

UNA EXPRESIÓN DEL TIPO ANGSTRON-PAGE EN TÉRMINOS DE LA TEMPERATURA

R. SOLARES y A. FASULO

LAB. DE ENERGÍA SOLAR - UNIVERSIDAD NAC. DE SAN LUIS

Chacabuco y Pedernera - 5700 San Luis

Fax 0652 30224 , E-Mail: solar@unsl.edu.ar

RESUMEN

A partir de la observación de una fuerte correlación estadística entre la temperatura media diaria y la heliofanía se modifica la formula de Angstron-Page para ponerla en función de la temperatura ambiente. Para este fin se procede en primer término a efectuar un ajuste gráfico entre ambas variables determinando el coeficiente de desplazamiento temporal entre ambas, para luego modificar el archivo de acuerdo a la constante determinada, estableciendo una relación lineal entre heliofanía relativa y temperatura relativa. Se muestra el grado de aproximación encontrado por esta nueva expresión con respecto a la anterior, para varias localidades del centro oeste del país.

INTRODUCCIÓN

Para diversas aplicaciones energéticas en las que se deba tomar en cuenta el medio ambiente, es indispensable contar con datos meteorológicos que incluyan la heliofanía y la radiación solar global horizontal. El problema es que estas ultimas no siempre están disponibles. Si se tienen los datos de heliofanía y radiación para un período menor , a través de sus promedios mensuales, mediante un ajuste lineal, se obtienen los parámetros a y b de la formulación de Angstron-Page (1) :

$$[1] \quad H_{\text{med}} / H_0 = a + b \text{He}_{\text{med}} / \text{He}_{\text{max}}$$

donde H_{med} es la radiación solar gbbal horizontal en valores medios mensuales, H_0 es la radiación solar extraterrestre en valor medio mensual,(se toma el día característico para su cálculo), He_{med} la heliofanía media mensual, He_{max} el valor máximo posible para cada mes , entonces se convierten los valores de He_{med} en H_{med} .

Si se tiene la heliofanía solamente, se puede recurrir a valores medios regionales o nacionales de a y b para obtener la radiación solar a través de Angstron-Page o bien recurrir a fórmulas empíricas que permitan calcular a y b a partir de diversos datos meteorológicos (2), (3) y (4). En general estas aproximaciones resultan aplicables solo para la región para la cual fueron desarrolladas. Entonces se pueden convertir los datos de heliofanía en radiación para todo el período en que se encuentra registrada la primera. Si no se dispone de datos de heliofanía, aún cuando se disponga de datos meteorológicos, no existe procedimiento alguno

que permita conocer la radiación en el lugar. Esta solo se podrá estimar a partir de las isoclinas que se puedan haber trazado para la región.

LA Hemed EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA MEDIA MENSUAL

En este trabajo se intenta resolver el problema que se presenta cuando el registro Meteorológico carece del lado de heliofanía reemplazando este dato por el de la temperatura ambiente media diaria, en la formulación de Angstrom-Page. La idea de reemplazar heliofanía por temperatura viene de que al observar los datos meteorológicos correspondientes a una década (1971/1980) para la ciudad de San Luis, se encontró una fuerte correlación estadística entre estas variables como podemos ver en las figuras 1 y 2

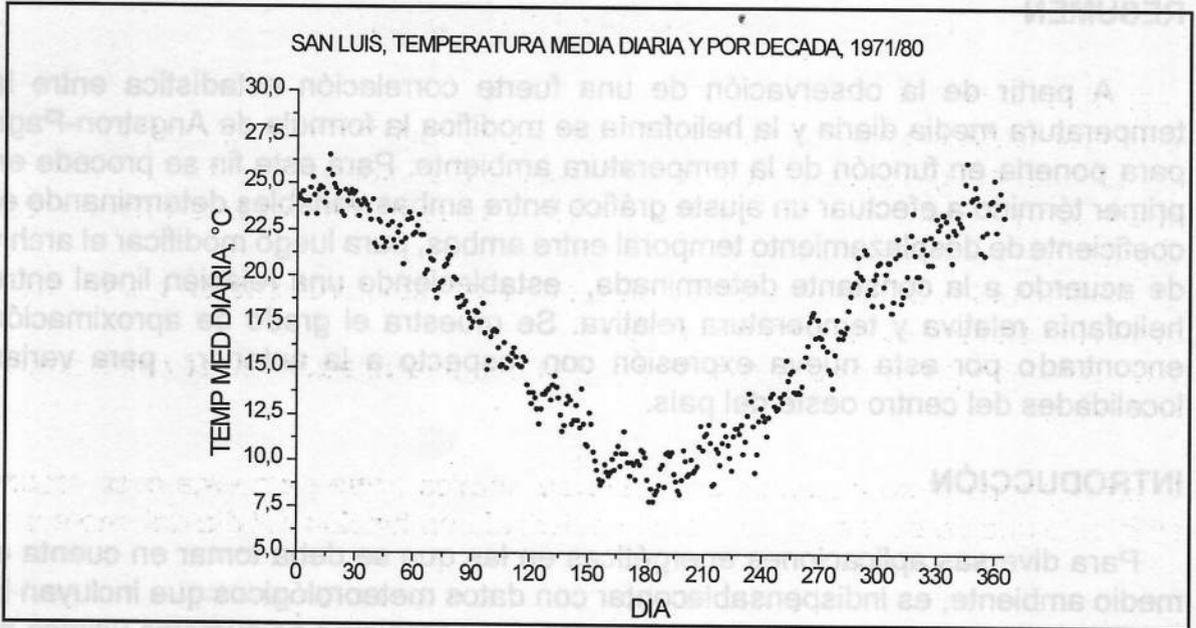


Figura 1. Temperatura media diaria en función del día en el año

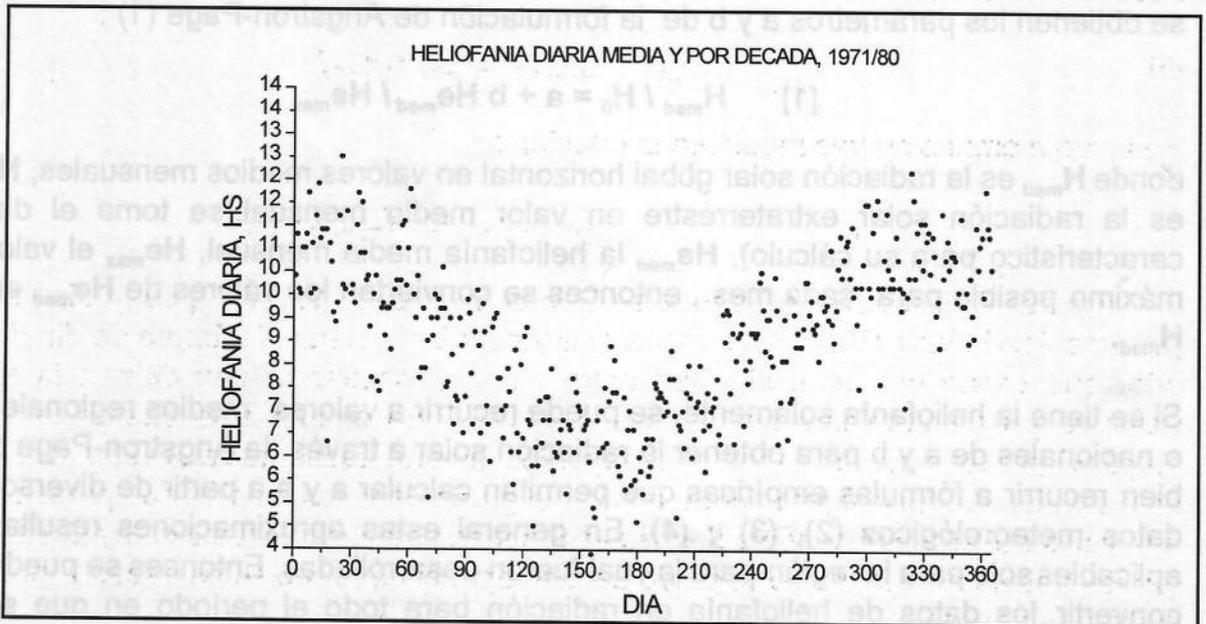


Figura 2. Heliofanía diaria media en función del día del año.

Entonces se pensó en la posibilidad de reemplazar en la ecuación de Angstrom-Page poniendo la temperatura en lugar de la heliofanía. Para ello debemos mostrar en primer término que la correlación entre T_{med} y H_{med} existe y luego encontrar la relación entre estas variables. Si ella fuese lineal tendríamos:

$$[2] \quad H_{med}/H_{max} = e + f T_{med}/T_{max}$$

y en consecuencia la ecuación de Angstrom Page modificada será :

$$[3] \quad H_{med}/H_0 = c + d T_{med}/T_{max}$$

donde : $c = a + be$ y $d = bf$

El procedimiento para llegar a esta formulación consta de tres pasos:

- 1) Encontrar el grado de correlación existente entre temperatura y la heliofanía, el coeficiente de desplazamiento temporal y diferencia de amplitud entre ambas variables.
- 2) Modificar el archivo de datos desplazando temporalmente una de las variables según la constante determinada en 1)
- 3) Calcular los promedios mensuales y generar una relación lineal entre ambas variables.

En el primer paso hacemos un ajuste polinómico, que para este caso resultó suficiente uno de cuarto grado. Para la heliofanía en función del día del año es:

$$[4] \quad H_{med}(t) = a_0 + a_1 * t + a_2 * t^2 + a_3 * t^3 + a_4 * t^4$$

Para la temperatura en función del día del año es:

$$[5] \quad T_{med}(t) = b_0 + b_1 * t + b_2 * t^2 + b_3 * t^3 + b_4 * t^4$$

Se ajustan ambas curvas mediante la relación :

$$[6] \quad H_{med}(t) = A T_{med}(t - B)$$

Se procedió así por que, para San Luis en la década 1971/80, se podía ver, superponiendo las gráficas de temperatura y heliofanía versus el número de día del año, que existe una gran similitud entre ambas, mostrando una diferencia en amplitud y un corrimiento en los días del año. Para encontrar la diferencia en amplitud procedemos a desplazar el origen de las ordenadas hacia el valor medio de las variables. En la figura 3 podemos ver el grado de aproximación que presentan a lo largo del año ambas variables ajustadas mediante las constantes A y B. Esta gráfica nos está anticipando el grado de discrepancia que debemos esperar para cada mes del año, entre la radiación calculada mediante la fórmula de Angstrom-Page y la Angstrom-Page modificada.

Se encuentra un hecho interesante, como el eje horizontal es el número de día, B corresponde entonces a un corrimiento en días de la temperatura con respecto a la heliofanía, esto es la temperatura atrasa B días con respecto a la heliofanía. Este valor se puede interpretar como un efecto de la inercia térmica.

Para el segundo paso simplemente se desplazan los datos de la columna temperatura en B días.

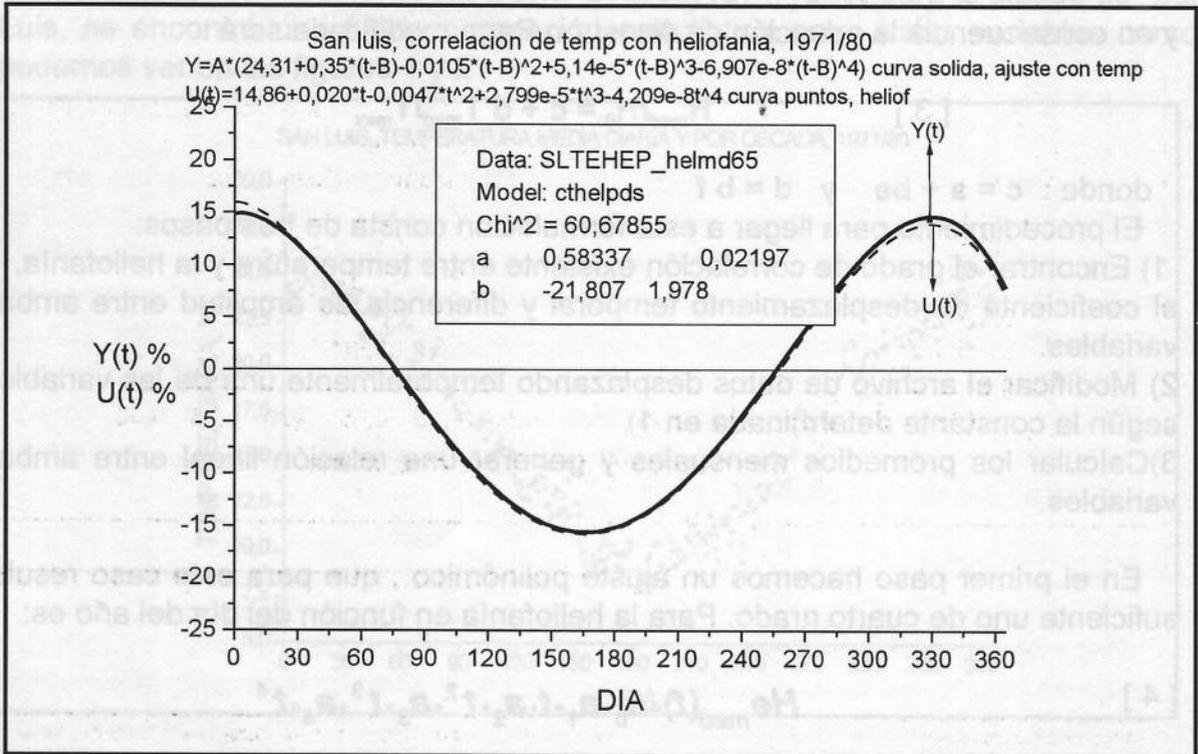


Figura 3 Ajuste de heliofanía y temperatura según la relación 6.

En el tercer paso se obtienen los valores medios mensuales de ambas variables y se ponen en forma adimensional, dividiéndolos por un valor alto. Para determinar los valores altos de He, Hemax y de T, Tmax de cada mes, se calculan los valores medios máximos de temperatura tomando los datos de la hora 14 mes a mes de la década. Para el cálculo de Hemax se utilizó la fórmula

$$[7] \quad He_{max} = 2/15 * \arccos(\tan\phi * \tan\delta)$$

ϕ

es la latitud del lugar,

δ

es la declinación del día mas largo

Para San Luis se encontraron los valores de a y b por medio de un ajuste de la radiación obtenida en el Laboratorio de Energía Solar versus la heliofanía registrada por el Servicio Meteorológico Nacional (S.M.N.), figura 5, se obtuvo (5):

$$[8] \quad H_{med} / H_0 = 0,24 + 0,49 H_{med} / He_{max}$$

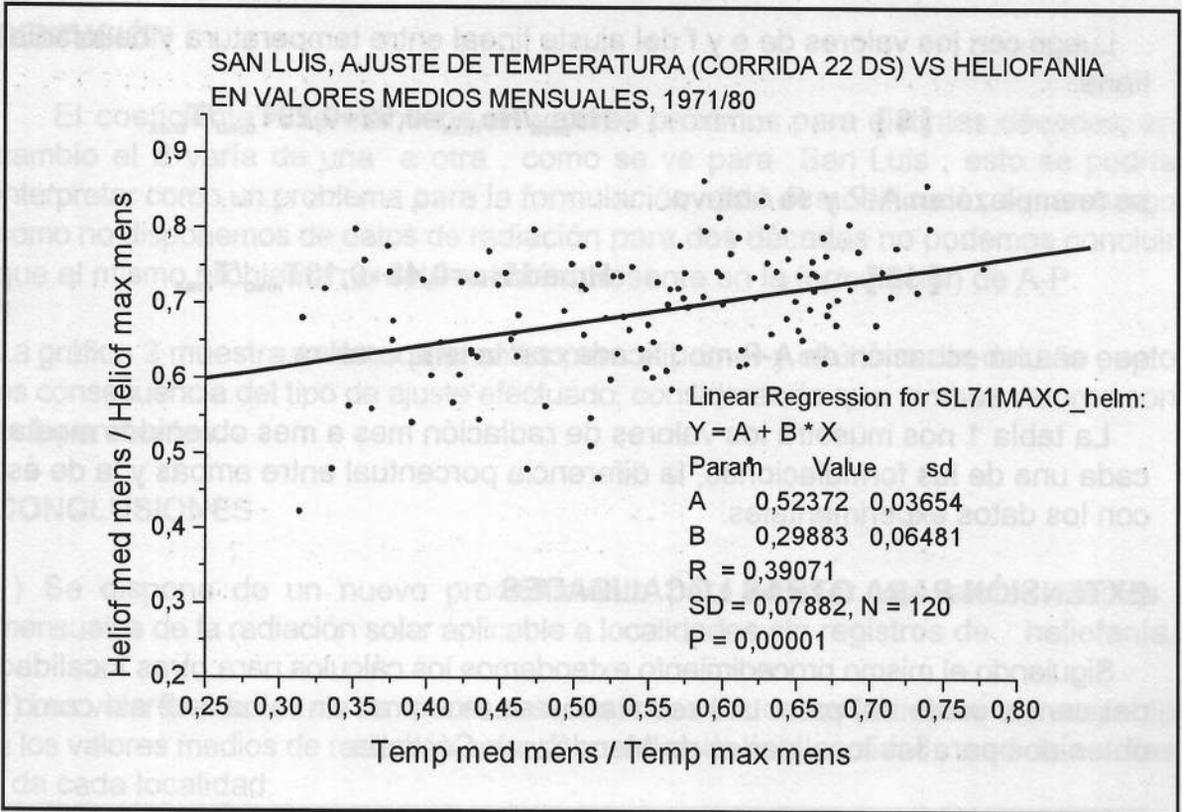


Figura 4. Ajuste lineal entre heliofanía y temperatura.

MES	Hexp	H 1	H 2	H1-H2	H1- Hexp	H2- Hexp
	Mj/m2	Mj/m2	Mj/m2	%	%	%
1	24,9	25,3	25	1,1	1,5	0,4
2	22,2	22,9	22,5	1,7	3	1,3
3	16,8	17,7	18,7	5,3	5	10,2
4	13,3	13,9	14,1	1,4	4,3	5,7
5	10,8	10,57	10,5	0,6	2,12	2,8
6	7,6	8,8	8,81	0,1	13,6	13,7
7	9,2	9,5	9,4	1,05	3,15	2,2
8	12,5	12,5	12,2	2,4	0	2,4
9	16,08	15,7	16,2	3	2,3	0,7
10	21,5	20,6	20,7	0,4	4,1	3,7
11	23,9	24,2	24,1	0,4	1,2	0,8
12	26,4	25,8	25,4	1,5	2,2	3,8

Tabla 1. San Luis 1981-1990, valores medios mensuales de la radiación: Hexp experimental ; H1 Angstron-Page ; H2 A-P Modificada y sus diferencias porcentuales para cada mes.

Luego con los valores de e y f del ajuste lineal entre temperatura y heliofanía se tiene:

$$[9] \quad H_{e_{med}}/H_{e_{max}}=0,52+0,29T_{med}/T_{max}$$

se reemplazó en A-P y se obtuvo:

$$[10] \quad H_{med}/H_o=0,48+0,13T_{med}/T_{max}$$

que es una ecuación de A-P modificada con la temperatura.

La tabla 1 nos muestra los valores de radiación mes a mes obtenidos mediante cada una de las formulaciones, la diferencia porcentual entre ambas y la de éstas con los datos experimentales.

EXTENSIÓN PARA OTRAS LOCALIDADES

Siguiendo el mismo procedimiento extendemos los cálculos para otras localidades del centro oeste del país. Los resultados se muestran en la tabla 2 así como los obtenidos para las localidades de Mendoza y Córdoba.

LOC.	DÉCADA	a	b	A	B	e	f	c	d
S L	1971- 80	0,24	0,49	0,58	22	0,52	0,3	0,49	0,14
S L	1981- 90	0,24	0,46	0,6	14	0,45	0,4	0,45	0,18
V Ry	1981- 90	0,22	0,52	0,47	8	0,43	0,24	0,44	0,12
S J	1981- 90	0,34	0,44	0,32	18	0,47	0,31	0,54	0,13
Mza	1981- 90	0,22	0,56	0,49	21	0,36	0,45	0,43	0,26

Tabla 2: las constantes de relación para varias localidades del Centro oeste del país: SL (San Luis), V. Ry (Villa Reynolds), S. J. (San Juan), Mza (Mendoza)

Debemos hacer notar que el grado de ajuste entre las curvas de temperatura y heliofanía presentan la misma tendencia, aunque el grado de ajuste entre ambas en todos los casos resultó inferior.

Por otra parte observamos que el coeficiente B es próximo para las localidades áridas y con cerranías en sus proximidades, como se puede ver en la tabla 2, en cambio Villa Mercedes que es algo mas húmeda y sin cerranias presenta un valor de B notablemente menor.

DISCUSIÓN

El coeficiente A se mantiene en valores próximos para distintas décadas, en cambio el B varía de una a otra, como se ve para San Luis, esto se podría interpretar como un problema para la formulación de A-P modificada, sin embargo como no disponemos de datos de radiación para dos décadas no podemos concluir que el mismo problema no este también presente en la formulación de A-P.

La gráfica 3 muestra valores diferentes para el primer y el último día del año, esto es consecuencia del tipo de ajuste efectuado, considerando que ambos valores son independientes.

CONCLUSIONES

- 1) Se dispone de un nuevo procedimiento para estimar los valores medios mensuales de la radiación solar aplicable a localidades sin registros de heliofanía.
- 2) Los valores medios de temperaturas, en todos los casos, atrasan con respecto a los valores medios de radiación solar. Dependiendo ésta cantidad, medida en días, de cada localidad.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) The Historical Evolution of the Angstrom Formula and its Modifications: Review and Bibliography. -- J.A. Martinez y otros
Agricultural and Forest Meteorology, 33 (1984) 109, 128.
- 2) Estimation du Rayonnement Solaire Global - J. Gariepy
Internal Report. Service of Meteorology, Quebec, Canada - 1980.
- 3) A New Methods for Estimating the Regresion Coefficient in the Formula Relating Solar Radiation to Sunshine -- M. R. Rietveld -- Agric. Meteorological 19, 143 - 252 (1978).
- 4) Estimation of the Total Radiation from Meteorological Data - J.A. Sabbagh
Solar Energy 19, 307 - 311 (1977)
- 5) Registros del Servicio Meteorológico Nacional de las localidades de San Luis, Villa Mercedes, Mendoza, San Juan y Córdoba.
- 6) Cuadernos de la Red Solarimétrica Argentina Vol. 2 al 14.
- 7) Variables ambientales para la aplicación de la Energía Solar en San Luis. -- A. Fasulo, C. Esteban D. Perello y R. Solares
79na Reunión Nacional de Física - Villa Giardino Cba - octubre de 1994.