

CLIMATOLOGÍA DE LA PRECIPITACION EN LA REGION PAMPEANA: I. VARIABILIDAD DECÁDICA, TENDENCIAS Y EVENTOS EXTREMOS

Carlos M. Krepper y Beatriz Scian
Instituto Argentino de Oceanografía (CONICET-UNS)
Bahía Blanca - Argentina

RESUMEN

Se analizan las series mensuales de precipitación de localidades ubicadas en la región pampeana con información que supera los 88 años de registros, detectándose en los promedios móviles de 11 años de totales anuales, una zona de fuertes tendencias positivas, especialmente a partir de la década del 50 y en el trimestre estival.

Se definen estadísticamente los extremos de precipitación anual en base a una distribución Weibull triparamétrica y se determinan las zonas de probabilidad de ocurrencia de déficit y excesos. Se caracterizan los años extremos como aquellos en que más del 50% del área total soportó déficit o exceso de precipitación. Se resume el comportamiento de los años climáticos en una serie temporal de porcentajes de áreas bajo condiciones extremas, destacándose un año de déficit para la región, 1910-1911, y cinco años con excesos de precipitación, 1914-15, 1918-19, 1946-47, 1968-69 y 1972-73.

ABSTRACT

Monthly precipitation series from the Pampa region with record lengths greater than 88 years are analyzed using moving averages over eleven years. A zone of strong positive trends, particularly started in the fifties during the summer season is detected.

Extremes of yearly precipitation are statistical defined by means of a three parametric Weibull distribution. Areas of probabilities of deficit and excess of annual rainfall are determined. An extreme year is defined as the year in which more than 50% of the total area suffered precipitation deficit or excess. A summary of the behavior of the climate years is presented as a temporal series of the area percentage of the region under extreme conditions. It is observed that years 1910- 1911 are extreme of deficit while 1914-15, 1918-19, 1946-47, 1968-69 and 1972-73 are extreme years of excess of rainfall in the region.

1. INTRODUCCIÓN

La porción del país seleccionada para el presente trabajo comprende una extensión aproximada de 612.000 Km², donde se encuentran los campos de mayor producción agrícola y ganadera de Argentina. Esta región incluye la Provincia de Buenos Aires, Centro y Sur de Santa Fe y Entre Ríos, Sudeste de Córdoba y Este de La Pampa. Históricamente las exportaciones de carnes y granos han desempeñado un papel muy importante en la economía del país, especialmente a partir de la década del sesenta. Desde entonces la agricultura argentina comienza un proceso de transformación importante que se mantiene hasta nuestros días, a pesar del impacto negativo que produjo sobre los precios internacionales la implementación de la política de subsidios desde 1985 hasta el presente. La recuperación de la actividad agrícola tiene su causa reconocida en la asimilación por parte del productor de

Climatología De La Precipitación En La Región Pampeana...

maquinarias agrícolas, técnicas agronómicas, semillas mejoradas y agro químicos; todo ello acompañado de un proceso de expansión del área sembrada, a expensas de la liquidación del stock ganadero, como consecuencia de las adversas condiciones de los mercados internacionales para nuestras carnes, especialmente luego de 1977 (Cellario, 1990) y de favorables condiciones climáticas para toda la región. La característica destacada de este cambio la constituye el cultivo de oleaginosas y en particular la incorporación de la soja en la región, produciendo un cambio en la distribución del área sembrada para los diferentes granos. La zona pampeana es un excelente indicador histórico de los cambios producidos en la agricultura del país, tanto por la aptitud de suelos y clima, como por la infraestructura disponible. Debido a su importancia económica, la distribución de las precipitaciones en la Pampa Húmeda, su régimen estacional y variabilidad espacio-temporal, han sido objeto del interés de algunos investigadores desde hace varias décadas (Prohaska, 1952; Marchetti, 1952; Díaz, 1953; Vasino, 1954 y Hoffman, 1970). Los autores han estudiado en trabajos previos la fluctuación de las precipitaciones en la zona de transición Pampa Húmeda/Seca a lo largo del presente siglo y las contribuciones a la variabilidad debido a diferentes rangos de frecuencias (Krepper y Scian, 1986). Mediante la utilización de un análisis por componentes principales se estudió la variabilidad espacial de la región, encontrándose que la misma tiene un carácter netamente intranual (Krepper y otros, 1989). Uno de los objetivos perseguidos en el presente trabajo consiste en profundizar las características climatológicas de las precipitaciones como así también la probabilidad de ocurrencia de extremos en los totales anuales y la secuencia de presentación de los mismos a lo largo del presente siglo.

2. DATOS Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el presente trabajo se utilizaron series de totales mensuales de precipitación, correspondientes a 40 localidades seleccionadas entre las que cuentan con registros más prolongados (al menos 88 años). La Figura 1 muestra la distribución espacial de las estaciones utilizadas. Es bien conocido para la región que su régimen pluviométrico presenta en general un mínimo invernal y dos máximos, a principio del otoño y fines de primavera. Comparando los regímenes anuales de las distintas localidades estudiadas es posible distinguir aquellas con influencia marítima (costeras) de las que sufren una estación seca bien definidas (tipo continental) durante el invierno. Prohaska (1952) propone una forma de analizar tanto la influencia continental como la marítima, que consiste en estudiar el mes de ocurrencia de los máximos de precipitación en los regímenes medios. El citado autor diferencia de esta forma diferentes regiones de acuerdo a las influencias ejercidas por el Anticiclón del Atlántico y la baja del NO. Sin embargo, el alto grado de variabilidad de la precipitación para las bajas frecuencias (especialmente para un rango de fluctuaciones interdecadales), no permite extraer conclusiones definitivas de acuerdo a este método.

La mencionada variabilidad interdecadal en el campo de las precipitaciones puede ser fácilmente visualizada en la Figura 2, donde se presentan las isoyetas medias anuales para los períodos 1901-10, 1911-20, 1921-30, 1931-40, 1941-50, 1951-60, 1961-70, 1971-80 y 1981-88.

Krepper y Scian

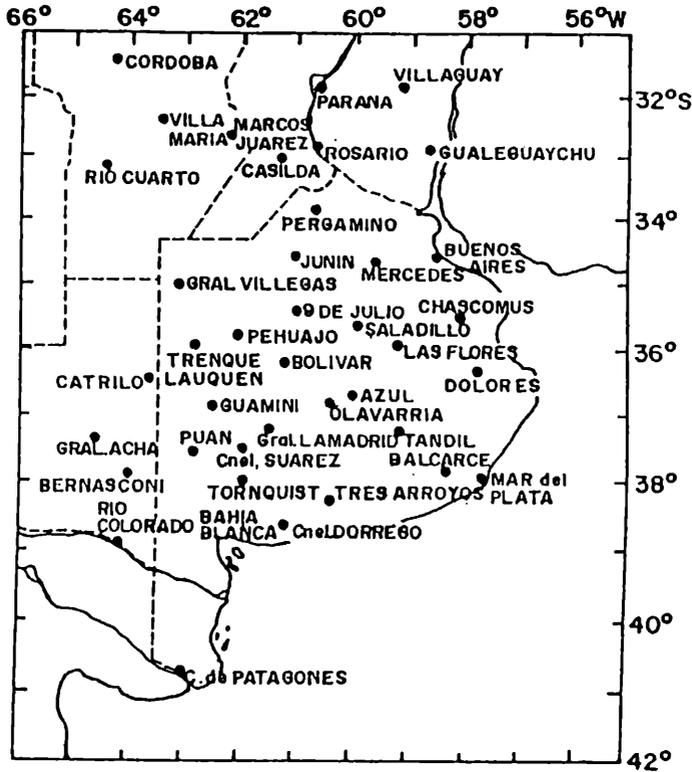


Figura 1. Localización de las estaciones.

De la observación de la Figura 2 podemos apreciar los profundos cambios experimentados por los campos medios a lo largo del siglo presente. Claramente se pueden individualizar tres subperíodos:

i) Una primera década extremadamente seca que contrasta notablemente con el resto del período de estudio. Durante la misma únicamente al norte de los 32°S las precipitaciones medias en la Mesopotamia excedían los 1000 mm, mientras que una tercera parte de la Provincia de Buenos Aires y todo el sur de Córdoba recibían en promedio lluvias inferiores a los 600 mm.

ii) Un subperíodo de 40 años, hasta 1950, que sigue al anterior, durante el cual se produce un mayor aporte pluviométrico en toda la región, aunque signado por una notable variabilidad interdecadal. Las mayores fluctuaciones se producen sobre el NE de la región bajo estudio, donde la isoyeta media correspondiente a los 1000 mm sufre traslaciones superiores a los 3° en latitud.

Climatología De La Precipitación En La Región Pampeana...

iii) Las cuatro décadas finales (aunque la última es incompleta) conforman una porción de la serie con un marcado incremento de las precipitaciones medias anuales y un mayor grado de estabilidad entre décadas. Esta última parte del siglo contrasta con la escasez de precipitaciones a comienzos del mismo, característica que probablemente se extendiera a las postrimerías de la centuria pasada. Sin embargo, esto último no puede ser confirmado plenamente por los autores, ya que es escasa la cantidad de estaciones con series pluviométricas cuyo origen se remonta al siglo XIX.

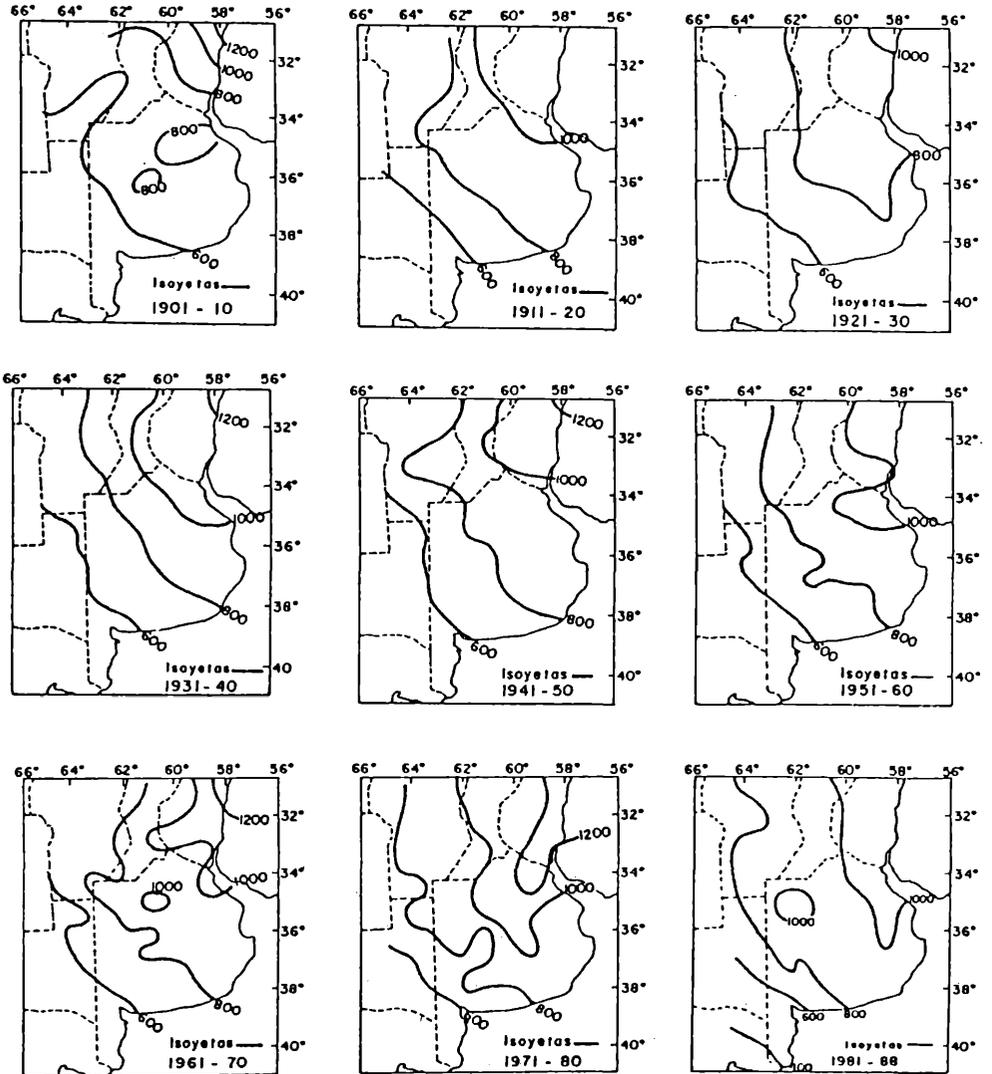


Figura 2. Isoyetas medias decádicas

Krepper y Scian

En particular, la isoyeta de 600 mm puede servir de indicador de la forma en que el límite de la transición entre la Pampa Húmeda y Seca (Krepper y Scian, 1986) se ha desplazado hacia el Oeste (ver Figura 3) incorporando nuevas regiones potencialmente aptas para cultivos de secano. A los efectos de determinar los rasgos más característicos de las precipitaciones durante el siglo, se calculó la serie promedio de la región, para los totales anuales de lluvia (ver Figura 4). Dicha serie presenta una tendencia lineal positiva del orden de 1,2 mm/año, confirmando lo mencionado por algunos autores que investigaron el tema: Schwerdtfeger y Vasino (1954), Krepper y Scian (1986). Esta característica no tiene una distribución espacial homogénea, pues en particular en una amplia subregión que comprende el Centro y Oeste de la Provincia de Buenos Aires, Noreste de La Pampa y Sur de Córdoba, dicha tendencia lineal aumenta notablemente hasta alcanzar un valor promedio de 2,6 mm/año (Krepper y otros, 1991), tal como se muestra en la parte inferior de la Figura 4.

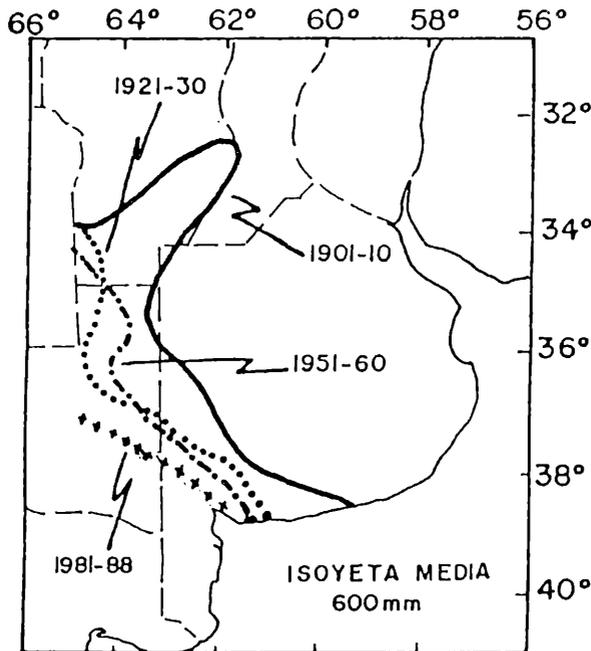


Figura 3. *Isoyeta media de 600 mm, posiciones sucesivas.*

El comportamiento individual de cada estación y sus fluctuaciones de largo período no pueden ser estudiados adecuadamente mediante ajustes polinómicos debido al alto grado de variabilidad interanual que presentan las series. En su lugar se decidió aplicar promedios móviles centrados sobre un período de $T_0 = 11$ años, y analizar las series resultantes. En

Climatología De La Precipitación En La Región Pampeana...

términos del análisis de filtros digitales esto equivale a aplicar un pasabajos del tipo computacional (two side), con frecuencia de corte $f_c \sim 0,041/\text{año}$ y función de transferencia o ventana espectral del tipo:

$$\Gamma(f)^2 = \text{sen}^2(\Pi f T_0) / (\Pi f T_0)^2 \quad (1)$$

con corrimiento de fase nulo ($\theta_0 = 0$). Las series filtradas mantienen, sin grandes modificaciones, las características asociadas a las bajas frecuencias ($f \ll f_c$) y a las tendencias seculares presentes en las series originales.

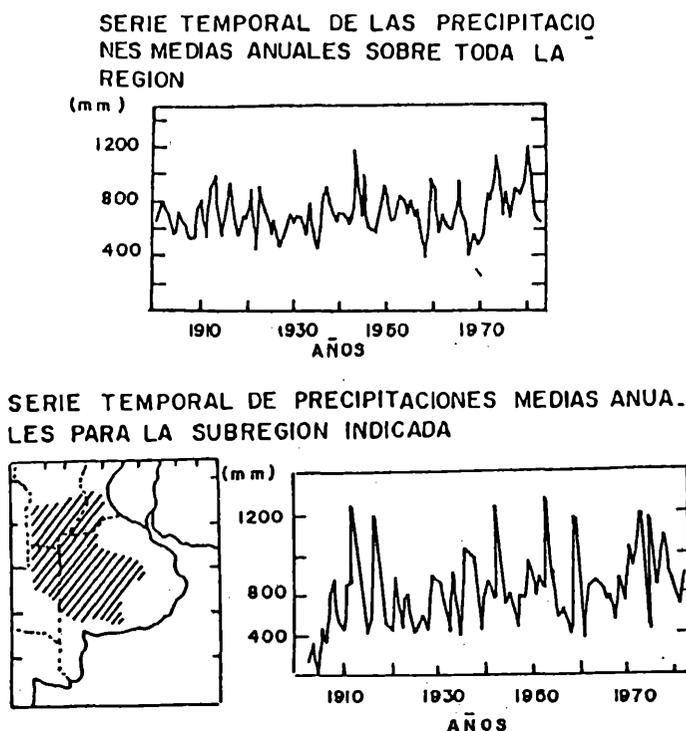


Figura 4. Series temporales medias sobre distintas regiones.

La Figura 5 muestra los registros totales anuales de precipitación, para el récord de datos existentes en algunas localidades superpuestos a la señal resultante luego de aplicar promedios móviles. La heterogeneidad de los comportamientos en bajas frecuencias de las series de precipitación, pone en evidencia el grado de variabilidad que aún persiste en este rango del espectro. Otra característica notable en las figuras lo representa el hecho que las tendencias

Krepper y Scian

distan mucho de poder ser expresadas por una función lineal, al mismo tiempo que no se distinguen periodicidades o cuasi-periodicidades generalizadas. Esto último tiene una importante implicancia pues nos anticipa la falta de ciclos de largo período en el régimen de precipitación que puedan afectar al área de estudio en su totalidad.

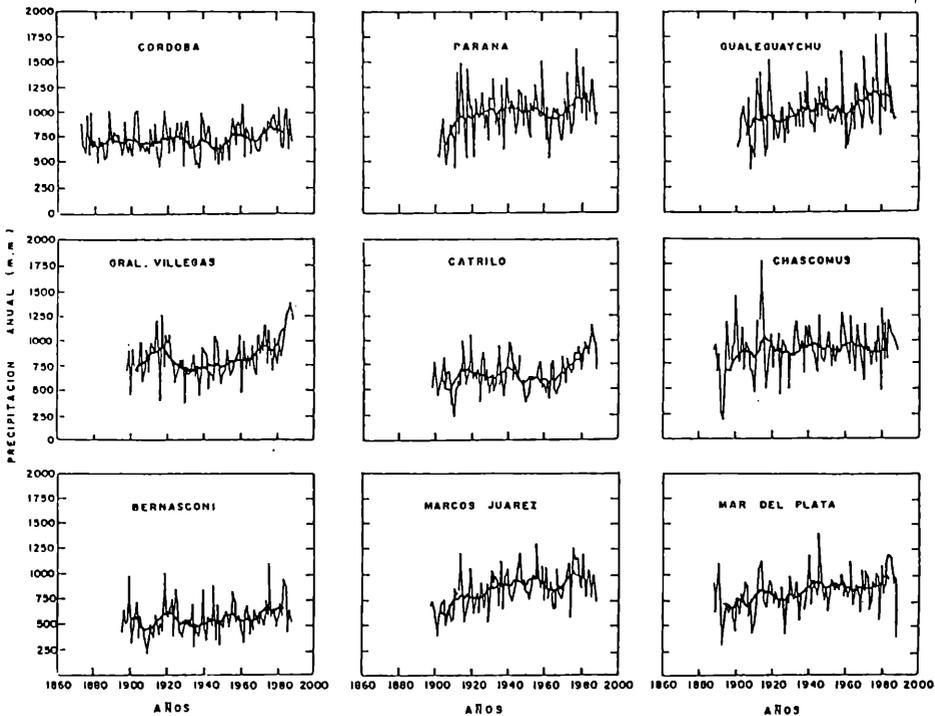


Figura 5. Tendencias de la precipitación anual

Es decir que las fluctuaciones de bajas frecuencias en los regímenes de precipitación, parecerían tener un efecto sólo local o zonal. Previamente a continuar con el análisis del comportamiento de las precipitaciones, debe mencionarse el hecho que el año calendario divide la época de lluvias (octubre-marzo) en dos partes, por lo que se decidió utilizar de aquí en más un año climático o "agrícola" que comience en el mes de julio y termine en junio. En particular el NO de la Provincia de Buenos Aires es probablemente la zona donde las tendencias positivas en las series de precipitación se hacen más pronunciadas, especialmente a partir de la década del 50. Un estudio estacional de las lluvias caídas muestra que el incremento de largo período en las precipitaciones anuales medias del área es debido principalmente al comportamiento de las lluvias de verano (enero-febrero-marzo) (ver Figura

Climatología De La Precipitación En La Región Pampeana...

6). Cabe recordar que estas precipitaciones han sido las causantes de las mayores inundaciones registradas en la historia de la región, durante el mes de marzo de 1987.

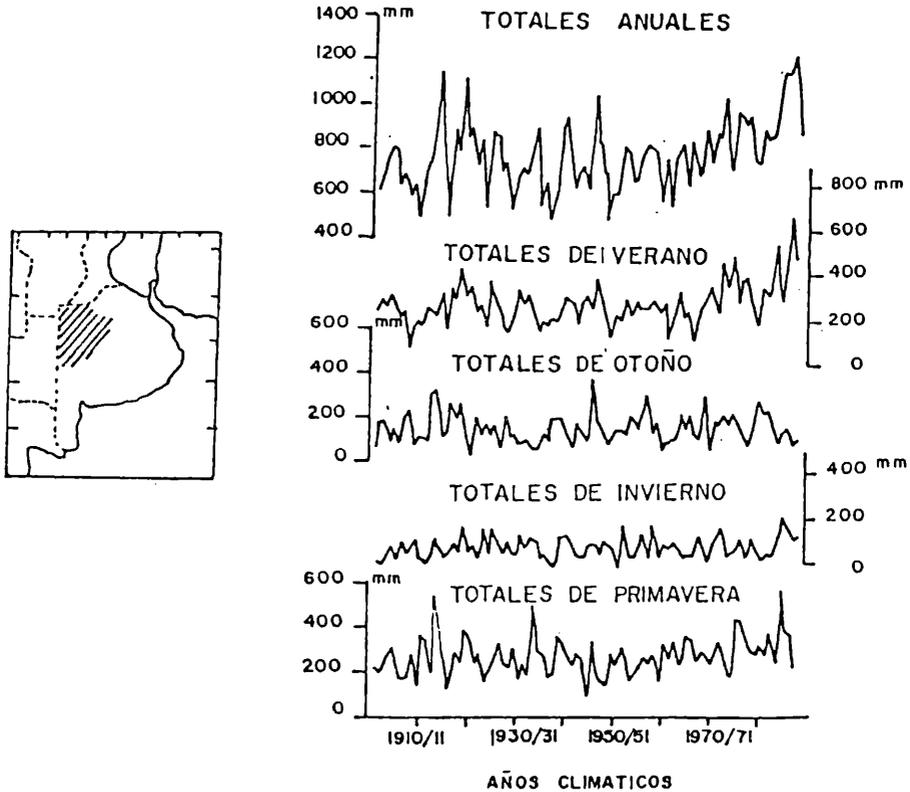


Figura 6. Precipitación media estacional.

3. DISTRIBUCIONES EXTREMAS DE LA PRECIPITACIÓN ANUAL

El área bajo estudio está caracterizada por grandes fluctuaciones anuales de la precipitación, las que necesariamente tendrán un efecto directo sobre la producción agrícola de esta importante región ganadera del país. La definición de extremos desde el punto de vista estadístico implica la selección previa del modelo analítico de distribución de probabilidades que mejor ajuste los datos. Normalmente no existe una razón teórica explícita que indique qué tipo de distribución debería ser utilizada, quedando librado a las características de los datos o al mejor ajuste la elección definitiva. En las circunstancias presentes, un alto porcentaje de las series utilizadas poseen Kurtosis negativas, lo que en principio desalentaría el uso de funciones tipo gama y lognormal. La Figura 7 muestra en el plano de las kurtosis vs. asimetrías, la

Krepper y Scian

distribución de los correspondientes momentos muestrales para cada estación pluviométrica, como así también las relaciones teóricas correspondientes a las distribuciones estandarizadas de Weibull, Gama y Lognormal.

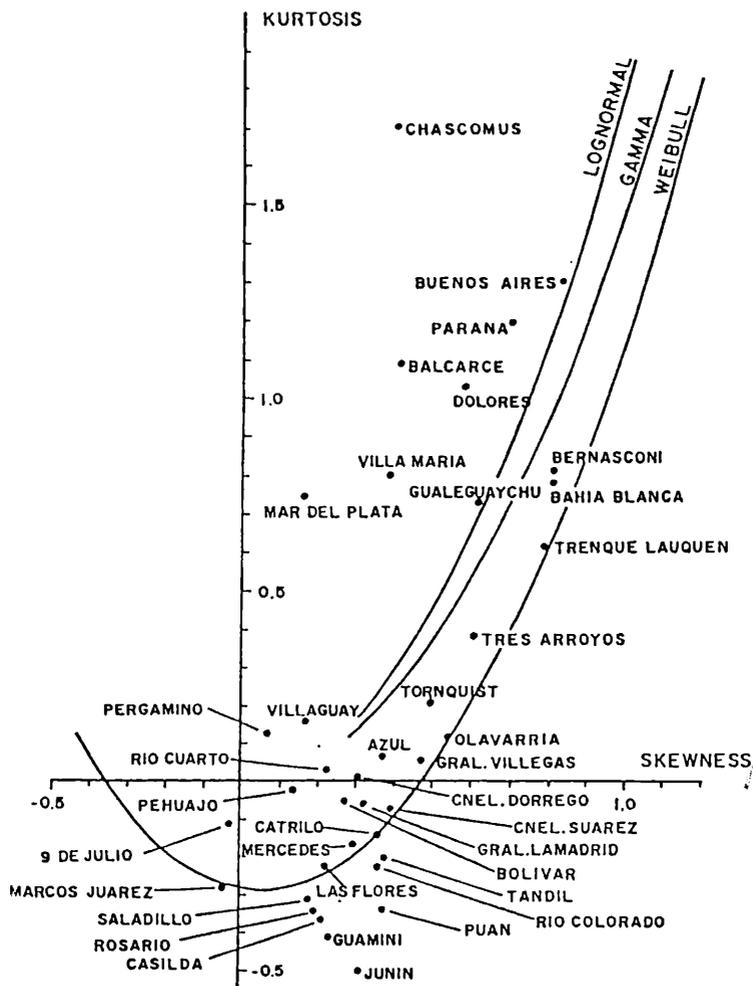


Figura 7. Caracterización de las localidades.

De la observación de la figura se desprende que la mayoría de las estaciones, de acuerdo a sus momentos de tercero y cuarto orden, se ajustarian mejor a una distribución tipo Weibull que a las restantes. Cabe aclarar que análisis de este tipo no deben tomarse como absolutos para decidir el tipo de distribución a emplear, ya que el cálculo de los momentos estadísticos

Climatología De La Precipitación En La Región Pampeana...

de orden superior es muy sensible a la presencia de valores extremos. Sin embargo, es precisamente el poder determinar la probabilidad de ocurrencia de dichos valores extremos el objetivo perseguido, por lo que deberemos seleccionar una distribución suficientemente flexible en su forma. La distribución elegida fue la de Weibull triparamétrica (Weibull, 1951; Johnson y Kotz, 1970) cuya función acumulativa tiene la forma:

$$\text{Prob} [X_1 < X] = 1.0 - \exp[-((X_1 - A_1) / A_2)^C] \quad (X_1 > A_1) \quad (2)$$

donde A_1 es el parámetro de posición, A_2 el de escala y C el denominado parámetro de forma. Tales parámetros fueron determinados individualmente para cada estación ajustando la distribución teórica a la experimental mediante un método de regresión no lineal, basado en un algoritmo propuesto por Marquardt (Marquardt, 1963). El motivo para seleccionar un modelo de Weibull triparamétrico en lugar del tradicional de dos parámetros se basa en el hecho que las precipitaciones anuales en la región nunca son nulas y que el ignorar la existencia del parámetro de posición introduce una deformación importante en la parte inferior de la distribución.

El criterio estadístico adoptado para seleccionar los valores extremos de precipitación anual, X_1 (déficit) y X_2 (exceso), fue el siguiente:

$$\text{Prob} [X_1 < X < X_2] = 75\% \quad (3)$$

bajo la condición que $[X_1 - X_2] = \text{mínimo}$.

La función densidad de probabilidades de Weibull puede ser escrita como:

$$P(X) = C A_2^{-1} (X - A_1) / A_2)^{C-1} \exp[-((X - A_1) / A_2)^C] \quad (4)$$

que para el caso de $A_1 = 1$ y $A_2 = 1$ adquiere la forma estandarizada

$$f(X) = C (X^{C-1}) \exp[-X^C] \quad (5)$$

Para evaluar el comportamiento de estos límites con respecto al parámetro de forma, se compararon los mismos con respecto a los puntos de inflexión de una distribución de Weibull estandarizada (Johnson y Kotz, 1970). En la Figura 8 se ha representado la dependencia de las áreas bajo la curva $f(X)$, fuera de los puntos de inflexión y de los límites de precipitación previamente determinados según ec. (3). Una ventaja adicional que representa la utilización de distribuciones del tipo de las definidas en (2) consiste en el hecho que es posible asignarle cierto significado físico o estadístico a los distintos parámetros obtenidos a través de un ajuste numérico. El parámetro adimensional C determina la forma de la función densidad de probabilidad (ec.4), donde para $C > 1$, $p(X) \rightarrow 0$ cuando $X \rightarrow A_2$. En cambio, para $C = 1$, la ec. (5) se transforma en una distribución exponencial, alcanzando su valor máximo, $p(A_1) = A_2^{-1}$, cuando $X = A_1$. Cabe destacar el hecho que para valores próximos a 3,4, la distribución de Weibull se torna simétrica (normal) y los extremos seleccionados coinciden con los puntos de inflexión. Por otra parte, cuando el parámetro de forma C toma el valor 2,0, el punto de inflexión inferior desaparece y la distribución de Weibull adquiere las características de una

Krepper y Scian

Gama. Esta propiedad fue determinante para no utilizar las inflexiones como valores límites, ya que para cualquier distribución con parámetro de forma menor que 2,0 (como de hecho existen) implicaría la imposibilidad de definir el extremo inferior. El parámetro A_1 , con dimensiones de mm de agua caída, representa el límite inferior de la distribución estadística. Para valores de precipitación anual inferiores a A_1 , el modelo de Weibull propuesto en ec. (2) no está definido. Durante el proceso numérico de cálculo de A_1 , A_2 y C se tuvo cuidado que no se generaran parámetros de posición superiores al mínimo de la serie muestral. De ocurrir esto, se fijaba el valor de A_1 con el mínimo del récord, dejando que el proceso de regresión no-lineal determinara los restantes parámetros. Por su parte A_2 actúa en la distribución escalando las diferencias entre las precipitaciones anuales y el mínimo estadístico (A_1).

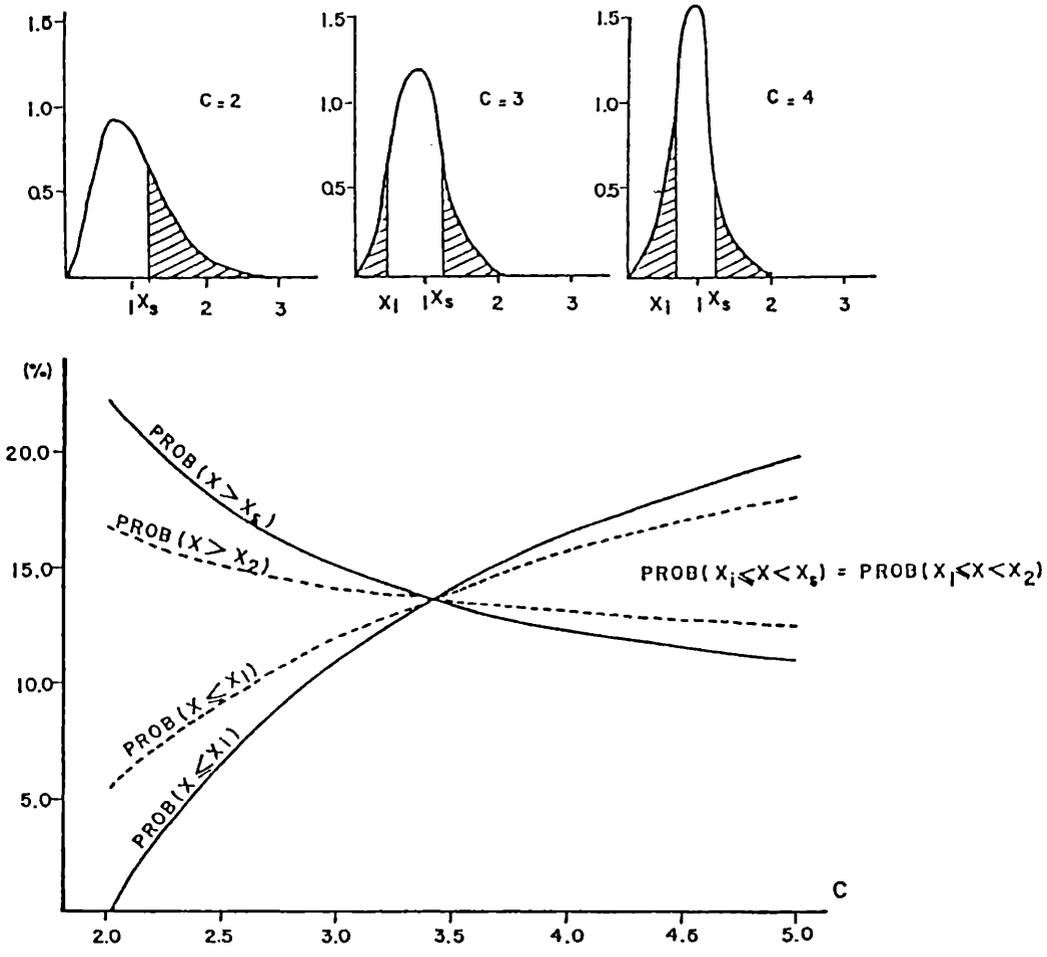


Figura 8. Comportamiento de los puntos de inflexión de una distribución de Weibull (línea llena) y de valores extremos (línea de puntos), con respecto al parámetro de forma.

Climatología De La Precipitación En La Región Pampeana...

La Figura 9 muestra los mapas correspondientes a los límites superiores e inferiores (X_1 y X_2) y a las probabilidades de ocurrencia de déficit y excesos en la oferta natural de agua. Cabe recordar que de acuerdo a la definición dada en la ec. (3), la probabilidad de ocurrencia de precipitaciones anuales entre los extremos prefijados es del 75%, pero debido a las asimetrías de las distribuciones individuales, las probabilidades de precipitaciones deficitarias o excesivas no tienen por que ser iguales, aunque sus sumas deben ser del 25%.

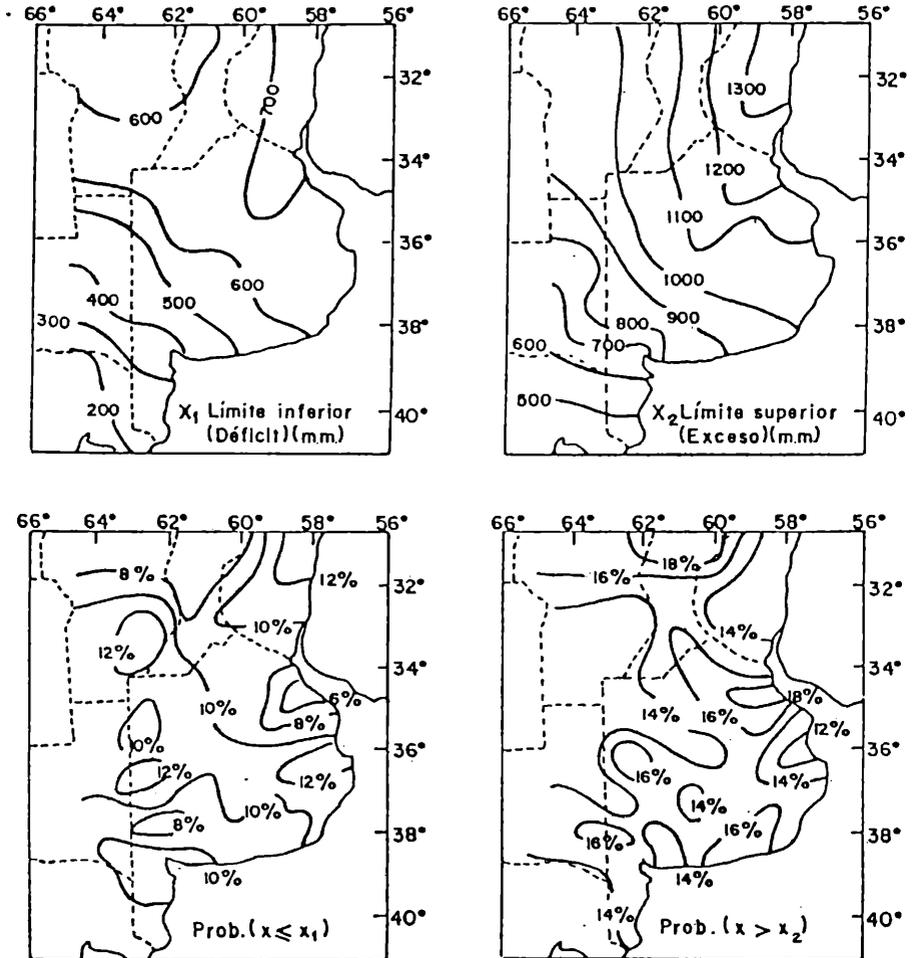


Figura 9. Mapas correspondientes a los límites superiores e inferiores (X_1 y X_2) y a las probabilidades de ocurrencia de déficit y excesos en la oferta natural de agua.

Krepper y Scian

El procedimiento seguido para determinar los extremos de precipitación es netamente estadístico y no contempla factores agro climáticos, lo cual implica que dichos valores no pueden ser interpretados como límites de sequías o de extremos de humedad. Es por este motivo que se habla de déficit o excesos en la oferta de agua, en forma de precipitación; cualquier otra interpretación implicaría tener en cuenta la "administración" que suelos y biota hacen del recurso. Comparando los mapas de la Figura 9, se observa que en la zona mesopotámica las precipitaciones más frecuentes oscilan entre 700 y 1300 mm, es decir, dentro de una variación de 600 mm, rango que se reduce a menos de 500 mm para la zona central de nuestra área de estudio y a unos 250 mm para la región Sur. Por otra parte los mapas de probabilidades ponen de manifiesto la existencia de amplias regiones donde la probabilidad de ocurrencia de déficit es la mitad que la correspondiente a excesos, pero el caso inverso es infrecuente. Esto implica que, en general, la región en su totalidad está sujeta a probabilidades inferiores de déficit respecto a las correspondientes a excesos.

Cabe preguntarse de qué forma se han producido, a lo largo del presente siglo estos eventos extremos, en particular, si los mismos han ocurrido coincidentemente en determinadas regiones, y qué extensión del área bajo estudio se vio afectada en cada caso. Es decir, desde un punto de vista netamente estadístico, se ha considerado a cada localidad como independiente de las restantes, utilizando el argumento tradicional que la precipitación es un parámetro altamente aleatorio y de carácter local, pero en ningún momento se han evaluado las condiciones de precipitación sobre toda la región. En consecuencia, un año puede ser definido como "extremo" si y sólo si gran parte de la región ha sufrido tales condiciones.

Para determinar las características de las precipitaciones anuales sobre toda la región bajo estudio, a lo largo del presente siglo, se determinó por año el porcentaje del área total con precipitaciones por encima de X_2 y por debajo de X_1 respectivamente. De esta forma se caracterizaron los "años extremos" como aquellos en que más del 50% del área total (más de 300.000 Km²) soportó déficit o exceso de precipitación. La Figura 10 resume el comportamiento de los sucesivos años climáticos desde julio de 1901. Para el caso de déficit, únicamente el año 1910-11 puede definirse como un año de extremadamente escasas precipitaciones, pues el 59,5% del área total sufrió tales condiciones. Los años definidos como excesivamente húmedos fueron el 1914-15, 1918-19, 1946-47 y 1972-73.

La Figura 11 muestra los detalles de las regiones afectadas por condiciones de déficit o excesos, durante los años extremos definidos anteriormente.

Observando en detalle la Figura 10 se puede dividir el período total en tres partes, coincidentes con los subperíodos comentados al estudiar las contribuciones medias decadales.

I) La primera década a comienzos de siglo, puede definirse como un período sumamente seco, pues en promedio el 21,6% del área total sufrió escasez de lluvias y sólo excesos, el 1,8%.

II) Las cuatro décadas siguientes, hasta 1950, se caracterizan por la alternancia de rachas de años húmedos y secos, presentando en promedio el 7% con déficit y el 12% del área con excesos.

III) A partir de 1950 hasta el fin del período, se manifiesta un neto predominio de rachas húmedas, considerablemente largas donde, en particular los últimos 12 años, conforman la mayor de ellas. Durante este lapso sólo el 3,4% del área total presentó características medias deficitarias, mientras el 20,3% corresponde a precipitaciones en exceso.

Climatología De La Precipitación En La Región Pampeana...

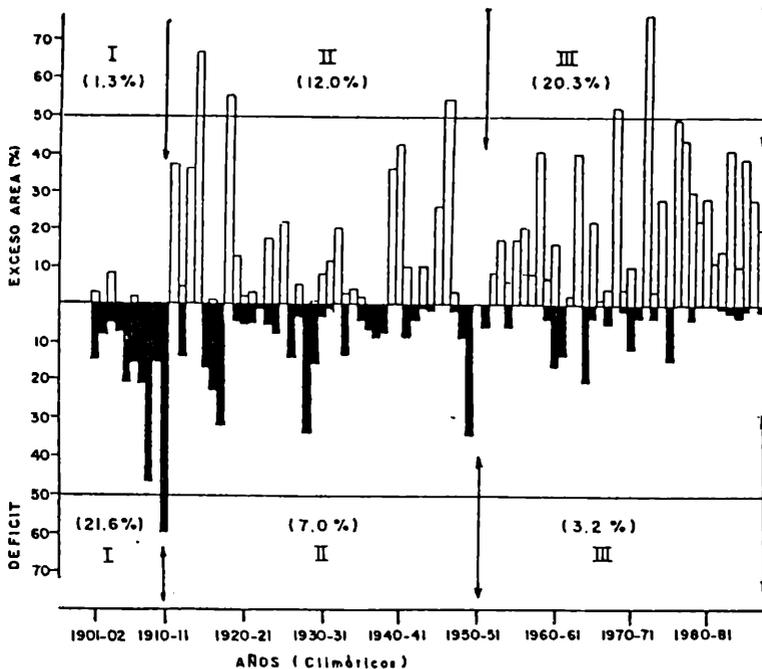


Figura 10. Serie temporal de los porcentajes del área total bajo condiciones extremas.

4. CONCLUSIONES.

La Pampa Húmeda, en general, ha experimentado a lo largo del siglo, importantes cambios en la cantidad promedio de lluvia recibida anualmente, variaciones que en algunas localidades ha representado un incremento superior al 50%, al comparar la primera década con el período 1981-88. Este cambio climático experimentado en los campos, de precipitación, ha tenido como consecuencia la incorporación de nuevas regiones del país a la producción agrícola. En particular, en algunas regiones tales como el NO y centro de la Pcia. de Buenos Aires y Sur de Santa Fe, las mayores tendencias ocurren a partir de 1950, coincidiendo con una recuperación de la actividad agrícola cuya causa fundamental es debida a la incorporación de nuevas técnicas agronómicas. Sin embargo, las buenas condiciones climáticas permitieron la introducción de los cultivos oleaginosos que han producido en los últimos años un cambio notorio en la distribución de las áreas sembradas y en la composición de los cultivos.

El desplazamiento de la isoyeta de 600 mm puede dar una idea de cómo evolucionó el límite entre la Pampa Húmeda y Seca, mostrando la incorporación al sector productivo de una importante porción de la Provincia de Buenos Aires, La Pampa y Córdoba, donde los regímenes medios actuales son muy superiores a los registrados a principio de siglo.

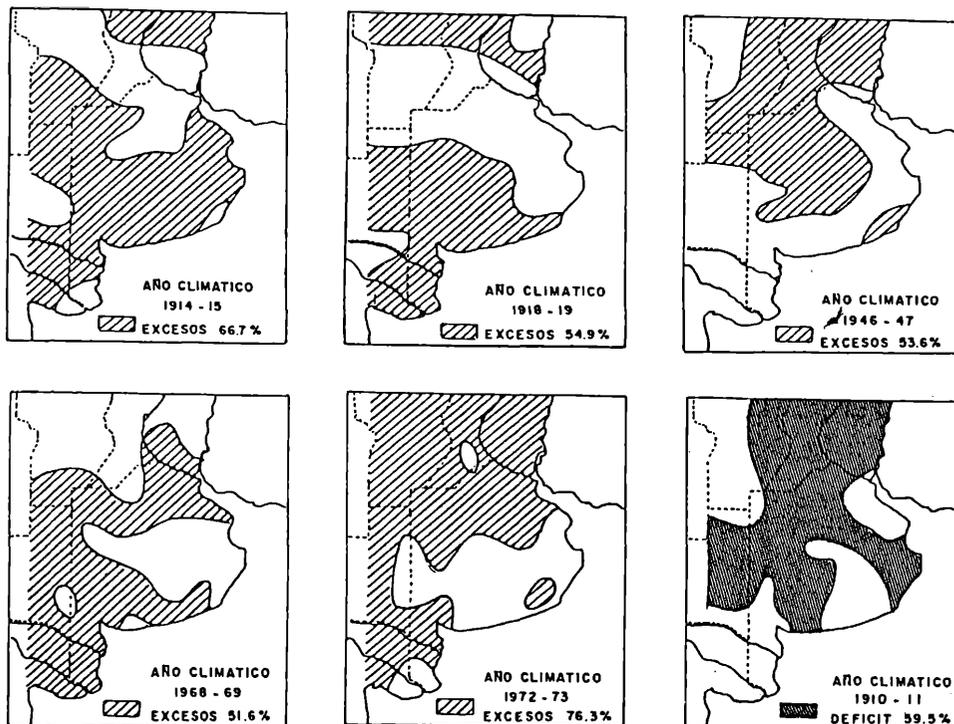


Figura 11. Regiones afectadas por déficits y excesos durante años extremos.

La determinación estadística de los valores límites de precipitación y el cálculo de probabilidad de ocurrencia de déficit y excesos en los totales anuales de precipitación permite obtener cierta medida del riesgo hídrico para cada localidad. A los fines del uso agrícola, el estudio debería referirse a períodos intra-anales, coincidentes con el ciclo vegetativo total de los diferentes cultivos. Las características de las precipitaciones anuales a lo largo del presente siglo, se determinaron mediante el porcentaje del área total con precipitaciones deficitarias y excesivas respectivamente. Tal análisis permite caracterizar tres periodos bien definidos, a saber: una primera década a comienzos de siglo, que puede definirse como seca; un segundo período correspondiente a las cuatro décadas siguientes, hasta 1950, que se caracteriza por la

Climatología De La Precipitación En La Región Pampeana...

ocurrencia alternada de años secos y húmedos; por último, el período que abarca desde 1950 a 1988, donde predomina un marcado incremento de las precipitaciones anuales. La escasez de datos pluviométricos durante el siglo XIX no permite extender los estudios más allá del inicio de la centuria presente, lo cual impide prever cualquier tipo de comportamiento de largo período (secular) en las series de precipitación.

REFERENCIAS

Cellario, W., 1990. Cambios en la composición del área sembrada en la región Pampeana en el período 1970/1989. Dep. Estudios Económicos, Bolsa de Cereales de Bahía Blanca, 26pp.

Díaz, E. L., 1952. Interpretaciones entre anomalías mensuales de lluvias, temperatura, presión, gradientes y variaciones. *Meteoros*, 4, 342-382.

Hoffman, J. A. J., 1970. Características de las series de precipitación en la República Argentina, *Meteorológica*, 1, 166-190.

Johnson, N. L. y Kotz, S., 1970. *Continuous Univariate Distributions*, Houghton Mifflin Company, N.Y., 300pp.

Krepper, C. A. y Scian, B. V., 1986. Variabilidad de la precipitación en la zona de transición Pampa-Húmeda-Seca de Argentina. *Revista Geofísica*, 24, 109-123.

Krepper, C. A. y Scian, B. V., 1989. Time and space variability of rainfall in Central-east Argentina, *Journal of climate*, 39-47.

Krepper, C. M., Scian, B. V. y Aiello, J. L., 1991. Climatological analysis of rainfall for the Wet Pampa and Northwest of Buenos Aires Province. *Adv. in Space Research*. 11.3,109-112.

Marchetti, A. A., 1952. Estudio del régimen pluviométrico de la República Argentina, *Meteoros*,3-4, 245-309.

Marquardt, D. W., 1963. An algorithm for Least-Squares estimation of non-linear parameters, *Journal of SIAM*, 11,2.

Prohaska, F. J., 1952. Regímenes estacionales de precipitación de Sudamérica y mares vecinos (desde 15°S hasta Antártida), *Meteoros*,1-2. 66-100.

Schwerdtfeger, W. y Vasino, C. J., 1954. La variación secular de las precipitaciones en el este y centro de la República Argentina, *Meteoros*, 4, 174-193.

Weibull, W., 1951. A statistical distribution function of wide applicability. *J. App. Mechanics*, 18, 293-297.