

# NUEVA METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA TENDENCIA UTILIZANDO VALORES MEDIOS DIARIOS DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS

AUTORES: ROSENDO ÁLVAREZ MORALES  
DULCE O. PÉREZ BETANCOURT

Centro de Física de la Atmósfera, Instituto de Meteorología. E-mail: rosendo@met.inf.cu

## RESUMEN

*Se plantea la nueva metodología presentada por Álvarez (2000a) para el cálculo de la tendencia utilizando los espacios de Banach y de Gilbert y observaciones trihorarias de series largas de datos. Utilizando nuevos teoremas se concluye que esta metodología es aplicable a datos de observaciones meteorológicas medias diarias. Se plantea que en esta forma se arriba a los métodos clásicos utilizados para el cálculo de la tendencia con la diferencia que ahora se obtienen valores numéricos que permiten una discriminación superior de los resultados. Se dan otras conclusiones.*

## INTRODUCCIÓN

Hace algún tiempo Álvarez, R. propuso una metodología nueva para el cálculo de la tendencia de una serie meteorológica basada en el empleo de observaciones trihorarias (Álvarez 2000a), obteniendo resultados exitosos en las variables: cobertura nubosa, viento (rapidez y rumbo), temperatura, humedad y lluvia. La metodología fue elaborada a partir del Análisis Matemático demostrando que las series de las variables meteorológicas cumplen las condiciones de los espacios de Banach y su frecuencia de los espacios Gilbert (Banach unitario).

A posteriori se establecen aplicaciones a las variables mencionadas para problemas investigativos y tecnológicos (pronóstico de la dispersión de contaminantes (Álvarez 2001)), cálculos de confort en granjas de cría de aves etc. (Álvarez 2000b)), pero siempre teniendo en cuenta la longitud de la serie que aportaba errores menores que el 1% a la muestra independiente para 5 años de estimación (Álvarez 1999). Las series utilizadas comprendían desde el año 1970 hasta el año 2001 (32 años, 93504 datos aproximadamente).

Ahora bien, se conocen las dificultades en muchos países para mantener una estación meteorológica funcionando de manera que pueda ser obtenida una serie de datos de esa longitud con una frecuencia aceptable por lo que se decidió extender la metodología a los datos medios diarios, con una reducción sustancial de la muestra de datos para la misma longitud de la serie.

## DISCUSIÓN

Para poder reducir la serie es imprescindible demostrar que la metodología establecida (Álvarez 2000a) es válida para la data media diaria y para ello se aplican

algunos resultados obtenidos en Análisis Matemático por Garrido (2000).

**Teorema.**- Para  $i = 1, 2$ , sea  $E_i$  un espacio de Banach, y sea  $A_i \subset C^\infty(E_i)$  un álgebra unitaria conteniendo el espacio dual  $E_i^*$ , y tal que  $H_{om}(A) = E_i$ . Si  $A_1$  es isomorfo a  $A_2$  como álgebra, entonces  $E_1$  es isomorfo a  $E_2$ .

( $H_{om}(A)$  es el conjunto de todos los homomorfismos algebraicos diferentes de cero).

**Colorario.**- Sean  $E, F$  los espacios de Banach que se introducen lineal y continuamente dentro de  $C_0(\Gamma)$ , para algún conjunto de índices  $\Gamma$  con cardinal no medible. Los siguientes son equivalentes:

- Las álgebras  $C^\infty(E)$  y  $C^\infty(F)$  son isomorfas.
- Los espacios  $E$  y  $F$  son isomorfos.

Hasta aquí se ha demostrado que la metodología trihoraria y media diaria son isomorfos y las álgebras pueden ser aplicadas.

Ahora se plantea la métrica con un teorema demostrado por Dinculeanu (2000).

**Teorema.**- Se supone que  $B: L^2(\mu) \leftarrow L^2(P)$  sea una medida Gaussiana sobre el espacio  $(S, \Sigma, \mu)$ . La medida  $m: \Sigma \rightarrow L^2(P)$  es  $\sigma$ -aditiva, tiene una semivariación finita  $m$  relativa al par  $(R L^2(P))$  y se tiene:

$$f_{R, L^2(P)}^2(m) = L^2(\mu) \text{ isométrica}$$
$$B(f) = \int f dm, \text{ para } f \in L^2(\mu)$$

O sea, no hay problemas con la medida al trabajar con otro espacio que es isomorfo y cumple las condiciones establecidas.

Por tanto, la metodología cumple los requisitos necesarios y suficientes para trabajar con datos medios diarios.

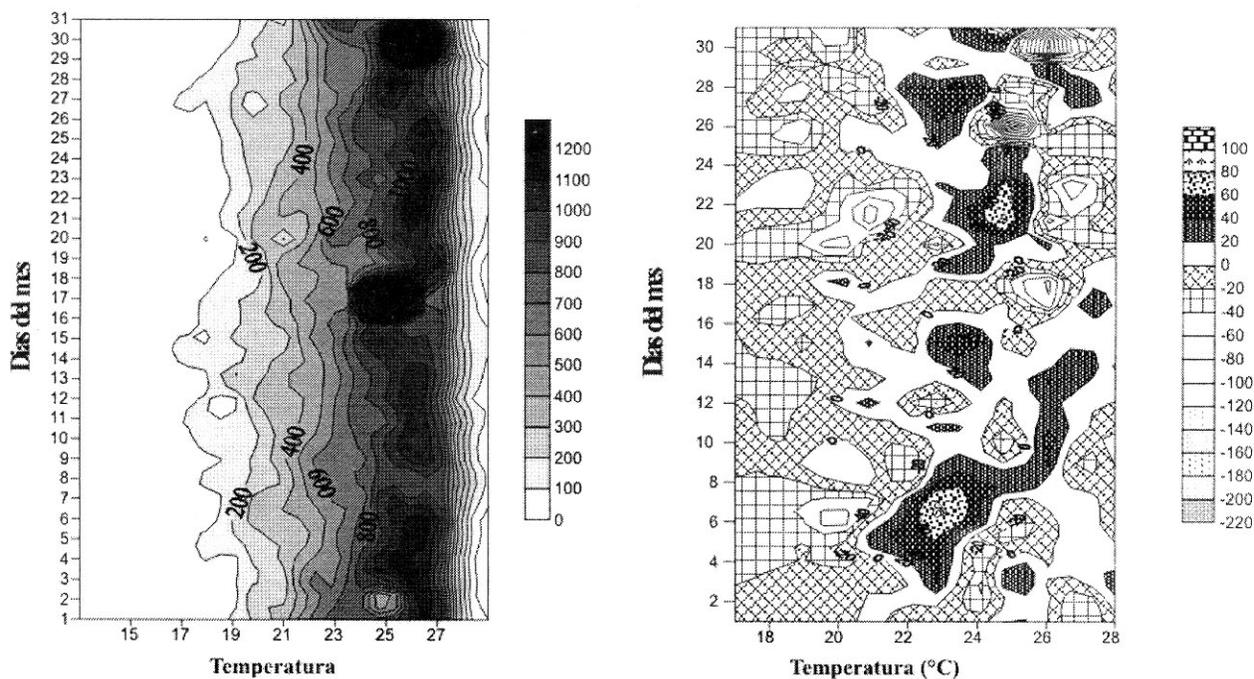


Fig 1.- Carta característica de la frecuencia (a) y carta característica de la tendencia (b) de la variable temperatura en la estación de Casablanca. Período 1970 – 1999.

Sin embargo, al elaborar tanto la carta característica de la variable temperatura (Fig. 1a) como su Carta de tendencias (Fig. 1 b). se encuentra que la cantidad de días en los diferentes meses no es la misma, teniéndose en la serie 10 416 datos hasta el día 28, 10 424 datos hasta el día 29, 10 280 hasta el día 30 y 6 727 datos hasta el día 31 con las normas siguientes:

Días	Norma
Hasta el día 28	0.999
Hasta el día 29	1.0
Hasta el día 30	0.981
Hasta el día 31	0.645

Puede demostrarse que las series de datos 28, 29, 30 y 31 forman cadenas de Markov y que a la vez son medibles e isomorfos (Koroliuk, 1981), pero cuando se considera la norma se ve que tanto en 28 y 29 como en 30 la norma indica un salto menor en la medida, pero que al considerar el 31 el salto del paso en la cadena es muy grande y la medida, aunque isomorfa puede crear un 35 % de incertidumbre, por lo que en este caso sería necesario un análisis más riguroso para considerar los meses de 31 días, específicamente el día 31, ya que este salto se produce lo mismo de un mes a otro con un intermedio como con dos meses consecutivos, quitándole unicidad al salto y formando un conjunto del tipo: {3, 5, 7, 8, 10, 12, 1, 2} y no compatible con la métrica establecida en las cadenas de Markov.

Por tanto, para trabajar con los datos medios diarios es imprescindible hacerlo anualmente, donde las cadenas también son homogéneas con salto unitario, pero la norma no es violada en la serie con saltos de un día pudiendo contemplar el año bisiesto como una media entre los días 28 y 29 de febrero y asignar el valor al día 28 haciendo todas las series de 365 días, y por lo tanto poseedoras de la misma métrica y el mismo valor del salto en la cadena. Esto se corresponde con los métodos usados tradicionalmente para el cálculo de la tendencia, donde se clasifica la data en datos medios anuales.

## ANÁLISIS DE LAS CARTAS

No obstante lo planteado, se obtendrá la mayor información posible de la figura 1. Al analizar la fig. 1a se puede ver que, ocurren máximos de frecuencia de 26° C de temperatura media diaria en los primeros 15 días del mes, trasladándose en los siguientes 3 días a 25° C y los días 29 y 30 de nuevo 26° C. Cabe destacar que los mayores valores de frecuencia de la temperatura media diaria se hallan entre 25° C y 26° C. También que por debajo de 18° C no se encuentran valores de frecuencia con significado hasta la décima de por ciento.

En lo referente a la carta de tendencias puede verse que por debajo de 22° C de temperatura media diaria la tendencia es a disminuir los valores para todos los días del mes. Los valores de temperatura media diaria tienden a disminuir en la segunda quincena del mes para valores entre 25° C y 28° C. Hay una tendencia positiva

para valores entre 22° C y 24° C para todos los días del mes y un máximo de tendencia positiva entre el 24° C y 25° C para los días entre el 21 y el 23.

## CONCLUSIONES

Por todo lo anterior expuesto se concluye que:

1. El método establecido por Alvarez (2000) para el cálculo de la tendencia mediante observaciones trihorarias es válido para observaciones medias diarias.

2. Al aplicar la metodología para valores medios diarios esto debe hacerse considerando cada serie anual ya que las series para los días del mes presentan una incertidumbre insalvable.

3. El método con observaciones medias diarias para series de un año es similar a los métodos clásicos con la diferencia que ofrece como respuesta un valor numérico.

4. El análisis efectuado con el caso de la temperatura media diaria de acuerdo con el día del mes presenta una fuerte similitud en el sentido de la disminución de la tendencia para valores bajos de la temperatura, similar al obtenido por Centellas (1998) y Álvarez (2000).

## REFERENCIAS.

Álvarez, R., Álvarez, L., Roque, A., Soitura, R., Pérez, D. O., Aenlle, L., Bouza, L., Ayala L., Borrajero, I., A., Amaro, L. y Báez, R. 1999: Análisis de los cambios en los patrones de dispersión de contaminantes, del potencial eólico energético y algunas variables meteorológicas debido a la variabilidad climática y/o los cambios climáticos y sus aplicaciones. Informe de resultado. Ins. Met. 212 pp. Forum Científico sobre los estudios del Cambio Global (2001), 28 Nov. La Habana. Cuba.

Álvarez, R. 2000a: Nueva metodología para el estudio de la variabilidad climática. Revista Cubana de Meteorología. Vol. 7, Nº. 1 pp. 55 – 61.

Álvarez, R. y Delgado, C., 2000b: Condiciones de Confort para la explotación de las gallinas ponedoras. Revista Cubana de Ciencias Avícolas. Vol. 24, Nº. 1 pp. 1 – 15.

Álvarez, R., Álvarez, L., Roque, A., Amaro, L., Aenlle, L. y Ramos, E. 2001: Nueva metodología para la caracterización de la contaminación atmosférica producida por fuentes radiactivas y convencionales. Informe de resultado. Proyecto Nº. 003061. Inst. Met. 118 pp.

Centella, A., 1997: Variaciones y cambios del clima en Cuba. Centro Nacional del Clima. Inst. Met. C. Habana. Cuba, 54 pp.

Dinculeanu, N., 2000: Integral representation of Gaussian Measures. Rev. R. Acad. Cienc. Exact. Fis. Mat. (Esp.) Vol 94, Nº. 4, pp. 451 – 453.

Garrido, M. I., Jaramillo, A. y Prieto, A. 2000: Banach-Stone theorems for Banach manifolds. Rev. R. Acad. Cienc. Exact. Fis. Mat. (Esp.) Vol 94, Nº. 4, pp. 525 – 528.

Koroliuk, V. S. 1981: Manual de la teoría de Probabilidades y Estadísticas Matemáticas. Ed. Mir Moscú. Pp. 176 – 190.

## ABSTRACT

*The new methodology presented by Alvarez (2000a) for trends calculation through Banach and Gilbert spaces is proposed for long series of trihourly observations. Applying new theorems it is concluded that this methodology is suitable for daily mean meteorological observations. It is stated that through this methodology the classic methods used in the trend calculation are reached with the difference that now numerical values are obtained that allows a superior discrimination of results. Other conclusions are given.*

## Palabra clave:

Cálculo de la tendencia.