

ISSN 0104-1347

## Aplicación de un modelo en la generación de precipitaciones diarias

### Application of a model on generation of daily precipitations

Ines Mormeneo<sup>1</sup> y Françesc Castellví<sup>2</sup>

**Resumo** - Analisou-se o desempenho de um modelo muito simples de geração de dados para reproduzir a climatologia da precipitação para fins agrícolas em Bahía Blanca (38°44'LS; 62°10' LW; 83 m, Argentina). O processo de geração baseia-se em uma cadeia de Markov de primeira ordem para gerar dias secos e chuvosos. A seguir, mediante uma função de distribuição de Weibull designou-se a quantidade de precipitação a um dia com chuva. Para a geração, o modelo requer as médias mensais da precipitação e frequências de dias chuvosos. Para analisar o grau de ajustamento do modelo gerou-se uma série diária de quarenta anos e comparou-se com uma série diária real de quarenta anos (1959/98). Conclui-se que o modelo constitui uma ferramenta útil para fins práticos e de planificação.

**Palavras-chaves:** geração, precipitação, frequências.

**Abstract** - The performance of a simple model in reproducing the climate patterns of the precipitation from 1959 to 1998 in Bahía Blanca (38°44' S; 62°10' W; sea level, 83m, Argentina) has been analysed. The precipitation generation process is based on a first-order Markov chain to generate dry and wet days and a two-parameter Weibull distribution function to assign the amount of precipitation to a wet day. For the generation process, monthly means of the amount of precipitation and frequency of wet days are needed as input. The aim of this work was to study the reliability of the model for agricultural and forest applications. The precipitation patterns obtained from the daily actual and generated series of 40 years has been compared. It was concluded that the model is a suitable tool for different engineering purposes.

**Key words:** generation, precipitation, frequency.

#### Introducción

La precisión en la medida de variables agrometeorológicas depende del tipo de estudio a realizar. Un aspecto importante a considerar es la base temporal del registro requerido. Con respecto a la precipitación, para aplicaciones de carácter general la unidad de tiempo más usada es la mensual, pero es demasiado larga comparada con el ciclo de algunos cultivos. Por ello, para una planificación más precisa es deseable disponer de registros de lluvia acumulada

en bases temporales más cortas ya que en un mes, la mayor parte de la lluvia puede darse en unos pocos días.

Algunos modelos climáticos, usados como input de modelos hidrológicos y de simulación de cultivos, asumen la precipitación como la variable primaria puesto que condiciona las otras variables meteorológicas (RICHARDSON & WRIGHT, 1984). Si bien largas series en base diaria son deseables para

<sup>1</sup>Ing. Agr., Profesora de Agrometeorología, Departamento Agronomía - UNS - 8.000 Bahía Blanca - Argentina. E-mail: imormene@uns.edu.ar

<sup>2</sup>Dr., Profesor titular de Universidad. Departamento Medi Ambient Y Ciénces del sol. Escuela Técnica Y Superior de Ingeniería agraria - UdL - 25.198 Lleida - Cataluña, España. E-mail: F-Castellví@macs.UdL.es

realizar gran variedad de estudios (erosión, calidad de agua, fenómenos de transporte, diseños hidrológicos y civiles), para fines agrícolas e hidrológicos de carácter general, son más prácticos registros en base semanal o decádicos aunque para ello sea necesario el registro diario. Desafortunadamente, largas series de precipitación en base diaria suelen ser incompletas y/o de difícil acceso. Frecuentemente, las series climatológicas suelen ser cortas (ELIAS & CASTELLVI, 1996) o solo se puede disponer de estadísticos mensuales cada diez años como ocurre en las publicaciones del SMN (SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL). Por lo tanto, es deseable poder generar largas series en base diaria mediante registros disponibles y de fácil acceso para satisfacer todo este conjunto de necesidades.

Sin embargo, hay que realizar un análisis para comprobar que dichas series reproducen las características climáticas que nuestro estudio requiere. Ello permite tener la confianza de que, a largo plazo se cumplirán las previsiones y planificación obtenidas mediante los datos generados.

Este trabajo tiene como objetivo analizar un modelo muy simple para generar series de precipitación en base diaria para ser usadas con fines agrícolas e hidrológicos de carácter práctico suponiendo conocer sólo resúmenes de registros mensuales de cantidad y ocurrencia de precipitación.

Para una planificación agraria de carácter práctico, la precipitación puede ser evaluada mediante probabilidades de ocurrencia, periodos de retorno, persistencia de días secos y cantidad de precipitación para diferentes periodos temporales. Tomando estos estadísticos como base, se ha juzgado si una serie de precipitación generada mediante un modelo puede considerarse una posible manifestación del clima de Bahía Blanca, sur de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.

## Materiales y métodos

Los datos de precipitación utilizados fueron registrados por el SMN y corresponden a la estación meteorológica de Bahía Blanca (38°44'LS; 62°10'LV; 83 m s.n.m.), sur de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. La serie consta de 40 años (1959-1998) de registros en base diaria y sin lagunas. El clima es templado con valores medios anuales de temperatura

entre 14°C y 20°C y estaciones térmicas bien diferenciadas. Según la clasificación climática de Köppen, (ELIAS & CASTELLVI, 1996) Bahía Blanca queda comprendida dentro del tipo climático BS, semiárido. Las lluvias otorgan un carácter sub-húmedo o de transición. A pesar de la proximidad al océano Atlántico, el efecto de continentalidad se pone de manifiesto al analizar las oscilaciones térmicas anuales (CAPELLI & CAMPO, 1994). La precipitación anual varía entre 317,1 y 1082,2 mm para el período analizado (1959/98) con una media de 645,7 mm habiendo superado los 700 mm en las décadas del 70 y del 90.

Mediante una cadena de Markov de primer orden se generaron secuencias de días secos y lluviosos (húmedos). Las probabilidades de transición se han estimado de la siguiente forma ( GENG et al, 1986);

$$p(h/s) = \beta * f_h \quad (1)$$

$$p(h/h) = (1-\beta + p(h/d)) \quad (2)$$

siendo  $p(h/h)$  y  $p(h/s)$  las probabilidades de tener un día húmedo habiendo sido el anterior húmedo y de tener un día húmedo habiendo sido el anterior seco, respectivamente y  $f_h$  la frecuencia de días húmedos. El coeficiente  $\beta$  se ha estimado como 0,75 por ser un valor promedio para un amplio rango de climas diferentes.

Para asignar la precipitación a un día húmedo, se ha usado la función de distribución de Weibull de la siguiente forma (SELKER & HAITH, 1990);

$$F_m(x) = 1 - \exp[-(1,191 x/\text{mm})^{0.75}] \quad (3)$$

en que  $F_m(x)$  es la función de distribución para el mes  $m$ ;  $x$ , la precipitación para un día húmedo y  $\text{mm}$  la precipitación media diaria para los días húmedos del mes  $m$ . Se consideró un día húmedo cuando la precipitación superó los 0,2 mm para filtrar en todo lo posible casos de precipitación horizontal y error de precisión del pluviómetro. Es obvio que este valor no condiciona los resultados del trabajo.

Una serie de 40 años fue generada con el modelo. El análisis de su representatividad se analizó mediante la comparación de los siguientes estadísticos; valores medios y desviaciones estándar (DS) en base mensual y decádica. Distribución de la precipitación mensual, distribución de periodos de retorno de precipitación diaria máxima anual y distribución de periodos secos. Para ello se aplicó el test  $t$ , el test-F y el test de Kolmogorov-Smirnov para

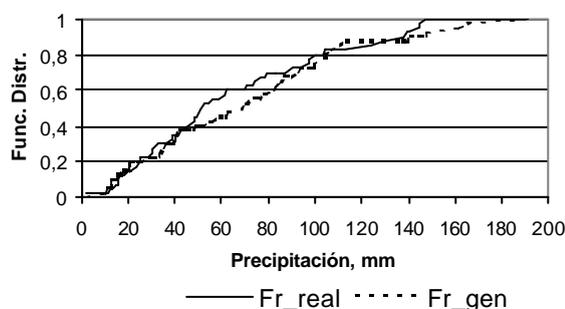
medias, desviaciones estándar y funciones de distribución respectivamente. Todos los test se aplicaron a un nivel de significación del 5%. Dado que la serie real es de 40 años, según ELIAS & CASTELLVI (1996) no es fiable asumir que se dispone de 'la población o de la verdad'. En consecuencia, el análisis se ha realizado para determinar si la serie mensual real y generada provienen de la misma población, es decir, si la serie real y generada pueden considerarse dos posibles realizaciones del mismo clima.

## Resultados y discusión

Ningun test de Kolmogorov-Smirnov rechazó la hipótesis nula. La Tabla 1 muestra para cada serie mensual, la diferencia máxima en valor absoluto entre la frecuencia acumulada de cada serie real y generada, y el nivel de significación efectivo (P), si  $P < 0,05$ , se rechazaría la hipótesis nula.

**Tabla 1.** Diferencia máxima del test Kolmogorov-Smirnov (D.máx), nivel de significación efectivo (P), valor medio y desvío estándar mensual (DS) para las series reales (real) y generadas (gen) para la precipitación de Bahía Blanca, Argentina.

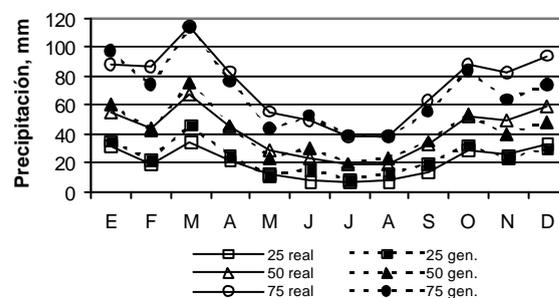
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
D. Máx.	0,15	0,15	0,10	0,18	0,25	0,23	0,10	0,20	0,25	0,10	0,23	0,18
P	0,77	0,77	0,99	0,58	0,17	0,27	0,99	0,41	0,17	0,99	0,27	0,58
Media Real	65,2	62,4	85,2	59,7	39,9	35,6	28,2	28,3	45,6	64,5	60,0	71,1
Media gen.	71,8	54,5	85,1	56,1	31,6	38,6	28,3	28,6	41,9	62,5	47,4	55,2
D.S. Real	42,3	52,1	58,4	48,0	29,8	40,7	26,1	25,2	29,7	42,0	42,5	45,7
D.S.gen.	46,4	42,4	49,5	35,8	28,0	29,8	25,1	22,5	31,8	39,0	33,7	35,3



**Figura 1.** Distribución de la precipitación mensual real y generada para el mes de enero en Bahía blanca, Argentina

La Figura 1 muestra, a modo de ejemplo, la distribución de la precipitación mensual real y generada para la serie del mes de enero observándose la similitud entre ellas. La Figura 2 muestra la concordancia entre los valores reales y generados de la precipitación esperada para los niveles de probabilidad del 25%, 50% y 75%.

De la comparación de las medias decádicas mensuales se obtiene que todos los t-test fueron aceptados, sin embargo la variabilidad mensual de algunas décadas no fueron reproducidas. El test F aplicado a las décadas de enero, febrero y octubre aceptó la hipótesis nula. El mes de marzo fue el más difícil de reproducir puesto que no se aceptó la hipótesis nula para la primera y última década. En cada uno de los meses restantes, una de las tres décadas no pasó el test. Debe tenerse presente que se reprodujo la variabilidad en base mensual por lo que aunque esta no se haya reproducido para una década el efecto sobre un balance hídrico queda atenuado.

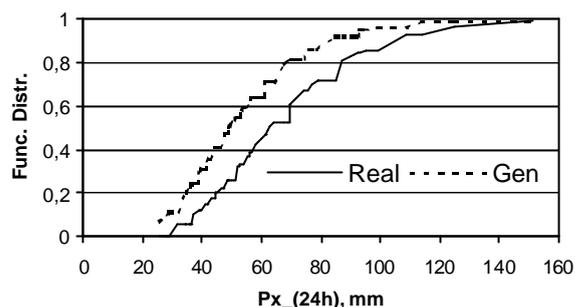


**Figura 2.** Valores reales y generados de la precipitación esperada para los niveles de probabilidad del 25%, 50% y 75% para la precipitación de Bahía Blanca, Argentina.

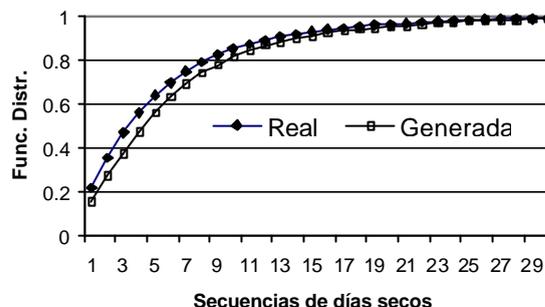
Únicamente el mes de marzo no se ha reproducido con detalle ya que para Bahía Blanca, la recarga de agua del suelo en marzo no es limitante para el trigo ya que la siembra es posterior y la media mensual fue replicada. En el caso de los forrajes de verdeo, únicamente podrían verse afectados por falta de humedad en el suelo si este fuese arenoso.

La función de distribución de precipitación diaria máxima anual de la serie real se ajustó bien a una función de distribución de Gumbel. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) entre la probabilidad intrínseca y los extremos de la precipitación fue  $R^2= 0,84$ . La Tabla 2 muestra diferentes períodos de retorno de la serie real y simulada de las precipitaciones diarias máximas anuales, así como el valor de la función de distribución de Gumbel determinada con la serie real y generada. La Figura 3 muestra las funciones de distribución de Gumbel obtenida con datos medidos y generados. La máxima diferencia en valor absoluto entre distribuciones fue de 0,247, el cual es menor que el valor crítico  $D_{0,05}= 0,3$ . Luego el test de Kolmogorov–Smirnov no rechazó la hipótesis nula (precipitaciones diarias máximas anuales de las dos series, real y generada, proceden del mismo clima).

La Figura 4 muestra las funciones de distribución de periodos secos obtenidos mediante la serie real y generada. El test de Kolmogorov –Smirnov no rechazó la hipótesis nula luego una cadena de Markov de primer orden es apropiada para la simulación de periodos secos. Aunque no se ha mostrado, el factor  $\beta$  idóneo de la ecuación 1 para Bahía Blanca es 0,81, en lugar de 0,75. La mejora que supone la calibración del modelo no ha sido objeto de estudio puesto que esta fuera del objetivo de este



**Figura 3.** Función de distribución de Gumbel para valores extremos anuales de precipitación diaria [Px\_(24 hs)] con la serie real y generada para la precipitación de Bahía Blanca, Argentina.



**Figura 4.** Funciones de distribución de periodos secos para la serie real y generada para Bahía Blanca, Argentina.

**Tabla 2.** Períodos de Retorno (T) de las precipitaciones diarias máximas anuales (Px\_24h) y el valor de la función de distribución de Gumbel para la serie real (real) y generada (gen) para la precipitación de Bahía Blanca, Argentina.

T	Px_24h		Func distr.	
	Real	Gen	Real	Gen
2	62,6	48,8	0,500	0,732
5	86,8	68,4	0,800	0,926
10	102,8	81,4	0,900	0,970
20	118,1	93,9	0,950	0,987
30	127,0	101,1	0,967	0,992
50	138,0	110,0	0,980	0,996
100	152,9	122,1	0,990	0,998

estudio, ya que por hipótesis de trabajo ello no es posible.

### Conclusiones

El modelo de generación de la precipitación analizado para Bahía Blanca, ha sido capaz de reproducir los aspectos básicos de la climatología de la precipitación útiles para planificaciones agrarias. El mes de marzo fue el más difícil de reproducir, aunque en base mensual fue replicado. El modelo es extremadamente simple y no ha sido calibrado. Ello permite que pueda ser fácilmente incorporado en otro tipo de modelos y recomendarse en localidades con clima similar a Bahía Blanca, aunque ello requiere otro tipo de análisis.

## Agradecimientos

Se agradece la colaboración del Dr. Raúl Díaz por suministrar la serie de datos de Bahía Blanca.

## Referencias bibliográfica

- CAPELLI, A.S., CAMPO, A.de F. **La transición climática en el sudoeste Bonaerense**. Bahía Blanca, Argentina : Sigeo. Departamento de Geografía. Universidad Nacional del Sur. 1994. 77 p.
- ELIAS, F., CASTELLVI, F. **Agrometeorología**. Madrid : Mundi Prensa, 1996. 517 p.
- GENG S.F.W., DE VRIES, P., SUPIT, I. A simple method for generating daily rainfall data. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 26, p 363-376. 1986.
- RICHARDSON, C.W., WRIGHT, D.A.W. **A model for generating daily weather variables**. Washington : U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 1984. 83 p. (ARS-8).
- SELKER, J.S, HAITH, D.A. Development and testing of simple parameter precipitation distributions. **Water Resources Research**. Washington, v. 26, p. 2733-2740. 1990.
- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL. **Estadísticas Climatológicas años 1950-2000**. Buenos Aires. 2000. (Archivos electrónicos)