

GENERACION DE DATOS PLUVIOMETRICOS COMO CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO ECOLOGICO DEL NOROESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Adrián TROHA *

SUMMARY: Pluviometric data generation, as a contribution to the Ecological knowledge of the North - Western Buenos Aires Province.

Ecological studies using pluviometric data elaborated on the basis of homogeneous series, show sometimes the practical disadvantage of those series being interrupted or even incomplete. Thus, it arises the need for methods to generate the lacking data.

The objective of the present work is to analyze the use of eigenvectors and eigenvalues corresponding to a matrix, product of the matrix "Precipitation" times its transpose, to estimate lacking precipitation data. The results show a mean error of 10% or lower for monthly values, and up to 5% for annual values, when reconstructing the ten years recods for pluviometric stations not involved in the eigenvectors calculation.

INTRODUCCIÓN

La primera característica distintiva que surge del análisis de la naturaleza de la precipitación es su discontinuidad. Esto trae como consecuencia que el valor promedio de precipitación carezca de validez en muchos casos, debiéndose recurrir a diferentes distribuciones de frecuencias que representan el fenómeno. Por lo tanto es necesario contar con un período apreciable de registros coincidentes en su época, pues las tendencias o fluctuaciones en el tiempo y en el espacio distorsionan totalmente la serie, especialmente en análisis de períodos cortos.

(*) Ingeniero Agrónomo, Investigador Asistente del Centro de Investigaciones Biometeorológicas, CONIGET.

ECOSUR	Argentina	ISSN 0325-108X	v. 7	n. 14	pág. 161-170	setiembre 1980
--------	-----------	-------------------	------	-------	-----------------	-------------------

En el estudio del régimen de las precipitaciones en la provincia de Buenos Aires (Troha, 1978), se utilizaron 200 estaciones pluviométricas; 120 de ellas contaban con 60 años de registro (1911-1970), 65 con un registro mayor a 50 años y solamente 15 estaciones con uno menor de 50 años. Aunque en ningún caso se han empleado registros inferiores a los 35 años, las referidas tendencias o fluctuaciones, determinaron una dispersión en los datos obtenidos, tanto mayor cuanto más corto fue el período estudiado.

El presente trabajo tiene por objeto analizar la utilización de los autovectores correspondientes a una matriz producto de la matriz precipitación por su traspuesta, para la estimación de datos faltantes de precipitación para períodos anuales y mensuales en la región del Noroeste de la provincia de Buenos Aires y es una contribución al proyecto N° 3 del programa para el estudio del régimen de las sequías y excesos de agua en la República Argentina que desarrolla el Centro de Investigaciones Biometeorológicas (CIBIOM CONICET).

El método utilizado es objetivo y tiene como finalidad la generación de datos, donde las fluctuaciones o tendencias de cada región o localidad, se determinan con la utilización de los autovectores que presentan mayor significación. Trabajos anteriores utilizaron éste análisis matemático para estudios climáticos o meteorológicos, (Lorenz, 1956), en la predicción del tiempo; (Grimmer, 1963), en modelos de filtrado de datos de temperatura; (Stidd, 1967), en la estimación de datos climáticos y en nuestro país (Barros-Rodriguez Seró, 1979), para la generación de datos anuales y trimestrales de precipitación de la provincia de Chubut.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron 15 estaciones pluviométricas de la zona Noroeste de la provincia de Buenos Aires con 30 años de registro (1911-1940) con los cuales se calcularon los autovectores y autovalores respectivos y se generaron datos utilizando un número variable de autovectores y períodos base. Además 10 años de valores fueron generados para otras dos estaciones pluviométricas del área, que también cuentan con 30 años de registro, mediante la aplicación de los autovectores correspondientes, utilizando como período base solo 20 años de datos pluviométricos mensuales y anuales, y observando la bondad de ajuste de los datos generados por comparación con los 10 años restantes observados.

Los datos iniciales corresponden a una matriz P donde cada uno de sus elementos P_{ij} es la precipitación mensual o anual de la estación j .

Los autovalores están representados por la matriz diagonal λ , obtenida mediante la solución del determinante $|PP' - \lambda I| = 0$ donde P' es la matriz traspuesta de P , con cuyo producto se obtiene una matriz cuadrada PP' , e I es la matriz identidad.

La matriz de los autovectores A se obtiene mediante la solución de $PP'A = \lambda A$ habiendo tantos autovectores como filas y columnas tenga la matriz producto PP' .

Con los datos correspondientes a las 15 estaciones pluviométricas definidas como P_{ij} donde j son las localidades e i los años, se halló el producto entre ésta y su traspuesta P_{ji} ; de la matriz resultante se han obtenido los 30 autovectores correspondientes de 30 términos cada uno, utilizando el método iterativo de Jacobi (Subroutine EIGEN del Scientific Subroutine Package de IBM Corporation). El procesamiento de los datos se ha realizado en el Centro de Computación en Salud perteneciente a la Universidad de Buenos Aires.

La precipitación a generar es igual a la matriz de autovectores multiplicada por una matriz multiplicadora M a determinar como se describe mas adelante ($P = AM$). Conocidas A y M se pueden obtener los valores de precipitación correspondientes a una localidad incompleta en cuanto a su serie de registros, de acuerdo:

$$P_{ji} = \sum_{k=1}^z a_{ik} m_{kj}$$

donde z representa el total de autovectores y k el número de autovector ordenados por sus respectivos autovalores de mayor a menor.

Sin embargo, puede estimarse el valor de la precipitación de una serie incompleta utilizando solamente los autovectores de mayor significación, quedando:

$$P_{ji} = \sum_{k=t}^n a_{ik} m_{kj}$$

donde n es el número de autovectores significativos utilizados.

La determinación de los multiplicadores m_k para cada estación j se obtiene minimizando el error cuadrático para los años en que hay dato.

$$E_j = \left(\sum_{i=t}^q \text{obs.}_{ji} - \sum_{i=t}^n a_{ik} m_{kj} \right)^2$$

donde t y q representan el período de años con dato.

Como las derivadas con respecto a los multiplicadores son:

$$\partial E_j / \partial m_{kj} = 0 \quad \text{con } k = 1, n$$

se obtiene un sistema de n ecuaciones con n incógnitas de la forma:

$$\begin{aligned}
& \left(\sum_{i=t}^q a_{i1} a_{i1} \right) m_{1j} + \left(\sum_{i=t}^q a_{i1} a_{i2} \right) m_{2j} + \dots + \left(\sum_{i=t}^q a_{i1} a_{in-1} \right) m_{n-1j} + \\
& + \left(\sum_{i=t}^q a_{i1} a_{in} \right) m_{nj} = \sum_{i=t}^q \text{obs. } j_i a_{i1} \\
\\
& \left(\sum_{i=t}^q a_{i2} a_{i1} \right) m_{1j} + \left(\sum_{i=t}^q a_{i2} a_{i2} \right) m_{2j} + \dots + \left(\sum_{i=t}^q a_{i2} a_{in-1} \right) m_{n-1j} + \\
& + \left(\sum_{i=t}^q a_{i2} a_{in} \right) m_{nj} = \sum_{i=t}^q \text{obs. } j_i a_{i2} \\
& \quad \vdots \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \vdots \\
& \left(\sum_{i=t}^q a_{in} a_{i1} \right) m_{1j} + \left(\sum_{i=t}^q a_{in} a_{i2} \right) m_{2j} + \dots + \left(\sum_{i=t}^q a_{in} a_{in-1} \right) m_{n-1j} + \\
& + \left(\sum_{i=t}^q a_{in} a_{in} \right) m_{nj} = \sum_{i=t}^q \text{obs. } j_i a_{in}
\end{aligned}$$

donde los multiplicadores m son las incógnitas, resolviéndose el sistema por computación.

Como se ha establecido anteriormente, para el presente trabajo, se han utilizado 15 estaciones pluviométricas completas del Noroeste de Buenos Aires de 30 años de registro. Se obtuvieron los respectivos autovectores y multiplicadores y se procedió a determinar los errores de generación de datos mediante la simulación de períodos cortos con subconjuntos de los datos de algunas de las localidades utilizadas como base de cálculo. Dicho análisis se realizó para los períodos anuales y mensuales (enero y julio) con la utilización de 3 hasta 18 autovectores y con períodos con datos base desde 4 hasta 20 años, computándose el error absoluto y relativo para cada lluvia, así como el correspondiente al error medio de la serie.

Para observar aún mejor el ajuste de las precipitaciones reconstruidas con los valores reales, se incorporaron 2 estaciones, que no intervienen en el cálculo de los autovectores, pero que sí cuentan con los 30 años de registro, reconstruyéndola con 10 a 18 autovectores y 20 años de datos base. Si éste ajuste resultara aceptable la metodología podría ser aplicada para completar todas aquellas estaciones pluviométricas que presenten series interrumpidas.

Estaciones Pluviométricas (*)	Estaciones Pluviométricas (**)
Villa Sauze Santa Eleodora Martínez de Hoz Roberts San Mauricio General Villegas Ameghino Colonia Seré Timote General Pinto Vedia Bayauca Los Toldos Cuenca J.J. Paso	Trenque Lauquen Sundblad

Cuadro N° 1. (*) Estaciones pluviométricas utilizadas en el cálculo de autovectores y autovalores con los cuales se generaron datos para su comparación con los valores observados.

(**) Estaciones pluviométricas que no intervienen en el cálculo de autovectores y autovalores y cuyos datos fueron generados con 20 años de período base para observar la bondad de ajust, por comparación, de los 10 restantes observados.

El cuadro N° 1 muestra las 15 estaciones utilizadas en el cálculo de autovectores de acuerdo a la metodología descripta y las 2 estaciones de la zona que se han incorporado para realizar la generación.

RESULTADOS

De acuerdo a la metodología citada anteriormente, se calcularon los 30 autovectores correspondientes ordenados según los respectivos autovalores y ordenados a su vez de mayor a menor.

En primer lugar, se han generado precipitaciones anuales y mensuales para algunas de las estaciones base, elegidas al azar, con la utilización de 3 autovectores y 4 períodos anuales o mensuales de período base, hasta el uso de 18 autovectores y 20 años de período base.

En general, puede observarse que los errores en la generación de dichos datos tienen una tendencia decreciente desde 3 hasta 13 autovectores, (un aumento en el número de autovectores no mejora sensiblemente la generación de datos). Así, generaciones con 3 autovectores que presentan errores medios del orden del 25%, disminuyen al 1% con la utilización de 13 autovectores, verificándose esta tendencia tanto con los valores anuales como con los mensuales.

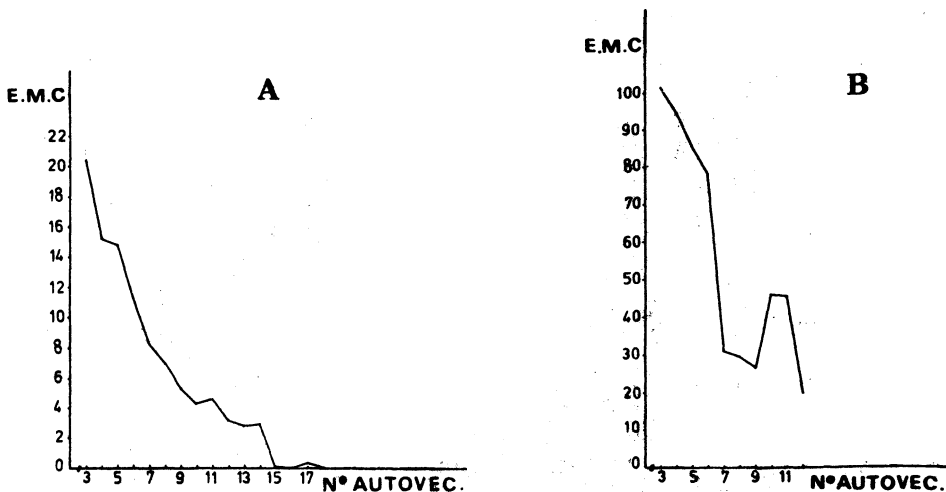


Fig. 1 A. Errores medios cuadráticos que presenta la generación de datos pluviométricos de la localidad de Roberts para valores mensuales con la utilización de 3 hasta 18 autovectores y con 20 años de período base.

B. Errores medios cuadráticos que presenta la generación de datos pluviométricos de la localidad de Villa Sauze para valores anuales con la utilización de 3 hasta 12 autovectores y con 14 años de período base.

En la Fig. N° 1 puede observarse los errores medios cuadráticos de la reconstrucción de una localidad que integra el cálculo de los autovectores para valores mensuales (A) y anuales (B) en función de un número creciente de autovectores y con 14 y 20 años de datos pluviométricos como período base.

En la Fig. N° 2 se observa el valor real de la precipitación y el valor generado, utilizando 3, 5, 9 y 12 autovectores, con diferentes años de datos pluviométricos como período base, para una estación que interviene en el cálculo de autovectores.

También se realizó la generación de datos para estaciones pluviométricas del área, pero que no intervinieron en el cálculo de autovectores; se trata de estaciones con 30 años de registro, de las cuales se tomaron 20 años de observaciones como base, generándose los 10 años restantes, según la metodología detallada. Los datos así obtenidos se compararon con los reales.

Como es lógico, el valor de los errores ha aumentado considerablemente, siendo el error medio del orden del 10% para valores mensuales y del 5% para los anuales. El mejor ajuste se obtuvo con la utilización de 13 autovectores.

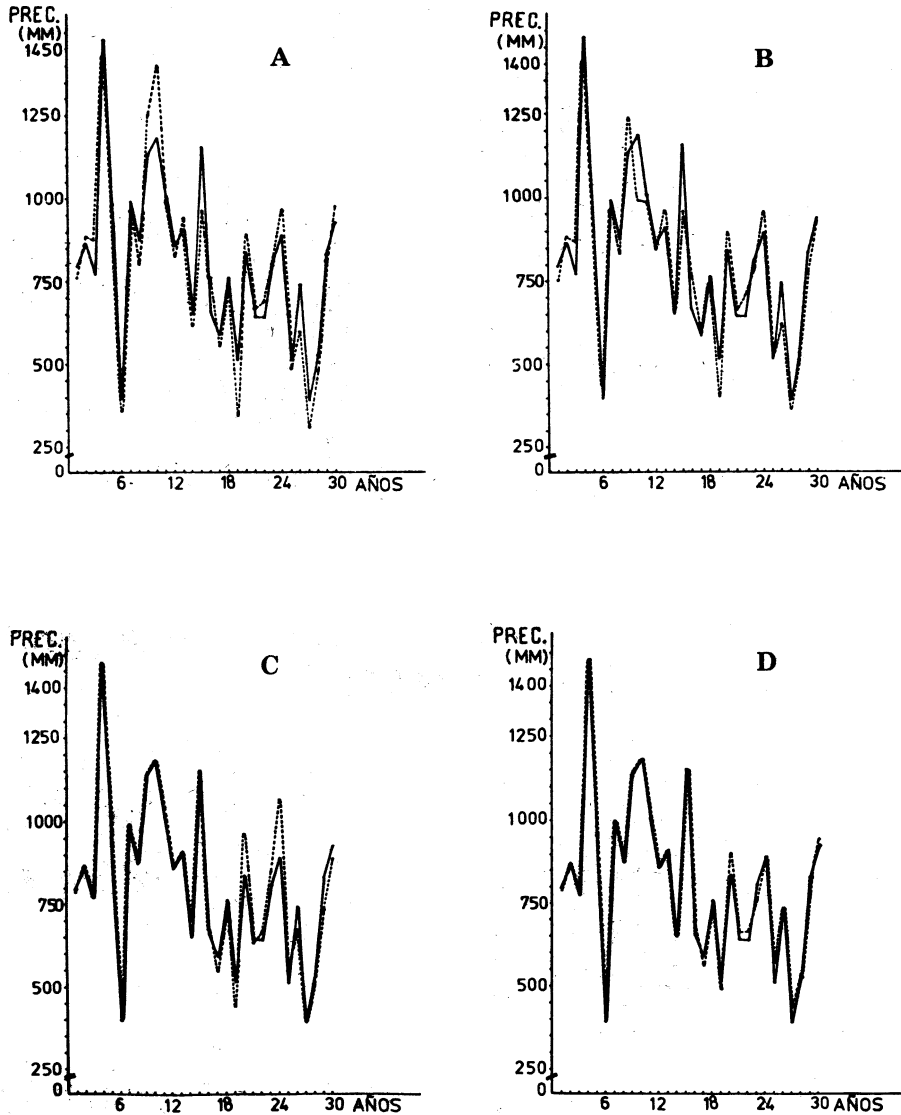


Fig. 2. Comparación entre los milímetros de precipitación observados y generados según distinto número de autovectores y períodos base, para la estación Colonia Seré

— Valores Observados Valores Generados

- A generados con 3 autovectores y 7 períodos anuales.
- B generados con 5 autovectores y 9 períodos anuales.
- C generados con 9 autovectores y 12 períodos anuales.
- D generados con 12 autovectores y 14 períodos anuales.

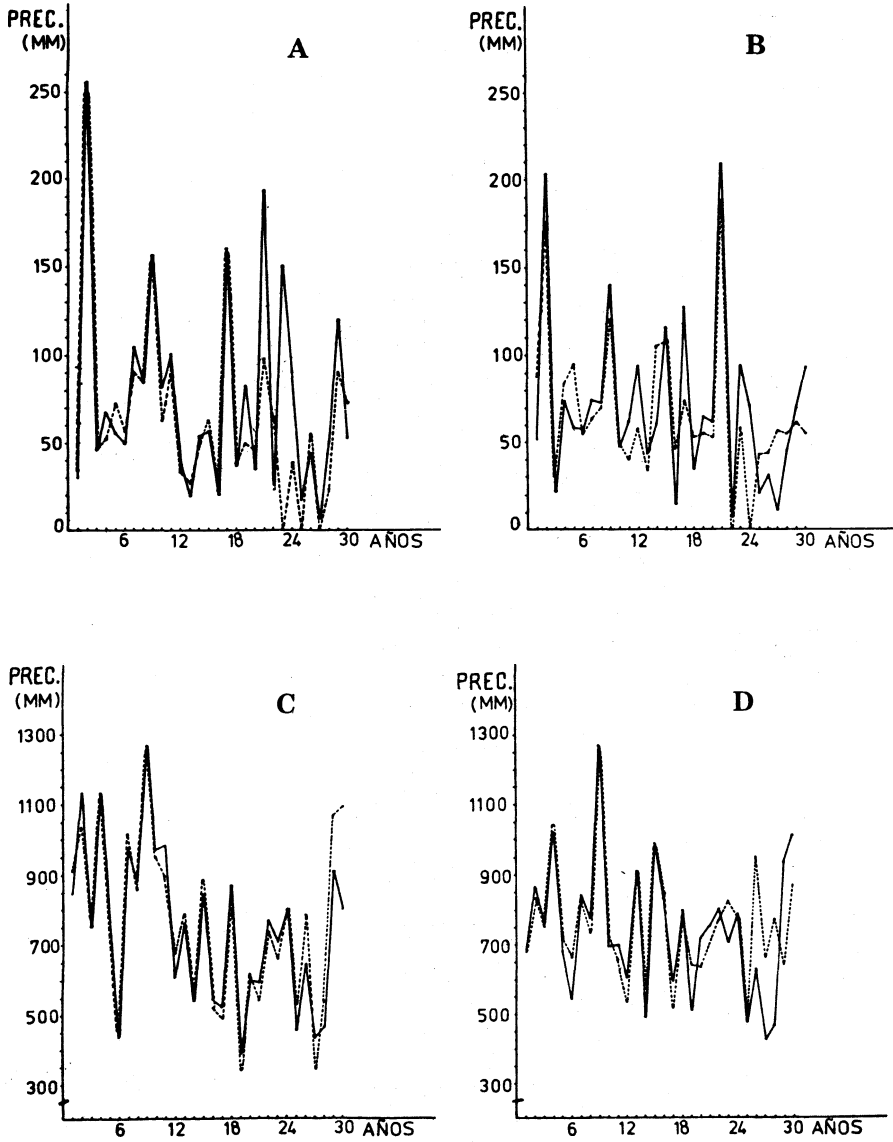


Fig. 3. Milímetros de precipitación observados y generados con la utilización de 13 autovectores y 20 periodos anuales.

————— Valores observados - - - - - Valores generados

- A Enero Sundblad
- B Enero Trenque Lauquen
- C Anual Sundblad
- D Anual Trenque Lauquen

En la Fig. N° 3 puede observarse el ajuste de las localidades Colonia Seré y Trenque Lauquen calculados con 13 autovectores y 20 períodos anuales de base, para valores anuales y para el valor mensual del mes más caliente. Cabe destacarse, que dichos errores pueden disminuirse con el empleo de 60 años de registros pluviométricos y mayor número de estaciones. Además, la utilización de promedios móviles, disminuiría notablemente el error, pues estos reducen el efecto de la dispersión de los picos con alta y baja precipitación.

Este trabajo presenta solamente un proyecto piloto para el posterior análisis de generación de datos de un total de 260 estaciones pluviométricas. Todas éstas corresponden a la pradera pampeana, con 60 años de registro en la mayoría de los casos, previéndose la generación de todos los datos mensuales y anuales faltantes de las distintas estaciones pluviométricas del área. El máximo de valores faltantes sería de 25 años, equivalente al 40% de la serie total analizada (60 años) en aproximadamente el 2% de las estaciones analizadas. En todos los demás casos los valores faltantes son del orden del 15% de la serie. Esto traerá como consecuencia un mejor ajuste que el presentado en éste análisis donde el período base fue porcentualmente menor, pues se generaron datos que representan el 33% de la serie (10 años de cada 30 años de registro).

CONCLUSIONES

1) Según lo cita la bibliografía correspondiente, la metodología propuesta es muy útil para el filtrado de datos meteorológicos. Además, es también útil para la generación de datos meteorológicos para períodos intermedios de tiempo (anuales, trimestrales, mensuales).

2) La metodología no es aceptable para series pluviométricas compuestas por valores correspondientes a períodos más cortos de tiempo que los usados aquí. Esto se debe a las características de discontinuidad e irregularidad de las precipitaciones que determinan fluctuaciones o tendencias particulares para cada estación. Sin embargo, para otros elementos del clima más regulares y continuos, esta metodología se puede aplicar para valores correspondientes a períodos de tiempo más cortos.

3) La generación de datos anuales ajusta mejor que la de datos mensuales con los valores reales, lo cual confirma resultados obtenidos por otros autores.

4) De la comparación con resultados obtenidos por otros autores parecería que el método presenta mejor ajuste cuanto más húmeda es la región considerada.

5) La metodología puede ajustarse más, con la utilización de mayor número de años en la serie, de manera que el porcentaje de años a generar con respecto al número de años utilizados como base, disminuya al máximo.

6) La utilización de promedios móviles mejora el ajuste, dado que disminuyen las fluctuaciones de la serie, pero su uso no es aconsejable para los estudios del régimen de fenómenos extremos como en los casos de sequías y excesos de agua.

7) Este trabajo será extendido a aproximadamente 260 estaciones de la Región Pampeana con el objeto de homogeneizar la serie de datos pluviométricos, con lo que se contribuirá en gran manera a un mejor conocimiento ecológico de la región.

BIBLIOGRAFIA

- BARROS, V.R., RODRIGUEZ SERO, J.A.; 1979. Asimilación de datos de períodos relativamente cortos en el análisis climatológico de la precipitación de la provincia del Chubut. Centro Nacional Patagónico, Comisión Nacional de Estudios Geo-Heliofísicos. Puerto Madryn, Provincia del Chubut, República Argentina.
- GRIMMER, M; 1963. The space filtering of monthly surface temperature data in terms of pattern, using empirical orthogonal functions. *Quarterly journal of the royal meteorological society*, Vol. 89, 1963, pp 395 - 408.
- LORENZ, E.N.; 1956. Empirical orthogonal functions and statistical weather prediction. Sci. Rept. N° 1. Statistical Forecasting Proj., Dept. of Meteor., Mit, Cambridge, Mass.
- STIDD, C.K.; 1966. The use of eigenvevctors for climatic estimates. Desert Research Institute, Reno, Nevada.
- TROHA, A; 1978. Régimen de las precipitaciones en la provincia de Buenos Aires. Taller Argentino - Estadounidense sobre sequías, Mar del Plata, Buenos Aires.