

# LA REPRESENTATIVIDAD DE LAS MEDIDAS DE UNA MEDIA ESTACIONAL FRENTE A UNA MEDIA ANUAL, EN LA RELACIÓN ENTRE LA IRRADIACIÓN SOLAR E INSOLACIÓN

Joaquín MUÑOZ SABATER, F. Javier MORCILLO LÓPEZ y M. Amparo SÁNCHEZ ALANDÍ  
Dpt. de *Termodinàmica. Universitat de Valencia*

## RESUMEN

La sencilla relación lineal propuesta por Angstrom-Prescott en 1924 entre la irradiación solar global relativa  $H/H_0$  y la insolación relativa  $n/N$ , ha sido sometida, con el transcurso de los años, a numerosos procedimientos experimentales, casi todos ellos tratando un período de varios años. En el Laboratorio de Enseñanza de Física del Medio Ambiente de la Universidad de Valencia, se ha estudiado esta relación utilizando datos correspondientes a días salteados de tres meses, prácticamente coincidentes con el período estacional de otoño. Sin embargo, los resultados finales coinciden en gran medida con los correspondientes a trabajos hechos sobre un período de varios años, lo cual puede significar que, en determinadas ocasiones, las medidas hechas sobre un período estacional, pueden ser representativas de las correspondientes a una media anual o de varios años.

**Palabras clave:** Insolación, irradiación solar, relación de Angstrom-Prescott.

## ABSTRACT

The simple linear relationship proposed by Angstrom-Prescott in 1924 between relative global solar irradiance,  $H/H_0$ , and relative insolation,  $n/N$ , has undergone, along the years, a number of experimental applications, almost always dealing with periods of several years. In the teaching Environmental Physics Laboratory of the University of Valencia we have studied this relationship using data corresponding to days within a period of three months, practically coinciding with the autumn season. In spite of that, the final results obtained largely coincide with those from other studies carried out over periods of several years. This means that in some occasions, the measurements carried out over a seasonal period may also be representative of those corresponding to annual means over a number of years.

**Keywords:** Angstrom-Prescott relationship, insolation, solar irradiance.

## 1. INTRODUCCIÓN

Podemos considerar al Sol como fuente principal e inagotable de energía de nuestro sistema. Sin embargo, no toda la energía que emite el Sol llega a La Tierra, ya que ésta constituye una minúscula superficie captadora dentro del Sistema Solar. Además, los fenómenos de absorción, reflexión y difusión que se producen en el seno de nuestra atmósfera, provocan que no toda la energía que alcanza el techo de la atmósfera llegue íntegramente a la superficie terrestre. Así, a la cantidad de energía radiante procedente del Sol que llega por unidad de tiempo y por unidad de área, la llamamos *constante solar*  $I_0$ . A lo largo del día, desde el orto hasta el ocaso, se recibiría una energía por unidad de superficie que es la *irradiación solar extraterrestre diaria*  $H_0$ . Sin embargo, el efecto de la atmósfera hace que la cantidad de energía que alcanza el suelo sea distinta, y se le llama *irradiación solar global diaria*  $H$ . El cociente  $H/H_0$  es la transmisividad o *irradiación solar global relativa*.

Al número de horas que luce el Sol con intensidad superior a  $0.2 \text{ cal cm}^{-2} \text{ min}$ , se le llama *insolación efectiva* o *número de horas de Sol eficaz*  $n$ , llamando a  $N$  la duración del día astronómico,  $n/N$  será entonces la insolación relativa.

A partir de las magnitudes definidas, la relación de Angstrom-Prescott que las liga es

$$\frac{H}{H_0} = a + b \cdot \frac{n}{N}$$

y que no es más que la ecuación de una recta, cuyos coeficientes  $a$  y  $b$  pueden determinarse experimentalmente, a partir de los valores de  $H$  y  $n$  obtenidos durante 23 días (comprendidos dentro de los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre de 1998) en la Facultad de Físicas de la Universidad de Valencia. Desde luego, entre irradiación solar e insolación, se pueden buscar otro tipo de correlaciones, no lineales, que intenten mejorar la relación entre ambas magnitudes, tales como correlaciones cuadráticas o múltiples, donde intervengan factores como la nubosidad, la temperatura o la precipitación. Sin embargo, nosotros nos hemos basado en la relación de Angstrom-Prescott, y hemos relacionado los resultados obtenidos con los que MARTÍNEZ LOZANO obtuvo para el período entre 1973-1980.

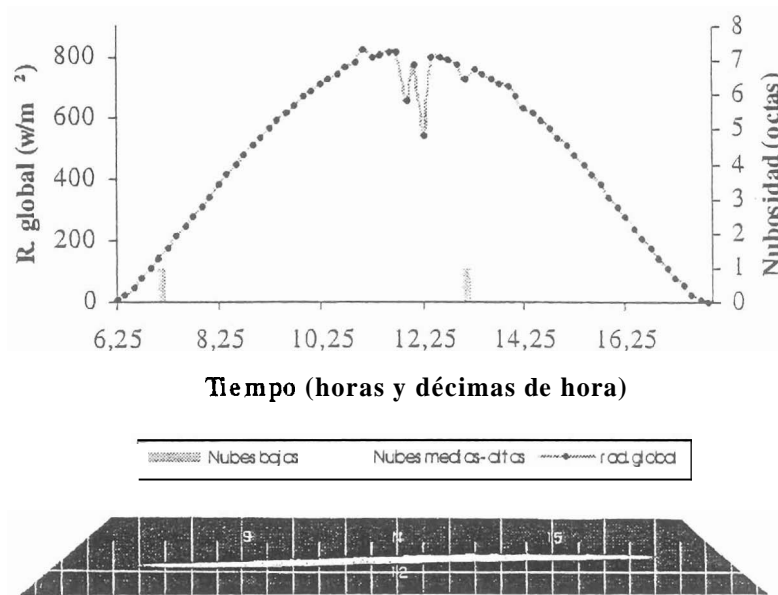
## 2. METODOLOGÍA E INSTRUMENTACIÓN

Los datos de radiación solar global se obtuvieron con un *piranómetro Kipp & Zonen* que automáticamente iba midiendo la irradiancia global cada diez minutos para cada uno de los días utilizados, almacenándolos en un *datalogger LICOR LI-1000*. A partir de estas magnitudes e integrando para el periodo de tiempo que va desde el orto hasta el ocaso, obtenemos el valor de  $H$ .

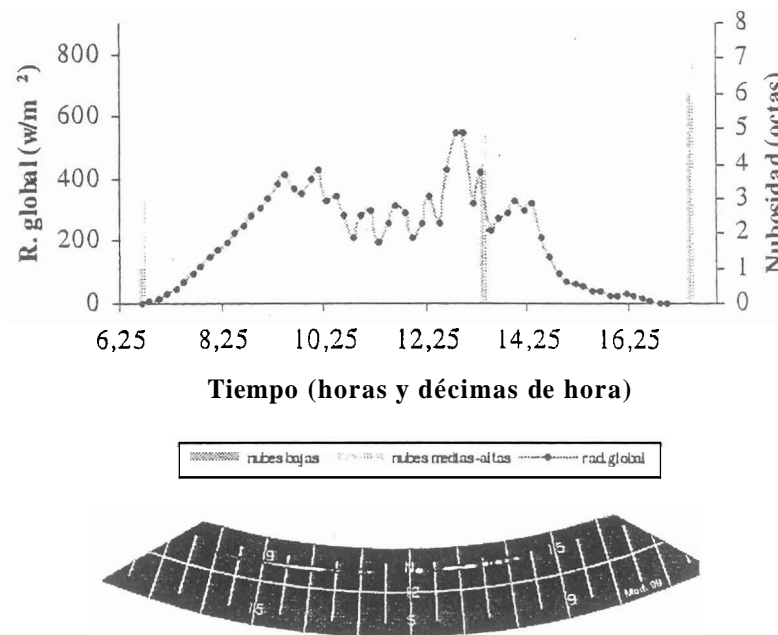
Para el cálculo de  $n$ , se utilizó un *heliógrafo de Campbell-Stokes*. Se trata de una esfera de vidrio macizo de unos 10 cm de diámetro montada concéntricamente dentro de una envolvente metálica. Esta esfera actúa a modo de lente, concentrando los rayos solares sobre una tira de cartulina sensible a los rayos solares. La radiación solar quema la cartulina dejando en ella una traza, a través de la cual y mediante una regla milimetrada se puede obtener la medida de la insolación expresada en horas. El resto de términos se determinan utilizando ecuaciones como las deducidas en IQBAL .

La siguiente figura (Gráfica 1) muestra el resultado para un día soleado (01.10.98), donde además se ha añadido información sobre la nubosidad. Se puede apreciar que la curva de radiación global es prácticamente continua a lo largo de todo el día, lo cual es característico de cualquier día soleado. Además, la traza quemada por el Sol en la cartulina es asimismo continua.

**Gráfica 1.**



**Gráfica 2.**



Algo muy diferente se obtiene para un día nublado (04.11.98), donde la curva de radiación global es muy irregular y la traza dejada por el Sol en la cartulina es discontinua (Gráfica 2)

La transmisividad global de la atmósfera,  $H/H_0$ , para el día soleado es 0.79 y para el nublado, 0.41. Consiguientemente, las insolaciones relativas,  $n/N$ , son respectivamente, 0.87 y 0.38. Esto, unido a la información disponible sobre las nubes, puede darnos idea, además, de la influencia de los diferentes tipos de nubes en los valores de la irradiación. Es éste un tema abierto que se puede seguir investigando para llegar a resultados más avanzados.

### 3. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El resultado del ajuste lineal entre pares de valores irradiación-insolación llevó a:

$$\frac{H}{H_0} = 0.274 + 0.517 \frac{n}{N}$$

con  $r=0.92$ , siendo  $r$  el coeficiente de correlación.

Como ya se ha citado anteriormente, MARTÍNEZ LOZANO realizó un estudio semejante, pero para el período que transcurrió entre 1973-1980, utilizando un total de 2922 puntos experimentales. Su resultado fue:

$$\frac{H}{H_0} = 0.240 + 0.485 \frac{n}{N}$$

con  $r=0.89$ . Además, si consideramos los ajustes mensuales de MARTÍNEZ LOZANO y calculamos la ordenada en el origen y la pendiente medias para los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre, obtenemos, respectivamente, los valores 0.250 y 0.454. Las diferencias de puntos y tiempo empleado en ambos ajustes son bastante notables (basta comparar 3 meses frente a 7 años, ó 23 puntos frente a 2922). Sin embargo, las diferencias observadas en los resultados, comparando los coeficientes  $a$  y  $b$  de la fórmula de Angstrom-Prescott, son relativamente pequeñas.

Para examinar la validez de la ecuación obtenida anteriormente, se puede realizar una comparación entre los valores de irradiación obtenidos mediante la fórmula de Angstrom-Prescott y los valores medidos experimentalmente, realizando un ajuste lineal y esperando obtener buenos resultados si la pendiente de la recta se acerca a 1, en cuyo caso, los valores dados por la ecuación y por las medidas experimentales se ajustarían perfectamente. Realizando este ejercicio para los datos correspondientes a los 23 días analizados se obtiene una recta con un coeficiente de correlación  $r=0.97$ . Anteriormente, y para los siete años mencionados, MARTÍNEZ LOZANO había obtenido también una recta con un coeficiente de correlación  $r=0.79$ . Consiguientemente, con la ecuación obtenida podemos estimar bastante adecuadamente la irradiación solar global en la ciudad de Valencia, considerando como válida nuestra media estacional que puede ser representativa de la media anual obtenida anteriormente por MARTÍNEZ LOZANO. Esto no quiere decir que las medidas correspondientes a tres meses o medidas estacionales puedan ser sustitutorias de las medidas de varios años para realizar estimaciones de la irradiación en superficie, pero sin duda, sí que pueden darnos una idea de esta magnitud en primera aproximación.

Si en vez de utilizar estos meses para las medidas, hubiésemos utilizado, por ejemplo, los de Junio, Julio y Agosto, seguramente las diferencias hubiesen sido algo más acusadas, ya que durante estos meses se obtienen los valores más alejados de la media anual y, por tanto, este sería otro camino en el cual continuar para probar la validez de la representatividad de cualquier estación del año frente a las medias anuales.

También es significativo que, a pesar de haber transcurrido prácticamente tres décadas desde que MARTÍNEZ LOZANO comenzase a hacer las medidas, hasta las nuestras, en los albores del año 1999, los resultados obtenidos sean, salvando las diferencias, muy parecidos. Esto puede indicarnos que, en Valencia y para los meses analizados, los valores de irradiación se han mantenido relativamente estables durante estos años.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MARTÍNEZ LOZANO, J. A. (1984): "Irradiación solar global e insolación en Valencia". Revista de *Geofísica*, 40, 279-290.

IQBAL. M. Q. (1983): An introduction to solar radiation, Canada, Academic Press.