

Relação entre precipitações pontuais y grelhas de precipitação observada, para valores máximos de precipitação diaria

Adolfo Villanueva¹ & Mario Silber²

¹*IHLLA-UNCPBA, Azul, Bs.As., aonvilla@gmail.com, ²FICH-UNL, Santa Fe, Sta. Fe, silber.mario@gmail.com*

Resumo

El uso de grillas de precipitación diaria, con definiciones entre 5 km y 250 km es cada vez más frecuente. Esas grillas tienen dos orígenes principales, bases de datos observados generadas por diversos autores e instituciones, y modelos de circulación atmosférica, globales y regionales. En términos generales, las grillas de precipitación son más adecuadas que valores puntuales (estaciones meteorológicas) para comparación con modelos climáticos, cuyos resultados son generados sobre una grilla.

Este trabajo presenta un análisis preliminar de la relación entre las precipitaciones máximas diarias de 2 días corridos de un grupo de estaciones que cubren la provincia de Buenos Aires (Argentina) y las resultantes de una grilla para la misma área. Los resultados muestran en general una buena correlación entre los valores de la grilla y los de las estaciones meteorológicas cercanas. A escala diaria los valores de grilla presentan una reducción en relación a los valores puntuales, que se corresponde con los factores de reducción por área presentados en la literatura. Una cuestión adicional que apareció en el desarrollo del trabajo fue el impacto de la disminución del número de estaciones disponibles para el cálculo de los puntos de la grilla.

Palavras-chave: grilla de precipitación, lluvia areal, lluvia diaria

Relation between observed grid and point maximum daily rainfall

Abstract

The use of grids of daily rainfall, with definitions between 5 km and 250 km is more and more frequent. These grids have two main origins, observed databases generated by different authors and institutions, and global and regional atmospheric circulation models. In general terms, precipitation grids are more suited than point values (meteorological stations) for comparison with climate models, whose results are generated on a grid.

This paper presents a preliminary analysis of the relation between 2 day maximum rainfall for a group of stations covering Buenos Aires Province (Argentina) and those resulting from a rainfall grid for the same area. Results in general show a good correlation between the values of the grid and the nearby weather stations. Daily grid values have a reduction in relation to point values, which corresponds to the areal reduction factors presented in the literature. An additional issue that appeared in the development of the work was the impact of the decrease in the number of meteorological stations available for the calculation of the points of the grid.

Keywords: rainfall grid, areal rainfall, daily rainfall

INTRODUCCIÓN

Este es un trabajo instrumental, desarrollado como parte del proceso de análisis de datos meteorológicos de lluvia en la provincia de Buenos Aires, para comparación de lluvias observadas con simulaciones de modelos climáticos globales y/o regionales (GCM, RCM).

Los resultados de los GCM y RCM (y muchas veces de los downscalings derivados de esos resultados), son valores de grilla (la grilla de cálculo del modelo). Sin embargo, al presente no parece haber una definición concluyente sobre si deben ser considerados valores areales o puntuales (Osborn & Hulme, 1997, Chen & Knutson, 2008). Esa discusión está fuera del alcance de este trabajo, pero de lo expuesto anteriormente parece claro que los análisis y las comparaciones envolviendo resultados de GCMs y datos observados deben ser hechas tomando en consideración la diferencia/relación entre lluvia puntual y lluvia areal.

Este trabajo busca avanzar en la caracterización de esa relación, a partir de la comparación entre lluvias puntuales observadas (Servicio Meteorológico Nacional, SMN) y una grilla de precipitación diaria generada a partir de datos observados (Liebman y Allured 2005, LyA2005 de aquí en más). La grilla LyA2005 (u otra semejante) consiste en datos de lluvia areal, calculados a partir de la información puntual (SMN y otras fuentes) de las estaciones pluviométricas y pluviográficas vecinas a cada punto de la grilla. El área de estudio es la pcia. de Buenos Aires, Argentina, y el periodo analizado fue 1961-1990.

Tres aspectos del uso de precipitaciones de grilla y de la relación entre los valores de Pdiaria de grilla y de punto (estaciones meteorológicas) son comentados en este texto. El primero de ellos es la característica de “lluvia areal” de las precipitaciones LyA2005, y su relación con los factores de reducción por área (ARF) encontrados en la literatura. El segundo aspecto se refiere a las distribuciones de frecuencia de lluvias máximas de ambos tipos de datos. El tercero alerta, muy someramente, sobre la cuestión de la variación del número de estaciones utilizado para cálculo de la precipitación de grilla; esa cuestión es severa en Argentina, podría serlo también en otros casos.

METODOLOGIA Y RESULTADOS

La grilla LyA2005 está disponible para dos resoluciones diferentes, 1 grado y 2,5 grados. El valor de lluvia diaria asignado por a cada punto de la grilla es calculado promediando los valores de las estaciones que están dentro de un círculo de radio 0,75 veces la resolución de la grilla, o sea ~75 km para la grilla de 1 grado y ~187 km para la de 2,5 grados. Las áreas de esos círculos son, respectivamente ~17671 km² y ~110000 km².

El método de cálculo de la lluvia de grilla indica que el valor debe ser considerado como lluvia areal. En cierta manera, la metodología utilizada por LyA2005 puede ser conceptualmente relacionada con la utilizada en el trabajo de Bell (1976) para cálculo de factores de reducción por área (ARF). En ese trabajo el ARF fue calculado para áreas circulares como el cociente entre los máximos de la lluvia media y la media de los máximos de las estaciones dentro del círculo. Los puntos de la grilla LyA2005 corresponderían al numerador de ese cociente.

En el presente trabajo la comparación fue hecha entre los valores de grilla y estaciones individuales, ya que ese es el procedimiento usualmente utilizado en el análisis de resultados de simulaciones con GCMs, y también muchas veces valores de grilla son utilizados como representativos (*proxy*) de valores observados (Tozer et al., 2012, Chen & Knutson, 2008, Ensor & Robeson, 2008). El hecho de utilizar una sola estación como valor puntual implica que los cocientes grilla/punto no pueden ser estrictamente considerados como ARFs, a menos que se demostrara que esa estación es representativa de lo que ocurre en el área, lo que cae fuera de los objetivos de este

trabajo. Por otro lado, considerando la baja variabilidad espacial en la región, los valores P_{grilla}/P_{punto} probablemente pueden ser considerados indicativos de los ARF, especialmente para la grilla de 1 grado de resolución.

En la figura 1 puede verse la grilla de 1 grado de resolución, la de 2,5 grados y las estaciones SMN utilizados en la comparación con la grilla, presentadas en el contexto de la red meteorológica pasada y de la actualmente sobreviviente.

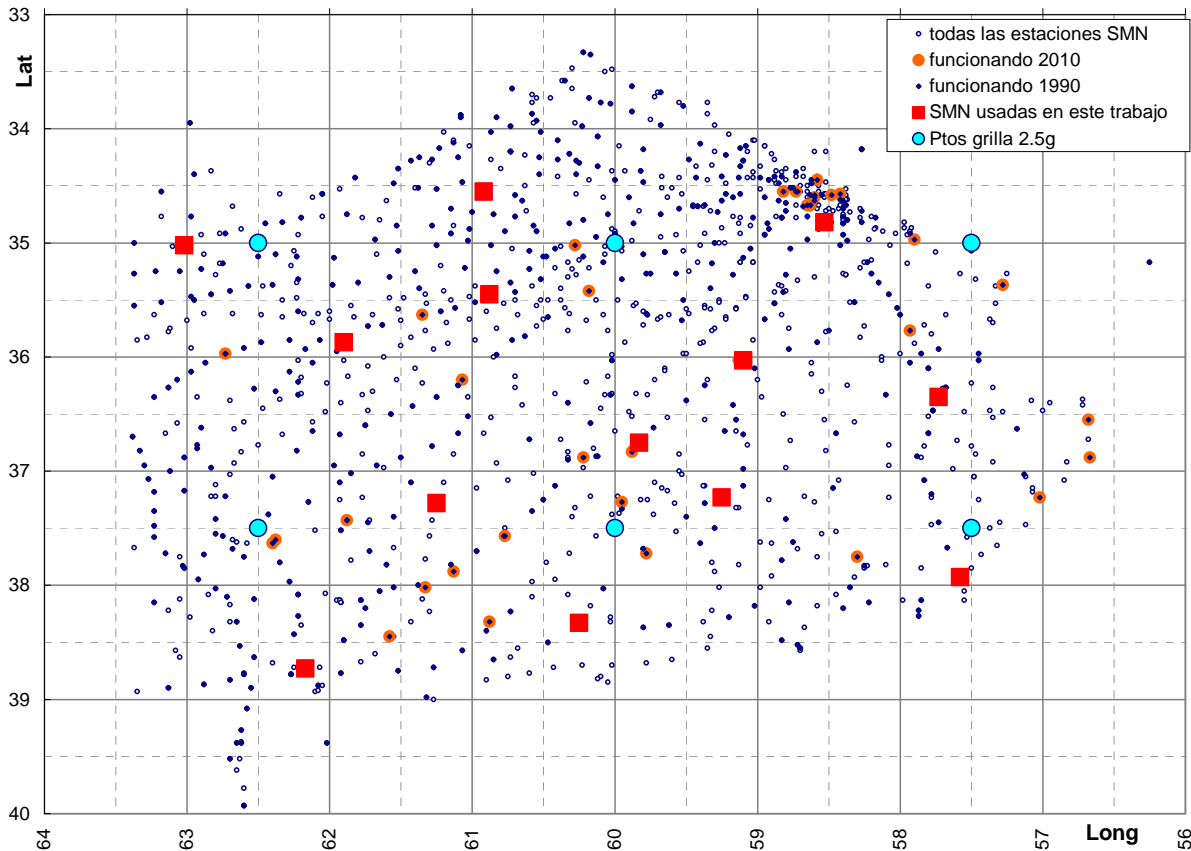


Figura 1: Estaciones SMN en la pcia. de Buenos Aires, Argentina, y puntos de la grilla LyA2005; el total de estaciones SMN alguna vez existentes define perfectamente el área de la provincia.

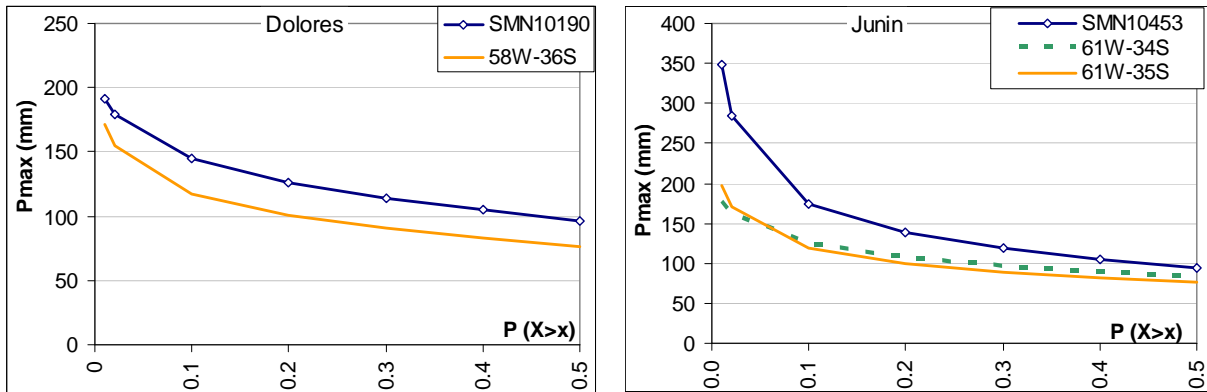
Para este análisis exploratorio se adoptó a priori la GEV (con tres parámetros) como distribución teórica de probabilidades, con chequeo de que el ajuste fuera aceptable en todos los casos. Los motivos para eso fueron dos, por un lado la GEV suele ser una distribución adecuada para lluvias máximas en la región en estudio y otras regiones próximas (Zamanillo et al., 2008).

Se analizaron lluvias máximas anuales de 2 días ya que, en trabajos anteriores (Villanueva et al. 2007), se ha identificado 2 días como la “duración crítica” de lluvias máximas en la región. En otras palabras, en tormentas de 3 o 4 días de duración la mayor parte de la lluvia se da en dos días corridos, por lo que los análisis se concentraron en esa duración. Re y Barros (2009) comentan que lluvias de dos días filtran, al menos parcialmente, los errores generados por lectura acumulada de lluvia, por lo que es mejor usar P_{max} de 2 días para análisis de lluvias máximas.

Análisis de curvas de frecuencia de precipitación máxima

Como ya fue comentado, se trabajó con P_{max} de 2 días. Presentar figuras para todos los pares

punto-grilla resultaría en una saturación de gráficos, más confusión que información. Para tratar de condensar la información de una manera más fácil de interpretar se optó por presentar dos curvas Pmax vs P(X>x), representativas de lo “mejor” y de lo “peor” que aparece en los diversos casos analizados (figura 2 a) y b)), acompañadas por un análisis de los cocientes grilla/punto para todos los casos (tabla 1).



a) Curvas Pmax-P(X>x) para Dolores y el punto más próximo de la grilla LyA2005

b) Curvas Pmax-P(X>x) para Junin y los puntos más próximos de la grilla LyA2005

Figura 2: Curvas Pmax vs P(X>x) para dos casos ejemplo de relación entre lluvia de grilla y lluvia puntual.

Tabla 1: Cociente (LyA2005/SMN=Pgr/Ppto) entre Pmax de puntos de la grilla LyA2005 de 1 grado de resolución y de estaciones SMN asociadas por proximidad.

LyA2005/SMN	P X>x				
	0.5	0.2	0.1	0.02	0.01
59W;35S/SMN10166	0.90	0.88	0.86	0.78	0.75
61W;35S/SMN10178	0.71	0.74	0.77	0.84	0.88
58W;36S/SMN10190	0.80	0.80	0.81	0.87	0.89
60W;37S/SMN10196	0.75	0.71	0.70	0.72	0.74
58W;38S/SMN10210	0.84	0.81	0.80	0.78	0.77
62W;39S/SMN10221	0.89	0.86	0.84	0.78	0.75
59W;37S/SMN10311	0.83	0.81	0.81	0.87	0.91
61W;35S/SMN10453	0.80	0.73	0.68	0.60	0.57
62W;36S/SMN10456	0.92	0.84	0.77	0.60	0.53
60W;38S/SMN10491	0.81	0.80	0.80	0.82	0.84
63W;35S/SMN12915	0.76	0.68	0.62	0.49	0.43
61W;37S/SMN13131	0.82	0.76	0.74	0.71	0.71
59W;36S/SMN13442	0.83	0.83	0.85	0.90	0.93

En la figura 2 el caso (a), Dolores, muestra un simpático paralelismo entre ambas curvas, siendo la relación entre la lluvia de grilla y la de punto aproximadamente constante en todo el rango de frecuencias, lo que haría bastante simple usar la lluvia de grilla como representativa de la de

punto. El caso (b), Junín, es bien diferente, la relación Pgrilla/Ppunto varía significativamente (de 0.84 a 0.53) a medida que disminuye la probabilidad de excedencia.

La mayoría de los casos analizados se sitúa entre esas dos situaciones, como puede ser visto en la tabla 1, siendo que en general hay una variación de la relación Pgrilla/Ppunto en función de la probabilidad de excedencia. En la mayoría de los casos la variación es poco significativa para probabilidades de excedencia mayores a 0,1 ($Tr < 10$ años); los casos que se apartan significativamente de ese patrón son comentados en el párrafo siguiente. Para probabilidades de excedencia menores que 0.1 ($Tr > 10$ años) los principales motivos que justifican el cambio de comportamiento están probablemente relacionados a la longitud de la serie (corta, 30 años) y al hecho de que la cola de la distribución de probabilidades es muy sensible a los valores extremos de la serie.

Cuanto a las series con un comportamiento marcadamente diferente ([SMN10453/61W-35S]; [SMN10456/62W-36S]; [SMN12915/63W-35S]), un análisis más detallado de la lluvias de las estaciones meteorológicas mostró que los valores máximos de las series de lluvias SMN eran marcadamente más altos (entre 270 y 400 mm en dos días) que los encontrados en las otras estaciones, probablemente outliers. No se hizo un análisis minucioso de esos casos, ya que el objetivo de este trabajo es mostrar un panorama general, no analizar series individuales, pero en un chequeo rápido no es evidente que sean errores, parecen solo valores con Tr muy alto para la longitud de la serie (30 años).

Se hizo la prueba de retirar esos valores y recalcular la distribución. Si bien los valores de Pgr/Ppto para $P(X>x)$ 0.05 y 0.01 aumentan y se aproximan al patrón general (pasan del orden de 0.50 al orden de 0.65), la tendencia de caída se mantiene, lo que indica que el problema no es generado solamente por valores individuales extremadamente altos. En este trabajo se han conservado los valores originales como parte de las series, ya que el objetivo es mostrar ejemplos de lo que es posible encontrar en la relación entre lluvia puntual y de grilla.

Para probabilidades de excedencia mayores a 0.10 los valores de la relación Pgr/Pto son bastante estables, con un valor del orden de 0.80 +/- 10 %. Para valores menores de probabilidad de excedencia, y corrigiendo el problema de outliers, la dispersión aumenta un poco y las tendencias (positivas o negativas) se hacen más marcadas, pero el rango de variación no se modifica substancialmente.

Cuanto a los valores de Pgr/Ppto analizados bajo el punto de vista de los ARF, tomando el valor medio de 0,78 (excluyendo los outliers sería 0.80), la relación Pgr/Ppto es consistente con los valores de ARF encontrados en la literatura (Svensson & Jones, 2010, Allen & DeGaetano, 2005, Clark & Rakhecha, 2002, Sivapalan & Blöschl, 1998) para áreas y duraciones semejantes a las utilizadas en este trabajo (10^4 km² y 2 días de duración).

Comparación entre las grillas de 1g y de 2.5g

Otra cuestión interesante para la utilización de la grilla LyA2005 es la comparación entre los valores de lluvias extremas de la grilla de 1 grado de resolución y la de 2,5 grados de resolución; esa cuestión es muy brevemente introducida aquí. Como ya fue comentado, las precipitaciones de esas grillas corresponden a medias areales de 17671 km² y 110000 km² respectivamente. En la figura 1 se puede ver que en el área en estudio hay un solo punto de coincidencia entre ambas grillas, el 60W-35S. A modo de complemento se utilizaron también los puntos 60.0W-37.5S y 62.5W-35.0S; el punto 60.0W-37.5S fue comparado con los puntos de la grilla de 1 grado situados 50 km al norte y 50 km al sur. El punto 62.5W-35.0S fue comparado con el punto 63W-35S,

localizado 50 km al oeste.

La tabla 2 presenta los valores del cociente P1g/P2.5g. En general el valor de ese cociente es del mismo orden que el cociente entre Pgr/Ppto, en torno de 0,80, y la tendencia general también es muy semejante. Tal como en el caso de la relación grilla/punto, aquí también aparecen comportamientos aparentemente anómalos, que requerirían un análisis personalizado en caso de estudios mas profundos.

Tabla 2: Cociente entre IDF de las grillas de 1 grado y 2,5 grados de resolución (Pmax2.5g/Pmax1g), para puntos coincidentes o próximos.

P X>x	60W-35S 2.5g/1g	<u>62.5W-35.0S</u> 63W-35S	<u>60.0W-37.5S</u> 60W-37S	<u>60.0W-37.5S</u> 60W-38S
0.01	0.80	0.66	0.74	0.92
0.02	0.81	0.72	0.75	0.88
0.1	0.86	0.86	0.78	0.82
0.2	0.89	0.90	0.80	0.82
0.4	0.92	0.93	0.83	0.86
0.5	0.94	0.93	0.85	0.89

Incerteza debido a la disminución del número de estaciones

La precipitación diaria estimada en cada punto de grilla está constituida de una combinación lineal de precipitaciones puntuales diarias medidas en puntos cercanos (la media en LyA2005). Los acumulados anuales de los puntos de grilla tendrán entonces dos tipos principales de incerteza:

- La incerteza derivada de la utilización de series de precipitación que pueden no ser estadísticamente homogéneas en relación, por ejemplo, a la estacionariedad, y
- La incerteza derivada de la variación, a lo largo del tiempo, del número de estaciones disponibles para la estimación de la precipitación diaria en un punto cualquiera de la grilla. .

En el área de estudio, la variabilidad espacial de la precipitación es pequeña, por lo que probablemente la incerteza del primer tipo sea pequeña. Ya el segundo tipo de incerteza es mucho más preocupante en este caso. A lo largo de la década del '90 la red meteorológica argentina sufrió un severo desmantelamiento (ver figura 1). Como consecuencia de eso, el número de estaciones disponibles para el cálculo de la lluvia de un punto de la grilla cae del orden de 15 o 20 a 2 o 3 entre los '70 y los '90. Analizar el impacto de ese problema está fuera del alcance de este artículo, pero para dar una idea de la situación se presenta, para un punto de la grilla, la variación del número de estaciones en el periodo 1960-2010 y el correspondiente aumento de la incerteza asociada al valor de precipitación diaria de grilla.

La incerteza de la media (precipitación de la grilla) puede estimarse también a través de un intervalo de confianza, como se muestra en la ecuación (1):

$$\left[\bar{x} \pm t_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1} \left| \frac{s'}{\sqrt{n}} \right. \right] \quad (1)$$

En la figura 3 es posible ver el efecto del número de estaciones a lo largo de la serie temporal. Los intervalos de confianza, que hasta principios de los '90 se mantienen estables, con un "ancho de

banda” del orden de ± 10 mm se expanden rápidamente a medida que van desapareciendo estaciones, llegando a ser aproximadamente de quince veces mayores (± 150 mm). Ese notable aumento de la incerteza se traslada a todos los usos de esos datos, y con frecuencia se traduce en errores de cálculo y/o aumentos de costos en caso de proyectos.

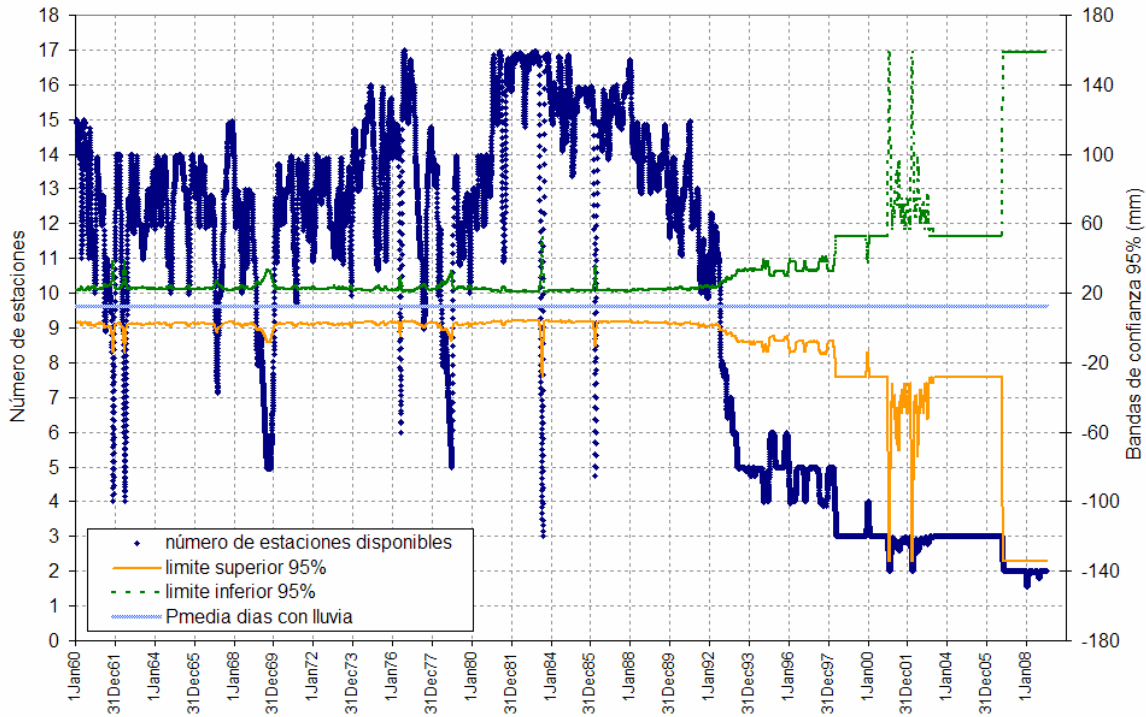


Figura 3: Intervalos de confianza de la precipitación diaria en función del número de estaciones meteorológicas disponibles para el cálculo. Punto 60W-37S de Liebman y Allured (2005).

CONCLUSIONES

En el caso estudiado, la relación grilla/punto sigue una lógica de ARF, con valores del orden encontrado en la literatura. Eso significa que los valores de la grilla LyA2005 no pueden ser utilizados como representativos de valores puntuales (estaciones), a los efectos de comparaciones con GCM o RCM. Para el caso de otras grillas de precipitación observada, sería necesario hacer un análisis ad hoc considerando el método de cálculo del valor de grilla, pero todo sugiere que los resultados serán conceptualmente semejantes a los presentados en este trabajo. Cabe destacar que los resultados de este trabajo no solo están acotados a la grilla LyA2005, sino que es posible que otras regiones geográficas los valores (y/o el comportamiento) de la relación Pgrilla/Ppunto sean diferentes.

El análisis de las series de Pmax diaria de la grilla LyA2005 muestra que los ruidos que aparecen al analizar la relación entre lluvia puntual y lluvia de grilla básicamente reflejan las cuestiones y problemas de las series de lluvia, tanto las utilizadas individualmente como las que están embutidas en los valores de grilla. En función de eso se sugiere que la utilización de series de grillas de precipitación observadas sea acompañada de un chequeo básico de las estaciones individuales utilizadas para generar los valores de grilla.

La caída del número de estaciones disponibles para cálculo de los valores de grilla probablemente afecta la validez de análisis que abarquen periodos anteriores y posteriores a esa

caída. La diferencia entre las décadas del '70 y '80 y el periodo posterior al colapso de los '90 sugiere que los valores de grilla son en realidad dos muestras no homogéneas (pre-90 y post-90) debido, fundamentalmente, a su distinta composición.

En resumen, sobre el área analizada, la grilla de precipitaciones diarias de Liebman y Allured de un grado de definición parece una herramienta útil e interesante, pero debe ser utilizada con cuidado, chequeando su representatividad para cada caso en estudio. En términos generales, los resultados de este análisis exploratorio sugieren que la relación Pgrilla/Ppunto es bastante estable, con valores compatibles con los ARF correspondientes a esa área y duración. En el caso de lluvias extremas, sería necesario extender el análisis utilizando series más largas, para intentar definir mejor el comportamiento para probabilidades de excedencia bajas (Tr altos), pero la caída del número de estaciones probablemente afectaría el análisis.

REFERENCIAS

- Allen, R. J. and DeGaetano, A. T.** (2005) Areal reduction factors for two eastern United States regions with high rain-gauge density. *J. Hydrol. Eng.*, 10 (4), 327-335.
- Bell, F. C.** (1976). The areal reduction factor in rainfall frequency estimation. Institute of Hydrology Report N° 35, Natural Environment Research Council, UK.
- Chen, Cheng-Ta & Knutson, T.** 2008: On the Verification and Comparison of Extreme Rainfall Indices from Climate Models. *J. Climate*, 21, 1605–1621.
- Clark, C. and Rakhecha, P. R.** (2002) Areal PMP distribution of one-day to three-day duration over India. *Meteorol. Appl.*, 9, 399-406.
- Ensor, L. A. and Robeson, S. M.:** Statistical Characteristics of Daily Precipitation: Comparisons of Gridded and Point Datasets, *J. Appl. Meteorol. Clim.*, 47, 2468–2476, 2008.
- Klein Tank, A. M. G., et al.**, 2002: Daily dataset of 20th-century air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment. *Int. J. Climatol.*, 22, 1441– 1453.
- Liebmann, B., and D. Allured** (2005), Daily Precipitation Grids for South America, *Bull. Am. Met. Soc.*, 86(11), 1567-1570.
- Osborn, T.J. and M. Hulme**, 1997: Development of a relationship between station and grid-box rain-day frequencies for climate model evaluation. *J. Climate*, 10, 1885-1908.
- Re M, Barros VR.** 2009. Extreme rainfalls in SE South America. *Climatic Change* 96: 119–136.
- Sivapalan, M. and G. Blöschl**, 1998 Transformation of point rainfall to areal rainfall: Intensity-duration-frequency curves. *Journal of Hydrology* 204 (1998) 150-167
- Svensson, C.; Jones, D.A.** 2010 Review of methods for deriving areal reduction factors. *Journal of Flood Risk Management*, 3. 232-245.
- Tozer, C. et al.**, 2012. On the uncertainties associated with using gridded rainfall data as a proxy for observed. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 16, 1481–1499
- Villanueva, A., Pelizardi, F.** 2011. Análisis de Precipitaciones Intensas Diarias Puntuales y de Grilla en Algunas Regiones de la Pcia. de Buenos Aires. In: III Taller Sobre Regionalización de Precipitaciones Máximas, Rosario, diciembre 2011. ISBN 978-950-673-953-9
- Villanueva, A., et al.** 2007. Hidrología Superficial del partido de Tres Arroyos, Provincia de Buenos Aires (Parte II). IHLA-UNCPBA.
- Zamanillo, E. et al.** (2008) Tormentas de Diseño para la Provincia de Entre Ríos, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.