



ESTUDIO DE VALIDACIÓN DE LAS CORRELACIONES PARA LA FRACCIÓN DIFUSA DE LA IRRADIACIÓN SOLAR EN SAN LUIS

C. Raichijk¹, A. Fasulo², H. Grossi Gallegos¹

¹ GERSolar, Instituto de Ecología y Desarrollo Sustentable (INEDES), Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Luján, Ruta 5 y Avda. Constitución, (6700) Luján,

Buenos Aires, ARGENTINA, Tel. /Fax: (54-2323) 440241, E-mail: gersolar@mail.unlu.edu.ar

² Dpto. de Física, Fac. de Cs. Físico Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis. Chacabuco y Pedernera, (5700) San Luis, ARGENTINA.

RESUMEN: Se validan para San Luis distintas correlaciones de descomposición para la fracción difusa de amplia difusión en la literatura. Se cuenta para ello con datos horarios simultáneos de irradiación global sobre plano horizontal e irradiación normal directa complementados con valores de heliofanía efectiva para el período 2000-2004. Al comparar valores medidos de la fracción difusa con valores estimados por medio de las correlaciones se obtienen para los distintos meses del año desvíos cuadráticos medios relativos que varían entre 18,3 y 33,8% para datos en base horaria, entre 21,5 y 48,7% en base diaria y entre 12 y 17,9% para valores medios mensuales. Se observa una fuerte variación intermensual para las distintas correlaciones, tanto horarias como diarias. Para valores medios mensuales, correlaciones lineales simples en función de la heliofanía relativa, y múltiples respecto al índice de claridad y la heliofanía relativa, muestran desvíos que varían entre 12 y 13,2%.

Palabras clave: fracción difusa, correlaciones de descomposición, San Luis.

INTRODUCCIÓN

Al dimensionar numerosos sistemas aplicados de aprovechamiento de la energía solar se debe estimar el recurso disponible sobre superficies colectoras inclinadas en distintas orientaciones, requiriendo para ello conocer por separado las componentes difusa y directa de la irradiación incidente. Por otro lado, el desarrollo sostenido en los últimos años de sistemas basados en la utilización de colectores concentradores ha determinado también la necesidad de contar con datos confiables de la componente directa de la irradiación solar incidente en el lugar. Sin embargo en la mayoría de las estaciones de medición sólo se registra la irradiación global o total sobre plano horizontal, siendo muy poco frecuente el registro sistemático, ya sea de la componente difusa, mediante el uso de banda sombreadora, o de la componente directa a partir del empleo de pirheliómetros. Es por ello que se recurre a modelos, en general empíricos, que permiten a partir de la irradiación global sobre plano horizontal determinar la componente difusa de la misma y luego por diferencia entre ambas estimar la directa (Raichijk *et al.*, 2008).

Distintos autores, basándose en información obtenida en diferentes localidades, han establecido empíricamente correlaciones, llamadas correlaciones de descomposición, entre la irradiación difusa y la global. Los diferentes modelos pueden clasificarse en función de la variable respecto de la cual se ajusta la fracción difusa, entendiendo esta como el cociente entre la componente difusa y la irradiación global sobre plano horizontal, siendo el índice de claridad, la heliofanía relativa o una combinación lineal de ambas las más frecuentes.

Teniendo en cuenta la diversidad de modelos existentes y el carácter local de los mismos se torna importante, en la medida de lo posible, verificar el grado de validez de estas correlaciones cuando se requiere aplicarlas en otros lugares. El objetivo de este trabajo fue realizar un estudio de validación de distintas correlaciones de amplia referencia en la literatura para la fracción de la componente difusa en la localidad de San Luis (33,27° S; 66,35° O; 730 msnm). Para ello se cuenta con una base de datos simultáneos de irradiación global horaria sobre plano horizontal e irradiación normal directa horaria complementada con datos de heliofanía efectiva diaria. Se analizaron las siguientes correlaciones: en base horaria, Orgill y Hollands (1977), Erbs *et al.* (1982) y Reindl *et al.* (1990); en base diaria, Ruth y Chant (1976), Collares-Pereira y Rabl (1979) y Erbs *et al.* (1982) y para valores diarios medios mensuales las de Liu y Jordan (1960), Page (1961), Collares-Pereira y Rabl (1979) y Erbs *et al.* (1982), todas ellas planteadas en función del índice de claridad correspondiente. Como ejemplo de correlaciones en función de la heliofanía relativa se estudiaron las correlaciones de Iqbal (1979) para valores medios mensuales y las propuestas por Gopinathan y Soler (1995) respecto a una combinación lineal del índice de claridad y la heliofanía media mensual.

MATERIALES Y MÉTODO

Los datos de irradiación solar han sido tomados en el Laboratorio de Energía Solar (LES) de la Universidad Nacional de San Luis durante el período 2000-2004. El LES se encuentra ubicado en el centro de la ciudad. Sobre el techo del mismo fueron instalados un piranómetro Eppley (PSP) y un pirheliómetro de incidencia normal (NIP), de la misma marca (ver Figura 1).

Este último montado sobre un seguidor solar que rota 360° en 24 horas. La declinación solar se ajustó manualmente cada día. Una vez por año, ambos sensores fueron calibrados mediante el empleo de un pirheliómetro absoluto de cavidad, conforme procedimientos recomendados por diversos autores, Grossi Gallegos (2002).



Figura 1. Vista de los sensores utilizados (piranómetros, izquierda, y pirheliómetro de incidencia normal, derecha) y su ubicación sobre el techo del Laboratorio de Energía Solar en la ciudad de San Luis.

La base de datos ha sido depurada a fin de eliminar información dudosa. El control de calidad de los valores en base horaria se efectuó siguiendo el procedimiento recomendado por el NREL-National Renewable Energy Laboratory (Maxwell *et al.*, 1993). Se calculan de manera simultánea para alturas solares mayores a 10°, k_n , cociente entre la irradiación normal directa (I_n) y la irradiación extraterrestre de incidencia normal (I_0n); y k_t , índice de claridad horario, cociente entre la irradiación global (I) y la irradiación extraterrestre (I_0), ambas sobre plano horizontal. Se grafican luego los valores obtenidos en un plano k_n vs k_t .

Excluyendo los valores que no satisfagan la relación $k_t > k_n$, la nube de puntos, que adopta una forma característica, es acotada en sus valores máximos y a derecha e izquierda por curvas experimentales de tal manera de incluir la mayor cantidad de información posible. Las curvas que definen los límites a derecha e izquierda son funciones $k_n = f(k_t)$ parametrizadas de doble exponencial llamadas funciones de Gompertz que representan, en una primera aproximación, el comportamiento teórico de estas variables según el modelo de cielo claro de Bird (Bird and Hulstrom, 1981) para distintas condiciones climáticas. Estas funciones y los valores máximos esperados de k_n y k_t se ajustan para cada nube de puntos, correspondientes a cada mes del año y agrupadas en función de la aeromasa, m , en tres grupos: para $1 < m < 1,25$ o ángulos cenitales “bajos”, para $1,25 < m < 2,5$ o ángulos cenitales “medios”, y para $2,5 < m < 5,76$ o ángulos cenitales “altos”, de acuerdo a la terminología empleada por los autores.

Para los valores diarios se empleó un criterio de control de calidad de la información basado en la heliofanía, como fuera propuesto por Roberti *et al.* (2000). En primer lugar se integraron los valores horarios para obtener la irradiación global diaria, H , y la irradiación directa diaria H_b , ambas sobre plano horizontal, sólo para los días con datos horarios simultáneos de I e I_n con alturas solares mayores a 10° completos y que, luego de proyectar I_n a plano horizontal, cumplan con la condición $I > I_b$, siendo I_b la irradiación directa horaria sobre plano horizontal. Luego, basándonos en la correlación propuesta por Ångström-PreScott, se correlacionó linealmente el índice de claridad diario, $K_t = H/H_0$, en función de la heliofanía relativa diaria. A su vez, tal como se muestra en Nardini Gomes *et al.* (2008) al analizar series de 10 años de irradiación normal directa, los valores diarios medios mensuales siguen la evolución anual de la heliofanía efectiva media mensual, por lo que es posible obtener también una relación lineal entre los valores diarios de irradiación normal directa, H_{bn} , y la heliofanía efectiva. Se excluyeron entonces, como valores diarios poco probables o dudosos, aquellos valores que se apartaran en más de un desvío cuadrático medio del valor estimado por la correlación correspondiente antes hallada.

Se analizaron las siguientes correlaciones para la fracción difusa:

En base horaria

Orgill y Hollands (1977) a partir de información obtenida en Toronto, Canadá, propusieron el siguiente modelo lineal en función del índice de claridad horario, k_t ,

$$I_d/I = \begin{cases} 1,0 - 0,249 * k_t & \text{para } k_t < 0,35 \\ 1,557 - 1,84 * k_t & \text{para } 0,35 \leq k_t \leq 0,75 \\ 0,177 & \text{para } k_t > 0,75 \end{cases} \quad (1)$$

Erbs *et al.* (1982) utilizando datos de 4 estaciones de Estados Unidos y una de Australia obtuvieron

$$I_d/I = \begin{cases} 1,0-0,09*k_t & \text{para } k_t \leq 0,22 \\ 0,9511-0,1604*k_t +4,388*k_t^2-16,638*k_t^3+12,336*k_t^4 & \text{para } 0,22 < k_t \leq 0,8 \\ 0,165 & \text{para } k_t > 0,8 \end{cases} \quad (2)$$

Por su lado, Reindl *et al.* (1990) con una base de datos de estaciones de Estados Unidos y Europa establecieron

$$I_d/I = \begin{cases} 1,02-0,248*k_t & \text{para } k_t \leq 0,3 \\ 1,45-1,67*k_t & \text{para } 0,3 < k_t \leq 0,78 \\ 0,147 & \text{para } k_t > 0,78 \end{cases} \quad (3)$$

En base diaria

Ruth y Chant (1976) analizando datos de estaciones de Canadá obtuvieron la siguiente correlación respecto al índice de claridad diario, K_t ,

$$H_d/H = \begin{cases} 0,98 & \text{para } K_t \leq 0,1 \\ 1,91+1,154*K_t -4,936*K_t^2-2,848*K_t^3 & \text{para } 0,1 < K_t \leq 0,7 \end{cases} \quad (4)$$

El modelo propuesto por Collares-Pereira y Rabl (1979) a partir de valores de 4 estaciones de Estados Unidos es

$$H_d/H = \begin{cases} 0,99 & \text{para } K_t \leq 0,17 \\ 1,188-2,272*K_t +9,473*K_t^2-21,865*K_t^3+14,648*K_t^4 & \text{para } 0,17 < K_t \leq 0,75 \\ -0,54*K_t+0,632 & \text{para } 0,75 < K_t < 0,8 \\ 0,2 & \text{para } K_t \geq 0,8 \end{cases} \quad (5)$$

Erbs *et al.* (1982) sobre la misma base de datos horarios, agrupándolos estacionalmente en función del ángulo horario de salida del sol ω_s , propusieron

para $\omega_s < 81,4^\circ$

$$H_d/H = \begin{cases} 1,0-0,2727*K_t +2,4495*K_t^2-11,9514*K_t^3+9,3879*K_t^4 & \text{para } K_t < 0,715 \\ 0,143 & \text{para } K_t \geq 0,715 \end{cases} \quad (6)$$

y para $\omega_s \geq 81,4^\circ$

$$H_d/H = \begin{cases} 1,0+0,2832*K_t -2,5557*K_t^2 +0,8448*K_t^3 & \text{para } K_t < 0,722 \\ 0,175 & \text{para } K_t \geq 0,722 \end{cases} \quad (7)$$

Para valores diarios medios mensuales se analizaron las correlaciones en función del índice de claridad medio mensual, $\overline{K_t} = \overline{H}/\overline{H_0}$, propuestas por:

Liu y Jordan (1960), en un trabajo pionero, analizando información para un amplio rango de latitudes, sin corregir los datos de irradiación difusa por efecto de banda sombreadora

$$\overline{H_d}/\overline{H} = 1,39 - 4,027 * \overline{K_t} + 5,531 * \overline{K_t}^2 - 3,108 * \overline{K_t}^3 \quad \text{para } 0,3 < \overline{K_t} < 0,7, \quad (8)$$

Page (1961), utilizando datos de 10 estaciones distribuidas entre los 40° N y S

$$\overline{H_d}/\overline{H} = 1,0 - 1,13 * \overline{K_t}, \quad (9)$$

Collares-Pereira y Rabl (1979)

$$\overline{H_d}/\overline{H} = 0,775 + 0,00606 * (\omega_s - 90) - [0,505 + 0,00455 * (\omega_s - 90)] * \cos(115 * \overline{K_t} - 103) \quad (10)$$

con valores fijos de ω_s para diferentes épocas del año: 90° para los meses de febrero a abril y agosto a octubre, 100° de mayo a julio y 80° de noviembre a enero

y Erbs *et al.* (1982)

$$\overline{H_d}/\overline{H} = 1,391 - 3,56 * \overline{K_t} + 4,189 * \overline{K_t}^2 - 2,137 * \overline{K_t}^3 \quad \text{para } \omega_s \leq 81,4^\circ \text{ y } 0,3 \leq \overline{K_t} \leq 0,8 \quad (11)$$

$$\overline{H_d}/\overline{H} = 1,311 - 3,022 * \overline{K_t} + 3,427 * \overline{K_t}^2 - 1,821 * \overline{K_t}^3 \quad \text{para } \omega_s > 81,4^\circ \text{ y } 0,3 \leq \overline{K_t} \leq 0,8 \quad (12)$$

A su vez se cotejaron las correlaciones para la fracción difusa media mensual con la heliofanía relativa media mensual halladas por Iqbal (1979), basadas en datos de 3 estaciones de Canadá:

$$\overline{H_d}/\overline{H} = 0,791 - 0,635 * (\overline{n}/\overline{N}), \text{ (Iqbal I)} \quad (13)$$

$$\overline{H_d}/\overline{H_0} = 0,163 + 0,478 * (\overline{n}/\overline{N}) - 0,655 * (\overline{n}/\overline{N})^2, \text{ (Iqbal II)} \quad (14)$$

siendo \overline{n} el promedio del número de horas de brillo de sol registradas en un heliógrafo de Campbell-Stokes (heliofanía efectiva) y \overline{N} la duración teórica promedio del día medida en horas, definida para el día medio del mes.

Como ejemplos de correlaciones múltiples respecto a $\overline{K_t}$ y $\overline{n}/\overline{N}$ se consideraron las obtenidas por Gopinathan y Soler (1995) al analizar 40 estaciones entre los 36° S y 60°N:

$$\overline{H_d}/\overline{H} = 0,87813 - 0,3328 * \overline{K_t} - 0,53039 * (\overline{n}/\overline{N}), \text{ (Gopinathan y Soler I)} \quad (15)$$

$$\overline{H_d}/\overline{H} = 1,01833 - 0,33029 * \overline{K_t} - 0,5311 * (\overline{n}/\overline{N}) - 0,14696 * \cos(\delta), \text{ (Gopinathan y Soler II)} \quad (16)$$

donde δ es la declinación del día medio de cada mes.

El estudio de validación se realizó comparando los valores de la fracción difusa, calculados a partir de datos medidos de radiación global y directa, con los obtenidos aplicando las distintas correlaciones. Con este objetivo se estimó el error cuadrático medio relativo, RMSE%, y el sesgo medio relativo, MBE%:

$$\text{RMSE\%} = 100 * \left[\frac{\sum_i^n (F_{d_{med.}} - F_{d_{correl.}})^2 / n}{\left(\frac{\sum_i^n F_{d_{med.}}}{n} \right)} \right]^{1/2} \quad (17)$$

$$\text{MBE\%} = 100 * \frac{\sum_i^n (F_{d_{med.}} - F_{d_{correl.}})}{\sum_i^n F_{d_{med.}}} \quad (18)$$

siendo F_d la fracción difusa en las respectivas bases temporales analizadas y n el número de casos considerados.

RESULTADOS

En las siguientes tablas se muestran los valores de RMSE% y MBE% obtenidos al analizar las diferentes correlaciones en cada mes y considerando todos los casos del año. La Tabla 1 corresponde a datos en base horaria; la Tabla 2 en base diaria y la Tabla 3 a valores medios mensuales:

| | Orgill-Hollands | | Erbs | | Reindl | | n° de casos |
|-------------------|------------------------|------|-------------|------|---------------|------|-------------|
| | RMSE% | MBE% | RMSE% | MBE% | RMSE% | MBE% | |
| Enero | 32,0 | -7,9 | 30,7 | -4,5 | 31,7 | -3,4 | 946 |
| Febrero | 33,8 | -7,6 | 32,5 | -4,3 | 33,4 | -3,8 | 861 |
| Marzo | 23,0 | -2,8 | 22,1 | -1,0 | 23,1 | -0,6 | 877 |
| Abril | 19,0 | -0,9 | 18,3 | -0,5 | 19,2 | 1,0 | 783 |
| Mayo | 20,9 | -0,2 | 20,6 | 1,1 | 21,3 | 2,0 | 611 |
| Junio | 22,5 | -1,1 | 21,9 | 1,0 | 22,9 | 2,0 | 624 |
| Julio | 24,9 | -1,4 | 24,4 | 0,8 | 24,9 | 1,1 | 665 |
| Agosto | 26,9 | -1,7 | 26,2 | 1,4 | 26,9 | 0,7 | 570 |
| Septiembre | 24,5 | -2,0 | 24,0 | 0,7 | 24,8 | 0,4 | 694 |
| Octubre | 32,8 | -4,8 | 31,9 | -1,1 | 32,5 | -1,3 | 830 |
| Noviembre | 32,0 | -7,6 | 31,0 | -3,9 | 31,1 | -3,5 | 989 |
| Diciembre | 33,1 | -6,3 | 32,2 | -2,8 | 33,0 | -1,8 | 1093 |
| Anual | 26,9 | -3,7 | 26,1 | -1,2 | 26,8 | -0,6 | 9543 |

Tabla 1. Valores de RMSE% y MBE% obtenidos para las distintas correlaciones en base horaria analizadas.

| | Erbs | | Collares-Pereira y Rabl | | Ruth y Chant | | n° de casos |
|-------------------|-------------|-------|--------------------------------|-------|---------------------|-------|-------------|
| | RMSE% | MBE% | RMSE% | MBE% | RMSE% | MBE% | |
| Enero | 42,2 | -32,1 | 40,1 | -31,2 | 48,7 | -37,0 | 39 |
| Febrero | 41,1 | -28,6 | 39,5 | -26,6 | 43,9 | -31,5 | 45 |
| Marzo | 27,1 | -16,1 | 25,7 | -14,2 | 28,5 | -18,2 | 55 |
| Abril | 22,0 | -8,2 | 21,5 | -7,8 | 22,9 | -10,1 | 39 |
| Mayo | 23,0 | -8,4 | 29,7 | -19,3 | 33,5 | -23,6 | 62 |
| Junio | 26,9 | -5,6 | 30,5 | -16,0 | 33,3 | -20,3 | 79 |
| Julio | 27,1 | -1,0 | 30,0 | -14,1 | 33,0 | -19,5 | 77 |
| Agosto | 24,1 | -5,8 | 24,5 | -10,1 | 27,9 | -14,9 | 50 |
| Septiembre | 27,3 | -17,2 | 26,2 | -15,9 | 30,4 | -20,1 | 52 |
| Octubre | 31,2 | -16,3 | 29,3 | -13,9 | 33,1 | -19,9 | 41 |
| Noviembre | 35,3 | -20,3 | 33,0 | -18,4 | 38,4 | -24,3 | 58 |
| Diciembre | 36,9 | -26,8 | 43,4 | -30,2 | 43,9 | -31,2 | 49 |
| Anual | 29,1 | -13,1 | 29,8 | -16,7 | 33,7 | -21,3 | 646 |

Tabla 2. Valores de RMSE% y MBE% obtenidos para las distintas correlaciones en base diaria analizadas.

| | RMSE% | MBE% |
|--------------------------------|-------|-------|
| Page | 12,2 | -2 |
| Erbs | 13,6 | -4,7 |
| Collares-Pereira y Rabl | 17,8 | -10,9 |
| Liu y Jordan | 16,6 | 9,3 |
| Gopinathan y Soler I | 13,2 | 6,4 |
| Gopinathan y Soler II | 13,1 | 5,5 |
| Iqbal I | 12,0 | -2,4 |
| Iqbal II | 17,9 | 8,3 |

Tabla3. Valores de RMSE% y MBE% obtenidos para las distintas correlaciones para valores diarios medios mensuales analizadas.

En la Figura 2 se muestra la distribución de los valores horarios depurados en un plano I_d/I versus k_t junto a la representación de las correlaciones analizadas y en la Figura 3 para los valores diarios.

COMENTARIOS

Se ha podido evaluar para San Luis el grado de incerteza asociado al estimar, por medio de distintas correlaciones empíricas de descomposición, la fracción difusa a partir de valores de irradiación global. Para valores horarios se encontraron desvíos cuadráticos medios que, para los distintos meses y correlaciones analizadas, varían entre 18,3 y 33,8%, siendo para todo el año del orden de 26%. Estos valores son comparables a los publicados para Chipre por Jacovides *et al.* (2006). Al cotejar estos desvíos en cada mes y para todos los casos del año, se encuentra que las distintas correlaciones no se diferencian entre sí, pero sí se advierte una fuerte variación intermensual. Para valores diarios los desvíos van de 21,5 a 48,7%, observándose en todos los meses y para todo el año desvíos mayores para la correlación propuesta por Ruth y Chant (1976). Esta misma diferencia obtiene Elminir (2007) en Egipto al comparar los resultados de esta correlación con la de Collares-Pereira y Rabl (1979). En nuestro caso las correlaciones de Erbs *et al.* (1882) y Collares-Pereira y Rabl (1979) para valores diarios no presentan mayores diferencias entre sí en los distintos meses y para todo el año, siendo los desvíos anuales del orden de 29%. Se advierte la misma variación intermensual antes mencionada y, a partir de los valores de los sesgos medios relativos, una sobreestimación por parte de las distintas correlaciones en todos los meses y para todo el año (lo mismo puede verse en la Figura 3).

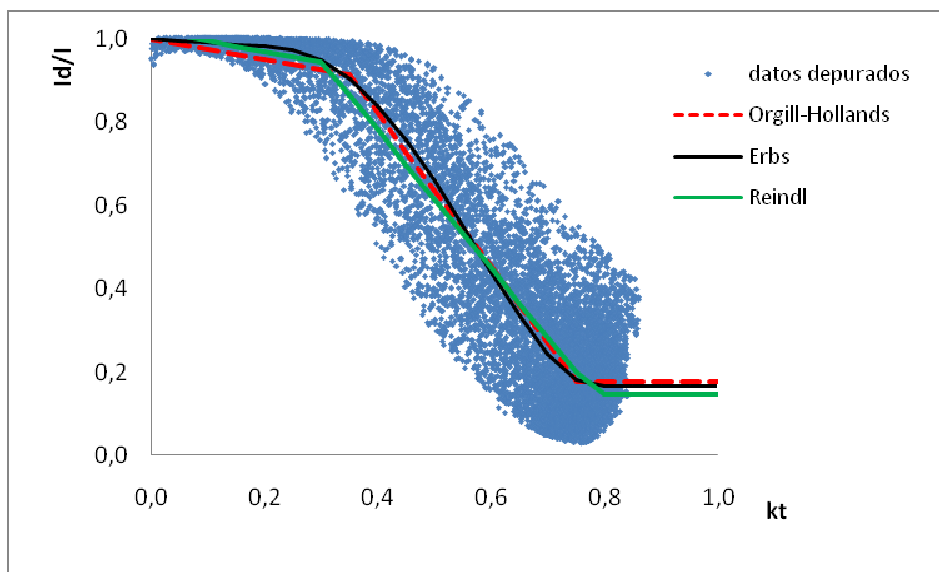


Figura 2. Valores horarios depurados y correlaciones analizadas representados en un plano I_d/I vs. k_t .

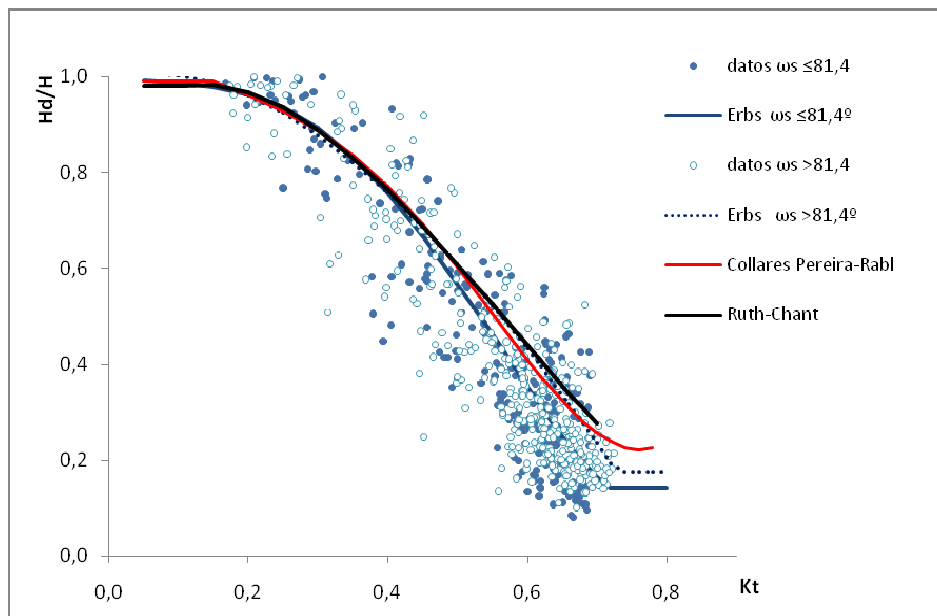


Figura 3. Valores diarios depurados y correlaciones analizadas representados en un plano H_d/H vs. K_t .

Se analizaron a su vez correlaciones para valores diarios medios mensuales respecto a distintas variables. Para las correlaciones propuestas en función del K_t , las de Page (1961) y Erbs *et al.* (1982) con desvíos del orden de 12-13% tienen mejor respuesta que las de Collares-Pereira y Rabl (1979) y Liu y Jordan (1960). Ma e Iqbal (1984) al comparar estas mismas correlaciones en 2 estaciones del Canadá y 3 de Europa, obtienen diferencias más significativas que en nuestro caso para la correlación de Liu y Jordan (1960). Tanto la correlación lineal simple respecto a la heliofania relativa propuesta por Iqbal (1979), Iqbal I, como las correlaciones múltiples de Gopinathan y Soler (1995), en función del \bar{K}_t y la heliofania relativa media mensual, presentan una buena respuesta, con desvíos del orden de 12-13%. Estos resultados pueden estar influenciados por el criterio de depuración basado en la heliofania utilizado para la base de valores diarios.

REFERENCIAS

- Bird R., Hulstrom R. (1981) A simplified clear sky model for direct and diffuse insolation on horizontal surfaces. SERI/TR, 642-761. Golden, CO: Solar Energy Research Institute.
- Collares-Pereira M., Rabl A. (1979) The average distribution of solar radiation correlations between diffuse and hemispherical and between daily and hourly insolation values *Solar Energy* **22**, 2, 155-164.
- Elminir H. (2007) Experimental and theoretical investigation of diffuse solar radiation: Data and models quality tested for Egyptian sites. *Solar Energy* **32**, 73-82.
- Erbs D., Klein S., Duffie J. (1982) Estimation of the diffuse radiation fraction for hourly, daily and monthly average global radiation. *Solar Energy* **28**, 4, 293-302.
- Gopinathan K., Soler A. (1995) Diffuse radiation models and monthly-average, daily, diffuse data for a wide latitude range. *Energy* **20**, 7, 657-667.
- Grossi Gallegos (2002) Notas sobre radiación solar. Publicado por el Departamento de Ciencias Básicas de la UNLu, 225 páginas (ISBN 987-9285-19-0), Registro de la Propiedad Intelectual No. 213724 del 26 de septiembre de 2002.
- Iqbal M. (1979) Correlation of average diffuse and beam radiation with hours of bright sunshine. *Solar Energy* **23**, 169-173.
- Jacovides C., Tymvios F., Assimakopoulos V., Kaltsounides N. (2006) Comparative study of various correlations in estimating hourly diffuse fraction of global solar radiation. *Renewable Energy* **31**, 2492-2504.
- Liu B., Jordan R. (1960) The interrelationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar radiation. *Solar Energy* **4**, 3, 1-19.
- Ma C., Iqbal M. (1984) Statistical comparison of solar radiation correlations. Monthly average global and diffuse radiation on horizontal surfaces. *Solar Energy* **33**, 2, 143-148.
- Maxwell G., Wilcox S., Rymes M. (1993) Users Manual for SERI QC Software. Assessing the Quality of Solar Radiation Data. Publicado por NREL- National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado, USA.
- Nardini Gomes E., Escobedo J. F., Pereira de Oliveira A., Soares J. (2008) Séries diurna e anual da radiação direta na incidência normal em Botucatu, Período de 1996 a 2005. En *Proc. II Congresso Brasileiro de Energia Solar e III Conferência Regional Latino-Americana da ISES*, Florianópolis, SC, Brasil, Versión CD ROM.
- Orgill J., Hollands G. (1977) Correlation equation for hourly diffuse radiation on a horizontal surface. *Solar Energy* **19**, 4, 357-359.

Page J. (1961) The estimation of monthly mean values of daily total shortwave radiation on vertical and inclined surfaces from sunshine records for latitude 401N–401S. En *Proceedings of the UN conference on new sources of energy. Paper no S98*, vol. 4, 378–90.

Raichijk C., Grossi Gallegos H., Righini, R. (2008) Cartas preliminares de irradiación directa para Argentina. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* **12**, 11.01 -11.07 versión CD-ROM.

Reindl D., Beckman A., Duffie J. (1990) Diffuse fraction correlations. *Solar Energy* **45**, 1, 1-7.

Roberti A., Renzini G. y Grossi Gallegos H. (2000) Desarrollo de un software capaz de correlacionar y consistir datos de irradiación solar y heliofanía. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* **4**, 2, pp. 11.37-11.38.

Ruth, D., Chant, R. (1976) The relationship of diffuse radiation to total radiation in Canadá. *Solar Energy* **18**, 2, 153-154.

ABSTRACT: Different correlations for estimating diffuse fraction of solar irradiation of wide diffusion in literature are validated for San Luis. One counts for it with simultaneous hourly data of global irradiation on horizontal plane and direct normal irradiation, complemented with values of bright sunshine hours trough 2000-2004. When comparing measured values of diffuse fraction with estimated values using the correlations, one obtains for different months relative average root mean squares errors that vary from 18.3 to 33.8% for data in hourly base, from 21.5 to 48.7% in daily base, and from 12 to 17.9% for monthly mean values. Strong monthly variations for the different hourly and daily correlations are observed. For monthly mean values, simple linear correlations based on relative sunshine hours and multiple linear correlations with respect to the clearness index and relative sunshine hours show RMSE of the order of 12 to 13%.

Key words: Diffuse fractions, decomposition correlations, San Luis.