

## ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION MENSUAL Y ESTACIONAL EN LA REGION PATAGONICA ARGENTINA

*Paula Beatriz Martín<sup>1,2</sup> y Leonardo Ariel Serio<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones del Mar y de la Atmósfera (CONICET-UBA)

<sup>2</sup> Dep. de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (FCEyN-UBA). Ciudad Universitaria, Pab.II, 2° piso, (1428) Buenos Aires, Argentina. Te: 4787-2693 Fax: 4788-3572. martin@cima.fcen.uba.ar

<sup>3</sup> Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas, Facultad de Agronomía, UBA  
Av. San Martín 4453 (1417) Buenos Aires, Argentina. serio@agro.uba.ar

### RESUMEN

El clima de la Patagonia Argentina se caracteriza por la extrema sequedad del aire, debido a la escasez de precipitaciones y a la excesiva evaporación como consecuencia de los intensos vientos. Estas condiciones convierten al agua en un recurso escaso. Es por este motivo que en el presente trabajo se analizaron los registros mensuales de precipitación en la región patagónica de la Argentina, correspondientes al período 1961-2000. Para ello, se utilizó la información disponible de las estaciones ubicadas en la región, pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional (SMN), cuyos registros cubren el mencionado período. A las distribuciones de frecuencias mensuales de precipitación observada se ajustó la función de distribución Gamma. Las diferencias entre las funciones de distribución teóricas y empíricas resultaron no significativas al aplicar el test no paramétrico de Kolmogorov-Smirnov. Se estudió la variabilidad espacial y temporal de los parámetros de forma y de escala de la distribución Gamma. Además, se calcularon los percentiles de las funciones de distribución teóricas y se analizó su variabilidad estacional. **Palabras clave:** precipitación, distribución de frecuencia, Patagonia

### ABSTRACT

The climate of the Argentinean Patagonia is characterized by the extremely dryness of the air, because of low rainfalls and high evaporation as a consequence of strong winds. That makes water a scarce resource. In the present paper, we used monthly rainfall records of the Argentinean Patagonia from the National Weather Service of Argentina, for the 1961-2000 period. The Gamma distribution were fitted to the observed monthly frequency distributions. Fits were tested by the non-parametric Kolmogorov-Smirnov test. Space and time variability of shape and scale parameters of Gamma functions were analyzed. Percentile of the theoretical distribution functions were calculated and its seasonal variability analyzed too.

**Key words:** rainfall, frequency distribution, Patagonia.

### INTRODUCCION

Las caracterizaciones climáticas suelen utilizar, junto con la temperatura media, el promedio aritmético de las cantidades de lluvias acumuladas mensuales, estacional o

anualmente. Pocas de ellas toman directamente en cuenta una característica que es fundamental en la pluviometría de los climas áridos, cuál es la extrema variabilidad de las precipitaciones. El valor medio es un parámetro representativo solo de las

distribuciones de frecuencias de variables que poseen una distribución normal o Gaussiana; y es bien sabido que una de las características más salientes de las distribuciones de frecuencias de las precipitaciones es su asimetría. Esta se suele acentuar en las curvas de las lluvias registradas en las regiones áridas y semiáridas, en las que el promedio aritmético, aunque esté calculado durante un largo período, pierde todo significado estadístico. En estos casos se hace indispensable considerar la incidencia de la lluvia mediante el análisis con distribuciones de frecuencias teóricas diferentes a la de Gauss. La distribución Gamma de dos parámetros (Thom, 1958), es una de las funciones más ampliamente difundidas para representar frecuencias de precipitación.

El clima de la región patagónica argentina se caracteriza por la extrema sequedad del aire, debido a la escasez de precipitaciones y a la excesiva evapotranspiración potencial como consecuencia de los intensos vientos. Estas condiciones convierten al agua en un recurso escaso. Sin embargo, los estudios sobre la precipitación en esta región no abundan, debido a la escasez de registros oficiales continuos y a la baja densidad de estaciones meteorológicas en la región. Este problema se ha acentuado durante las últimas décadas. Pese a ello, se han realizado algunos trabajos ampliando la base de datos oficiales con los provenientes de estancias y otras fuentes ubicadas en la región, ya sea con fines agronómicos, hidrológicos o climatológicos.

De Fina *et al.* (1965, 1968a, 1968b) realizaron la caracterización agroclimática de cada una de las provincias patagónicas a partir de datos observados y estimados de temperatura y precipitación. En su relevamiento, lograron acceder a más de 80 registros de precipitación de 30 o más años de extensión, la mitad de ellos completos.

Barros y Mattio (1978) analizaron las variaciones de la precipitación en la región

patagónica entre 1920-1970. A pesar de la aridez general de la región encontraron algunos períodos en que se produjeron anomalías significativas con precipitaciones ostensiblemente por encima de la normal, como la ocurrida en la provincia de Chubut durante la década del 40 y en Río Negro durante la década del 50. Además, encontraron que la zona costera del sur de Santa Cruz sufrió una marcada tendencia hacia menores precipitaciones durante el período analizado.

El objetivo de este trabajo es estudiar la distribución de las precipitaciones en la región patagónica Argentina durante las últimas décadas, mediante el ajuste de las distribuciones de frecuencias mensuales observadas a la función de distribución Gamma.

## MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron 40 años de datos mensuales de precipitación del período 1961-2000, de 13 estaciones pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional (SMN) ubicadas en la región de estudio. En la Tabla 1 se presenta el listado de las estaciones utilizadas con sus correspondientes coordenadas.

Para el ajuste de las distribuciones de frecuencia se utilizó la distribución Gamma de

**Tabla 1.** Ubicación de las estaciones meteorológicas analizadas en el trabajo.

Estación	Lat. (°)	Long. (°)	Alt. (m)
Bahía Blanca	-38.7	-62.2	83
Bariloche	-41.2	-71.2	840
Cdoro. Rivadavia	-45.8	-67.5	46
Esquel	-42.9	-71.2	785
Lago Argentino	-50.3	-72.3	220
Maquinchao	-41.3	-68.7	888
Neuquen	-39.0	-68.1	270
Puerto Deseado	-47.7	-65.9	80
Río Gallegos	-51.6	-69.3	19
San Antonio Oeste	-40.7	-65.0	7
San Julián	-49.3	-67.8	62
Trelew	-43.2	-65.3	43
Ushuaia	-54.8	-68.3	14

dos parámetros (Thom, 1958), cuya función de distribución de probabilidad está dada por la ecuación (1):

$$f(x) = \frac{x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)}; \text{ (para } x > 0 \text{)} \quad (1)$$

donde  $\alpha$  y  $\beta$  son las constantes a ser ajustadas, llamadas respectivamente parámetros de forma y de escala, y  $\Gamma(\alpha)$  es la función Gamma, dada por la ecuación (2):

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty x^{\alpha-1} e^{-x} dx \quad (2)$$

Las principales ventajas de la Gamma respecto a otras distribuciones, como la de Gauss, es que se adapta fácilmente a todo tipo de asimetrías y está definida sólo para valores positivos de la variable  $x$ . Esto la hace apta para representar frecuencias de precipitación. El ajuste se realizó eliminando los meses en que la precipitación fue nula. Las diferencias entre las funciones de distribución teóricas y empíricas se estudiaron aplicando la prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov. Luego, se corrigieron las funciones teóricas considerando en cada caso la probabilidad empírica de ocurrencia de ceros en las serie de precipitación. Además, se calcularon los percentiles de las funciones de distribución teóricas y se analizó su variabilidad estacional.

## RESULTADOS

En las Figuras 1 y 2 se presenta la distribución espacial de los parámetros de escala y de forma de la función Gamma, respectivamente, para los meses de enero, abril, julio y octubre. El parámetro de escala (Fig. 1) adquiere menores valores durante el mes de enero y tiene una distribución bastante homogénea con máximo al norte decreciendo hacia el sur. En cambio, durante los meses de abril y julio la distribución presenta un máximo en el extremo norte de los Andes Patagónicos que se extiende en una franja que atraviesa la región hacia el sudeste, hasta el norte de Santa Cruz.

El parámetro de forma (Fig. 2) en enero tiene muy poca variabilidad en todo el centro y oeste de la región, y un fuerte gradiente aumentando hacia la costa y hacia el extremo sur. En julio el comportamiento es totalmente opuesto con bajos valores en la región costera y máximos en el oeste con las isolíneas orientada en sentido norte-sur. Durante los meses de transición es mucho más homogénea la distribución, siempre con máximos en el sur.

En la Figura 3 están representadas las distribuciones de la precipitación mensual en algunas localidades del área de estudio. Se presentan los valores de precipitación correspondientes a los niveles de probabilidad

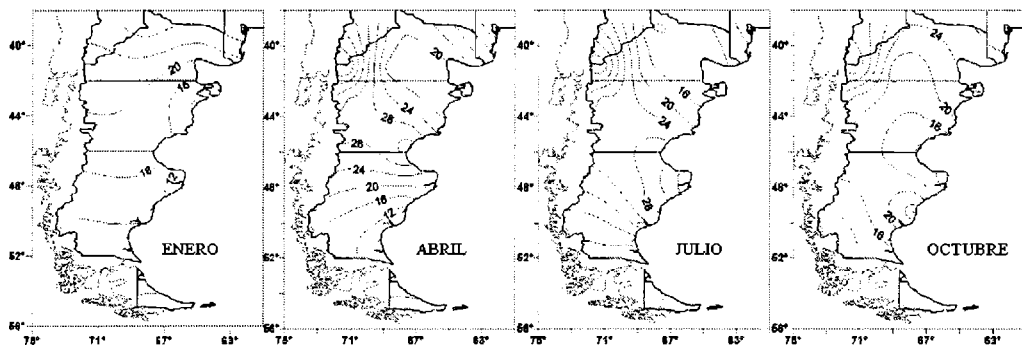
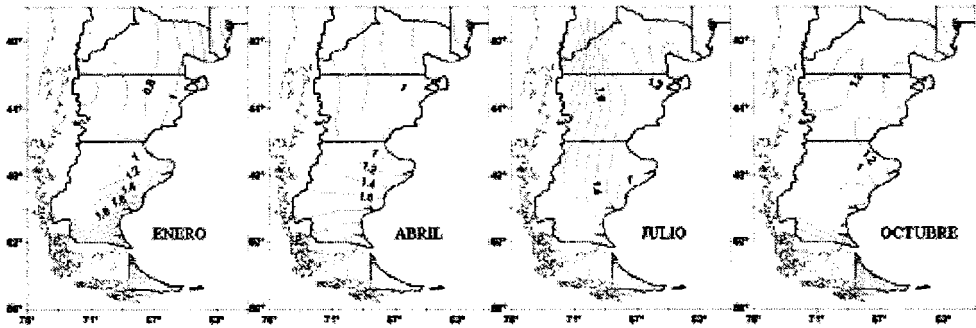


Figura 1. Distribución espacial del parámetro de escala ( $\beta$ ) de la función Gamma ajustada a las precipitaciones en los meses de enero, abril, julio y octubre.



**Figura 2.** Distribución espacial del parámetro de forma ( $\alpha$ ) de la función Gamma ajustada a las precipitaciones en los meses de enero, abril, julio y octubre.

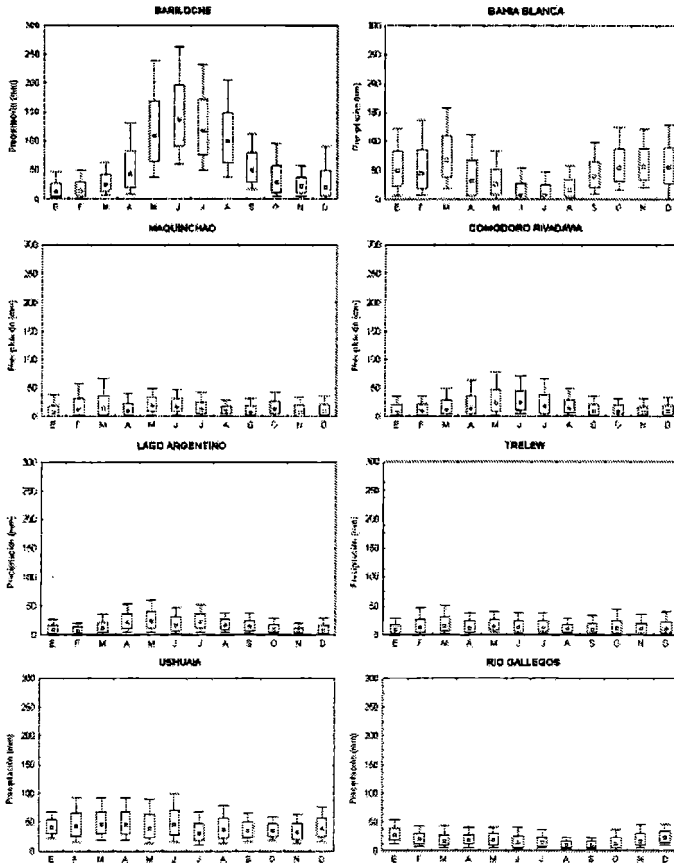
del 10, 25, 50, 75 y 90 %, obtenidos a partir de la función Gamma ajustada.

La mayor variabilidad de las precipitaciones a lo largo del año se observan al noroeste (Bariloche) y al noreste (Bahía Blanca) de la región, aunque con diferentes regímenes. En las localidades de Bariloche y Esquel (no mostrado) predominan las precipitaciones invernales. Este régimen es típico de esas zonas adyacentes a la cordillera, pero cambia completamente al desplazarse unos 100 km hacia el este (Prohaska, 1976). En cambio, el régimen en Bahía Blanca presenta máximos durante el semestre cálido y en particular durante la primavera (octubre a diciembre) y hacia el final del verano. En todo el resto de la región las precipitaciones son escasas durante todo el año, aunque el régimen de precipitación cambia de norte a sur. Este pasa de tener un ciclo semi-anual con máximos en otoño y primavera (Maquinchao), a un ciclo anual con máximo en invierno (Comodoro Rivadavia), cambiando nuevamente hacia el sur (Río Gallegos), donde los máximos se dan en verano. En Ushuaia el régimen es diferente, con mayores precipitaciones que la zona continental adyacente por la mayor influencia oceánica.

La mediana de las precipitaciones mensuales supera los 100 mm en Bariloche

en invierno y los 50 mm en Bahía Blanca durante primavera-verano, pero no supera los 20 mm a lo largo de todo el año en la mayoría de las localidades del resto de la región. Sin embargo, aumentan levemente hacia el sur hasta alcanzar los 45 y 50 mm durante los meses de otoño en Ushuaia. En lo que respecta al percentil 90 de la distribución, cuyo valor representa la precipitación mensual probable de ser superada una vez cada 10 años, también el máximo se da en Bariloche. Allí, supera los 200 mm entre mayo y agosto, siendo máximo en junio con más de 250 mm. En Bahía Blanca excede los 120 mm entre octubre y marzo. En Ushuaia se dan una vez cada 10 años precipitación mayor a 90 mm entre febrero y junio. En el resto de las localidades analizadas no se exceden los 60 mm durante casi todo el año.

En la Figura 4 se presentan las isoyetas correspondientes al nivel de probabilidad del 50% para los meses de enero, abril, julio y octubre, respectivamente. Aquí se observa nuevamente la distribución homogénea de la precipitación en toda la región y a lo largo de todo el año, con excepción de las mencionadas regiones de transición en el noreste en primavera y verano y en el noroeste en otoño e invierno. Cabe aclarar que los gradientes que se observan en la figura al noroeste de la



**Figura 3.** Distribuciones mensuales de precipitación en algunas localidades patagónicas. Los puntos corresponden al nivel de probabilidad del 50%; los extremos de los rectángulos los niveles del 25 y 75%, y las líneas horizontales las situaciones extremas de 10 y 90% de probabilidad.

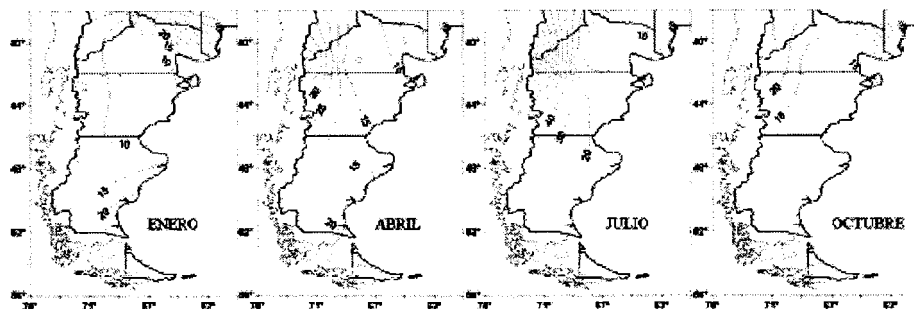
región no corresponden con la realidad, sino que se trata de una representación producida por el método de graficado. En realidad la precipitación tiene un gradiente mucho más marcado, con grandes diferencias de precipitación en muy pocos kilómetros, como ya se mencionó anteriormente.

Finalmente, en la Figura 5 se presentan las isoyetas para el nivel de probabilidad del 90 %, cuya distribución es similar a las anteriores, pero se observan mayores gradientes, obedeciendo a la mayor variabilidad de las condiciones extremas.

### CONCLUSIONES

El ajuste de la función Gamma a las distribuciones mensuales de frecuencias observadas de precipitación en localidades de la región patagónica Argentina resultó satisfactorio. Esto permitió trazar mapas con isolíneas para los parámetros de forma ( $\alpha$ ) y de escala ( $\beta$ ). Se observó que existe una variabilidad estacional en la distribución de ambos parámetros.

El uso de la función teórica (Gamma) permitió estudiar la precipitación para distintos



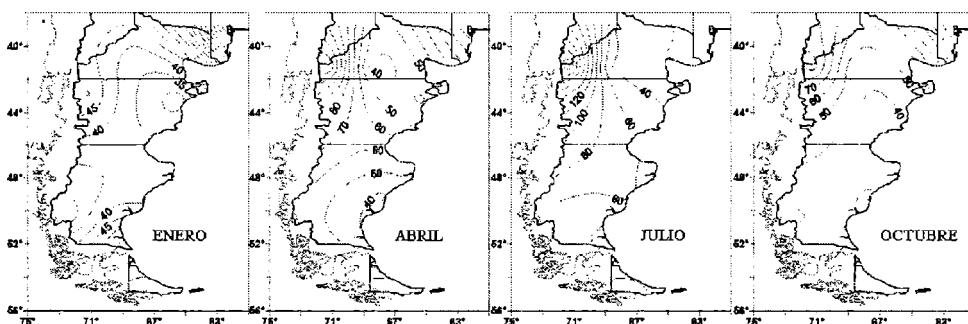
**Figura 4.** Distribución espacial de las precipitaciones mensuales correspondientes al nivel de probabilidad del 50%, según la función Gamma ajustada en enero, abril, julio y octubre.

niveles de probabilidad. En particular, se encontró que una vez cada 10 años pueden ocurrir precipitaciones mensuales de más de 200 mm en Bariloche en invierno. Sin embargo, en la mayoría de las localidades analizadas estos valores no superan los 60 mm a lo largo de casi todo el año.

### REFERENCIAS

Barros, V. y H. Mattio. 1978. Tendencias y fluctuaciones de la precipitación en la región patagónica. *Meteorológica VIII-IX*: 237-246.  
 De Fina, A., F. Giannetto y L. Sabella. 1965. Difusión geográfica de cultivos índices en las provincias de Neuquén y Río Negro y sus causas. Instituto de Suelos y Agroecología, INTA, Publicación 96. 84p.

De Fina, A., A. Garbosky, F. Giannetto y L. Sabella. 1968a. Difusión geográfica de cultivos índices en la provincia de Chubut y sus causas. Instituto de Suelos y Agroecología, INTA, Publicación 110. 78p.  
 De Fina, A., A. Garbosky, F. Giannetto y L. Sabella. 1968b. Difusión geográfica de cultivos índices en la provincia de Santa Cruz y sus causas. Instituto de Suelos y Agroecología, INTA, Publicación 111. 72p.  
 Prohaska, F. 1976. Climates of Central and South America. In: *World Survey of Climatology*, Vol. 12. Elsevier, Amsterdam.  
 Thom, H. 1958. A note on the Gamma distribution. *Monthly Weather Review* 86: 117-122.



**Figura 5.** Distribución espacial de las precipitaciones mensuales correspondientes al nivel de probabilidad del 90%, según la función Gamma ajustada en enero, abril, julio y octubre.