

SERIES DE PRECIPITACION DE LA REGION CENTRO OESTE
Y SUS VARIACIONES

Rosa H. Compagnucci, Jose A. Boninsegna y Susana Heinrich
Servicio Meteorológico Nacional e Instituto Argentino de Nivología
y Glaciología - Centro Regional de Inv. Científicas y Técnicas
Mendoza - República Argentina

RESUMEN

Se analizan las series de precipitaciones estivales de 8 estaciones meteorológicas de la región Centro Oeste de la Argentina mediante la aplicación de filtros de baja y alta frecuencias.

Se establecen las matrices de correlación de las series originales y filtradas y se efectúa un análisis de enlace (linkage).

Los resultados muestran que la región presenta igual variabilidad, las ondas largas que la componen se encuentran en fase, con un período de 18 años aproximadamente por lo que están altamente correlacionadas. Las ondas cortas, más representativas del microclima de cada estación, no se correlacionan.

ABSTRACT

The records of summer rainfall from 8 meteorological stations in the Central West region of Argentina has been analyzed by means of low-pass and high-pass filters. Linkage analysis has also been applied to the correlation matrix of filtered and unfiltered data.

The results show that the region has equal variability, the long waves components are in phase with a period of 18 years approximately and high correlation coefficients.

The short waves are more representatives of the microclima of each station. They are not correlated.

INTRODUCCION

Estudios de la distribución de la precipitación en la Argentina y en la región cuyana mediante el empleo de autovectores, han demostrado que la variación de las lluvias es similar en el sector considerado (Pittock, 1979; Boninsegna y Compagnucci 1979). En este último trabajo, el primer autovector, que explica el 80% de la variabilidad total estaba relacionado con la posición geográfica de la estación considerada, produciendo isolinéas paralelas a los meridianos. El segundo autovector representa el 10% de la variabilidad total y se correlaciona con el régimen de precipitaciones de la región que muestra un máximo en la época estival.

Un análisis de la serie de precipitaciones del Observatorio de la Ciudad de Mendoza (Compagnucci y Boninsegna 1979) permitió observar una marcada falta de aleatoriedad en la serie de lluvias estivales. La misma podía ser atribuida a una variación climática o bien a causas locales: errores en las mediciones, traslado de estación, cambios del instrumental, etc. Una fluctuación en el clima debería aparecer reflejada en todas las estaciones de la región que se supone posee similar variabilidad en las lluvias.

El objeto de este trabajo es el de comprobar dicha hipótesis, para lo cual se estudiaron las series de registros de precipitación más largas y confiables de la región cuyana y algunas de áreas vecinas.

SERIES ESTUDIADAS

Se estudiaron 8 series de precipitación mensuales, sumando los meses de octubre a marzo inclusive. La nueva serie generada se consideró representativa de la precipitación estival de cada estación.

Los datos fueron cedidos por el Servicio Meteorológico Nacional y el INTA. Se trabajó con los valores originales sin correcciones. Se conocen las fechas en que ocurrieron traslado de las estaciones y cambios en el instrumental pero como no se realizaron mediciones simultáneas resulta imposible estimar los ajustes correspondientes. Las curvas de doble masa que se efectuaron no presentan quebraduras en las fechas de cambios de instrumental o traslado de la estación. Las características geográficas de las estaciones son las siguientes:

Estación	Posición geográfica	Periodo de registro
V. Mercedes	33°41'S 65°29'W 514mts	1899-1980
La Rioja	29°25'S 66°52'W 516mts	1875-1980
San Juan	31°32'S 68°34'W 634mts	1875-1980
C. Alvear	35°00'S 67°39'W 465mts	1912-1977
R. Caída	34°40'S 68°24'W 713mts	1927-1977
San Luis	33°18'S 66°19'W 734mts	1874-1978
Mza. Obs.	32°53'S 68°49'W 769mts	1866-1980
Victorica	36°14'S 65°26'W 312mts	1905-1977

La existencia de interrupciones obligó a realizar estimaciones de datos. La interpolación se efectuó mediante diferentes métodos. Los datos interpolados fueron los siguientes:

- 1.-San Juan: Dic 1916; Mar. 1927; Oct. Nov. Dic. 1927; En. 1944; Nov. 1967; con datos de la estación de ferrocarril (31°32'S 68°32'W).
- 2.-San Luis: Oct. 1972 con dato del ferrocarril (33°18'S 66°12'W)
- 3.-C. Alvear: Oct. Nov. Dic. 1919; años 1920 y 21; años 1923-35. La interpolación se realizó estudiando el campo formado por las estaciones de Soitue (35°00'S 67°52'W); Carmensa (35°08'S 67°37'W); Bowen (35°00'S 67°52')

Alvear Ferrocarril (34°59'S 67°41'W)El error máximo cometido se estimó en el 20%.

4.-R. Caida: Oct.1941;Oct.1947;Oct.Nov.Dic.1949Feb.1951;Dic.1954;En.1968;En. Feb. Mar.1969;Nov.1971 y En.1976 interpolados estudiando el campo formado por las estaciones de S. Rafael Ferrocarril (34°35'S 68°20'W) Rama Caida Ferrocarril (34°34'S 68°23'W) y San Rafael Me teorológica (34°35'S 68°24'W)

La calidad de las interpolaciones se verificó realizando curvas de doble masa.

ANALISIS DE LAS SERIES

Se estimaron los parámetros estadísticos básicos para cada serie, los que están sumariados en el siguiente cuadro:

Parametro	S.Juan	L.Rioja	Vict.	Obs.Mza.	R.Caida	S.Luis	C.Alvear	V.Mercedes
N	81	74	73	79	53	73	66	78
Media	70,8	283,3	401,9	149,4	227,8	469,0	224,2	447,0
Modo	35,4	171,9	305,8	159,5	169,4	490,2	182,8	444,1
Mediana	61,0	259,0	398,6	152,1	199,2	468,0	209,6	447,5
D. Stand.	43,9	111,3	147,5	65,3	115,2	132,3	111,4	147,0
1er.Q	34,8	188,2	289,6	93,9	144,0	378,8	131,9	376,5
3er.Q	102,4	367,7	496,2	193,2	428,3	534,7	292,3	518,3
C.Asim.	0,8	1,0	0,6	-0,1	0,5	-0,2	0,4	0,0

Los parámetros que poseen dimensión están expresados en mm de precipitación Las series se filtraron mediante un filtro de low-pass (Holloway 1958) con un intervalo de filtrado $T = 10$ años y una función de respuesta tal que:

$$R(f)_{\bar{x}} = \exp(-2\pi^2 \sigma^2 f^2) \quad \text{donde } \sigma = T/6 \text{ y } f = \text{frecuencia}$$

Los pesos del filtro se calcularon con la fórmula:

$$w(t) = (2\pi\sigma^2)^{-1/2} \exp(-t^2/2\sigma^2)$$

Se estimaron las ondas de alta frecuencia restando a los datos originales el dato filtrado por low-pass. Este filtrado (high-pass) tiene como función de respuesta:

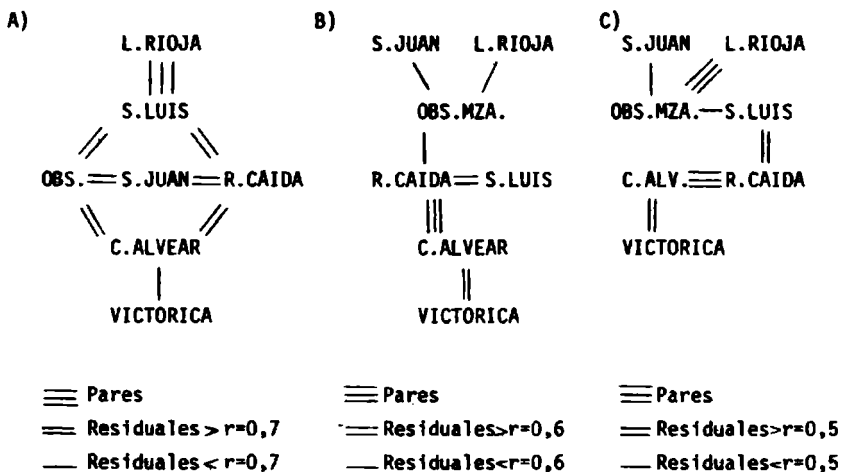
$$R(f)_{x-\bar{x}} = 1 - R(f)_{\bar{x}}$$

En las figuras 1,2 y 3 se han graficado los valores de las series originales y los filtrados por low-pass. Estos datos también se estandarizaron mediante la fórmula:

$$X_{st} = \frac{X_f - \bar{X}_f}{S_f} \quad \text{en donde } X_f \text{ es el dato filtrado; } \bar{X}_f \text{ es la media de la serie filtrada y } S_f \text{ es la desviación estándar de dicha serie}$$

Se calcularon los coeficientes de correlación para los datos sin filtrar y para los filtrados por low y high pass (tabla I).

Para determinar las asociaciones entre las estaciones de efectuó un análisis de linkage (Mac Quitty 1957;Rego 1978) cuyos resultados fueron:



En donde A) es el análisis efectuado con los datos filtrados por low-pass, B) con las series originales y C) con los datos del filtrado por high-pass.

En la figura 4 se han graficado los valores de las series filtradas por low-pass estandarizados y en la figura 5 aquellos datos que exceden a $\pm 0,75 \sigma$.

DISCUSION

El principal problema que se encuentra al encarar estudios climatológicos en la región cuyana es el corto período de registro y la mala calidad de los datos de la mayoría de las series. En este trabajo se usaron únicamente estaciones meteorológicas que poseen los registros más largos y confiables.

Los factores de error en las series de precipitación han sido exhaustivamente señalados por Hoffmann(1970). No se ha realizado sistemáticamente el estudio de tales errores para las estaciones incluidas en esta investigación. Si se analizan cuidadosamente las conclusiones de Hoffmann(op.cit.) puede estimarse que el efecto de los errores debidos a la depuración de los datos y las variaciones en la exactitud de las mediciones introducirían en los valores tendencias opuestas a los resultados de este trabajo, lo cual favorece aun más las conclusiones obtenidas.

La influencia de los cambios de ubicación de las estaciones y del instrumental se analizaron mediante curvas de doble masa, las que no mostraron quebraduras en esas fechas con excepción de Villa Mercedes. Por ello en el análisis sólo se consideró esta serie a partir de 1950.

El filtrado de las series permitió separar dos componentes: uno formado por las ondas de baja frecuencia, con período mayor de 10 años y otro de alta frecuencia

con periodos menores (high-pass).

Los coeficientes de correlación de las series filtradas con low-pass son significativamente mas altos que las correlaciones obtenidas con las series originales, lo que implica que las ondas largas se encuentran relacionadas en fase (fig. 4). Los filtros de high-pass producen por el contrario, correlaciones bajas, con excepción de estaciones cercanas tales como Rama Caída y C. Alvear.

El análisis de linkage permite visualizar la asociación de las estaciones en grupos de mejor correlación. La aplicación de este método a la matriz de correlación de las series filtradas por low-pass sugiere la existencia de dos grupos: uno formado por las estaciones de La Rioja, S. Luis, Mza., C. Alvear, S. Juan y R. Caída y otro en el que se encuentra solo Victorica. Las ondas largas afectan a toda la región en forma similar exceptuando a Victorica que tendría componentes diferentes. El linkage de las correlaciones de las series de high-pass originó la formación de grupos distintos: uno con L. Rioja, Mendoza y S. Juan y otro en donde se ubican R. Caída, C. Alvear, S. Luis y Victorica. Esta disposición sugiere que las ondas cortas permiten la asociación de estaciones vecinas. Es probable que el ruido en este tipo de filtro sea muy elevado, con perturbaciones difíciles de estimar y debidas mayormente al microclima propio de cada estación. En las series originales, la asociación obtenida es bastante similar al sistema hallado con el filtrado de high-pass lo que demuestra el peso de las ondas cortas en las correlaciones encontradas.

En la figura 5 se representaron los máximos y mínimos que superan un desvío de $\pm 0,75\sigma$ en las series filtradas por low-pass y estandarizadas. Su análisis permite establecer que en general la marcha global de las precipitaciones estivales de toda la región presenta:

- Máximos: tres máximos que ocurren entre los años 1915/25; 1940/45; 1958/65 y una tendencia positiva desde 1970. San Juan por tener el registro mas largo exhibe un cuarto máximo entre los años 1900/1908. Victorica sólo presenta el máximo de los años 1915/25 y la tendencia positiva desde 1970
- Mínimos: cuatro mínimos, uno poco notable en 1907/10 y los otros en 1932/38; 1946/52 y 1965/70. Este no aparece en Victorica.

En la figura se ha incluido además el resultado de filtrar con low pass y estandarizar los caudales estivales de algunos ríos cuyanos. Se observa una buena relación aparente entre los principales máximos y mínimos de estas series con las de precipitación.

Las variaciones observadas son bastantes regulares en magnitud y período, el que oscila alrededor de los 18 años, como resulta evidente en la serie de S. Juan.

La mayor parte de la región cuyana posee una economía agrícola basada en cultivos intensivos bajo regadío. Sin embargo, San Luis, Villa Mercedes y Victorica se encuentran en una zona marginal de cultivos extensivos y pastoreo en donde

las variaciones en la precipitación tienen importancia socio-económica. Por ejemplo San Luis exhibe diferencias de 290mm entre la década 1915/25 y la de 1931/41 con una media de la serie de 460mm.

Según lo manifestado por el Dr José Miguel Nuñez, Director Científico de la Campaña de Lucha Antigranizo (Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales) el determinar con mayor precisión los ciclos secos y húmedos y sus variaciones permitirá una mejor interpretación de los resultados de la siembra de nubes. Además, al comprobar la homogeneidad de la región posibilitará establecer zonas de defensa y zonas de control.

Algunos autores (Minetti y Neder 1978; Minetti 1980; Barros y Mattio 1978; Barros y Rodriguez Seró 1979) utilizando metodologías diferentes han demostrado la existencia de variaciones en el clima de la región Noroeste y de la Patagonia. Es evidente que cambios en la circulación general en latitudes medias para el Hemisferio Sur afectan las series climáticas produciendo variaciones en las mismas. Las descritas en este trabajo es posible que influyan otras series por lo que se requieren estudios más extensos que incluyan un análisis causal, de factores en la circulación que se relacionen con los máximos y mínimos y su asociación con otros parámetros como temperatura, presión o índices de circulación.

CONCLUSIONES

Se concluye que las variaciones significativas señaladas en la serie de precipitaciones estivales del Observatorio de Mendoza se deben a variaciones reales de la precipitación en la región.

Las fluctuaciones son principalmente producidas por ondas largas que están en fase en toda la zona estudiada y que presenta igual variabilidad, similar ocurrencia de los máximos y los mínimos, porcentaje de variación con respecto a la media y periodicidad de los extremos.

Mayores estudios serán necesarios para establecer las causas de tales fluctuaciones y para determinar otros parámetros que se vean afectados por la misma.

BIBLIOGRAFIA

- BARROS, V. y H. MATTIO 1977 Tendencias y fluctuaciones en las precipitaciones de la región patagónica. *Meteorológica* 8(9):237-246
- BARROS, V. y J. RODRIGUEZ SERO 1979 Estudio de las fluctuaciones y tendencias de la precipitación en el Chubut utilizando funciones ortogonales empíricas. *GEOACTA* 10(1):193 - 204
- BONINSEGNA, J.A. y R. COMPAGNUCCI 1979 Estudio de la precipitación en la región cuyana y su distribución mediante el empleo de los componentes principales de la variancia. Com. a la 10ma Reunión de la As. Arg. de Geo

física y Geodesia-S.Juan 1979

- COMPAGNUCCI, R. y J.A. BONINSEGNA 1979 Estudio de la serie de precipitación del Observatorio Meteorológico de la Ciudad de Mendoza. Programa de Lucha Antigranizo. Informe temporada granicera 1978/79 tomo 2:17-39
- HALLOWAY, L. 1958 Smoothing and filtering of meteorological time series and space field. Adv. in Geophysics 4:351
- HOFFMANN, J. 1970 Características de las series de precipitaciones en la República Argentina. Meteorológica 1(3):166-190
- MAC QUITTY 1957 Elementary linkage analysis for isolating orthogonal and oblique types and typical relevancies. Educ. and Psychol. Measur. 17:207-229
- MINETTI, J. y R. NEDER 1979 Tendencias actuales de la temperatura en Tucumán y su impacto en la producción de la caña de azúcar. Rev. Ind. Agr. Tucumán EEAOC 56(1):17-31
- MINETTI, J. 1980 Anomalías en las precipitaciones medias del Noroeste Argentino Seminario Licenciatura Fac. de C.Exactas y Naturales U.B.A.
- PITTOCK, B. 1979 Modelos de variación climática en la Argentina y Chile. 1ra Sección : precipitación. Informe al Tree Ring Research Lab. Universidad de Arizona, Tucson Arizona.
- REGO, J. 1978 La marcha del análisis cuantitativo de datos espaciales. Cuaderno N°5 Centro de Investigaciones de Cuyo, 1978.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Dr. J.M. Nuñez, las sugerencias y discusión crítica de este trabajo. Asimismo se agradece al Servicio Meteorológico Nacional y al I.M.T.A. los datos facilitados y al Lic. Luis Fornero el asesoramiento en las técnicas estadísticas empleadas.

EPIGRAFE DE LAS FIGURAS

- FIGURAS I, II, y III : Series estivales y series filtradas con Low Pass
- FIGURA IV : Series filtradas con Low Pass, con los valores estandarizados
- FIGURA V : Series de precipitación estival y caudales de los ríos Atuel, San Juan y Mendoza, filtradas con Low Pass. Valores que sobrepasan $\pm 0.75 \sigma$. Escala vertical en valores de σ arbitrarios.

TABLA I : MATRICES DE CORRELACION

SERIES ESTIVALES							
	S. JUAN	L. RIOJA	VICTOR.	OBSERVAT.	R. CAIDA	S. LUIS	C. ALVEAR
S. JUAN	- -	0.234	0.087	0.441	0.359	0.288	0.211
LA RIOJA	0.234	- -	0.300	0.556	0.236	0.481	0.262
VICTOR.	0.087	0.300	- -	0.469	0.457	0.382	0.659
OBSERVAT.	0.441	0.556	0.469	- -	0.565	0.494	0.495
R. CAIDA	0.359	0.236	0.457	0.565	- -	0.629	0.768
S. LUIS	0.288	0.481	0.382	0.494	0.629	- -	0.495
C. ALVEAR	0.211	0.262	0.659	0.495	0.768	0.495	- -

SERIES FILTRADAS POR LOW PASS

	S. JUAN	L. RIOJA	VICTOR.	OBSERVAT.	R. CAIDA	S. LUIS	C. ALVEAR
S. JUAN	- -	0.554	0.324	0.730	0.741	0.733	0.591
LA RIOJA	0.554	- -	0.204	0.650	0.548	0.773	0.533
VICTOR.	0.324	0.204	- -	0.468	0.131	0.350	0.481
OBSERVAT.	0.730	0.650	0.468	- -	0.697	0.712	0.811
R. CAIDA	0.743	0.602	0.126	0.795	- -	0.729	0.808
S. LUIS	0.733	0.773	0.350	0.712	0.714	- -	0.561
C. ALVEAR	0.591	0.533	0.480	0.811	0.739	0.561	- -

SERIES FILTRADAS POR HIGH PASS

	S. JUAN	L. RIOJA	VICTOR.	OBSERVAT.	R. CAIDA	S. LUIS	C. ALVEAR
S. JUAN	- -	0.103	- 0.024	0.362	0.257	0.062	0.142
LA RIOJA	0.103	- -	0.314	0.478	0.084	0.403	0.118
VICTOR.	- 0.024	0.314	- -	0.442	0.463	0.425	0.679
OBSERVAT.	0.362	0.478	0.442	- -	0.447	0.467	0.394
R. CAIDA	0.257	0.084	0.463	0.447	- -	0.551	0.850
S. LUIS	0.062	0.403	0.425	0.467	0.539	- -	0.435
C. ALVEAR	0.142	0.118	0.679	0.394	0.850	0.435	- -

