

32957



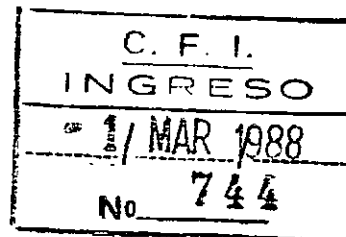
PRECIPITACIONES PLUVIALES DE LA PROVINCIA DE CORRIENTES. SERIES CRONOLOGICAS.

SEGUNDO INFORME

Dr. Heriberto L. Urbisaia

Buenos Aires, 1 de marzo de 1988.-

Consejo Federal de Inversiones
Capital



Ref: Exte 1333

Tengo el agrado de dirigirme a Vd. con el fin de adjuntar cuatro (4) ejemplares del segundo informe correspondiente al estudio sobre "Precipitaciones Pluviales de la Provincia de Corrientes- Series Cronológicas, según lo establecido en el Contrato de Obra.-

Sin otro particular, saludo a Vd. muy atte.-

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Heriberto L. Urbisaia".

Dr. Heriberto L. Urbisaia

PRECIPITACIONES PLUVIALES DE LA PROVINCIA DE CORRIENTES. SERIES CRONOLOGICAS.

SEGUNDO INFORME

I.- OBJETIVO

En esta segunda etapa del trabajo, se propone el análisis de las series anuales y mensuales en el Dominio de la Frecuencia. El objetivo inmediato es detectar comportamientos cíclicos ó periódicos, mediante la aplicación de las técnicas basadas en el Análisis Espectral.

Presentamos como introducción algunos conceptos de utilidad para la interpretación y evaluación de los resultados obtenidos en el caso que nos ocupa.

II.- CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL ANALISIS ESPECTRAL.

II.1 Conceptos Básicos.

Las técnicas del Análisis Espectral aplicadas a los fenómenos de tipo ondulatorio, tratan de determinar las periodicidades de las series, como en el caso particular de las lluvias, mediante la identificación de sus componentes cíclicas.

Para ello, y utilizando la "transformación de Fourier", los datos se descomponen en una suma de armónicos de diferente amplitud.



Si representamos con $\{Y_t\}$; $t = 1, 2, \dots, N$
la serie estudiada resulta :

$$Y_t = A_0/2 + \sum_k (A_k \cos \omega_k t + B_k \sin \omega_k t) ; k = 1, 2, \dots, m$$

$$m = N/2 ; \omega_k = 2\pi k/N$$

en donde el término entre paréntesis recibe el nombre de "armónico de orden k".

La expresión $R_k^2 = A_k^2 + B_k^2$ es la intensidad de la onda, verificándose que R_k^2 y R_j^2 son independientes, para todo $k \neq j$.

Básicamente el análisis espectral reduce el análisis de la serie de tiempo, a un análisis en el dominio de la frecuencia, que se caracteriza por :

- a) En la abscisa se representa la frecuencia angular ω_k expresada en radianes por unidad de tiempo, $(2\pi k/N = 2\pi/P_k)$; ó bien la frecuencia f_k , medida en ciclos por unidad de tiempo $(\omega_k/2\pi = 1/P_k)$

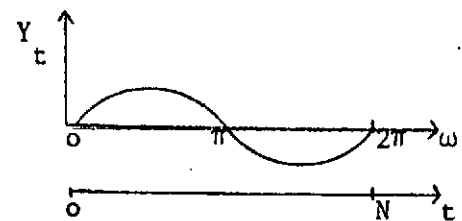


Gráfico 1

- b) La ordenada viene dada por $\frac{N}{2} R_k^2$, que representa la contribución a la varianza total de la serie, de cada uno de los armónicos, verificándose que :

$$\frac{N}{2} \sum_k R_k^2 = N \sigma_Y^2$$

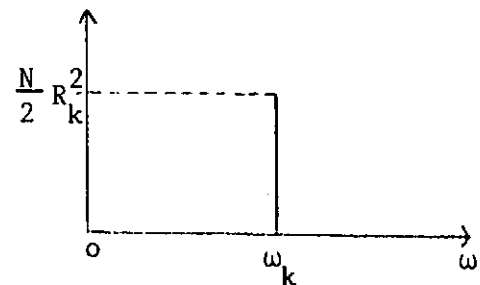


Gráfico 2

Esta representación recibe el nombre de Periodograma ó Espectro Lineal, puesto que asigna a cada frecuencia angular, la intensidad de la onda asociada a la misma.

Como es de suponer, los fenómenos en estudio pueden presentar ondas de frecuencia intermedia a las calculadas según la secuencia ω_k , $k = 1, 2, \dots, m$. Por ello, otra forma alternativa de graficar la información, consiste en asignar los valores de inten-

alidad a un intervalo de amplitud $2\pi/N$. De esta manera se genera un histograma donde la altura $I(\omega_k)$ de cada rectángulo se determina en forma tal que el área del mismo represente la intensidad de la onda, y el área total del histograma resulte proporcional a la varianza de la serie (Gráfico 3).

Esta última representación recibe el nombre de Espectro.

Uno de los inconvenientes del Análisis Espectral, es el de ser un método de análisis determinístico, ya que, a partir de N observaciones se estiman N parámetros; por lo tanto, los estimadores, si bien son asintóticamente insesgados, resultan inconsistentes.

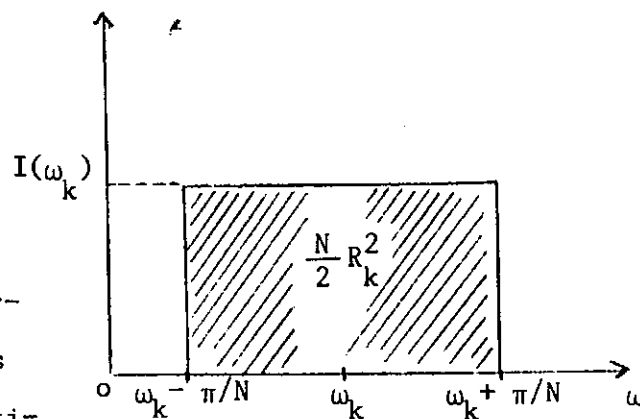


Gráfico 3

Desde el punto de vista empírico, esto se traduce en un gráfico donde aparece una excesiva cantidad de picos no significativos, tal como se ha verificado mediante estudios de simulación a partir de series estrictamente aleatorias. Como estos picos no desaparecen al aumentar el tamaño de la muestra, se ha visto la necesidad de proceder a un "suavizado", mediante el uso de promedios móviles. Se obtiene así, una estimación consistente de la función de densidad espectral.

El programa S.A.S. utilizado en el caso que nos ocupa, aplica un promedio móvil simétrico (filtro digital), con ponderaciones $[1 \ 2 \ 3 \ 2 \ 1]$.

II. 2 Tests.

Los tests tienden fundamentalmente a determinar la significatividad de la ordenada máxima del periodograma, para, de esta forma, identificar la onda principal. Esto es necesario por cuanto, como se dijo más arriba, series estrictamente aleatorias presentan periodogramas totalmente irregulares.



Los tests más usuales, para este objetivo son :

Test de Fisher , en el que se define un coeficiente κ (Kappa), como el cociente entre el valor máximo del periodograma, y el promedio de todas las ordenadas, excluyendo los extremos, es decir

$$\kappa = \frac{R^2}{m^{-1} \sum_k R_k^2}$$

habiendo indicado con R^2 la ordenada máxima del periodograma.

Para la implementación de este test, se utilizaron las tablas publicadas en la obra de Davis (2) .

Test de Kolmogorov-Smirnov , propuesto por Bartlett, y que consiste, básicamente, en comparar el periodograma empírico acumulado, con igual función correspondiente a una serie aleatoria normal.

El fundamento del test es el siguiente : si un proceso es totalmente aleatorio, (ruido blanco), su periodograma acumulado se corresponde con la función de distribución de una variable uniforme en el intervalo (0 - 1), es decir su gráfico es la recta de 45 ° . Por lo tanto, si se construye en torno a esta recta bandas de confiabilidad según el nivel de significación elegido, y se representa el periodograma empírico, es posible observar si este último escapa de la zona confidencial establecida. En este caso se concluye en el sentido de que la serie observada no es estrictamente aleatoria.

La aplicación de este test requiere el uso de las tablas de Kolmogorov-Smirnov, para Bondad de Ajuste. En nuestro caso, se han utilizado las publicadas en el libro de Owen (9), haciéndose la salvedad que para m (número de ordenadas) mayor que 31 , pueden aproximarse los valores críticos al 5 % de significación, utilizando la siguiente expresión : $1.36 (m - 1)^{-1/2}$.



III.- EVALUACION DE LOS RESULTADOS .

Se aplicaron las técnicas del Análisis Espectral, tanto a las series anuales, como a las de base mensual, correspondientes a las doce estaciones pluviométricas . A su vez, en cada una de ellas, se ensayaron distintas transformaciones, ya que, como paso previo a la aplicación de esta metodología, se aconseja eliminar tendencia y estacionalidad; en caso contrario, estas componentes captan gran parte de la variabilidad de la serie, dejando poco "espacio" para que se manifiesten otros ciclos.

Los resultados se consignan en los Cuadros I a IV, habiéndose indicado con asterisco, cuando los estadísticos resultaron significativos al 5 % .

Basándonos en criterios estrictamente estadísticos, se observa, en primer lugar, que, para las series anuales en valores originales, (Cuadro I), ninguno de los estadísticos resultó significativo, con excepción de la estación Santa Lucía, donde el test Kolmogorov-Smirnov (K-S), indicó un valor que excede al correspondiente punto crítico.

Cuando se introducen transformaciones a las series primitivas (Cuadros I y II) , el test K-S arroja valores significativos, insinuando de esta manera la posibilidad de algunas leyes implícitas en la transformación. Así por ejemplo, si una serie es estrictamente aleatoria, su diferenciación genera un proceso de medias móviles de primer orden, y se pasa, en ese caso, de un espectro rectangular, a otro de aspecto sigmoide, con un máximo en la frecuencia $\omega = \pi$. Ver Chatfield, (1) .

En segundo lugar, al considerar los datos mensuales sin transformación, (Cuadro III), los estadísticos Kappa y K-S resultaron significativos. Se aprecia que, en la mayoría de los casos, el periodograma alcanza su máximo en el período 12 meses, correspondiendo el segundo máximo, al período 6 meses, tal como surge de la lectura de la salida de computadora. Para las estaciones Cruz Port, Tapebicuá,

Paso de los Libres I y Bonpland, ocurre exactamente lo contrario : el máximo del periódograma se alcanza en 6 meses, y el segundo máximo en 12 meses. De cualquier manera, y dejando de lado la variabilidad estadística, el análisis espectral detecta claramente la existencia de dos épocas de lluvias por año.

De este análisis se excluye la estación Torrent, que muestra un comportamiento atípico, con estadísticos no significativos.

Cuando se diferencian los datos con la estacionalidad pura, los estadísticos Kappa y K-S registran notables disminuciones, precisamente por la eliminación de la estacionalidad, permaneciendo, no obstante ello, significativos.

A medida que se avanza en las transformaciones (Cuadro IV), los estadísticos se incrementan, revelando, en este sentido, un comportamiento similar al de las series anuales.

Ahora bien; al comparar los estadísticos correspondientes a sucesivas transformaciones, pero de una misma estación pluviométrica, surge con claridad que los mismos alcanzan valores mínimos con la transformación estacional pura, y que, ulteriores transformaciones de dicha serie determinan gradualmente valores mayores. Esta circunstancia puede utilizarse, por lo tanto, como criterio práctico para seleccionar la transformación apropiada en la etapa de modelización de la serie.



Dr. Heriberto L. Urbisaia

CUADRO I

ESTADÍSTICOS CORRESPONDIENTES A SERIES ANUALES

UNIDADES ORIGINALES

[illegible]

CUADRO II

ESTADÍSTICOS CORRESPONDIENTES A SERIES ANUALES

UNIDADES TRANSFORMADAS

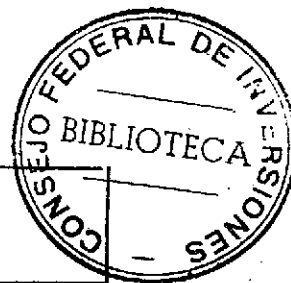
[illegible]

CUADRO III

ESTADÍSTICOS CORRESPONDIENTES A SERIES MENSUALES

UNIDADES ORIGINALES

	CRUZ FORT	TORRENT	SANTA LUCIA	SAN ROQUE	NEREIDES	CORRIENTES	GOYA	TAPERUGA	PASO DE LOS PASO DE LOS HIJOS I HIJOS II	BELLA VISTA	BOGALAND	BERQI
$\frac{Y}{L}$												
Kappa	10.3453*	6.0754	46.4759*	54.8949*	28.7102*	95.5050*	52.3122*	10.2567*	20.1145*	72.4422*	19.3996*	66.4394*
Período del máximo	6.01	2.09	11.97	12.00	11.94	12.00	12.04	6.04	6.00	11.97	6.00	11.98
Kolmogorov-Smirnov	0.0905*	0.0280	0.1924*	0.2010*	0.1347*	0.1936*	0.2040*	0.0833*	0.0669*	0.1897*	0.0857*	0.1708*
Nº de Observacion.	854	979	838	984	932	1068	927	978	1104	862	984	911
Nº de Ordenadas	427	490	419	492	466	534	464	489	552	431	492	456
$(1 - L^{12}) Y_L$												
Kappa	8.6585	7.2336	10.4121*	12.4647*	11.3419*	12.8079*	6.9642	7.3896	9.4828*	7.9609	14.1777*	9.3577*
Período del máximo	5.09	4.82	2.13	24.25	2.13	23.47	2.10	2.14	21.17	4.54	2.19	28.94
Kolmogorov-Smirnov	0.1004*	0.0565	0.1110*	0.0950*	0.0826*	0.0874*	0.1223*	0.0815*	0.0745*	0.0985*	0.0674*	0.0762*
Nº de Observacion.	840	965	815	970	920	1056	899	966	720	850	972	899
Nº de Ordenadas	420	483	408	485	460	528	450	483	360	425	486	450
(*) signif. al 5%												



CUADRO IV

ESTADÍSTICOS CORRESPONDIENTES A SERIES MENSUALES

UNIDADES ORIGINALES

[illegible]

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Chatfield, C. : "The Analysis of Time Series : Theory and Practice". Chapman and Hall. London, 1975.
- 2.- Davis, H.T. : "The Analysis of Economic Time Series". Principia Press. Bloomington. Indiana, 1941.
- 3.- Fishman, G.S. : "Spectral Methods in Econometrics". Harvard University Press. Cambridge, 1969.
- 4.- Fuller, W. : "Introduction to Statistical Time Series". Wiley & Sons. New York, 1976.
- 5.- Jenkins, G.M. y D.G. Watts : "Spectral Analysis and its applications". Holden Day. California, 1968.
- 6.- Jenkins, G.M. : "A Survey of Spectral Analysis". Applied Statistics. 1965.
- 7.- Jenkins, G.M. : "General Considerations in the Analysis of Spectra". Technometrics. Vol.3, Nº 2, 1961.
- 8.- Kendall, M.G. y A. Stuart : "The Advanced Theory of Statistics". Vol. III. Charles Griffin. London, 1968.
- 9.- Owen, D.B. : "Handbook of Statistical Tables". Addison Wesley. Massachusetts, 1962.

CUADRO IV

ESTADÍSTICOS CORRESPONDIENTES A SERIES MENSUALES

UNIDADES ORIGINALES

[illegible]

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Chatfield, C. : "The Analysis of Time Series : Theory and Practice". Chapman and Hall. London, 1975.
- 2.- Davis, H.T. : "The Analysis of Economic Time Series". Principia Press. Bloomington. Indiana, 1941.
- 3.- Fishman, G.S. : "Spectral Methods in Econometrics". Harvard University Press. Cambridge, 1969.
- 4.- Fuller, W. : "Introduction to Statistical Time Series". Wiley & Sons. New York, 1976.
- 5.- Jenkins, G.M. y D.G. Watts : "Spectral Analysis and its applications". Holden Day. California, 1968.
- 6.- Jenkins, G.M. : "A Survey of Spectral Analysis". Applied Statistics. 1965.
- 7.- Jenkins, G.M. : "General Considerations in the Analysis of Spectra". Technometrics. Vol.3, Nº 2, 1961.
- 8.- Kendall, M.G. y A. Stuart : "The Advanced Theory of Statistics". Vol. III. Charles Griffin. London, 1968.
- 9.- Owen, D.B. : "Handbook of Statistical Tables". Addison Wesley. Massachusetts, 1962.