

LA CANTIDAD DE AEROSOLES EN LA ATMÓSFERA PARA VARIAS LOCALIDADES

C. ESTEBAN, A. TORRES y A. FASULO

Universidad Nacional de San Luis.

Chacabuco y Pedermera . 5700. San Luis .

e.mail: solar@unsl.edu.ar

RESUMEN:

En la República Argentina no es común realizar mediciones sistemáticas de la cantidad de aerosoles presentes en la atmósfera, a pesar de ser uno de sus componentes fundamentales. Su importancia se ve claramente si consideramos que los aerosoles son uno de los principales factores que participan en el balance energético de la radiación solar que llega a la superficie terrestre.

En este trabajo se muestra que es posible calcular la cantidad de aerosoles, β , presentes en la atmósfera a partir de la radiación solar global sobre superficie horizontal para días claros. Para ello se contrastaron el dato experimental con el calculado mediante uno de los métodos de parametrización, usando como variable de ajuste el parámetro β .

El procedimiento se experimentó con los datos de San Luis, donde se disponía de las curvas registros de la radiación diaria, lo que permite seleccionar con seguridad los días claros. Luego el procedimiento desarrollado fue aplicado a varias localidades del país, que cuentan con registros de radiación global horizontal provistos por la Red Solarimétrica.

INTRODUCCIÓN:

El estudio de los aerosoles ha adquirido en los últimos tiempos un creciente interés en la medida que se ha determinado su influencia sobre el clima [d'Almeida, 1991], el medio ambiente y la calidad de vida. Entre los efectos que producen se pueden mencionar:

- 1) por scattering y absorción de la radiación solar alteran el balance térmico de la atmósfera,
- 2) actúan como núcleos de condensación del vapor de agua,
- 3) modifican las características ópticas de las nubes,
- 4) pueden actuar como núcleos de congelación e influir sobre la precipitación de nieve y granizo,
- 5) disminuyen la visibilidad ,
- 6) pueden generar enfermedades, etc.

Los aerosoles son pequeñas partículas sólidas o líquidas que se encuentran en suspensión en la atmósfera siguiendo el movimiento del aire bajo ciertos límites. Su dimensión característica varía desde 0.2 a 100 μ m. Su origen puede ser de fuentes naturales como: polvo extraterrestre, sales marinas, polvo del desierto, biológico, etc; o fuentes de producción humana (aerosoles antropogénicos) como : emisión directa de partículas , conversión de gas a partícula (sustancias carbonáceas, orgánicas, sulfatos, nitratos), incendios forestales, etc.

La presencia de aerosoles puede caracterizarse por algunos de los siguientes parámetros :

- a) número de partículas por centímetro cúbico
- b) turbidez atmosférica u opacidad
- c) visibilidad.

En países más desarrollados es común determinar la cantidad de aerosoles mediante alguno de los dos últimos .

EL COEFICIENTE DE TURBIDEZ β :

El fenómeno de atenuación de la radiación solar al atravesar la atmósfera terrestre, debido a los elementos presentes en ella, se describe mediante la Ley de Bouguer [Iqbal,1983], la cual establece que la irradiancia solar directa que llega a la Tierra es:

$$I_{n\lambda} = E_0 I_{on\lambda} \exp[-k_{\lambda} m] \tag{1}$$

donde : E_0 es la excentricidad de la órbita terrestre
 $I_{on\lambda}$ es la irradiancia solar extraterrestre a la longitud de onda λ .
 k_{λ} es el coeficiente de atenuación o extinción
 m es la masa óptica atravesada por la radiación

El coeficiente de extinción debido a aerosoles, responsables de la atenuación de la radiación solar entre las longitudes de onda de 0.3 a 1.4 μm ., está dada por la fórmula de turbidez de Ångström:

$$k_{a\lambda} = \beta \lambda^{\alpha} \tag{2}$$

En esta, β es el coeficiente de turbidez. Es un índice que representa la cantidad de aerosoles presentes en la atmósfera en la dirección vertical .Valores de 0 para β corresponden a una atmósfera limpia y de 0.4 a una atmósfera muy contaminada. Este parámetro está estrechamente relacionado con la visibilidad horizontal. La Tabla 1 nos da idea de los valores de contaminación atmosférica con aerosoles, así como de la visibilidad horizontal asociada.

El exponente de la longitud de onda α está relacionado con la distribución de tamaños de las partículas de aerosol. Varía entre 4 y 0. Si se trata de partículas muy pequeñas α se aproxima a 4, en cambio si se trata de aerosoles gigantes se aproxima a 0. Un valor comúnmente empleado y sugerido por Ångström como representativo de los aerosoles que normalmente se encuentran presentes en la atmósfera es $\alpha=1.3$.

TABLA 1 :Parámetros β , α y visibilidad (Km) para diversos tipos de condiciones atmosféricas

Atmósfera	β	α	Visibilidad
limpia	0.00	1.3	340
clara	0.10	1.3	28
turbia	0.20	1.3	11
muy turbia	0.40	1.3	< 5

Los parámetros β y α se pueden determinar experimentalmente midiendo la radiación solar que llega a la superficie de la Tierra a dos longitudes de onda, en las cuales los componentes normales del aire tengan absorbancia muy pequeña o nula. Generalmente se toman $\lambda = 0.38$ y $0.5 \mu\text{m}$.

EL MODELO C :

Existen métodos, llamados de parametrización [Iqbal, 1983], que permiten calcular en forma teórica la irradiancia solar total global sobre superficie horizontal para días claros. En estos métodos la transmitancia de la atmósfera se asume como el producto de las transmitancias totales a la radiación solar a través de cada uno de los constituyentes atmosféricos. Los métodos varían en las expresiones empíricas que diversos autores toman para cada una de estas transmitancias.

De un trabajo anterior [Fasulo, 1994] se concluyó que el método llamado Modelo C de Iqbal era el más aproximado y conveniente para usar, teniendo en cuenta los datos meteorológicos que disponemos.

En el Modelo C [Iqbal, 1983] la irradiancia global sobre una superficie horizontal está dada por :

$$I = I_n \cos(\theta_z) + I_d \quad (3)$$

donde : θ_z es el ángulo zenital ; I_n es la irradiancia normal directa; I_d es la irradiancia difusa.

Tanto I_n como I_d son funciones de la masa óptica, del ángulo θ_z y de las transmitancias de cada uno de los componentes atmosféricos, en particular de la transmitancia debida a los aerosoles en la cual está incluido el coeficiente β .

Para el cálculo de la irradiancia global se requieren los datos de: ángulo de declinación δ , E_0 , coordenadas de la localidad, temperatura T_m , humedad h , β , α , albedo ρ y Ozono.

Integrando para todo el día se obtiene la radiación global total H .

PROCEDIMIENTO:

1) A partir de los registros de datos climáticos (radiación, heliofanía, etc.), se seleccionan los días claros (coincidencia de radiación y heliofanía altas).

Si se dispone de las curvas continuas de registro de radiación, como en el caso de San Luis, se toman las gráficas que muestran ausencia de nubes durante todo el día.

2) Se calcula la radiación solar global sobre superficie horizontal mediante el método de parametrización C, tomando a β como parámetro de ajuste. El valor de β para una dada localidad, surge del ajuste por regresión lineal entre la radiación teórica y la radiación experimental.

Otro parámetro existente en la relación es el albedo. Fue estimado a partir de los considerados normales de acuerdo a las características de cada región. Este es para zonas áridas de 0.25 - 0.3 y para zonas húmedas y con vegetación caduca abundante 0.15 - 0.2.

Para el valor de Ozono se utilizó la tabla de valores medios mensuales que figura en Iqbal.

RESULTADOS:

Se realizó el ajuste anual para las localidades de San Luis (año 1982), Abra Pampa (año 1984), San Miguel (años 1980 a 1984), San Juan (años 1980 a 1984), Marcos Juárez (años 1980 a 1983). Los resultados obtenidos se encuentran en la Tabla 2.

En el caso de San Juan, donde se dispone de una cantidad suficiente de datos se realizaron ajustes trimestrales. El fundamento que permitió encarar ajustes trimestrales se encontró en la Figura 1, donde se puede apreciar un leve desplazamiento hacia la izquierda para los valores bajos de radiación y hacia la derecha para los valores altos. Esto sugiere que tomados estos subconjuntos de datos, el parámetro de ajuste ha de resultar también levemente diferente. Luego de verificar que los diferentes valores asignados al albedo, dentro del rango permitido, tiene un efecto despreciable en el ajuste, se tomó un valor medio anual del mismo y se procedió a seccionar los datos de radiación para períodos trimestrales, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 3.

Se debe señalar que esta característica es también observable en el resto de las localidades analizadas, pero en todas ellas la dispersión es mayor que en el caso de San Juan.

Las Figuras 1, 2 y 3 muestran curvas típicas de ajuste.

TABLA 2 : Turbidez atmosférica media anual. Se detallan latitud y altura de la localidad, años de los registros tomados, cantidad de datos y β .

Localidad	Latitud	Altura	Año	Datos	β
San Luis	33° 16'	716	1982	46	0.15
Abra Pampa	22° 50'	3484	1984	73	0.050
San Miguel	34° 33'	26	1980	88	0.235
			1981	87	0.240
			1982	92	0.197
			1983	79	0.279
			1984	55	0.242
San Juan	31° 34'	618	1981	106	0.024
			1982	66	0.052
			1983	90	0.050
			1984	140	0.062
Marcos Juárez	32° 41'	115	1980	92	0.150
			1981	92	0.150
			1982	67	0.160
			1983	55	0.150

TABLA 3: Ajuste para la localidad de San Juan, especificando el β obtenido por año y por trimestre

Año	Trimestre	β	Año	Trimestre	β
1981	1°	0.025	1982	1°	0.050
	2°	0.025		2°	0.025
	3°	0.100		4°	0.100
	4°	0.050			
1983	1°	0.075	1984	1°	0.100
	2°	0.025		2°	0.025
	3°	0.025		3°	0.050
	4°	0.075		4°	0.050
1985	1°	0.090			
	2°	0.045			

Si se comparan entre sí los valores de β (Tabla 2) las diferencias entre los mismos son los que se esperan de acuerdo a las características de contaminación conocidas de cada localidad considerada.

En el caso de San Juan y Abra Pampa con atmósferas más limpias tienen valores menores de β que San Luis y San Miguel con atmósferas más turbias

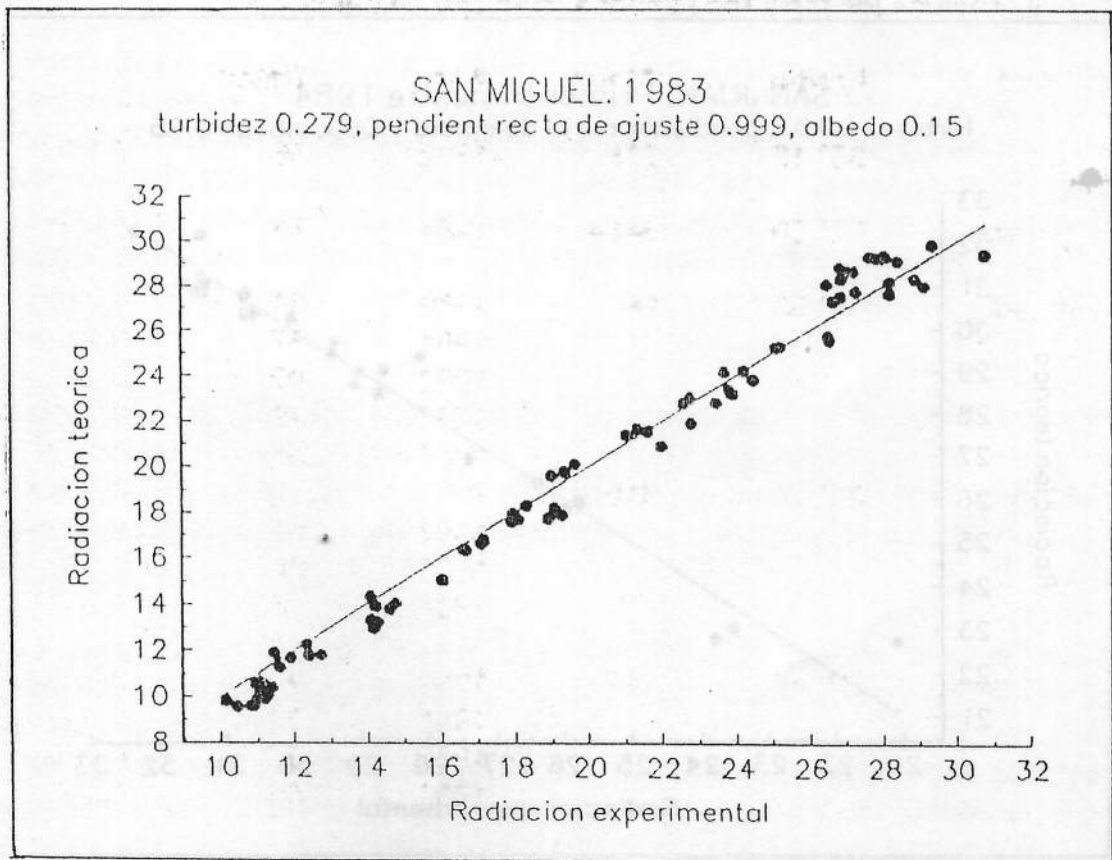


Figura 1

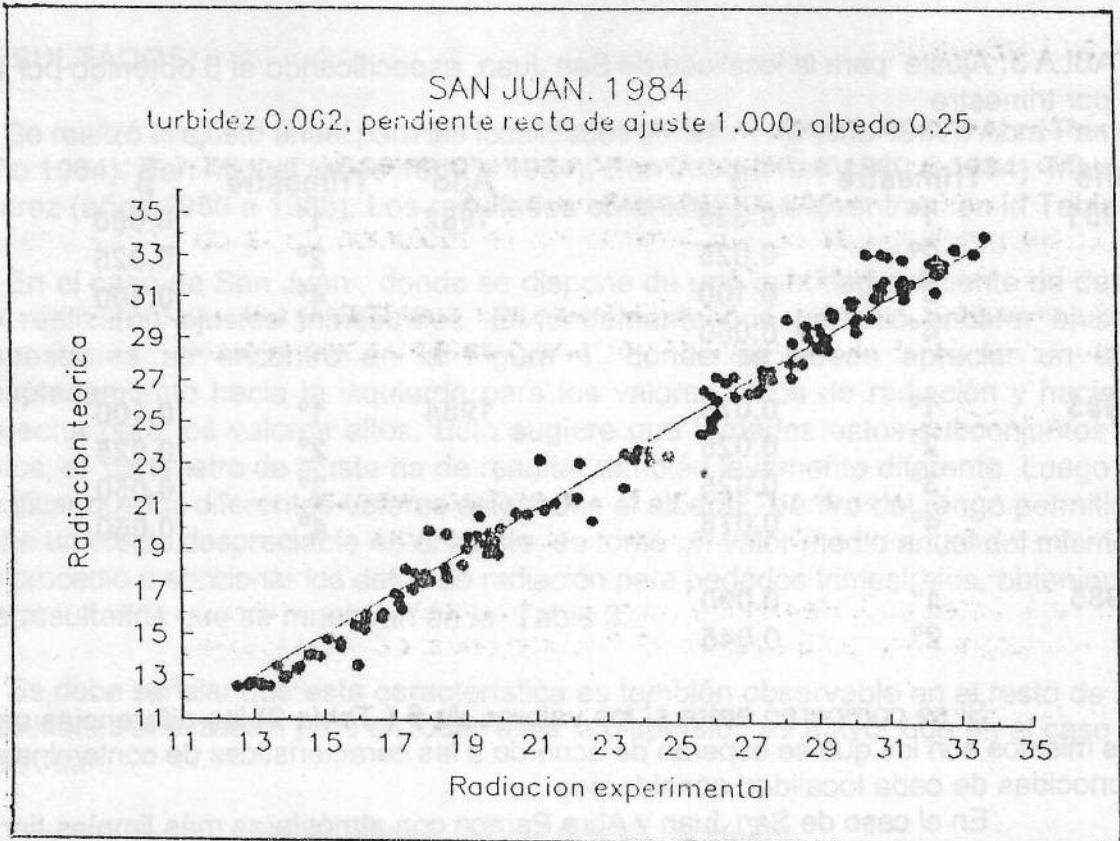


Figura 2

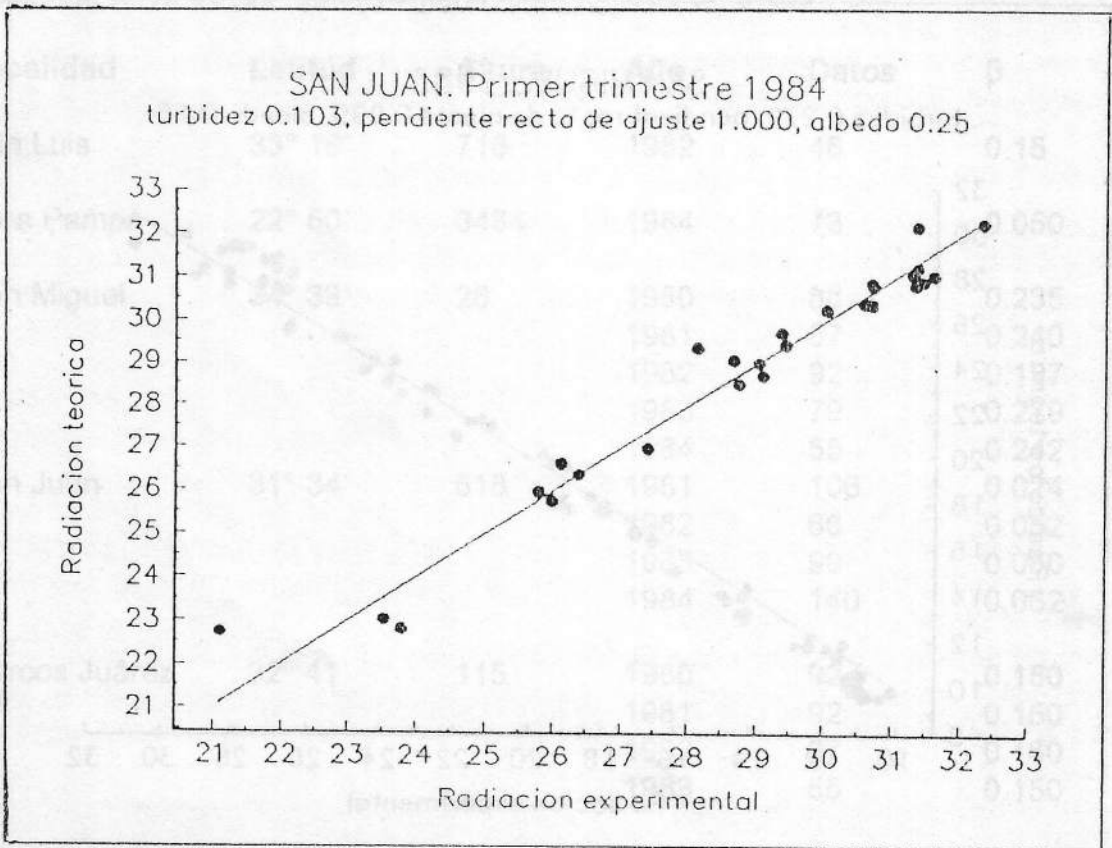


Figura 3

CONCLUSIONES:

De lo anterior se concluye que:

- 1) Se dispone de un método que nos permite determinar acertadamente si una región está más o menos contaminada que otra.
- 2) Se puede hacer un seguimiento de la evolución de la contaminación por aerosoles de una dada región.
- 3) Para poder afirmar la veracidad del valor cuantitativo del β obtenido restaría disponer de datos experimentales del mismo para su comprobación.

BIBLIOGRAFÍA :

d'Almeida G , Keopke P and Shettle E. Atmospheric Aerosols. Global Climatology and Radiative Characteristics, A. Deepak Publishing, 1991

Fasulo A, Esteban C, Perello D y Solares R. Variables ambientales para la aplicación de la Energía Solar en San Luis, 79 Reunión anual de AFA, 1994.

Iqbal M. An Introduction to Solar Radiation, Academic Press, 1983.

INTRODUCCIÓN

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

$$(1) \quad H_{\text{rad}} / H_0 = a + b H_{\text{hel}} / H_{\text{max}}$$

donde H_{rad} es la radiación solar global horizontal en valores medios mensuales, H_0 es la radiación solar extraterrástrica en valor medio mensual (se toma el día característico para su cálculo), H_{hel} la heliofania media mensual, H_{max} el valor máximo posible para cada mes, entonces se convierten los valores de H_{rad} en H_{hel} .

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