

ERROR EN LA IRRADIANCIA SOLAR MODELADA CONSIDERANDO CONSTANTE LA DECLINACIÓN SOLAR A LO LARGO DEL DÍA

Rubén RODRIGUEZ¹, Juan BREX¹, Rodolfo G. CIONCO^{1,2}
gcionco@frsn.utn.edu.ar

¹Grupo de Estudios Ambientales (GEA-UTN)

²Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Bs. As. (CICPBA)

RESUMEN

La irradiancia solar incidente a tope de atmósfera es la principal fuente de energía del sistema climático. En modelos de predicción meteorológica o evolución climática, el cálculo de la irradiancia incidente se efectúa estimando la declinación del Sol y considerándola constante a lo largo del día. Teniendo en cuenta resultados recientes basados en efemérides planetarias de alta precisión, efectuamos una estimación de la distribución del error a lo largo del año en la irradiancia diaria media para el paralelo 34.5°S, considerando dos valores de declinación solar que ocurren el mismo día. El error máximo cometido es de aproximadamente 1.5 Wm⁻² o 0.4% para los equinoccios. Aunque no es un valor intrínsecamente alto, es similar al error recientemente reportado para modelos de circulación global debido a inexactitudes en el cálculo del ángulo zenital solar. Estas discrepancias atentan contra el principio de conservación de la energía inherente a cualquier modelo de evolución climática.

ABSTRACT

The most important forcing of the climate system is the solar irradiance. In climate modelling or weather forecasting simulations, the incoming irradiance is calculated considering the Sun's declination as a constant over the whole day. Taking into account recent results based on high precision planetary ephemeris, we estimate the error along the year in the mean daily irradiance for the 34.5°S parallel, considering two values of Sun's declination that occur the same day. The maximal error committed is about 1.5 Wm⁻² or 0.4% for the equinoctial days. Although it is not an intrinsic high value, it is similar to a recently reported error in global circulation models that is due to inaccuracies in solar zenith angle calculation. These discrepancies threaten the principle of conservation of energy inherent in any model of climate evolution.

Palabras clave: declinación solar, forzante solar, modelado climático.

1) INTRODUCCIÓN

Los programas de evolución climática están basados en el cálculo de la irradiancia solar incidente por sobre la atmósfera (Hogan y Hirahara, 2016). A tope de atmósfera, la irradiancia diaria media, W , sobre un paralelo de latitud ϕ es:

$$W = \frac{S_0}{\pi} \left(\frac{1 \text{ au}}{r} \right)^2 H_0 \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \sin H_0, \quad (1)$$

donde S_0 es la “constante solar”, r es la distancia al Sol (au es la unidad astronómica), H_0 es el ángulo horario de salida del Sol, y δ es la declinación solar, que está conectada a la posición orbital *geocéntrica* del Sol por:

$$\sin \delta = \sin \lambda \sin \epsilon, \quad (2)$$

donde λ es la longitud orbital del Sol (vista desde la Tierra) y ε es la oblicuidad o inclinación del eje de rotación terrestre. λ reemplaza a la variable tiempo, ya que está vinculada con los meses del año (se tiene en cuenta la precesión de los equinoccios en su cálculo). Por ejemplo, $\lambda=0^\circ$, 180° corresponden a los equinoccios. λ avanza unos 30° cada mes. Los elementos orbitales terrestres y λ para cada día durante todo el Holoceno (estado del arte) están tabulados en Cionco y Soon (2017), para un observador en Greenwich (observador O), a cualquier latitud.

2) METODOLOGÍA Y RESULTADOS

Una estimación realista del error cometido al evaluar la Ec. (1) con los valores tabulados a mediodía para el observador O (W_0), y con otro valor de λ que ocurre ese día pero en el meridiano de otro observador de ese mismo paralelo (W) se obtiene así: por ejemplo, para $\lambda=0^\circ$ se busca el día del año donde ocurre el equinoccio; para calcular W_0 se usa el valor de λ tabulado para el mediodía del observador O (que no es necesariamente 0° ya que el equinoccio ocurre, en general, a otra hora, en el meridiano de otro observador en ese mismo paralelo); W se obtiene evaluando la Ec.(1), para ese día equinoccial, con $\lambda=0^\circ$.

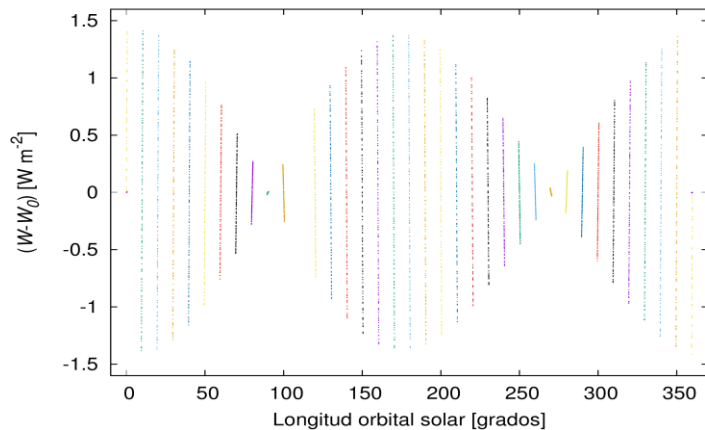


Figura 1: Diferencias de irradiancia media teórica.

Las diferencias $W-W_0$ se muestran en la Fig.(1) para $\lambda \in (0^\circ, 360^\circ)$. Los distintos colores corresponden a los valores de λ tabulados, que varían a lo largo de los años de cálculo (1990-2025). Se observa que las mayores diferencias en irradiancia media, entre un cierto evento caracterizado por λ y el valor de irradiancia media evaluado para el observador O, son de aproximadamente 1.5 Wm^{-2} , lo que equivale a un 0.4% de error relativo. Aunque parece un valor no muy alto, es mayor que el error con el que se determina W . Por otro lado, es similar al error recientemente reportado para modelos

de circulación global debido a inexactitudes en el cálculo del ángulo zenital solar (Hogan y Hirahara, 2016). Aunque este es un trabajo preliminar y se necesita más estudio para evaluar el impacto de estas diferencias en los modelos de circulación, es claro que estas discrepancias atentan contra el principio de conservación de la energía inherente a cualquier modelo de evolución climática.

REFERENCIAS

Cionco, R. G. y Soon, W.-H., 2017: Short-term orbital forcing: A quasi-review and a reappraisal of realistic boundary conditions for climate modeling, *Earth-Science Reviews*, 166, 206-222, <http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.01.013>

HOGAN, Robin J. y HIRAHARA, Shoji, 2016: Effect of solar zenith angle specification in models on mean shortwave fluxes and stratospheric temperatures. *Geophysical Research Letters*, 2016, vol. 43, no 1, p. 482-488.