

# Correlación lineal entre la radiación solar global y algunos parámetros climatológicos en Costa Rica

---

*Jaime Wright Gilmore  
Departamento de Física  
Universidad Nacional*

---

**RESUMEN.** Este trabajo se propone estudiar las relaciones estadísticas entre la radiación solar y algunos parámetros climáticos, con el fin de hallar una técnica que permita la estimación de la radiación global cuando no se cuenten con mediciones directas.

**SUMMARY.** In the present work relation between the total measured solar radiation and various climatic parameters like rain, humidity, sunshine hours order to predict the solar radiation at places where radiation measure are not available.

**RESUME.** L' étude de la relation en-

tre la radiation solaire et certains paramètres climatiques montre qu'il serait possible d'établir un modele permetant l'évaluation de la radiation solaire dans le cas ou' on ne peut disposer de mesures directes.

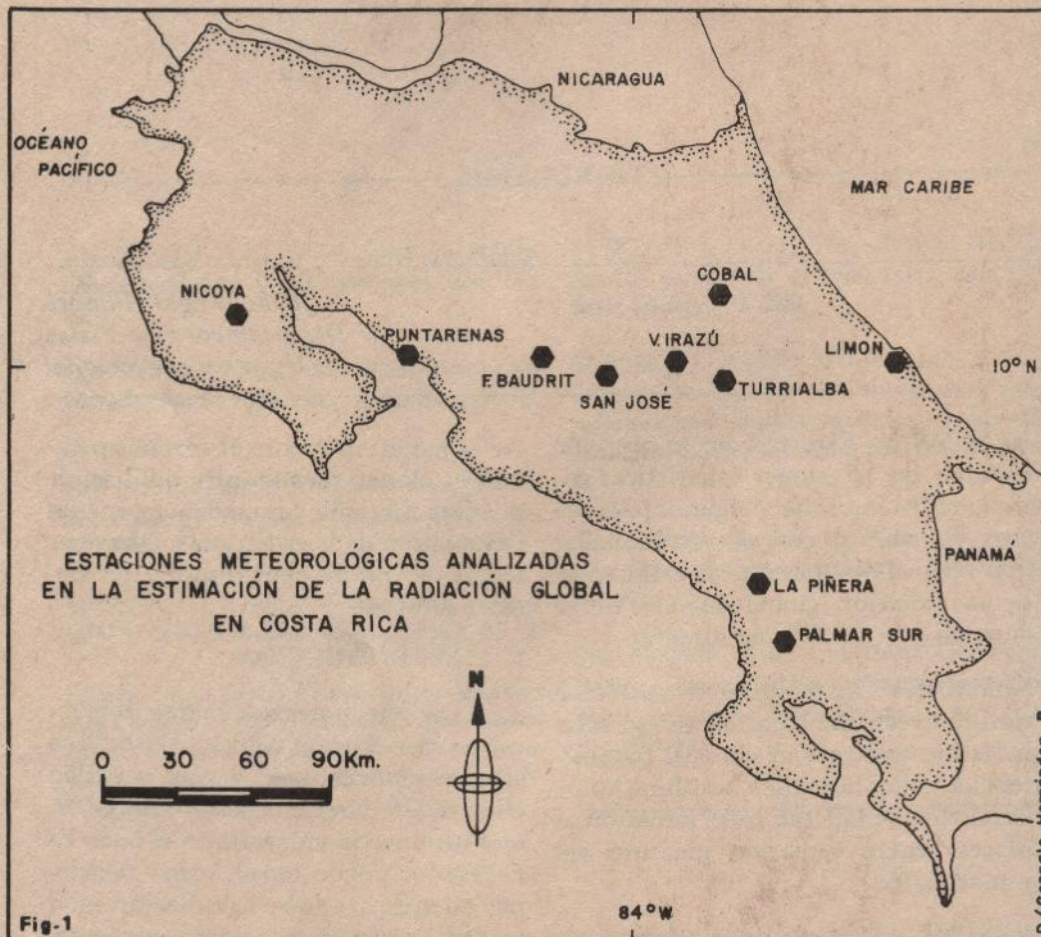
## I. INTRODUCCION

Las estaciones que miden directamente la radiación solar en Costa Rica son muy pocas para la gran variedad climática, especialmente nubosidad, que produce la orografía en el país. Es necesario, por lo tanto, hallar relaciones estadísticas entre la radiación solar medida en estas estaciones con pará-

metros meteorológicos, que se miden usualmente en un número mayor de estaciones de la red observacional. Estas relaciones estadísticas derivadas de estaciones con mediciones de radiación permitirán, entonces, la estimación de la radiación solar en lugares donde no se mide, a partir de parámetros meteorológicos.

Lund (1968), correlacionó nueve años de observación de insolación con mediciones de temperatura, viento, nieve, horas de sol, nubosidad, presión y precipitación en Blue Hill, Massachusetts. Halló que las observaciones

de las horas de sol, es el mejor predictor de la insolación para todos los meses del año. Norris (1968), dividió los datos de nubosidad en clases de transmisividad de acuerdo con tipo de nubes; encontró una pobre correlación y concluyó que es imposible estimar la radiación solar con esas mediciones. Benneth (1969) encontró una buena correlación entre la cantidad, el tipo de nubes y la insolación. Hay que hacer notar que las relaciones obtenidas en las investigaciones citadas, han sido derivadas con observaciones en una simple localización y se ha limitado a la capacidad para otras localizaciones.



## II OBJETIVO E IMPORTANCIA DE ESTE TRABAJO

El objetivo principal de este trabajo es: estudiar datos climáticos y de radiación solar de diversas estaciones meteorológicas de Costa Rica con la intención de desarrollar relaciones para la estimación de la radiación solar.

La importancia de este trabajo se debe al hecho de que nuestro medio está siendo objeto, actualmente, de las aplicaciones cada vez más generalizadas de la radiación solar, en gran parte debido a la escasez y carestía de los combustibles. Basado en lo anterior, los datos de radiación son de un uso significativo en la estimación del rendimiento de cualquier equipo que utiliza la energía solar.

## III APLICACION EN COSTA RICA

En Costa Rica los registros meteorológicos dan las cantidades, horarios y diarios, de la insolación global horizontal pero, por lo general, solamente algunas estaciones tienen la instrumentación necesaria para la medición de todos los componentes útiles de la radiación. En Costa Rica existen veintidós estaciones actinométricas: Nuevo Tronadora (ICE), Nicoya (IMN), Santa Rosa (IMN), Turrialba (IICA) Los Diamantes (IMN), Repetidora Cerro de la Muerte (ICE), Volcán Irazú (IMN), Cobal-Guácimo (IMN), Liberia (IMN), Hacienda Guachipelín (ICE), Taboga (IMN), Bagaces (ICE), Fortuna (ICE), La Lola (IICA), Limón (IMN), Fabio Baudrit (UCR), Palmar Sur (IMN), Potrero Grande (ICE), La Piñera (UCR). Algunas de estas estaciones son estaciones meteorológicas en donde se registran los datos atmosféricos y climáticos de importancia fundamental.

Algunas de estas estaciones tienen un período de medición mayor de cuatro años. Se registran datos de:

1. Temperatura máxima y mínima diaria.
2. Temperatura.
3. Humedad relativa.
4. Velocidad del viento.
5. Precipitación.
6. Brillo solar diario.

Las estaciones meteorológicas que se estudian son las de Cobal (Guácimo), Fabio Baudrit (Alajuela), Irazú, la Piñera (Buenos Aires), Nicoya, Palmar Sur, Puntarenas, San José y Turrialba, pues son las que tienen información meteorológica completa (Fig. 1).

Un análisis de regresión fue elaborado para cada estación obteniendo una recta de los mínimos cuadrados de la forma:

$$Q/Q_0 = A + B X$$

donde  $Q$  = radiación global en un plano horizontal para el período en cuestión.

$Q_0$  = radiación solar en el tope de la atmósfera

$X$  = variable dependiente

Los valores para los coeficientes  $A$ ,  $B$  y el coeficiente de correlación,  $r$ , para cuatro variables independientes distintas se presentan en la tabla 1. Las variables independientes utilizadas en este trabajo son: temperatura máxima, humedad relativa (precipitación

TABLA 1.

Valores medios mensuales recomendados por Klein (1976) de la radiación diaria en una superficie horizontal en el tope de la atmósfera, latitud 10° N (constante solar 1,94 cal. cm<sup>-2</sup> min.<sup>-1</sup>) en unidades de cal. cm<sup>-2</sup>. día<sup>-1</sup>.

| Mes       | Nº de mes | Día del mes | Día del año | Declinación del sol | Radiación solar |
|-----------|-----------|-------------|-------------|---------------------|-----------------|
| Enero     | 1         | 17          | 17          | -21                 | 756             |
| Febrero   | 2         | 16          | 47          | -13                 | 817             |
| Marzo     | 3         | 16          | 75          | -2                  | 872             |
| Abril     | 4         | 15          | 105         | 9                   | 895             |
| Mayo      | 5         | 15          | 132         | 19                  | 888             |
| Junio     | 6         | 11          | 162         | 23                  | 874             |
| Julio     | 7         | 17          | 198         | 21                  | 876             |
| Agosto    | 8         | 16          | 228         | 13                  | 886             |
| Setiembre | 9         | 15          | 258         | 2                   | 876             |
| Octubre   | 10        | 15          | 288         | -10                 | 829             |
| Noviembre | 11        | 14          | 318         | -19                 | 768             |
| Diciembre | 12        | 10          | 344         | -23                 | 734             |

TABLA 2.

Valores de las constantes A y B en la ecuación de regresión  $Q/Q_0 = A + B X$  con base en valores diarios medios mensuales y coeficientes de correlación; r. Q y  $Q_0$  son la radiación global en un plano horizontal en la superficie de la Tierra y la radiación horizontal en el tope de la atmósfera, respectivamente; X es un parámetro meteorológico.

| Estación      | h (m) | Período | Temperatura máxima |       | Humedad relativa |      | Frecuencia Lluvia relativa |       | Horas con sol |      |       |      |      |      |
|---------------|-------|---------|--------------------|-------|------------------|------|----------------------------|-------|---------------|------|-------|------|------|------|
|               |       |         | r                  | A     | B                | r    | A                          | B     | r             | A    | B     |      |      |      |
| Volcán Irazú  | 3400  | 1972-73 | 0,40               | 0,04  | 0,01             | 0,78 | 1,30                       | -0,93 | 0,92          | 0,78 | -0,38 | 0,94 | 0,29 | 0,05 |
| San José      | 1172  | 1972-74 | 0,67               | 0,13  | 0,01             | 0,73 | 1,27                       | -1,05 | 0,84          | 0,46 | -0,16 | 0,94 | 0,22 | 0,03 |
| Fabio Baudrit | 840   | 1970-72 | 0,64               | -0,56 | 0,04             | 0,66 | 0,90                       | -0,45 | 0,81          | 0,57 | -0,13 | 0,95 | 0,25 | 0,04 |
| Turrialba     | 602   | 1965-67 | 0,36               | 0,60  | -0,01            | 0,63 | 1,70                       | -1,39 | 0,51          | 0,57 | -0,13 | 0,81 | 0,24 | 0,05 |
| Buenos Aires  | 350   | 1972-74 | 0,51               | -0,17 | 0,02             | 0,57 | 0,97                       | -0,57 | 0,66          | 0,58 | -0,20 | 0,93 | 0,30 | 0,04 |
| Nicoya        | 120   | 1971-73 | 0,58               | -0,18 | 0,02             | 0,83 | 0,88                       | -0,53 | 0,83          | 0,55 | -0,16 | 0,93 | 0,27 | 0,03 |
| Guácimo       | 55    | 1973-75 | 0,46               | -0,07 | 0,01             | 0,34 | 0,76                       | -0,45 | 0,35          | 0,42 | 0,08  | 0,78 | 0,24 | 0,03 |
| Palmar Sur    | 16    | 1978-79 | 0,66               | 0,42  | 0,03             | 0,62 | 1,47                       | -1,22 | 0,79          | 0,46 | -0,11 | 0,79 | 0,25 | 0,02 |
| Limón         | 5     | 1970-72 | 0,28               | 0,03  | 0,01             | 0,44 | 1,32                       | -1,03 | 0,58          | 0,55 | -0,17 | 0,79 | 0,28 | 0,03 |
| Puntarenas    | 3     | 1970-72 | 0,40               | -0,18 | 0,02             | 0,70 | 1,09                       | -0,71 | 0,48          | 0,56 | -0,12 | 0,78 | 0,28 | 0,03 |

mayor de Omm), siendo éste el cociente entre el número de días con lluvia en el mes y el número de días del mes.

La radiación en una superficie horizontal en el tope de la atmósfera,  $Q_0$ , se obtuvo con la fórmula descrita por Klein (1976).

$$Q_0 = 24 \left[ I_0 \left( 1 + 0.033 \cos \frac{360n}{365} \right) \left[ \cos \phi \cos \delta \sin w_s + 2 \sin \phi \sin \delta \sin w_s \right] \right] \quad (2)$$

donde  $I_0$  = constante solar = 1,94 cal. cm<sup>-2</sup>. min<sup>-1</sup>; n = día progresivo del año;  $w_s$  = ángulo horario de orto;  $\phi$  = latitud del lugar, siendo  $\delta = 23,45 \sin 360 \left( \frac{284+n}{365} \right)$  la declinación de declinación del sol.

En la tabla 2 se dan los valores de  $Q_0$  y  $\delta$  para el paralelo 10° N de latitud.

## CONCLUSIONES

Observando los coeficientes de correlación lineal, r, para cada estación, datos en la tabla 2, podemos

concluir que la duración del brillo solar, que es también una función de la nubosidad, emerge como el mejor estimador de la radiación global en Costa Rica. Además, se da una pobre correlación entre la radiación global y los demás parámetros climáticos.

No obstante, en el parámetro meteorológico del número de días con lluvia relativa existen cinco estaciones en las cuales el coeficiente de correlación lineal es mayor de 0,78, lo que da un coeficiente de determinación mayor del 60 %. Sin embargo, las otras cinco estaciones tienen coeficientes de correlación bajos, entre 0,35 y 0,66 lo que no permite dar una fórmula de aplicación general.

Se recomienda para futuros trabajos probar con otras clasificaciones de la cantidad de lluvia, en la estimación de la radiación global, debido a que la precipitación es un parámetro meteorológico dependiente en cierto grado de la nubosidad, con la ventaja de que se puede aplicar a las numerosas estaciones pluviométricas del país.

## BIBLIOGRAFIA

- KLEIN, S.A. (1976). *Calculation of Monthly or Average Insolation on tilted surfaces*. *Solar Energy*. 19. 325.
- LUND, I.A. (1968). *Relationship between insolation and other surface water observation at Blue Hill, Massachusetts*. *Solar Energy*. 12, 95.
- NORRIS, D.J. (1968). *Correlation of Solar Radiation with Clouds*. *Solar Energy*. 12. 107.
- NATARIDOU, V.A. (1979). *The distribution of global and net radiation over Greece*. *Solar Energy*. 22. 505.
- RUTH, D.W. and CHANT, R.E (1976). *The relationship of diffuse radiation to total radiation in Canada*. *Solar Energy*. 18. 153.
- THEAKAEKARA, M.P., CALLINGBOURNE, R.H. and DRUMMOND, A.J. (1972). *A comparison of working standard pyranometers*. The Eppley Lab. Reprint Ser. N° 57. *Bull. Ame. Met. Soc.* 53. 1.