

## PROBABILIDADES DE LAS PRECIPITACIONES EN EL ÁREA DE SANTA ROSA, PROVINCIA DE LA PAMPA (ARGENTINA)

### PROBABILITIES OF PRECIPITATION IN THE AREA OF SANTA ROSA, PROVINCE OF LA PAMPA (ARGENTINA)

Casagrande G.A.<sup>2</sup>, G.T. Vergara<sup>1\*</sup> & F. Babinec<sup>1,2</sup>

Recibido 12/06/13  
Aceptado 08/04/14

#### RESUMEN

En la actividad agropecuaria la incertidumbre y el riesgo son limitantes que perjudican el desarrollo de este sector, teniendo en cuenta que depende de las condiciones naturales y socioeconómicas. En regiones semiáridas las precipitaciones representan el elemento meteorológico más condicionante por su modesta cuantía y su elevada variabilidad temporal y espacial. El estudio de las lluvias a largo plazo consiste en analizar su comportamiento a través del tiempo y el espacio para saber cuándo y cuánta lluvia se espera en un determinado lugar a un nivel de probabilidad de interés económico. Las precipitaciones anuales, estacionales o mensuales pueden ocurrir en pocos eventos concentrados en períodos cortos de tiempo, por eso es trascendente conocer la distribución de las mismas y los milímetros esperados. Es importante estudiarlas también en términos de probabilidad ya que los registros pluviométricos presentan determinados riesgos de ocurrencia favorable o desfavorable de gran incidencia en la gestión de la actividad agropecuaria. Se calcularon las probabilidades de ocurrencia de las precipitaciones estacionales y decádicas en el área de Santa Rosa, lo que permitió caracterizar con más detalle la zona y estimar su aptitud para la implantación y práctica de manejo de cultivos.

**PALABRAS CLAVE:** Probabilidad, Precipitaciones, Estacional, Decádica, Milímetros.

#### ABSTRACT

Risk and uncertainty are variables limiting the development of agriculture, as an activity relying on natural and socio-economic conditions. In semi-arid regions, rainfall is the most critical meteorological factor due to its scarcity and high level of temporal and spatial variability. The study of long-term rainfall involves the analysis of its occurrence pattern over time and space, with the objective to predict its values for a certain site considering probability levels under an economic scope. Annual, seasonal or monthly rainfall may occur concentrated in few events over short periods of time, with distribution and expected levels of rain as essential information to be considered. Studying rainfall in terms of probability becomes important because its occurrence is subjected to risks of great impact for farming management. This work was aimed to calculate the probabilities of seasonal and by decade rainfall for the area of Santa Rosa, La Pampa in order to get a better characterization of it and estimate its aptitude for crop implantation and management practices.

**KEY WORDS:** Probability, Rainfall, Seasonal, Decadal, Millimeter.

#### INTRODUCCIÓN

La incertidumbre y el riesgo siguen siendo en la actividad agropecuaria, dos limitantes que perjudican en forma constante el desarrollo de

este sector productivo teniendo en cuenta que depende de las condiciones naturales y socioeconómicas. Para que la producción agropecuaria

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía. UNLPam. \* vergara@agro.unlpam.edu.ar

<sup>2</sup> EEA INTA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas"

resulte exitosa es necesario el estudio del clima, que determina el carácter de la actividad humana y el desarrollo de la naturaleza. No hay rama de la economía en la cual éste no ejerza una influencia considerable directa o indirectamente. Una estrategia exitosa será el resultado de enfoques novedosos para diseñar agro ecosistemas que integren el manejo con la base de recursos regionales y que operen dentro del marco existente de condiciones ambientales, sociales y económicas (Altierieri, 1995).

Según Llamas (1993), las precipitaciones son un fenómeno físico que describe la transferencia de agua en fase líquida y en fase sólida entre la atmósfera y el suelo. La lluvia constituye una variable meteorológica difícil de pronosticar por los especialistas que se dedican a esta actividad. Este elemento influye directamente sobre el desenvolvimiento económico y social de cualquier país o región en particular. De ahí que desde la antigüedad, aún cuando no se contaba con instrumentos de medición, el hombre trataba de darle explicación a la ocurrencia de estos fenómenos atmosféricos.

La precipitación junto con la temperatura, son los elementos climáticos más influyentes en el medio natural, ya que afectan directamente la distribución de las especies vegetales y animales, y a la vez en las actividades del hombre, como son las agrícolas, ganaderas y forestales entre otras. El clima en cada región del globo refleja la probabilidad de que ocurran una serie de fenómenos meteorológicos en esa región, y esa distribución de probabilidad debe calcularse a lo largo de un cierto periodo de tiempo (Fernández, 1995). Aparicio (1997) señala que en la superficie terrestre las precipitaciones son la fuente principal de agua, y la medición de éstas, es el punto de partida de la mayoría de los estudios relativos al uso del agua.

Para comprender e interpretar los datos de precipitación, al igual que otros datos meteorológicos, se los estudia acudiendo a métodos estadísticos. Conrad y Pollak (1950), Kendall (1959), Barger y Nyhan (1960), y Chow (1964) mencionan y discuten métodos climatológicos específicos. La variabilidad de las precipitacio-

nes se analiza en un amplio espectro de escalas: anual, estacional, mensual, decádica, semanal o diaria.

Las precipitaciones anuales, estacionales o mensuales pueden ocurrir en pocos eventos concentrados en períodos cortos de tiempo, por lo que su utilidad para el cultivo puede ser relativa, según el estado hídrico del suelo (Pedraza & Perera, 2006). Los valores totales del mes suelen ocultar la variabilidad que se presenta dentro del mismo.

La importancia de contar con información pluviométrica en períodos decádicos radica en que, ante requerimientos puntuales de un cultivo de cosecha o especie forrajera en sus diferentes etapas fenológicas, es factible una determinación real de las posibilidades de satisfacer las exigencias en agua. Esto resalta lo trascendente que es conocer la distribución de las precipitaciones en períodos más cortos y mediante medidas resumen (promedios y desvíos) para estos períodos. Dado que los registros pluviométricos presentan riesgos de gran incidencia en la gestión de la actividad agropecuaria es importante estimar su probabilidad de ocurrencia. La planificación de estas actividades como así también el diseño de obras hidráulicas, están siempre relacionados con eventos hidrológicos futuros, cuyo momento de ocurrencia no puede predecirse; es por eso que se debe recurrir al estudio de la probabilidad (Linsley *et al.*, 1988).

La Organización Meteorológica Mundial expresa que las probabilidades son extremadamente importantes en cualquier planificación agrícola y pueden considerarse como una de las mejores formas de presentación de los datos climatológicos en relación a un problema biológico dado.

En Argentina autores como Staff (1969), Ravelo y Seiler (1977), Conde y Codromaz de Rojas (1980), Albors *et al.* (2012), Gutheim (2012) realizaron estudios referidos a las probabilidades de las precipitaciones en algunas regiones. El objetivo de este trabajo fue estimar las probabilidades de ocurrencia de las precipitaciones estacionales y decádicas en el área de Santa Rosa, provincia de La Pampa en base a modelos ya probados para esta variable meteorológica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Santa Rosa (Lat. 36°37'S, Long. 64°17'W) se halla ubicada en el Departamento Capital de la provincia de La Pampa, Argentina. El área en estudio se caracteriza por su clima templado. La temperatura del aire registra fluctuaciones que definen distintas estaciones. El valor medio del mes de enero es de 23.0 °C y el del mes de julio de 7.6 °C. Se registran temperaturas máximas absolutas de hasta 40.7 °C y mínimas absolutas de -11.0 °C.

El período con heladas se extiende desde el 8 de mayo hasta el 26 de septiembre, con una variabilidad de +/- 21 días (Vergara & Casagrande, 2002). La precipitación media anual para el período 1961-2011 es de 689.4 mm con un desvío de 196.7 mm y una distribución estacional de: 36.1% verano (D-E-F), 25.7% otoño (M-A-M), 8.3% invierno (J-J-A) y 29.9% primavera (S-O-N) (Tabla 1 y 2).

El semestre cálido (octubre-marzo) aporta el 73.3% de la lluvia anual, en tanto que el frío (abril-septiembre) participa con un 26.7%. Los vientos predominantes son del NNE y SSW y su velocidad media anual es de 11 km/h. La época de mayor intensidad coincide con la salida del invierno y comienzo de primavera (Casagrande & Vergara, 1996).

Para analizar las precipitaciones en el área de influencia de Santa Rosa se utilizó una base de datos diarios de lluvias de la serie 1961/2011 ob-

tenidos del Servicio Meteorológico Nacional durante el período 1961 a 1976 y de la Estación Agrometeorológica de la Facultad de Agronomía, UNLPam a partir de 1977. Ambas estaciones se encuentran ubicadas al norte de la ciudad de Santa Rosa, provincia de La Pampa.

Los registros pluviométricos se analizaron en forma decádica (diez días), mensual y estacio-

Tabla 2: Precipitaciones medias trimestrales y anual (1961/2011)

Table2: Quarterly and annual average rainfall (1961/2011)

	Precipitación (mm)				Año
	dic-feb	maz-may	jun-ago	sep-nov	
Media	248.5	177.4	57.2	206.3	689.4
Desvío	91.8	75.5	41.8	83.4	196.7
C V%	37	42	73	40	28
Mediana	224.2	168.7	42.2	182.8	

nal, en este último caso dividiendo al año en verano (diciembre - enero - febrero), otoño (marzo - abril - mayo), invierno (junio - julio - agosto) y primavera (septiembre - octubre - noviembre). Se consideraron tres décadas por mes, lo que suma 36 décadas en el año, calculándose la media trimestral y anual, sus desvíos estándar y coeficientes de variación (CV). Las probabilidades de las precipitaciones con base diaria para cualquier período (de 1 a 365 días) se calcularon con el Software AGROAGUA (Forte Lay *et al.*, 1996) que utiliza la distribución Normal-Raíz cúbica, considerada de excelente comportamiento para el ajuste de series de precipitaciones mensuales y quincenales (Kendall, 1960; Dingens & Steyaert, 1971; Fu *et al.*, 2010).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El verano es la estación con los valores promedios más altos de precipitaciones, mientras que el invierno se presenta como la estación menos lluviosa. Para la zona en estudio el coeficiente de variación anual de las precipitaciones es 0.28, coincidiendo con Galmarini (1961) que expresa un valor de 0.3. Se tomó como referencia el desvío para analizar probabilidades de ocurrencia de precipitaciones superiores al promedio. Considerando para el verano una precipitación acumulada de 340.3 mm (promedio +

Tabla 1: Precipitaciones medias mensuales (1961/2011)

Table 1: Monthly average rainfall (1961/2011)

Mes	Precipitación (mm)			
	Media	Desvío	C V %	Mediana
ene	81.7	47.2	58	67.8
feb	73.1	49.3	67	65.8
mar	94.9	58.9	62	81.6
abr	53.8	45.4	84	42.8
may	28.7	28.7	100	19.7
jun	16	17	106	12.7
jul	17.4	29.7	171	6
ago	23.8	28.7	121	13.6
sep	43.5	39.7	91	32.9
oct	74	53.9	73	58.9
nov	88.8	56.2	63	73.9
dic	93.7	69.5	74	75.8

desvío) la probabilidad de alcanzar o superar este valor es de 0.17. En el invierno tomando de referencia una precipitación acumulada de 98.9 mm (promedio + desvío) la probabilidad de alcanzar o superar este milimetraje es de 0.15. (Tabla 2). En la Tabla 3 se establecieron distintos valores de precipitación para cada estación obteniéndose la probabilidad de ocurrencia de los mismos.

En la Figura 1 se presentan las precipitaciones medias decádicas para el área de Santa Rosa (1961/2011) donde se observa que el mes con mayores precipitaciones es marzo (94.9 mm) mientras que el de menores lluvias es junio (16.0 mm). La década de mayor precipitación de la serie 1961/2011 es la segunda de marzo con una media de 35.2 mm. Considerando para esta década una precipitación acumulada de 71.5 mm (promedio + desvío) se obtiene una probabilidad de alcanzar o superar este valor de 0.13. La de menor precipitación es la primera de julio con un promedio de 3.5 mm. Considerando para esta década una precipitación acumulada de 9.6 mm (promedio + desvío) se obtiene una probabilidad de alcanzar o superar este valor de 0.11. Para el resto de los meses y por razones de espacio las probabilidades decádicas se encuentran expresadas en los gráficos (Figuras 2 a, b, c, d, e, f, g,

Tabla 3: Probabilidades (%) trimestrales de ocurrencia de precipitaciones

Table3: Probabilities (%) of quarterly occurrence of rainfall

dic-ene-feb		maz-abr-may		jun-jul-ago		sep-oct-nov	
mm	Prob	mm	Prob	mm	Prob	mm	Prob
-	-	-	-	≥10	0.93	-	-
-	-	-	-	30	0.71	-	-
≥50	0.99	≥50	0.98	50	0.48	≥50	0.99
100	0.98	100	0.83	100	0.14	100	0.93
150	0.87	150	0.58	150	0.04	150	0.73
200	0.67	200	0.34	≥200	0.01	200	0.48
300	0.27	250	0.18	-	-	300	0.13
400	0.07	300	0.09	-	-	350	0.06
≥500	0.02	≥350	0.04	-	-	≥400	0.02

h, i, j, k, l).

## CONCLUSIONES

El cálculo de probabilidades de precipitaciones para períodos estacionales y decádicos permitió caracterizar con más detalle la zona considerada y estimar en lo que a este elemento del clima se refiere, la aptitud de la región para la implantación y práctica de cultivos, teniendo en cuenta la oferta de agua por parte de la atmós-

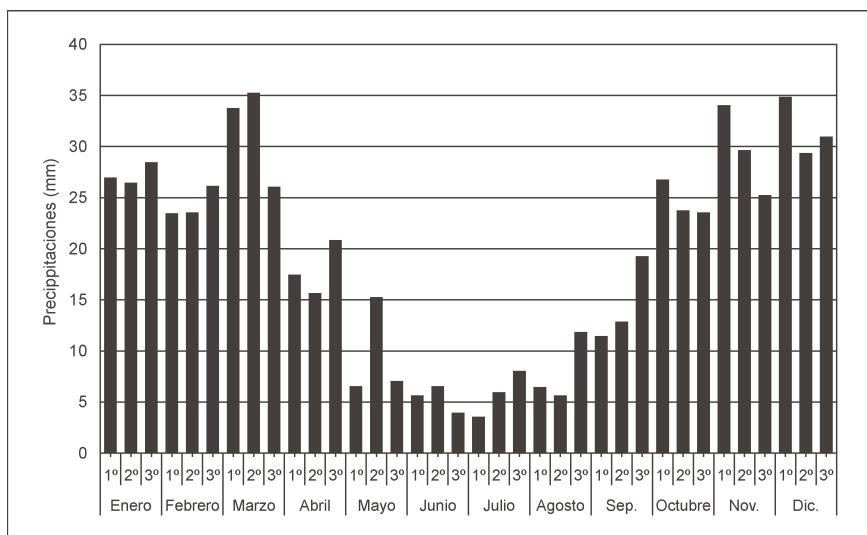


Figura 1: Precipitaciones medias decádicas. Santa Rosa (1961/2011)

Figure 1: Decadal average rainfall. Santa Rosa (1961/2011)

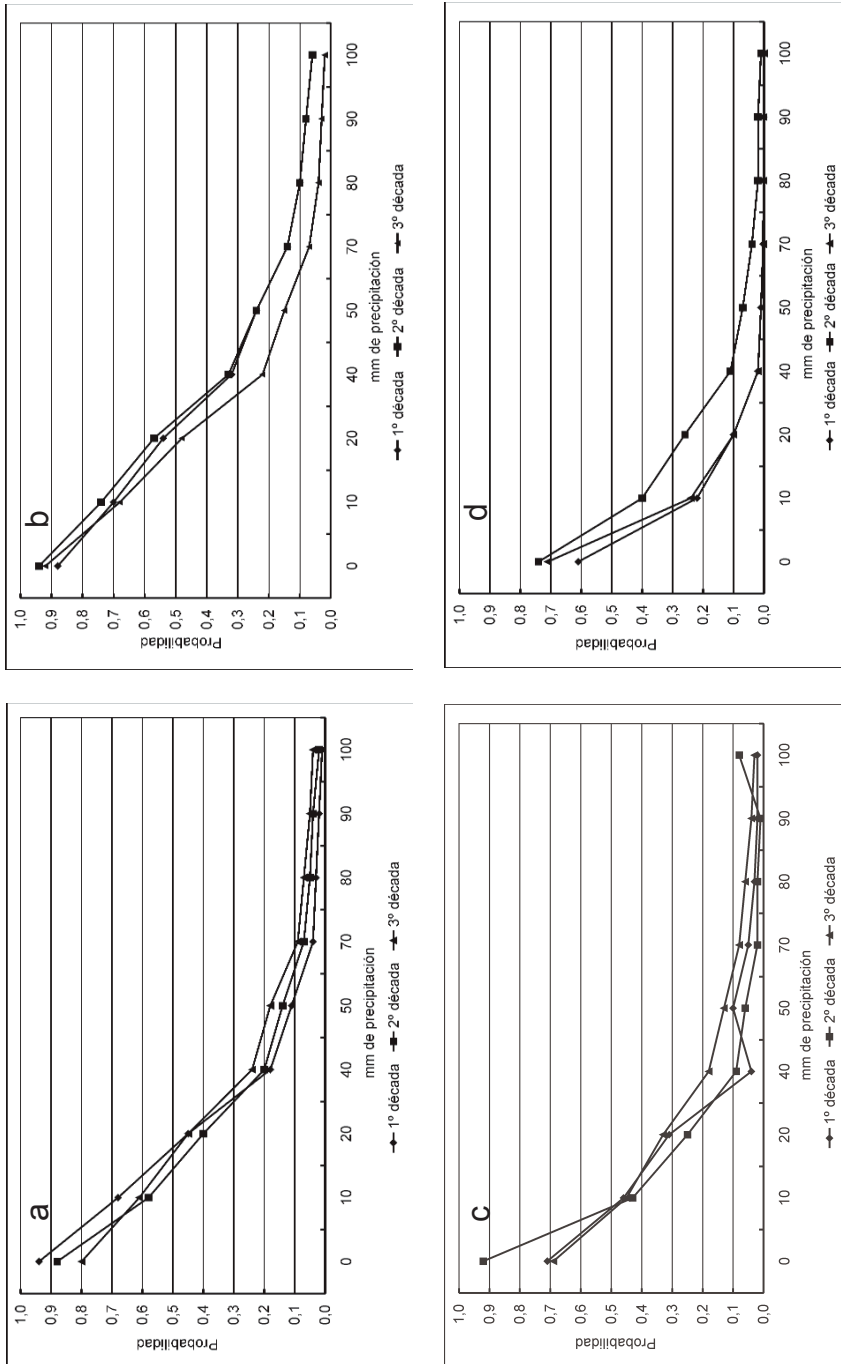


Figura 2: Probabilidades decadales de febrero (a), marzo (b), abril (c) y mayo (d)  
 Figure 2: Decadal probabilities of February (a), mars (b), april (c) and may (d)

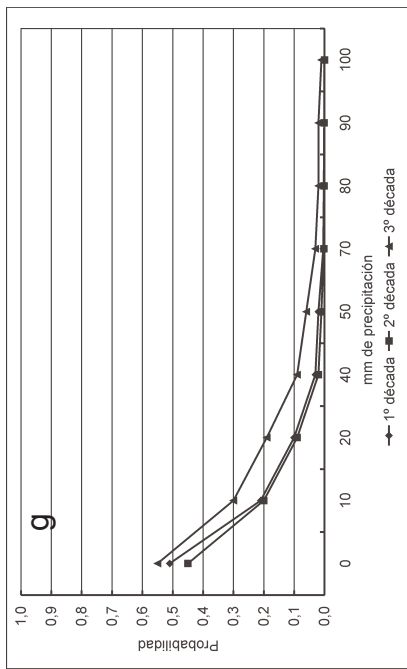
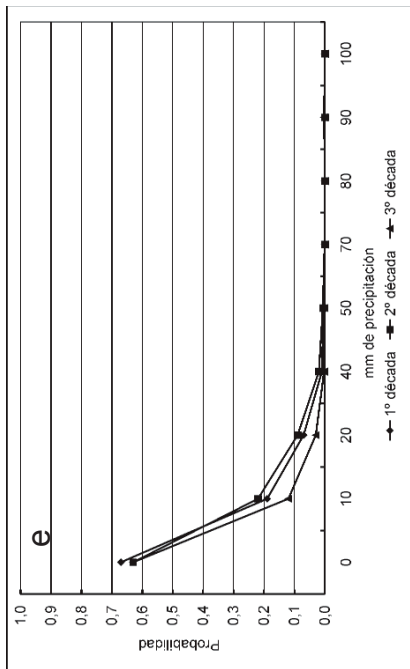
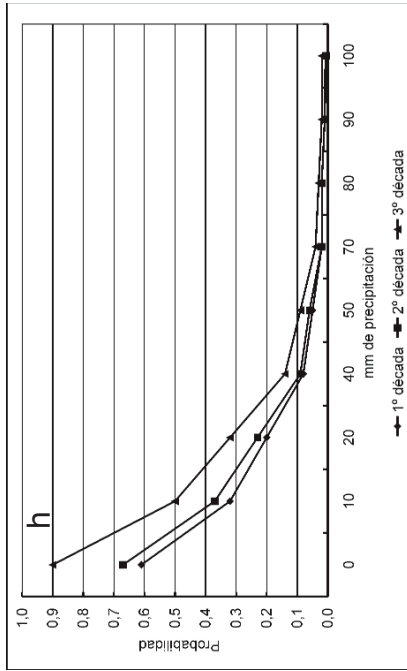
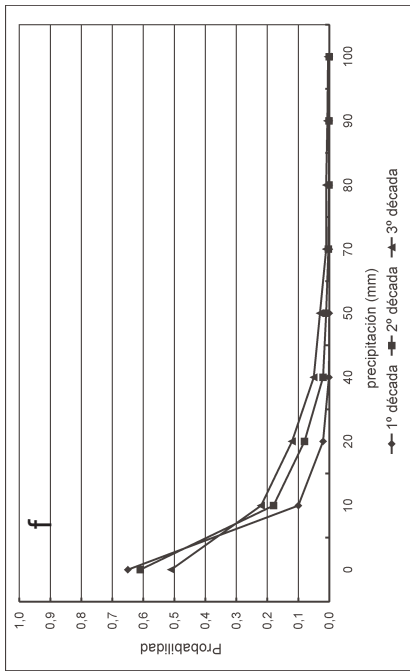


Figura 2 (continuación); Probabilidades decadales de junio (e), julio (f), agosto (g) y septiembre (h)  
 Figure 2 (continuación); Decadal probabilities of June (e), July (f), August (g) and September (h)

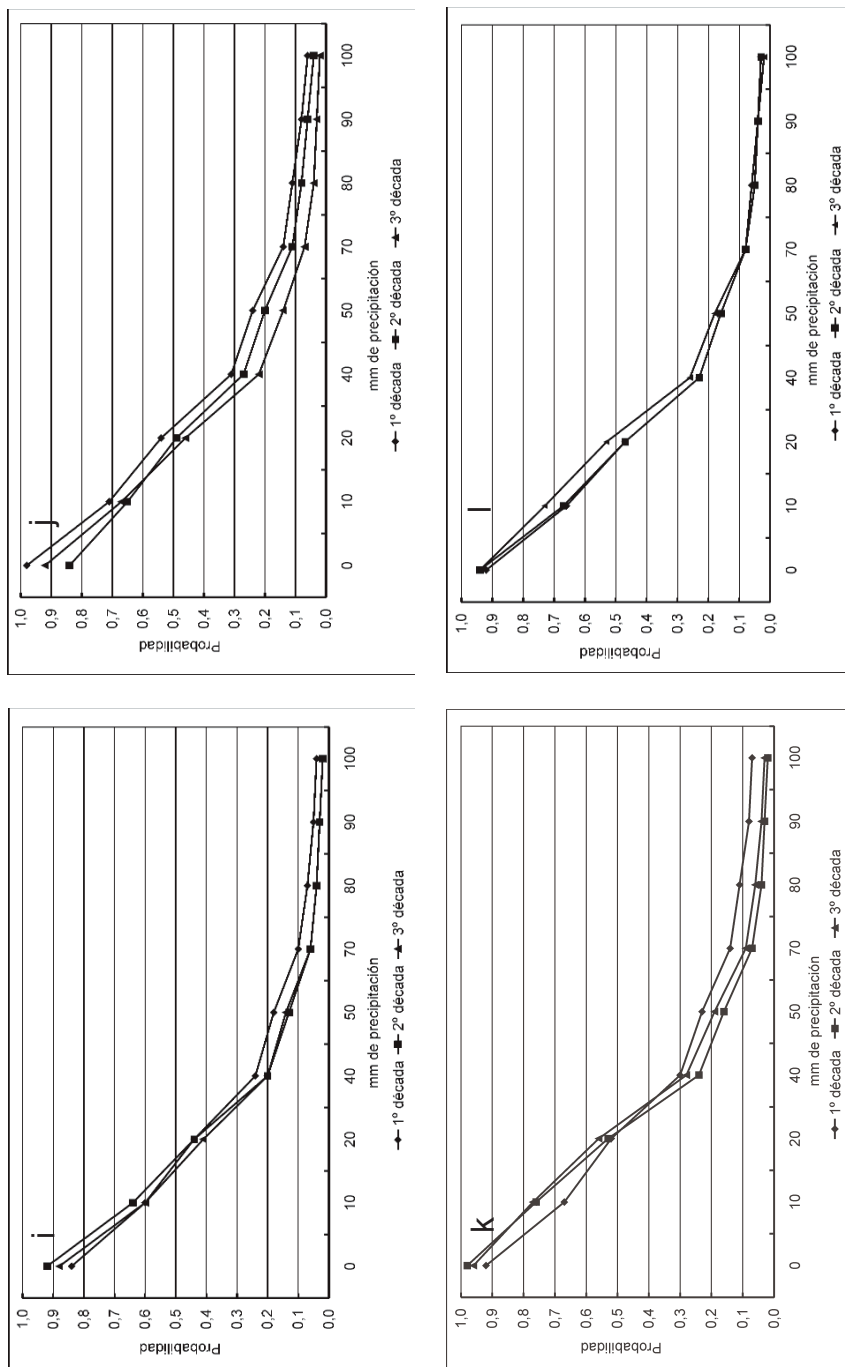


Figura 2 (continuación): Probabilidades decadales de octubre (i), noviembre (j), diciembre (k) y enero (l)  
 Figure 2 (continuación): Decadal probabilities of October (i), November (j), December (k) and January (l)

fera y los requerimientos hídricos en cada una de las etapas fenológicas. El conocimiento detallado de las probabilidades decádicas de lluvias es una herramienta útil para planificar los sistemas productivos. Para la producción agropecuaria es fundamental considerar la conjunción milimetraje-probabilidad tanto para cultivos estivales e invernales de cosecha como para especies forrajeras, sobre todo en momentos fenológicos más críticos (floración-llenado de grano) y de mayor requerimiento hídrico.

## BIBLIOGRAFÍA

- Albors C.M., A. Caretta, J. Rodríguez & A. Cicero. 2012. Cambio de frecuencia de precipitaciones en Las Casuarinas, San Juan-Argentina y su influencia en condiciones predisponentes para ataques de *Plasmopara viticola*. XIV Reunión Argentina de Agrometeorología. Mar del Plata, Mendoza pp.27-28.
- Altieri M. 1995. Agro ecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. CLADES pp.15-18, 251-255.
- Aparicio F. 1997. Fundamentos de Hidrología de Superficie. 11 ed. México. Editorial Limusa S.A. pp. 303.
- Barger G.L. & J.C. Nyhan. 1960. Climatology at work measurements, methods and machines. Washington D.C. US Department of Commerce, Weather Bureau. 109 p.
- Casagrande G.A. & G.T. Vergara. 1996. Labranzas en la región semiárida argentina. Capítulo 2: Características climáticas de la región. Centro Regional La Pampa-San Luis. EEA. Editorial Extra. Santa Rosa, La Pampa, Argentina. pp. 11-17.
- Conde A & A.Codromaz de Rojas. 1980. Probabilidades de lluvias para la provincia de Entre Ríos. INTA-EEA Paraná. Serie Técnica N° 49. Paraná, Entre Ríos. 76 p.
- Conrad V. & L. W. Pollak. 1950. Methods in climatology. 2ed. Cambridge, Harvard University Press. 459 p.
- Chow V.T. 1964. Statistical and probability analysis of hydrologic data. In ed. Handbook of Applied Hydrology. New York, McGraw-Hill. Section 8, Pg 1-97; Section 14. pp. 1-54
- Dingens P. & H. Steyaert. 1971. Distribution for k-day rainfall totals. *Bull. Int. Assoc. Sci. Hydrol.* 16, 2(6): 79-85.
- Fernandez F. 1995. Manual de climatología aplicada: Clima, medio ambiente y planificación. Madrid, España. 285 p.
- Forte-Lay J.A., J.L. Aiello & J. Kuba. 1996. Software AGROAGUA versión 4.1. Resumen publicado en la revista *Agrosoft*'95. 4 p.
- Fu G., N. Viney & S. Charles. 2010. Evaluation of various root transformations of daily precipitation amounts fitted with a normal distribution for Australia. *Teor. Appl. Climatol.* 99: 229-238.
- Galmarini A. 1961. Caracterización climática de la provincia de La Pampa. CAFADE. Publicación Técnica N°13. Buenos Aires, Argentina. 59 p.
- Gutheim F. 2012. Análisis de la distribución de lluvias para el período crítico del cultivo de maíz en Miramar (Buenos Aires, Argentina). XIV Reunión Argentina de Agrometeorología. Mar del Plata, Mendoza, Argentina. pp 51-52.
- Llamas J. 1993. Hidrología general. Servicio editorial del País Vasco. España. 635 p. MOP, DGA, Chile. 1998. Balance Hídrico de Chile-1987. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas. Santiago. Chile. 50 p.
- Linsley R., M. Kohler & J. Paulus. 1988. Hidrología para ingenieros. 2 ed. México. Editorial McGraw-Hill Interamericana S.A. 386 p.
- Kendall G.R. 1959. Statistical analysis of extreme values. First Canadian Hydrology Conference, National Research Council Subcommittee on Hydrology. Ottawa.
- Kendall G.R. 1960. The cube-root-normal distribution applied to Canadian monthly rainfall totals. *Int. Assoc. Sci. Hydrol.* 53: 250-260.
- OMM. 1982. Guía de Prácticas Agrometeorológicas. OMM-N° 134. Ginebra.
- Pedraza J.R. & J.H. Perera. 2006. Probabilidad y frecuencia de precipitaciones decádicas y estacionales en la INTA-EEA Famallá. XI Reunión Argentina de Agrometeorología. La Plata. Buenos Aires. pp. 255-256.
- Ravelo A.C. & R.A. Seiller. 1979. Agroclima de la Provincia de Córdoba. Expectativa de precipitación en el curso del año. Revista de Investigaciones Agropecuarias INTA, Buenos Aires, Argentina. Serie 3. Clima y Suelos Vol. XIV N°3.
- Stuff R. 1969. Probabilidades de lluvias en la Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Informe Técnico N° 93. INTA Pergamino. 16 p.
- Vergara G.T & G.A. Casagrande. 2002. Estadísticas agroclimáticas de la Facultad de Agronomía. Santa Rosa, La Pampa, Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía. UNLPam. Vol. N°13.