

DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE LA RELACIÓN DE ÅNGSTRÖM - PRESCOTT, PARA LA CIUDAD DE SALTA (ARGENTINA) A PARTIR DE DATOS TOMADOS DURANTE UN AÑO.

G. A. Salazar¹, L. A. Hernández^{1,2}, L. R. Saravia^{1,2,3} y G. G. Romero¹
Facultad de Ciencias Exactas¹ – INENCO²
Universidad Nacional de Salta
Avda. Bolivia 5150 - CP A4408FVY – Salta - Argentina
e-mail: salazarg@unsa.edu.ar

RESUMEN: En este trabajo se determinaron los coeficientes de la relación de Ångström-Prescott, que vincula a la irradiación global con las horas de insolación (heliofanía), para la ciudad de Salta dentro del período comprendido entre abril de 2006 y abril 2007. Se compararon los valores de los coeficientes obtenidos contra valores regionales obtenidos con datos de la Red Solarimétrica, encontrándose que los coeficientes de la relación de Ångström-Prescott calculados para el período de tiempo estudiado se correlacionan bien con los obtenidos en trabajos anteriores para sitios cercanos a Salta, dentro de un error máximo aceptable ($\approx 15\%$). También se compararon los valores de los coeficientes contra los obtenidos utilizando otros métodos de correlación de radiación global. De los dos métodos de correlación de radiación global utilizados, el de Rietveld resultó mejor correlacionado con los datos medidos. Se analizó la sensibilidad del heliógrafo y se discuten aspectos relacionados a los valores de los coeficientes.

Palabras claves: Ångström-Prescott, heliofanía relativa, irradiación, clima.

INTRODUCCIÓN

La relación entre la radiación solar global y las horas de insolación se estudia desde hace más de un siglo. Se buscó encontrar una ecuación que vinculara de manera cuantitativa ambas magnitudes. Desde los trabajos de Ångström (1924), Prescott (1940) y otros, hasta hoy se ha generado una extensísima bibliografía, donde se ha determinado que la relación más sencilla que vincula la radiación solar con las horas de brillo solar se puede expresar como:

$$\left(\frac{\bar{H}}{\bar{H}_0}\right) = a + b\left(\frac{\bar{n}}{\bar{N}}\right) \quad (1)$$

donde \bar{H} es la irradiación global, \bar{H}_0 es la irradiación extraterrestre, \bar{n} es el número de horas de brillo efectivo del Sol y \bar{N} es el número de horas de brillo astronómicamente posible de ser registradas. Estos valores generalmente son promedios mensuales, pero pueden ser diarios. El término $\left(\frac{\bar{H}}{\bar{H}_0}\right)$ es el índice de claridad \bar{K}_t y $\left(\frac{\bar{n}}{\bar{N}}\right)$ es la heliofanía relativa. Vemos

entonces que la relación es una ecuación lineal donde los coeficientes a y b caracterizan la relación existente entre la energía solar global recibida en una superficie horizontal y las horas de brillo solar. Matemáticamente, a y b son la ordenada al origen y la pendiente de la línea que ajusta mejor con la distribución de los datos de índice de claridad y heliofanía relativa.

Para regiones donde las condiciones geográficas y climáticas son comparables, la relación de Ångström-Prescott puede usarse para:

- calcular radiación global para sitios del que solo se dispone de medidas de duración de luz solar o heliofanía.
- extrapolar medidas de radiación global para intervalos largos de tiempos cuando solo se dispone de datos para períodos cortos de tiempo (Hinrichsen, 1998).

En nuestro país, ante la escasez de datos medidos de irradiación solar lo suficientemente precisos y que satisficieran las condiciones estadísticas como para ser considerados representativos en el tiempo y en el espacio, se optó por la utilización de información meteorológica existente, siendo uno de los valores utilizados las horas de insolación, también conocido como heliofanía efectiva. Se ha dedicado mucho esfuerzo al estudio de esta relación, que permitió acrecentar la información disponible para la elaboración de las Cartas Solarimétricas para Argentina y países limítrofes (Grossi Gallegos, 1984, 1988, 2004).

Si bien los datos registrados por los heliógrafos no son precisos representan a veces la única información disponible sobre la actividad solar de un lugar en particular. Muchas estaciones meteorológicas, que disponían de heliógrafos, fueron cerradas y de ellas ya no se disponen de datos actualizados. En general, dichas estaciones tenían una gran amplitud temporal en cuanto

³ Investigador Principal de CONICET.

al registro de datos de heliofanía, por lo que a pesar de la carencia de datos actuales, se pueden realizar estimaciones del recurso solar a partir de estos datos.

A medida que se profundizó en el estudio de la relación de Ångström-Prescott, se encontró que los coeficientes a y b se ven afectados, básicamente, por la latitud, la altura a la que se encuentra la estación, la altura solar media, el albedo, el vapor de agua en atmósfera y la presencia de polvo o suciedad en la atmósfera. Esto se presenta como una desventaja ya que los valores dependen del sitio donde se calculan. Sin embargo, se trató de elaborar correlaciones que sirvieran para cualquier lugar del planeta, bajo ciertas condiciones. En este trabajo se usan dos: una relacionada con la latitud del lugar y otra que depende de la relación entre los coeficientes a y b con la heliofanía relativa.

En este trabajo se determina la relación para la ciudad de Salta, obteniéndose los valores de los coeficientes a y b para un período de 13 meses, con el objeto de incrementar la información sobre las características de la radiación solar en zonas subtropicales y de altura (que es el caso de Salta Capital) en nuestro país.

CÁLCULO DE LOS VALORES DE LOS COEFICIENTES.

Los datos de irradiación se obtuvieron a partir de mediciones horarias de irradiancia global sobre superficie horizontal en la Universidad Nacional de Salta (lat. -24.7° long. -65.4 , altura s.n.m 1290 metros), mientras que los datos de heliofanía efectiva se registraron en la estación del Servicio Meteorológico Nacional ubicada en el Aeropuerto de Salta Capital, que dista 15 Km. de la U.N.Sa y es. La irradiancia se midió con un piranómetro K&Z CM3 y la heliofanía con un heliógrafo de Campbell-Stokes.

Los datos de irradiancia corresponden al período comprendido entre el 19 de abril de 2006 al 30 de abril de 2007. De este período de 377 días no se dispone de datos de 22 días (12 días en Junio y 10 días en Septiembre). Se tienen entonces datos de 355 días completos.

A partir de los datos horarios de irradiancia se integraron, con una hoja de cálculo, los de irradiación diaria. Los valores de irradiación extraterrestre diarios y los de duración del día se calcularon usando el programa GEOSOL, desarrollado en el INENCO.

Usando la ecuación 1, a partir de los valores diarios de K_t y $\frac{n}{N}$ dentro de cada mes, se determinaron los valores mensuales de los coeficientes a y b , utilizando regresión lineal simple. En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos.

Mes	Coefficiente b	Coefficiente a	R ²
Abril 06	0.5445	0.2522	0.695
Mayo 06	0.5337	0.2386	0.933
Junio 06	0.6532	0.1774	0.8789
Julio 06	0.6164	0.1745	0.8675
Agosto 06	0.52	0.2336	0.8913
Septiembre 06	0.5727	0.222	0.8748
Octubre 06	0.566	0.1846	0.8406
Noviembre 06	0.4939	0.2236	0.8335
Diciembre 06	0.5544	0.2206	0.8206
Enero 07	0.5767	0.2287	0.8471
Febrero 07	0.5396	0.2255	0.8903
Marzo 07	0.5509	0.2008	0.8288
Abril 07	0.5734	0.2175	0.8453

Tabla 1. Valores de los coeficientes a y b para cada mes a partir de valores diarios de Índice de claridad y heliofanía relativa.

Se realiza el cálculo de los valores de los coeficientes para todo el período monitoreado de dos maneras distintas. Primero, a partir de los valores mensuales calculados de $\overline{K_t}$ y $\overline{n/N}$ (ver Tabla 2) y utilizamos la ecuación 1, se obtuvieron los siguientes valores: $b = 0.5362$, $a = 0.228$, con $R^2 = 0.9183$. Fig. 1(a).

Mes	$\overline{K_t}$	$\overline{n/N}$
Abril 06	0.54	0.52
Mayo 06	0.43	0.37
Junio 06	0.49	0.47
Julio 06	0.57	0.65
Agosto 06	0.58	0.68
Septiembre 06	0.61	0.68
Octubre 06	0.49	0.54
Noviembre 06	0.47	0.51
Diciembre 06	0.52	0.54
Enero 07	0.44	0.36
Febrero 07	0.46	0.44
Marzo 07	0.42	0.41
Abril 07	0.49	0.47

Tabla 2. Valores mensuales de Índice de claridad y heliofanía relativa

Luego, se realizó el cálculo de a y b pero considerando todos los valores diarios de $K_t = \frac{H}{H_0}$ y $\frac{n}{N}$ registrados en el período de tiempo ya mencionado. Se obtuvo $b = 0.5527$ y $a = 0.2178$, con $R^2 = 0.8647$. Vemos que los coeficientes obtenidos a partir de valores mensuales correlacionan bien con los coeficientes obtenidos a partir de datos diarios. Fig. 1(b)

Durante el procesamiento de los puntos $(\frac{n}{N}, K_t)$ para determinar los valores mensuales de a y b , se quitaron algunos puntos que resultaban “anómalos”, es decir, que presentaban grandes diferencia entre los valores de $\frac{n}{N}$ y K_t . Esto se hizo porque estos puntos anómalos desplazan la recta de regresión de datos, originando valores de los coeficientes que no resultaban representativos de la serie de datos $(\frac{n}{N}, K_t)$ de todo el mes. Esto indica, como era de esperarse, una fuerte influencia a generar errores por presencia de valores extremos. En este trabajo se quitaron 2 puntos diarios anómalos (uno en mayo y otro en agosto) porque el valor de la heliofanía relativa difería más del 50% con el de índice de claridad. También se quitó un día, de abril de 2006, por carecer del dato de heliofanía efectiva.

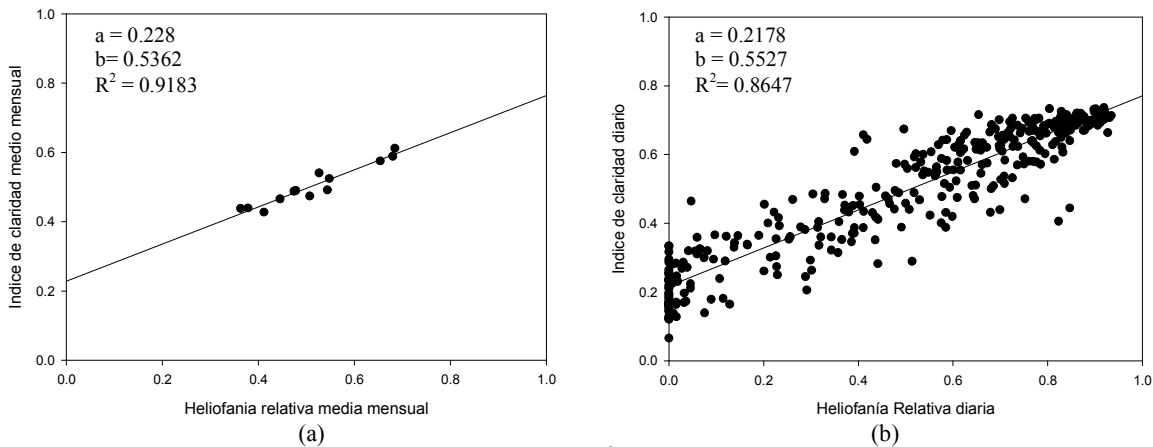


Figura 1. Distribución de los datos diarios de Heliofanía Relativa vs. Índice de claridad (a) para valores medios mensuales, (b) para valores diarios

CONSIDERACIONES SOBRE EL SIGNIFICADO DE LOS COEFICIENTES

Resulta interesante buscar una interpretación climatológica para los coeficientes a y b . Mani y Rangarajan (1984), enuncian que, en condiciones de cielo cubierto, $\frac{n}{N}$ es igual a 0 y, así, el coeficiente a se vuelve una medida de la radiación global diaria recibida en la superficie, con cielo nublado, que es función de H_0 . El coeficiente b expresa la tasa de crecimiento de $\frac{H}{H_0}$ con el crecimiento de $\frac{n}{N}$. Para un cielo idealmente claro y diáfano, $\frac{n}{N}$ sería igual a 1 y, así, el parámetro $a+b$ sería la fracción de H_0 que llega a la superficie. Este parámetro se vuelve una medida de la transmitancia global para H diarios. La magnitud de a depende del tipo de nubosidad y la de b depende de las características de transmisión de la atmósfera de cielo claro (cloudless sky conditions) determinadas principalmente por el contenido de vapor de agua y la turbidez.

El coeficiente $a+b$ calculado con los valores de la Tabla 3 puede utilizarse para estimar valores diarios de H , para condiciones de cielo claro. Si tomamos los valores de $a+b$ para cada mes y los comparamos con el mejor valor de K_t para ese mes obtenemos la siguiente tabla:

	a+b mensual	Mayor K_t diario del mes	Diferencia (%)
Abril 06	0.79	0.70	11.4
Mayo 06	0.77	0.73	5.2
Junio 06	0.83	0.70	15.7
Julio 06	0.79	0.71	10.1
Agosto 06	0.75	0.70	6
Setiembre 06	0.79	0.71	10.1
Octubre 06	0.75	0.73	2.6
Noviembre 06	0.71	0.71	0
Diciembre 06	0.77	0.7	9.1
Enero 07	0.8	0.69	13.7
Febrero 07	0.76	0.73	3.9
Marzo 07	0.75	0.72	4
Abril 07	0.79	0.72	8.8

Tabla 3. Valores del coeficiente $a+b$ para datos mensuales comparado con mejor valor K_t diario de cada mes.

La máxima diferencia es de casi 16 % y la mínima es 0 %. Vemos entonces, que el valor de a+b es un buen estimador de irradiación diaria para condiciones de día claro. Sin embargo, no debemos olvidar que $\frac{\bar{n}}{\bar{N}}$ nunca será igual a 1, por definición del funcionamiento del heliógrafo de Campbell-Stokes (Grossi Gallegos, 2004*).

Hinrichsen (1994) realizó un estudio sobre el significado físico de los coeficientes a y b, estableciendo que una mejor interpretación para estos coeficientes es que el coeficiente a está relacionado con la fracción de radiación solar difusa, respecto de H_0 , y b con la fracción de radiación solar directa. Esta consideración permite estimar no solo radiación global sino también directa y difusa a partir de datos de heliofanía efectiva. Sin embargo, para corroborar esta interpretación se requieren de datos de radiación difusa y directa. Dado que no se disponen de datos de este tipo no se hicieron cálculos al respecto.

COMPARACION DE LOS DATOS MEDIDOS CON OTROS MÉTODOS PARA CORRELACIONAR.

La dependencia de los valores de a y b con el sitio donde se calculan resulta ser poco conveniente. Ma e Iqbal (1984) describen varios métodos para poder correlacionar radiación global y difusa. En el apartado referido a correlaciones para radiación global describen los métodos de Rietveld, de Glover y McCulloch, de Hay y de Black. En este trabajo comparamos los datos registrados en Salta contra las correlaciones de Glover y McCulloch y la de Rietveld

a) Dependencia latitudinal:

Glover y McCulloch propusieron una relación entre irradiación solar e insolación que depende de la latitud del lugar. La misma se expresa como

$$\left(\frac{\bar{H}}{\bar{H}_0}\right) = 0.29 \cos \varphi + 0.52 \left(\frac{\bar{n}}{\bar{N}}\right) \tag{2}$$

Se calcularon los valores de \bar{K}_t a partir de los $\left(\frac{\bar{n}}{\bar{N}}\right)$, usando la ecuación 2. La latitud de Salta es -24.72 °. En la figura 2 se muestran las dos series de valores.

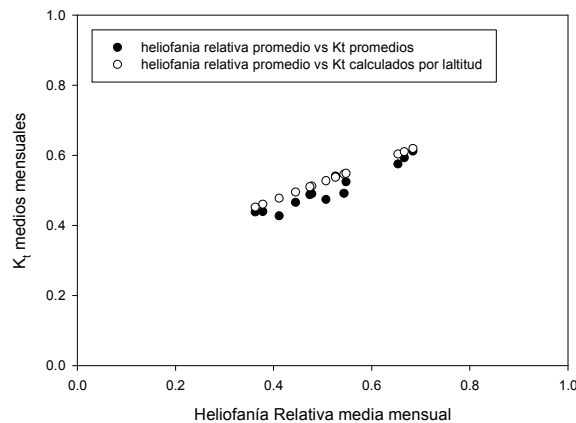


Figura 2. Grafica de Heliofanía relativa vs. \bar{K}_t medidos y vs. \bar{K}_t calculados por latitud.

Los valores de a y b para correlación por latitud son a = 0.2634 y b = 0.52. Se observa que si a la ordenada al origen de los datos actuales le sumáramos 0.035, las líneas de regresión correlacionarían casi perfectamente.

b) Dependencia de los coeficientes con $\left(\frac{\bar{n}}{\bar{N}}\right)$

Rietveld examinó varios valores publicados de a y b, y notó que a está relacionado de manera lineal, y b de manera hiperbólica, con el valor medio de $\left(\frac{\bar{n}}{\bar{N}}\right)$ de tal manera que

$$a = 0.10 + 0.24 \left(\frac{\bar{n}}{\bar{N}}\right) \tag{3}$$

$$b = 0.38 + 0.08 \left(\frac{\bar{N}}{\bar{n}}\right) \tag{4}$$

Sustituyendo las ecuaciones 3 y 4 en la 1, tenemos

$$\left(\frac{\bar{H}}{\bar{H}_0}\right) = 0.18 + 0.62\left(\frac{\bar{n}}{\bar{N}}\right) \quad (5)$$

En la Figura 3 vemos la grafica de la relación entre valores de \bar{K}_t medidos y los calculados a partir de esta relación.

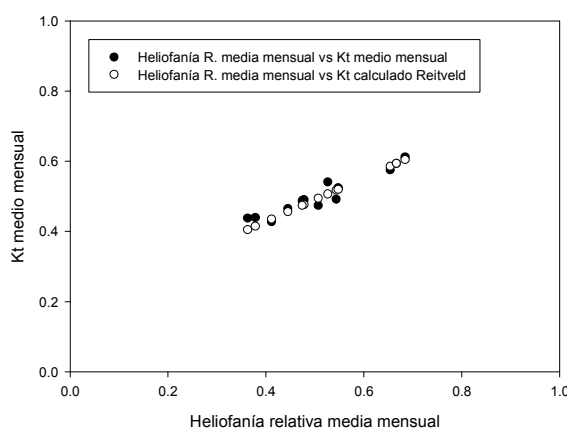


Figura 3. Grafica de Heliofanía relativa vs. \bar{K}_t medidos y vs. \bar{K}_t calculados con Reitveld.

Los valores de a y b para correlación por latitud son $a = 0.18$ y $b = 0.62$.

Las diferencias porcentuales entre los valores de \bar{K}_t medidos y los calculados usando la ecuación 2, y la ecuación 5, son los siguientes:

Mes	Δ (%) Glover y McCulloch	Δ (%) Reitveld
Abril 06	4.3	-6.31
Mayo 06	10.82	-5.61
Junio 06	9.91	-2.78
Julio 06	9.56	1.81
Agosto 06	9.27	2.14
Septiembre 06	5.58	-1.21
Octubre 06	16.51	5.19
Noviembre 06	16.85	4.33
Diciembre 06	9.64	-0.9
Enero 07	9.29	-7.54
Febrero 07	12.1	-1.97
Marzo 07	17.97	1.86
Abril 07	10.04	-2.79

Tabla 4. Diferencia porcentuales entre los valores de \bar{K}_t medidos con los calculados usando los métodos de correlación de Glover y McCulloch, y Reitveld.

Vemos que la corrección de Rietveld correlaciona mejor, con los datos medidos, que el de Glover y McCulloch. Esto ya había sido anunciado por Ma e Iqbal. El trabajo de Glover y McCulloch aclara que la correlación se estimó para sitios ubicados en latitudes menores a 60° .

COMPARACION DE LOS DATOS MEDIDOS CONTRA DATOS CALCULADOS PARA LA REGION.

Comparando los valores de este trabajo de a y b para enero y julio, con los determinados por Grossi Gallegos (2004) utilizando datos de la Red Solarimetrica, para la localidad de Cerrillos, distante 20 Km. de la U.N.Sa, observamos

	Enero		Julio	
	a	b	a	b
Cerrillos	0.23	0.49	0.19	0.54
Salta	0.22	0.57	0.17	0.61
diferencia	- 4 %	16 %	- 10 %	13 %

Tabla 5. Comparación de los datos de este trabajo con los calculados por Grossi para la ciudad de Cerrillos.

Vemos que los valores registrados en Salta, comparados con los valores para Cerrillos resultan ser, en el caso del coeficiente b , mayores en ambos meses y, en el caso de a , menores en ambos casos. Dado que los datos para Salta tienen poco peso estadístico, por corresponder a datos de un solo año, cualquier inferencia que se intente realizar resultará insuficiente.

CLIMA DURANTE EL PERÍODO ESTUDIADO.

Dado que los valores de los coeficientes dependen del lugar donde se mida, dependerán también del clima. En la Tabla 6 se muestran los promedios mensuales de temperatura, humedad relativa y nubosidad, calculados a partir de datos horarios para el período abril de 2006 a abril de 2007 para la ciudad de Salta. Los datos fueron cedidos por el Servicio Meteorológico Nacional.

Mes	Temperatura (°C)	Humedad Relativa	Nubosidad (octavos)
Abril 06	17,13	82,13	5,9
Mayo 06	12,51	80,00	5,3
Junio 06	12,56	78,88	4,5
Julio 06	13,32	66,56	3,1
Agosto 06	13,24	58,67	2,5
Septiembre 06	15,53	46,00	2,5
Octubre 06	20,55	64,02	4,5
Noviembre 06	20,71	66,13	4,9
Diciembre 06	22,54	73,63	5,4
Enero 07	21,24	80,35	6,1
Febrero 07	20,99	79,98	5,7
Marzo 07	19,79	84,56	6,4
Abril 07	17,60	82,18	5,7

Tabla 6. Datos meteorológicos promedios para la ciudad de Salta durante el período estudiado.

Observamos que la zona presentó durante el período estudiado un otoño-invierno (marzo a agosto) con temperaturas promedios inferiores a 18°C, una humedad relativa promedio que va descendiendo, de 84 % hasta 58 %, tendencia que sigue la nubosidad promedio, bajando de 6 a 2.5. Esto nos indica que se tiene una época que podríamos clasificar como seca, cálida y de baja nubosidad. El período primavera-verano (de setiembre a febrero) se presenta con un incremento en la temperatura promedio desde 15°C a 20°C con picos de 22°C (en diciembre). La humedad relativa y la nubosidad también presentan tendencias crecientes. Esto evidencia una época húmeda, más cálida y nubosa.

Es de hacer notar que la ciudad de Salta experimenta, en invierno-primavera, períodos de días afectados por lo que se denomina “viento Norte”: días de cielo despejado en los que la temperatura sube por encima de los 30 °C y la humedad relativa desciende por debajo del 10 %. Estas circunstancias climáticas generan condiciones que hacen temer el valor de la irradiación a valores por encima de la media esperada.

ESTIMACION DEL UMBRAL DE REGISTRO DE IRRADIACIÓN DEL HELIÓGRAFO

Grossi Gallegos (2004) menciona que las fuentes de errores comunes en las medidas de heliofanía efectiva son el tipo de faja del heliógrafo, la humedad relativa del ambiente y errores humanos. Revisando los datos de heliofanía efectiva y los valores de K_t diarios medidos, encontramos 34 valores de heliofanía efectiva igual a 0 para K_t con valores entre 0.06 y 0.33. En la Tabla 7 se muestra la cantidad de días con heliofanía efectiva = 0 vs. valor de K_t .

Valores de K_t para $n=0$	Nº de días
0.06	1
0.12	4
0.14	1
0.15	2
0.16	6
0.17	2
0.18	1
0.19	2
0.20	1
0.21	2
0.23	5
0.25	3
0.26	1
0.28	1
0.31	1
0.33	1

Tabla 7. Numero de días para los valores de K_t que corresponden a heliofanía efectiva = 0.

Vemos entonces que para valores de K_t entre 0.06 y 0.33, con picos en 0.12, 0.16 y 0.23, el heliógrafo no registró radiación solar. Esta sensibilidad es aceptable, ya que se considera que para $K_t < 0.3$ el cielo está muy nublado.

DISCUSIÓN

a) Sobre los coeficientes a y b en la relación de Ångström-Prescott:

A partir de valores diarios de irradiación y heliofanía relativa podemos determinar valores de a y b . Estos coeficientes pueden determinarse para períodos temporales que pueden ser mensuales, anuales o superiores. Mani y Rangarajan (1984) indican que el coeficiente a está relacionado con la nubosidad. Mientras más bajo sea este coeficiente deberíamos entender que se estuvo en presencia de condiciones de cielo relativamente menos nublado para el período de tiempo estudiado, lo que permitiría al heliógrafo poder registrar los efectos del Sol para valores de heliofanía bajos.

El coeficiente b indica cuánto crece $\overline{K_t}$ cuando la heliofanía relativa crece $\Delta = 0.1$ (teniendo en cuenta, obviamente, el valor del coeficiente a), indicando la cantidad de irradiación registrada en un período particular del tiempo estudiado. Es decir,

valores bajos en la pendiente indicaran días donde la radiación global incidente fue menor a aquellos días correspondientes a pendientes más altas.

Para nuestros datos observamos que los coeficientes a tienen valores en el rango de 0.17 a 0.25, siendo los meses de junio, julio y octubre los que presentan valores por debajo de 0.2. De los coeficientes b , solo dos de ellos se apartan marcadamente del resto: los correspondientes a los meses de junio y julio (0.65 y 0.61). El resto se mueve en un rango de 0.5 a 0.57. En principio este comportamiento era de esperarse, ya que los meses de junio y julio corresponden al período de baja humedad relativa y baja nubosidad, con lo que se incrementa la transmitancia de la atmósfera. Sin embargo, este razonamiento no se cumple para los meses de verano respecto a los de otoño o primavera, por lo que no se pudo establecer una relación entre los valores mensuales de a y b con los datos meteorológicos mensuales promedios.

Se observó, durante el cálculo de los valores mensuales de los coeficientes, que influye la presencia de puntos anómalos, provocando resultados que no representan las condiciones prevalecientes. Se sugiere quitar los puntos en los que el valor de una de las variables, el índice de claridad o la heliofanía relativa, tenga una diferencia de más de 50 % con el otro por considerarse que están afectados por alguna contrariedad más allá de efectos climáticos.

b) Comparación de valores para la región:

Para el caso de la comparación de los valores de los coeficientes para Salta y Cerrillos, vemos que el coeficiente b para Salta es más grande y el a es menor. Esto puede interpretarse como que en los períodos revisados (enero y julio) los datos actuales indican un incremento de la radiación solar directa y una disminución de la radiación solar difusa. Sin embargo esto no puede afirmarse tajantemente ya que los datos actuales son estadísticamente pocos para poder sacar conclusiones relevantes.

c) Sobre la estimación de la sensibilidad del heliógrafo:

La sensibilidad del heliógrafo debe determinarse con valores instantáneos de irradiancia. Lo que hacemos en este trabajo es determinar los valores límites de K_t que se corresponden con heliofanías efectivas nulas. Obviamente por tratarse de valores promedios, la determinación de este umbral no es precisa. Deben considerarse errores que afectan el registro diario de la heliofanía efectiva (cambio de proveedor de fajas, humedad en la faja, errores humanos, etc.). Se debe notar que la sensibilidad del heliógrafo afecta el valor del coeficiente a .

d) Sobre la correlación con otros métodos:

La estimación de datos de radiación global utilizando la relación de Ångström-Prescott corregida por latitud y por dependencia de los coeficientes con $\left(\frac{\bar{n}}{N}\right)$ arrojó resultados aceptables para la ciudad de Salta. Se sugiere utilizar el método de Rietveld para estimar H en la zona circundante a Salta Capital.

CONCLUSIONES

De los resultados de este trabajo concluimos que los coeficientes de la relación de Ångström-Prescott calculados para la ciudad de Salta durante el período de tiempo comprendido entre abril de 2006 y abril de 2007 se correlacionan bien con los obtenidos en trabajos anteriores para sitios cercanos a Salta, dentro de un error máximo aceptable ($\approx 15\%$).

No se pudo establecer una clara dependencia de los coeficientes con los datos meteorológicos.

De los dos métodos de correlación de radiación global utilizados, el de Rietveld resultó mejor correlacionado con los datos medidos.

La información obtenida en este trabajo permitirá realizar ajustes a los modelos climáticos y de radiación global para la ciudad de Salta y parte del Valle de Lerma. En el futuro se seguirá aumentando datos de radiación y heliofanía para acrecentar aun más los datos disponibles.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos especialmente al Servicio Meteorológico Nacional por proporcionar los datos de temperatura, humedad relativa, nubosidad y heliofanía efectiva utilizados en este trabajo.

REFERENCIAS

Ångström A. (1924). Solar and terrestrial radiation. Q. J. R. Meteorol. Soc. Vol. 50, pp 121-125.

Prescott J. (1940) Evaporation from a water surface in relation to solar radiation. Trans. R. Soc. Sci. Aust. Vol 64, pp 114-125.

A. Mani y S. Rangarajan (1983) Techniques for the precise estimation of hourly values of global, diffuse and direct solar radiation. Solar Energy. Vol.31. pp. 577-595.

C.C.Y. Ma y M. Iqbal (1984) Statistical comparison of solar radiation correlations. Monthly average global and diffuse radiation on horizontal surfaces. Solar Energy Vol.33.Nº 2. pp 143-148.

Grossi Gallegos H., R. Lopardo, G. Atienza, M. Peralta y M. García (1984) Determinación de la correlación entre la duración relativa de la insolación y la radiación global medida por la Red Solarimétrica. Acta de la 9ª Reunión de Trabajo de ASADES.

Grossi Gallegos H., G. Atienza, M. Peralta y M. García (1988) Sobre el estudio de la variación de los coeficientes de la ecuación de regresión entre las horas de insolación y la radiación global.

Grossi Gallegos H y R. Righini (2002) Acerca de la distribución de heliofanía en Argentina. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol.6 N° 2. pp 11.37-11.41

R. Righini, H. Grossi Gallegos y C. Raichijk (2004). Trazado de nuevas cartas de irradiación global para Argentina a partir de horas de brillo solar (heliofanía). Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 14 pp 23-31.

Grossi Gallegos H. (2004*) Notas sobre Radiación Solar. Departamento de Ciencias Básicas. Universidad Nacional de Lujan. ISBN 987-9285-19-0

Hinrichsen K. (1994) The Ångström formula with coefficients having a physical meaning. Solar Energy Vol.52 N° 6.

ABSTRACT: The coefficients of the Ångström-Prescott relation, that relate the global solar irradiation with the insolation hours (heliofanía) for Salta city for April 2006 to April 2007, are calculated. These values are compared with other regional values calculated with data from the Argentine Solarimetric Network, being that the coefficients of the relation of Ångström-Prescott calculated for the period of the studied time are correlated with the obtained ones for sites near Salta, within an acceptable maximum error (15%). Also we compare the coefficients values with others obtained with two solar global radiation correlation methods. From these methods used, the Rietveld's method correlated better with the measured data. The heliograph sensitivity was analyzed and accepted as good. A discussion about some aspects related to the coefficients values was made.

Keywords: Ångström-Prescott, relative heliofanía, irradiation, climate