

# ESTUDIO DE VARIABLES METEOROLÓGICAS EN LA ESTACION SAN MIGUEL, PROVINCIA DE BUENOS AIRES. INFORME DE AVANCE

H. GROSSI GALLEGOS<sup>+</sup> y M. L. BLAZQUEZ\*  
Red Solarimétrica, Servicio Meteorológico Nacional  
Avda. Mitre 3100, (1663) San Miguel  
Buenos Aires, ARGENTINA  
Tel./Fax. (54-1) 455 6762

## RESUMEN

Para completar un estudio iniciado acerca de la posible variación secular de la radiación global en la estación San Miguel asociada al Cambio Climático Global, se analiza el comportamiento de los promedios anuales de otras variables meteorológicas vinculadas aplicando criterios estadísticos. Los resultados encontrados no permiten establecer con certeza ninguna tendencia definida, pero dan indicios de la influencia de una Isla Urbana de Calor (IUC) en la región que obliga a corregir los datos de temperatura.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha constituido en un tema de creciente interés el estudio del *Cambio Climático Global*, esto es, la variación del Sistema Climático Terrestre (SCT) que podría tener impacto sobre las sociedades humanas y los ecosistemas naturales. El mismo se encuentra condicionado por forzantes exteriores, tanto naturales (variaciones en la radiación solar, cambios en la composición química de la atmósfera debidos al vulcanismo, alteraciones de la superficie terrestre, etc.) cuanto antropogénicos (alteraciones en la cobertura de la superficie terrestre, cambios en la composición química de la atmósfera que alteren el efecto invernadero natural y la capa de ozono, aumento de la concentración atmosférica de contaminantes sólidos y líquidos, etc.), que actúan en todas las escalas temporales, desde años a milenios.

En una escala de tiempo corta uno de los forzantes de mayor actualidad es el aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> y otros gases inducido por el hombre, lo que podría llevar a un calentamiento global debido a una disminución de las pérdidas de calor de la Tierra por radiación de onda larga, si bien esta disminución traería aparejada modificaciones que podrían compensar o acentuar el efecto anotado. Existe bastante incerteza acerca de la realimentación del calentamiento global a causa de la variación en la extensión y la transmisividad de la cobertura de nubes que provocaría un posible aumento del contenido de agua de la atmósfera debido al mencionado calentamiento.

Dado que el Sol provee la energía que conduce el SCT, posibles variaciones en su irradiancia serían obviamente un mecanismo potencial para incidir en el cambio global. Pero la cuantificación de este rol se hace difícil porque recién a fines de la década del '70 comenzaron a hacerse observaciones precisas de la "constante solar" desde satélites, las que podrían ser utilizadas para estimar cambios seculares haciendo uso de relaciones establecidas con otros indicadores de la variabilidad solar más fácilmente observables desde la superficie de la Tierra, como es el caso de los grupos de manchas solares que se extiende al siglo XVII.

Las mediciones hechas desde 1978 han puesto en evidencia que la llamada "constante solar" no es estrictamente constante y que ha aumentado su valor en aproximadamente 0.1 % durante los picos de 1979 (ciclo solar N° 21) y de 1991 (ciclo solar N° 22) con respecto a los años del llamado Sol Quieto 1985/1986 (Wilson and Hudson, 1988; Kyle *et al.*, 1994).

La fuerza radiativa debida a este cambio en la irradiancia solar puede ser obtenida multiplicando el mismo por un factor de  $(1 - \text{albedo planetario})/4$ , lo cual arroja un valor de 0.175 (el factor 4 está asociado al hecho de que el área de la superficie terrestre es 4 veces la sección eficaz de la Tierra vista desde el Sol). Con este valor, el cambio de 0.1 % hallado en la irradiancia sería equivalente a un forzante radiativo extra de  $0.24 \text{ Wm}^{-2}$  si todo el cambio al tope de la atmósfera actuara sobre la tropopausa.

De todas maneras, si bien este valor es una fracción significativa de la que se cree es inducida por cambios en la concentración de gases de invernadero sobre el período de una década, existen varios factores que hacen creer que esta comparación está sobrestimando el verdadero rol del Sol sobre el clima reciente ya que el cambio neto de la irradiancia sobre un ciclo de 11 años es prácticamente nulo (IPCC, 1994).

Al margen de su influencia climática, los efectos directos de posibles cambios en la cantidad de radiación global recibida en la superficie terrestre son de considerable importancia ya que es ella quien provee de energía para la fotosíntesis y la evaporación, por lo que cualquier cambio significativo en su régimen podría influenciar las fuentes de alimentos y de agua del hombre.

## ANTECEDENTES Y OBJETO DEL ESTUDIO

Algunos trabajos realizados en otras regiones del planeta (Stanhill and Moreshet, 1992) llevaron a que se comenzara a estudiar

\* Alumna del último año de la Licenciatura en Física, USAL.

<sup>+</sup> Miembro de la Carrera del Investigador del CONICET.

en Argentina la posible variación secular de la radiación global, entendiéndose por secular a aquella detectable a lo largo de un período extenso de medición (Grossi Gallegos y Atienza, 1995). Se analizaron así los registros obtenidos durante los últimos quince años en cuatro estaciones de la Red Solarimétrica (San Miguel, Paraná, Rafaela y Cerrillos), obteniéndose tendencias que, al igual que en otros trabajos similares llevados a cabo en Australia (Stanhill and Kalma, 1994), quedaban enmascaradas por el nivel de los errores instrumentales.

Para tratar de completar ese primer análisis se consideraron en el mismo trabajo los valores de heliofanía registrados en las mencionadas estaciones y, en particular, en la estación San Miguel ya que los mismos, al estar fuertemente relacionados con la radiación global, permitían considerar períodos de mayor extensión en el tiempo (en este último caso, 49 años). Sin embargo, al no poder estimarse la incerteza cometida en la determinación de la heliofanía relativa, este análisis no ayudó a definir la cuestión.

Como parte de un trabajo final de graduación en la Licenciatura en Física de la Universidad del Salvador se decidió completar el mismo y utilizar decisorios estadísticos (ensayo de hipótesis) para analizar la existencia de posibles tendencias en otras variables meteorológicas, comenzando con los registros de la estación ubicada en San Miguel, Provincia de Buenos Aires ( $34^{\circ}33'S$ ;  $58^{\circ}44'W$ ).

Se adoptó como nivel de significación el 5% ( $p < 0.05$ ), esto es, habría 5 ocasiones en 100 en que se rechazaría la hipótesis de no existencia de variación secular cuando debiera ser aceptada (dicho de otra manera, se está con un 95% de confianza de que se toma la decisión adecuada).

Se consideraron en esta ocasión los promedios mensuales de radiación solar global obtenidos con un sensor fotovoltaico a lo largo de quince años (1980-1994), los promedios mensuales de la heliofanía relativa correspondientes al período 1946-1994, los promedios mensuales (media entre máxima y mínima) de la temperatura media del aire en abrigo (1946-1994), los promedios mensuales (promedio de las lecturas tri-diurnas) de la temperatura media del aire (1946-1994) y los promedios mensuales de nubosidad (1961 a 1990).

## RESULTADOS

En lo que se refiere a la radiación global, se validó la serie analizando mensualmente el ajuste de los promedios mensuales de los últimos años con la regresión establecida con la heliofanía relativa media durante los primeros 9 años de operación de la estación solarimétrica; se detectó así que los promedios del mes de julio correspondientes a los años 1989, 1990 y 1993 se apartaban considerablemente de ella (su inclusión modificaba substancialmente las constantes de regresión). Analizado el caso, se pudo ver que el motivo era la pérdida de un número elevado de datos diarios por problemas en la alimentación eléctrica del integrador, decidiéndose entonces su eliminación.

Con los promedios anuales así elaborados se estudió nuevamente su variación a través del tiempo, obteniéndose una pendiente de  $-0.027 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}/\text{año}$  (Figura 1), que no es estadísticamente significativa ( $p = 0.227$ ).

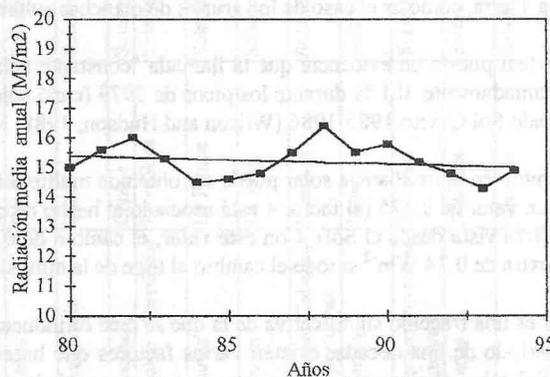


Figura 1. Variación temporal de los promedios anuales de la radiación solar global sobre plano horizontal.

En cuanto a los valores anuales de heliofanía relativa, la pendiente hallada para la serie considerada (1946-1994) es levemente negativa ( $-0.001$ ), sin significancia estadística. Como puede observarse en la Figura 2, a lo largo del tiempo se alternan períodos de mayor y menor variabilidad; se analizó por ello la serie cada 16 años, hallándose para el período 1946-1962 una pendiente negativa similar sin significancia estadística, para 1963-1978 una positiva ( $0.002$ ) sin significancia estadística, y para el período 1979-1994 la pendiente vuelve a ser negativa ( $-0.003$ ) y sin significancia.

Como variable meteorológica complementaria, pero de menor confiabilidad dada la componente subjetiva de su observación, se analizaron los valores anuales de la nubosidad en una serie de 30 años (1961-1990). Si bien se registra un aumento de la

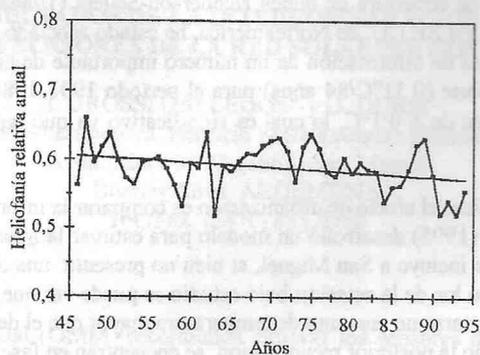


Figura 2. Variación temporal de los promedios anuales de la heliofanía relativa.

misma (0.019 octavos/año), lo cual sería razonable frente a una disminución de la radiación global y de la heliofanía; el nivel de confianza alcanzado (0.004) queda sin embargo opacado por las fuentes de error ya mencionadas (Figura 3).

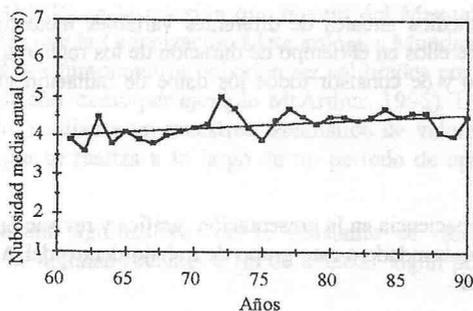


Figura 3. Variación temporal de los promedios anuales de la nubosidad.

El comportamiento de la temperatura media anual fue analizado, tanto para la calculada como el promedio de las lecturas correspondientes a las 8, 14 y 22 horas cuanto a la determinada por la semi-suma de los valores de máxima y de mínima. Con respecto al promedio calculado en base a 24 horas de lectura el promedio calculado a partir de las lecturas tri-diurnas debe ser corregido por una constante que depende del mes y de la ubicación de la estación, de acuerdo con las tablas elaboradas por el Servicio Meteorológico Nacional. Por otra parte, los promedios calculados a partir de la máxima y la mínima difieren del valor correcto en una constante siempre y cuando el período considerado sea suficientemente extenso (por ejemplo, una década); además, las deficiencias de la termometría correspondiente a los termómetros de máxima y de mínima provoca que no siempre se cumpla esto (Hoffmann, 1990).

De todas maneras, la marcha de los promedios da como resultado una pendiente positiva en ambos casos (Figura 4), siendo posible pensar en un calentamiento del orden de los 0.03 °C/año para el período analizado (1946-1994 para los valores tri-diurnos, 1946-1990 para los promedios de máxima y mínima), resultado que resulta estadísticamente significativo.

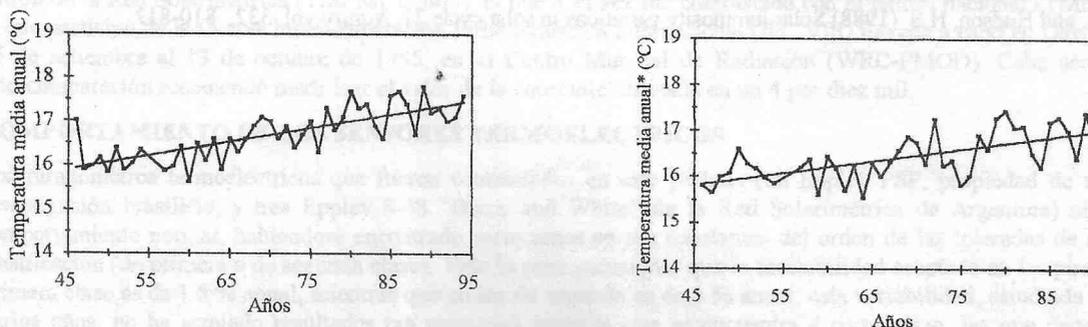


Figura 4. Variación temporal de los promedios anuales de la temperatura tri-diurna (izquierda) y máxima-mínima (derecha).

A partir de observaciones históricas de cobertura de nubes Henderson-Sellers (1986a, 1986b) mostró empíricamente que su incremento, tanto en Europa como en los EE.UU. de Norteamérica, ha estado asociado con incrementos de las temperaturas del aire. Pero, en base a una gran cantidad de información de un número importante de ciudades de los EE.UU. se estimó que la tendencia creciente del Hemisferio Norte ( $0.31^{\circ}\text{C}/84$  años) para el período 1901-1984 podría tener una componente espúrea inducida por la urbanización del orden de  $+0.1^{\circ}\text{C}$ , lo cual es significativo ya que representa la tercera parte de la tendencia hallada.

El método más inmediato para identificar el efecto de urbanización es comparar la información de cada estación con otra vecina libre de influencia urbana. Camilloni (1995) desarrolló un modelo para estimar la intensidad media anual de la Isla Urbana de Calor (IUC) válido para la región que incluye a San Miguel, si bien no presenta una alta densidad de población. Comparando los valores anuales de este modelo con los de la estación bajo estudio se puede ver que, aproximadamente a partir de mediados de la década del '60, comienza a registrarse un aumento de temperatura mayor que el del modelo en el que, tanto la disminución registrada hasta la década del '70 como la posterior recuperación, se encuentran en fase con lo hallado por Hoffmann para otras regiones del norte argentino.

Si bien en el período 1965-1991 ha habido un calentamiento generalizado en la zona rural de esta región, con una tendencia registrada de  $0.02^{\circ}\text{C}/\text{año}$  (que es reproducida por el modelo mencionado), en la estación San Miguel es mayor y hace evidente la necesidad de corregir los datos por la influencia urbana, lo cual podría quitarle significancia a los resultados hallados.

## CONCLUSION

El análisis practicado sobre los promedios anuales de diferentes variables meteorológicas no permite llegar a resultados concluyentes acerca de una variación de ellos en el tiempo de duración de los registros. Queda en claro la necesidad de separar la influencia del calentamiento urbano y de consistir todos los datos de radiación global, tratando de detectar algún efecto interanual.

## AGRADECIMIENTOS

A Graciela Renzini, por su inagotable paciencia en la presentación gráfica y revisión de la versión final de este trabajo. A la Universidad del Salvador, por el apoyo brindado a este grupo de trabajo dentro del Acuerdo de Mutua Colaboración firmado con el Servicio Meteorológico Nacional.

## REFERENCIAS

- Camilloni, S. (1995) *Detección de la señal de la isla urbana de calor y de variaciones climáticas*. Trabajo de Tesis para optar por el título de Doctor de la Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, 115pp.
- Grossi Gallegos, H. y Atienza, G. (1995) Variación secular de la radiación global en la Argentina: primeros resultados. En *Actas de la XVIII Reunión de Trabajo de la ASADES*, San Luis, Argentina (en prensa).
- Henderson-Sellers, A. (1986a) Cloud cover changes in a warming Europe. *Clim. Change* vol. 8, 25-52.
- Henderson-Sellers, A. (1986b) Increasing cloud in a warming world. *Clim. Change* vol. 9, 267-309.
- Hoffmann, J.A. (1990) De las variaciones de la temperatura del aire en la Argentina y estaciones de la zona subantártica adyacente, desde 1903 hasta 1989 inclusive. En *Preprints of the First Latin American Conference on Geophysics and Spatial Antarctic Research*, Centro Latinoamericano de Física, Buenos Aires, Argentina, 160-168.
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (1994) *Climate Change 1994: Radiative Forcing of Climate Change and An Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios*, J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, J. Bruce, Hoesung Lee, B.A. Callandre, E. Haites, N. Harris and K. Maskell (Eds), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 305 pp.
- Kyle, H.L., Hoyt, D.V. and Hickey, J.R. (1994) A review of the Nimbus-7 ERB Solar Data Set. *Solar Physics* vol. 152, 9-12.
- Stanhill, G. and Moreshet, S. (1992) Global radiation climate changes: the World Network. *Climatic Change* vol. 21, 57-75.
- Stanhill, G. and Kalma, J.D. (1994) *Aust. Met. Mag.* vol. 43, 81-86.
- Wilson, R.C. and Hudson, H.S. (1988) Solar luminosity variations in solar cycle 21. *Nature* vol. 332, 810-812.