noreste y el suroeste de la región pampeana es de entre 900 y 1000 mm, mientras que en la provincia de Buenos Aires Kruse y Laurencena (2005) documentaron diferencias de hasta 700 mm entre los departamentos nororientales y suroccidentales. En efecto, el decrecimiento de los montos de precipitación hacia el suroeste es característico de la región y resulta de la degradación progresiva de las masas de aire húmedo provenientes del Atlántico a medida que aumenta el dominio de las masas de aire seco provenientes del Pacífico (Capelli de Steffens y Campo de Ferreras, 1994). Se observa igualmente un marcado corrimiento hacia el suroeste de las isohietas de 30 años a lo largo del siglo, particularmente pronunciado durante el último periodo (figura N° 4). Este corrimiento responde al incremento generalizado de la precipitación registrado desde los años '60 y ha sido por tanto documentado por numerosos estudios para periodos equivalentes (Forte Lay et al., 2008; Krepper et al., 1989; Kruse y Laurencena, 2005; Minetti y Vargas, 2009).

**Figura N° 4. Distribución de la precipitación media anual en la provincia de Buenos Aires para tres periodos de 30 años a lo largo del Siglo XX**



Fuente: elaboración propia en base a los datos de la *Physical Sciences Division (PSD)* del *Earth System Research Laboratory (ERSL)* de NOAA

La figura N° 5 ilustra la variación de la precipitación media anual entre periodos consecutivos. El periodo 1941-1970 se presentó netamente más seco que el anterior en el centro-norte y centro-este de la provincia, con diferencias de entre -50 y -80 mm. El centro-sur y suroeste de la provincia, sin embargo, registraron una tendencia al aumento de la precipitación con máximo en la región circundante a la ciudad de Bahía Blanca. Estas tendencias fueron descritas por Scian (2000), quien evidenció un ligero incremento de la precipitación a partir de 1941 que fue más notable en el suroeste de la provincia. La tendencia al incremento de la precipitación fue mucho más marcada durante el segundo periodo comparativo, con valores de hasta +300 mm en el sector noreste y centro-oeste. Como se señaló en la sección anterior, la tendencia a la humedad que caracterizó el periodo 1971-2000 fue documentada por numerosos estudios a una variedad de escalas espaciales. En la provincia de Buenos Aires, Kruse y Laurencena (2005) señalaron incrementos de hasta 240 mm en la precipitación media de 1971-2004 con respecto a la de 1941-1970 con máximo en el sector noroeste de la provincia.

**Figura N° 5. Diferencias de la precipitación media anual entre periodos consecutivos**

Fuente: elaboración propia

### Conclusiones

Este trabajo evaluó el potencial de los datos grillados para la reconstrucción espaciotemporal de series climáticas en regiones sujetas a una ausencia general de registros. Los resultados evidenciaron que el uso de series de datos grillados en hidroclimatología presenta una serie de ventajas y desventajas. En cuanto a las primeras se destaca (i) la existencia de agencias y organismos que proveen datos a lo largo de más de un siglo para cualquier punto del globo, lo cual permite realizar estudios temporales y espaciales mucho más detallados que los existentes para muchas zonas debido a la falta de datos, (ii) la posibilidad de evaluar el comportamiento espacial y temporal de cualquier variable climática de forma rápida y precisa mediante el uso combinado de NCO (tratamiento y manipulación de series netCDF) e IDV (visualización y análisis) y (iii) la accesibilidad de las series y de los programas de visualización y tratamiento, todos ellos distribuidos en forma gratuita. En cuanto a las desventajas se destaca que (i) las series contienen errores, aunque la mayoría de ellos han sido identificados y existen organismos que proveen series con estadísticas de error para conocer las posibles aplicaciones según el fin y (ii) los datos registrados en las estaciones de apoyo y la información satelital disponible se vuelven cada vez menos frecuentes a medida que retrocedemos en el tiempo, lo que probablemente repercute en la calidad de las series históricas.

Independientemente de las desventajas citadas anteriormente, las series grilladas del GPCC demostraron un buen ajuste con las series registradas en distintas estaciones meteorológicas de la provincia de Buenos Aires, al menos a lo largo del periodo 1971-2000. Para periodos anteriores a 1970, sin embargo, el ajuste de las series grilladas resulta poco certero debido a la indisponibilidad de datos sobre los cuales efectuar una correlación. He aquí la principal ventaja del uso de datos grillados para la reconstrucción espacial y/o temporal de fenómenos y procesos hidroclimatológicos, puesto que, a pesar de contener errores, permiten resolver uno de los problemas fundamentales en hidroclimatología: la discontinuidad de registros en el espacio y el tiempo. Por otro lado, la comparación de los resultados obtenidos con trabajos previos efectuados en el área demostró que los datos grillados describen las mismas tendencias de distribución espacial y de variabilidad temporal de la precipitación para periodos equivalentes. Así, los datos grillados emergen como una herramienta con gran potencial para el análisis de procesos de diferenciación espaciotemporal de las precipitaciones en áreas sujetas a una marcada discontinuidad de registros.

#### *Referencias bibliográficas*

- Aliaga, V., Ferrelli, F., Alberdi Algarañaz, E., Bohn, V. y Piccolo, M. (2016). Distribución y variabilidad de la precipitación en la región pampeana, Argentina. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 42(1), 261-280.
- Capelli de Steffens, A. y Campo de Ferreras, A. M. (1994). *La transición climática en el sudoeste bonaerense*. Bahía Blanca: SIGEO.
- Castañeda, M. y Barros, V. (1994). Las tendencias de la precipitación en el Cono Sur de América al este de los Andes. *Meteorológica*, 19(1), 23-32.
- Demaria, E., Maurer, E., Sheffield, J., Bustos, E., Poblete, D., Vicuña, S. y Meza, F. (2013). Using a gridded global dataset to characterize regional hydroclimate in central Chile. *Journal of Hydrometeorology*, 14(1), 251-265.
- Forte Lay, J., Scarpati, O. y Capriolo, A. (2008). Precipitation variability and soil water content in Pampean Flatlands (Argentina). *Geofísica Internacional*, 47(4), 341-354.
- Gabella, J. I., Zapperi, P. y Campo, A. M. (2010). Distribución estacional de las precipitaciones en el Suroeste Bonaerense. En: *Proceedings VIII Jornadas Nacionales de Geografía Física de la República Argentina*, 87-94. Posadas, Argentina.
- Gan, M. A., Kousky, V. E. y Ropelewski, C. F. (2004). The South America Monsoon circulation and its relationship to rainfall over west-central Brazil. *Journal of Climate*, 17, 47-66.
- Garreaud, R. D., Vuille, M., Compagnucci, R. y Marengo, J. A. (2009). Present-day South American climate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 281(3), 180-195.

- Gentili, J. O. y Gil, V. (2013). Variabilidad temporal de las precipitaciones en vertientes opuestas del Sistema de Ventania, Buenos Aires, Argentina. *Revista Universitaria de Geografía*, 22(1), 147-166.
- González, M., Nery, J. T. y Barros, V. (1998). Características de la precipitación en Argentina subtropical y Brasil meridional y de la convección tropical. *Actas del VIII Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología y X Congresso Brasileiro de Meteorologia*. 5 pp. Brasilia, Brasil.
- 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.
- Krepper, C. M., Scian, B. V. y Pierini, J. O. (1989). Time and space variability of rainfall in central-east Argentina. *Journal of Climate*, 2(1), 39-47.
- Kruse, E. y Laurencena, P. (2005). Aguas superficiales. Relación con el régimen subterráneo y fenómenos de anegamiento. En: *Proceedings XVI Congreso Geológico Argentino*, 313-326. La Plata.
- Liebmann, B., Vera, C., Carvalho, L. M. V., Camilloni, I., Hoerling, M. P., Barros, V. R., Dave Allured, D., Barros, V.R., Báez, J. y Bidegain, M. (2004). An observed trend in central South American precipitation. *Journal of Climate*, 17(22), 4357-4367.
- Marengo, J. A., Liebmann, B., Grimm, A. M., Misra, V., Silva-Dias, P. L., Cavalcanti, I. F. A., Carvalho, L. M. V., Berbery, E. H., Ambrizzi, T., Vera, C. S., Saulo, A. C., Nogueira - Paegle, J., Zipser, E., Seth, A. y Alves, L. M. (2010). Recent developments on the South American monsoon system. *International Journal of Climatology*, 32(1), 1-21.
- Minetti, J. L. y Vargas, W. M. (2009). Trends and jumps in the annual precipitation in South America, south of the 15° S. *Atmósfera*, 11(4).
- Nogués Paegle, J., Mechoso, C. R., Fu, R., Berbery, E. H., Chao, W. C., Chen, T.-C., Cook, K., Diaz, A. F., Enfield, D., Ferreira, R., Grimm, A. M., Kousky, V., Liebmann, B., Marengo, J., Mo, K., Neelin, J. D., Robertson, A. W., Seth, A., Vera, C.S y Zhou, J. (2002). Progress in Pan American CLIVAR research: understanding the South American monsoon. *Meteorologica*, 27(12), 1-30.
- Penalba, O. C. y Vargas, W. M. (2004). Interdecadal and interannual variations of annual and extreme precipitation over central-northeastern Argentina. *International Journal of Climatology*, 24(12), 1565-1580.
- Rusticucci, M. y Penalba, O. (2000). Interdecadal changes in the precipitation seasonal cycle over Southern South America and their relationship with surface temperature. *Climate Research*, 16(1), 1-15.
- Scarpati, O. E. y Capriolo, A. D. (2013). Sequías e inundaciones en la provincia de Buenos Aires (Argentina) y su distribución espacio-temporal. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 2013(82), 38-51.
- Scian, B. (2000). Episodios ENSO y su relación con las anomalías de precipitación en la pradera pampeana. *Geoacta*, 25, 23-40.
- Sharma, A. R. y Déry, S. J. (2016). Elevational Dependence of Air Temperature Variability and Trends in British Columbia's Cariboo Mountains, 1950–2010. *Atmosphere-Ocean*, 54(2), 153-170.
- Shelton, M. L. (2009). *Hydroclimatology: perspectives and applications*: Cambridge University Press.



- Vera, C., Higgins, W., Amador, J., Ambrizzi, T., Garreaud, R., Gochis, D., Gutzler, D., Lettenmaier, D., Marengo, J., Mechoso, C. R., Nogue-Paegle, J., Silva Dias, P. L., y Zhang, C. (2006). Toward a Unified View of the American Monsoon Systems. *Journal of Climate*, 19(20), 4977-5000.
- Zapperi, P., Casado, A., Gil, V. y Campo, A. M. (2006). Caracterización de las precipitaciones invernales en el Suroeste bonaerense. En: N. Cazzaniga y M. Vaquero (Eds.), *Ambiente natural, campo y ciudad: Estrategias de uso y conservación en el Sudoeste Bonaerense* (pp. 63-68). Bahía Blanca: Ediciones UNS.
- Zhou, J. y Lau, K.-M. (1998). Does a Monsoon climate exist over South America? *Journal of Climate*, 11(5), 1020-1040.