

V

**ESTUDIO DE LA RADIACION SOLAR
DURANTE EL AÑO GEOFISICO INTERNACIONAL**

*por I. G. Galindo Estrada**

*Sección de Física Atmosférica.

SUMMARY. A study of Solar Radiation records taken during the International Geophysical Year is presented in this paper. Three Solarimetric Stations are considered: Ciudad Universitaria (2,268 m. a.s.l.), Veracruz (at sea level) and Altzomoni (3,975 m. a.s.l.).

The study contains: A) Theoretical implications on the methods of observation used for measuring the components of the radiation balance and for determination of turbidity parameter. B) Monthly totals and daily means of total radiation (sun and sky); diffuse radiation (sky); instantaneous values of the intensity of direct solar radiation, and calculation of turbidity parameters based on the International Pyrheliometric Scale (I.P.S. 1956).

It is shown in this study that C.U. Station has a problem of atmospheric pollution during eight months of the year. A tentative consideration on the relation of monthly solar radiation and water vapour pressure is presented. A comparison between maximum instantaneous measurements of direct solar radiation as recorded at Tacubaya (1911-1928) and those recorded at C. U. Station during the I.G.Y. shows a 10% reduction of that component, obviously due to an increase in the atmospheric pollution through the last twenty years. This is also corroborated by the determination of transmission coefficient 'q' for Tacubaya and for C.U. Station.

Veracruz shows a marked uniformity of total radiation values through the year, due to low variation of water vapour pressure.

Finally, Altzomoni shows total radiation values very similar to that C.U., due perhaps to almost continuous cloudiness over that Station.

•

INTRODUCCION. A la Sección de Radiación Solar del Instituto de Ciencia Aplicada de la UNAM le correspondió durante el A.G.I. la tarea de seleccionar, instalar, calibrar y conservar el equipo de radiación solar con objeto de hacer observaciones sistemáticas de ella durante el período de julio 1957 a diciembre 1958, y analizar los resultados a fin de conocer sus características y su interrelación con otros elementos meteorológicos en diversas partes de la República Mexicana.

Para el objeto, se instalaron y dotaron del equipo necesario las siguientes estaciones: un observatorio central instalado en la azotea del Instituto de Ciencia Aplicada, situado en los terrenos de la Ciudad Universitaria, y tres estaciones más en los siguientes lugares: Veracruz, Altzomoni (faldas del Iztaccíhuatl) y Chihuahua, Chih.

En el presente reporte se analizan los resultados obtenidos en las estaciones anotadas anteriormente. Sin embargo, y debido a desperfectos del

equipo instalado en Chihuahua, hubo necesidad de interrumpir temporalmente las observaciones en este lugar, razón por la que no se incluye dicha estación.

La calibración del equipo correspondiente fue realizada siguiendo las normas establecidas en el Manual de Instrucciones Meteorológicas de la Comisión de Radiación de la Asociación Internacional de Meteorología de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional, realizándose con un pirheliómetro de compensación de Angström como patrón, y llevada a la escala internacional pirheliométrica establecida en 1956 (I.P.S., 1956). Además, todos los datos se encuentran reducidos al nivel del mar con objeto de poder hacer comparaciones entre una estación y otra.

I. OBSERVATORIO CENTRAL.

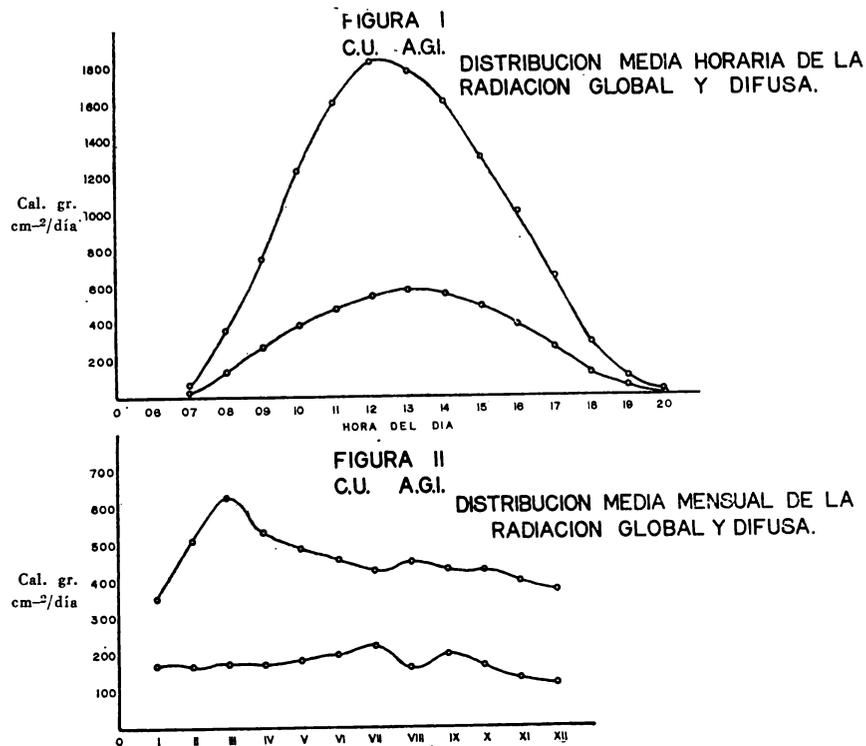
(2,268 m. sobre nivel del mar, Latitud 19° 20' N
Long. 99° 11' W)

Radiación global

Se ha considerado que el parámetro más importante de la radiación solar para estudios climatológicos lo constituye la radiación total recibida en el curso de un día en una superficie horizontal y sus variaciones estacionales.¹ Al efecto, los resultados obtenidos utilizando un piranógrafo Eppley 180° debidamente calibrado, conectado a un registrador marca Leeds-Northrop, se formularon construyéndose con estos datos las figuras I y II.

En la Fig. I se observa la correlación existente entre las horas del día y la intensidad de la radiación incidente expresada en Cal. gr. cm⁻²/día, siendo interesante notar que el máximo de la curva se encuentra a las 12 horas mientras que en la parte inferior de la misma figura se muestra la distribución horaria de la radiación difusa notándose que su máximo se encuentra a las 13 horas y que ocupa dicha curva el 33% del área total graficada, de esto se infiere que, debido a factores locales topográficos que afectan a la circulación atmosférica, la concentración de contaminantes atmosféricos alcanza su máximo a esa hora.

En la Fig. II se muestran estos dos mismos parámetros en su distribución mensual notándose que los valores máximos de la radiación total corresponden al invierno que coincide con la época de secas y de inversión del régimen de vientos que para estos meses soplan del SW o WSW, contrario a lo observado en el resto del año. Estos vientos no permiten que haya acumulación de contaminantes y la atmósfera se encuentra relativamente limpia; por el contrario, el máximo de la radiación difusa lo observamos en el mes de julio, mes que, según Jáuregui,² corresponde al de máxima precipitación.

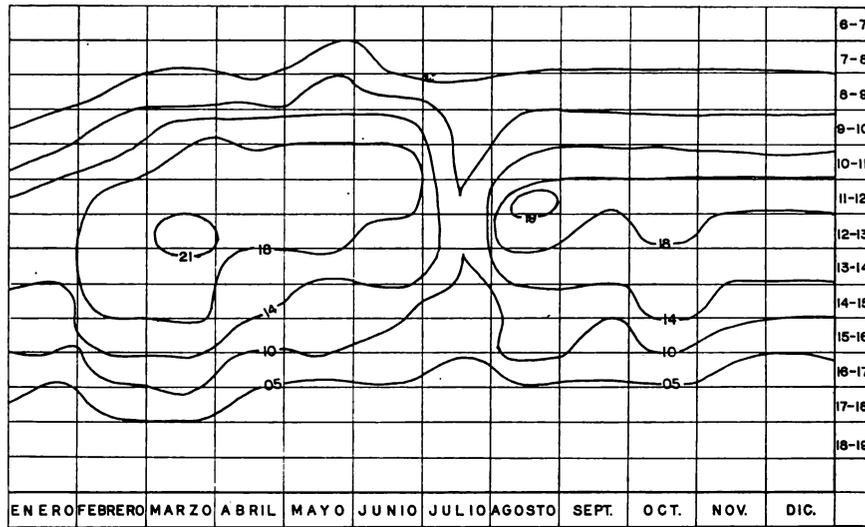


En la Fig. III se muestra la distribución media mensual y horaria de la radiación total, encontrándose que el área de valores máximos comprende la época de secas y que cae entre las 10 y las 17 horas. En la época de lluvias ésta se reduce a sus valores mínimos. Sin embargo, es posible notar que al final del período de lluvias y principios de otoño se encuentra un máximo secundario de intensidad solar, entre las 10 y las 15 horas, es decir, de duración menor que la anterior.

Radiación difusa.

Este parámetro fue obtenido colocando tangencialmente a una termopila tipo Moll-Gorczyński un anillo sombreador de diámetro aproximadamente igual al diámetro del hemisferio exterior de la termopila y orientado de acuerdo con la latitud de la estación, con objeto de recoger siempre la radiación difundida por la atmósfera y evitar la incidencia de los rayos

FIGURA III
C.U. A.G.I.
DISTRIBUCION MEDIA DE LA RADIACION GLOBAL DURANTE 1957-1958



PARA OBTENER Cal·gr·cm²·hora MULTIPLICAR LOS VALORES ACOTADOS POR 100

solares directos sobre el receptor, el cual a su vez se conectó a un milivólmetro registrador.

Se ha considerado como primera aproximación que:

$$R_G = R_D + R_d$$

donde: R_G = radiación total incidente,
 R_D = componente solar directa,
 R_d = radiación celeste o difusa.

El parámetro R_d está constituido fundamentalmente por dos variables: la difusión molecular y la absorción por los diferentes constituyentes de la atmósfera. Sobre éste influyen los siguientes factores: la latitud y la elevación de una estación, la nubosidad, y la turbidez atmosférica. Por lo que se comprende luego la importancia que tiene su estudio para el conocimiento integral del clima solar de un lugar.

La Fig. IV muestra la distribución media de la Radiación difusa (R_d) observándose que las variaciones matutina (6 a 9 hrs.) y vespertina (16 a

tivo de la tierra y la atmósfera. Importante para aspectos meteorológicos, climatológicos o geofísicos.

b) Determinación de la turbidez atmosférica y sus componentes (como se tratará más adelante).

Las mediciones se hicieron con un actinómetro tipo Linke-Feussner, calibrado con el Pirheliómetro absoluto de compensación de Angström.

Las observaciones instantáneas se acompañaron de la observación de los diversos factores meteorológicos que influyen en la intensidad de la radiación directa; diariamente se trató de observar dos veces, cuando las condiciones meteorológicas eran favorables; la primera a las 10 hrs. y la segunda cuando el sol se encuentra en el zenit.

La medición así obtenida fue corregida y completada con los siguientes datos:

1. Tiempo local aparente (hora civil corregida con el meridiano 90).
2. Determinación de la altura solar (90° —distancia zenital).
3. Se determinó el camino óptico "m" (la unidad de "m" es la masa de aire que atraviesan los rayos solares del zenit a la atmósfera terrestre) llevándose además al nivel del mar (camino óptico absoluto).
4. Determinación de la turbidez.

Con objeto de comparar con la serie de 11 años de observaciones hechas en Tacubaya, calculada por Gorczyński con nuestras mediciones, se construyó la Tabla I que se refiere a intensidades instantáneas máximas observadas durante cada mes, siendo interesante notar que la máxima absoluta anual obtenida para la Ciudad Universitaria durante el Año Geofísico Internacional muestra una disminución del 10% aproximadamente con respecto al valor encontrado por Gorczyński para Tacubaya, hecho interesante si consideramos el reporte de Jáuregui,⁶ sobre el aumento de la turbiedad del aire en la Ciudad de México, donde este autor muestra la reducción de la visibilidad durante los últimos 20 años en la Ciudad de México, y debida posiblemente al desarrollo industrial.

Conociendo R_G y R_a en la ecuación del balance radiativo y teniendo ambas termopilas calibradas a un mismo patrón, se determinó el parámetro R_D construyéndose con él la Fig. V, que muestra aproximadamente la distribución media anual y horaria de la componente directa solar. Como es de esperarse, el área de mayor intensidad y duración corresponde a los primeros meses del año (fines del invierno e iniciación de la primavera) mientras que el mes de julio nos muestra valores mínimos ($700 \text{ cal. gr cm}^{-2}/\text{día}$) en tanto que en agosto y los últimos meses del año, encontramos una segunda área de máxima intensidad, pero de poca duración debida a que los nublados son escasos.

TABLA I

MAXIMAS ABSOLUTAS OBSERVADAS EN TACUBAYA (1911-1928) Y MAXIMAS MENSUALES DE LA RADIACION SOLAR OBSERVADAS EN LA C. UNIVERSITARIA

	<i>Tacubaya</i> 1911-28	<i>Ciudad</i> 1957	<i>Universitaria</i> 1958
ENO.	1.63		1.49
FEB.	1.66		1.49
MAR.	1.54		1.46
ABR.	1.56		1.34
MAY.	1.52		1.24
JUN.	1.54		1.31
JUL.	1.48	1.27	1.32
AGO.	1.53	1.34	1.38
SEP.	1.57	1.35	1.41
OCT.	1.60	1.36	1.37
NOV.	1.57	1.33	1.30
DIC.	1.63	1.32	1.31
ANUAL:	1.66		1.49

ESTUDIO DE LA TURBIDEZ ATMOSFERICA.

La variación local de la radiación solar, como se ha visto, es una función de los componentes de la turbidez atmosférica, en particular, el contenido de vapor de agua, la bruma y el polvo, así como del humo proveniente de los centros industriales.

La mediación de la turbidez a partir de mediciones actinométricas se realizó siguiendo aproximadamente un mismo espesor atmosférico para poder realizar comparaciones entre una observación y otra, ya que los valores encontrados caracterizan ciertamente el contenido en bruma (aerosoles) y polvo en la atmósfera, dependiendo parcialmente en grado variable del contenido de vapor de agua. Permittiéndonos así hacer un estudio sinóptico y climatológico de los aerosoles atmosféricos.

F. Linke ⁷ en 1922 introdujo el factor de turbidez T como una primera medida simple de la bruma y del contenido de vapor de agua. Este autor comparó el coeficiente de extinción total para todas las longitudes de onda de la radiación con el coeficiente de extinción del aire puro y seco de Rayleigh. Siendo este factor el aprobado para hacer determinaciones turbidométricas durante el A.G.I.

donde: a^{-Rg} = absorción de los gases permanentes, siendo para fines prácticos, despreciable, y

$$a^{-Rw} = \text{Absorción del vapor de agua.}$$

Es decir, que podemos considerar a T como el factor que corrige m o sea que nos proporciona el camino óptico real de la radiación solar en la atmósfera húmeda y con aerosoles.

Por lo tanto, se ha considerado que $T = 1$ para una atmósfera pura y seca. Se ha determinado este factor para estaciones de montaña y se han observado valores de $T = 1.7$ mínimo y para ciudades sin contaminación $T = 4.5$.⁸

Dado que para nuestras estaciones es difícil y poco probable observar cuando $m = 1$ debido a que las condiciones meteorológicas de ese momento lo impiden generalmente, se construyó la Tabla II, con la media del valor de T observado entre las 10-15 hrs. (valores muy próximos a $m = 1$) con objeto de establecer si, sobre todo para la estación central, es decir, para la Ciudad de México, se tiene un problema de contaminación atmosférica de tipo industrial.

En efecto, en dicha tabla se observa que para los meses de mayo a noviembre se puede considerar, de acuerdo con los valores obtenidos, que efectivamente la Ciudad de México cuenta ya con un problema de turbidez atmosférica industrial considerable, ya que es manifiesto durante 8 meses del año, condicionado fundamentalmente por la mayor presencia de vapor de agua en la atmósfera, como se ilustra en la Fig. VI, donde es notoria la relación casi recíproca entre el parámetro de radiación y la tensión del vapor de agua,⁹ lo que nos permite asegurar que el factor predominante en la turbidez atmosférica de la Ciudad de México lo constituye la mayor o menor humedad de la atmósfera.

TABLA II

DISTRIBUCION MEDIA MENSUAL DEL FACTOR DE TURBIDEZ SEGUN LINKE PARA LA CIUDAD UNIVERSITARIA, ENTRE LAS 10 Y LAS 15 HORAS, DURANTE EL A.C.I.

EN.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC	ANUAL
4.6	4.1	4.6	5.4	7.0	5.8	6.2	6.3	7.0	6.1	6.2	5.3	5.7

TRANSMISION ATMOSFERICA DE LA RADIACION SOLAR DIRECTA

Una primera aproximación para conocer la pureza de la atmósfera nos la da la relación:

$$I_m = I_o \cdot q^m$$

donde: I_m = radiación observada
 I_o = radiación extraterrestre (constante solar)
 m = camino óptico
 q = coeficiente de transmisión atmosférica.

Aunque esta relación es estrictamente válida sólo para una radiación monocromática, sin embargo se ha utilizado con objeto de conocer el problema de la contaminación atmosférica.

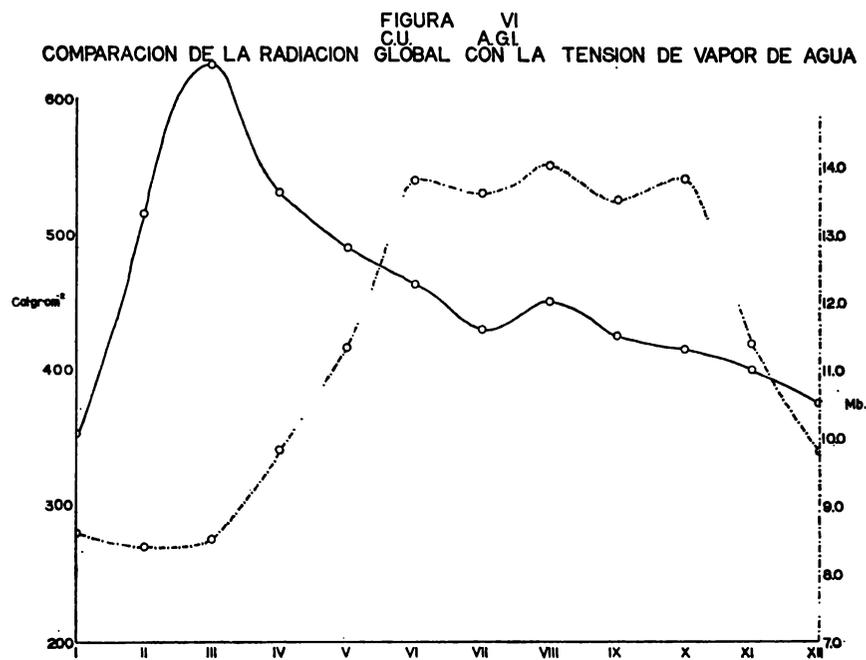
En la Fig. VII se observa la distribución máxima y mínima del factor q de la transmisión atmosférica durante el A.G.I. entre las 11 y las 14 horas (tiempo que como se ha visto coincide con la máxima concentración de aerosoles atmosféricos y que tiene valores muy semejantes a la unidad en el espesor atmosférico), y la intensidad máxima calculada por Gorczyński para Tacubaya en 1927 (loc. cit.), observándose en dicha gráfica la marcada reducción de q para los meses de abril a noviembre. Donde se puede hacer inferencia de la opacidad atmosférica actual y creciente causada por una mayor concentración de contaminantes atmosféricos de tipo industrial fundamentalmente, para la Ciudad de México.

VERACRUZ. (12 m. sobre el nivel del mar, Lat. 19° 12' N,
Long. 96° 08' W)

RADIACION GLOBAL.

La distribución media horaria mostrada en la Fig. I-V nos enseña que el máximo de la radiación global para esta estación se encuentra a las 13 hrs., es decir, una hora después de la máxima encontrada para el observatorio central, observándose asimismo que el área total es ligeramente mayor, quizás explicable por la mayor limpieza de la atmósfera del puerto de Veracruz.

La Fig. II-V, que trata de la distribución media mensual y horaria, nos muestra la gran uniformidad y poca variación en la distribución anual de la radiación para este sitio; en los meses de junio y agosto se encuentran los valores máximos. Pudiendo decirse que no existe mínimo anual para esta estación, es decir, que las variaciones estacionales no son evidentes.



RADIACION SOLAR DIRECTA.

La componente solar directa se observó mediante lecturas instantáneas diarias determinando así los valores máximos absolutos; encontrándose este valor entre las 12 y las 13 hrs. La tabla I-V muestra los valores máximos absolutos mensuales y anual durante el Año Geofísico Internacional.

TABLA I-V

MAXIMAS MENSUALES DE RADIACION DIRECTA DURANTE EL A.GI

Año	Eno.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
'57							1.26	1.28	1.30	1.30	1.30	1.30	
'58	1.39	1.44	1.28	1.26	1.27	1.27	1.26	1.27	1.32	1.30	1.30	1.29	1.44

Comparando con los valores encontrados para el mismo tiempo en la Ciudad Universitaria, se observa que el mes de febrero tiene en Veracruz el valor máximo (1.44) mismo que corresponde con el máximo para la C.U.

FIGURA VII
 C. U.
 A.G.I.
 DISTRIBUCION MENSUAL DEL FACTOR q DE TRANSMISION
 ATMOSFERICA ENTRE LAS 11-14 HS. Y PARA TACU
 BAYA DURANTE 1927.

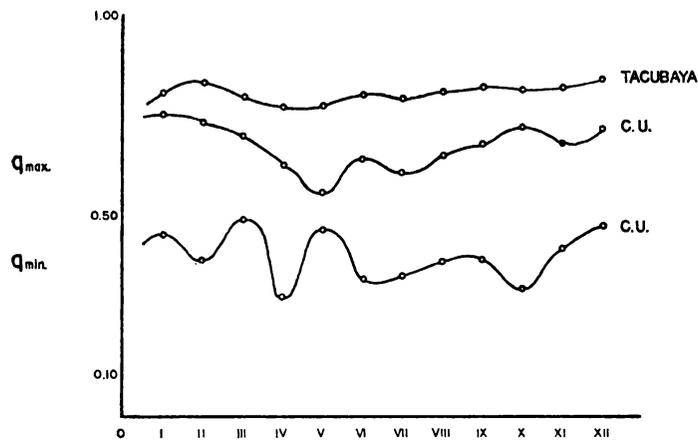


FIGURA I-V
 VERACRUZ A.G.I.
 DISTRIBUCION MEDIA HORARIA DE LA RADIACION GLOBAL

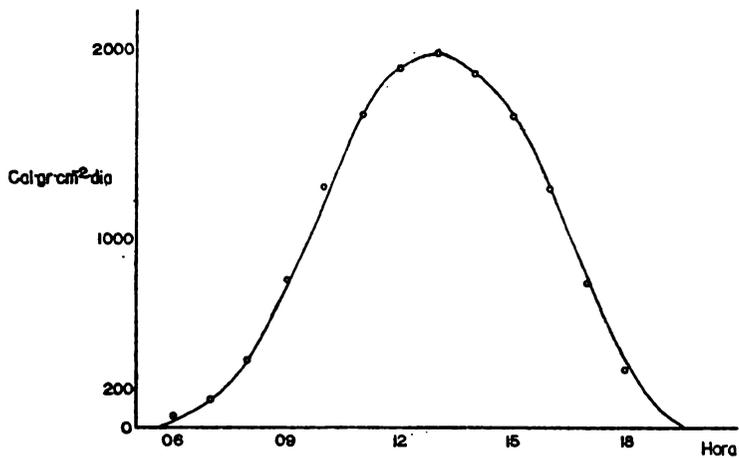
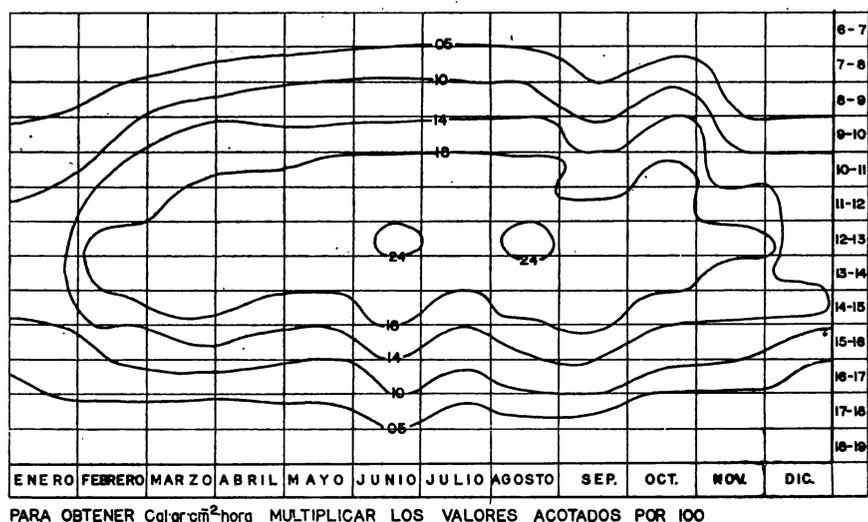


FIGURA II-V
VERACRUZ A.G.I.
DISTRIBUCION MEDIA DE LA RADIACION GLOBAL EN VERACRUZ



(1.49) y que son de magnitud semejante. Sin embargo, observando la marcha anual se nota la uniformidad de los valores registrados en Veracruz.

TURBIDEZ ATMOSFERICA.

Con la determinación del parámetro T de turbidez atmosférica obtenido a partir de lecturas actinométricas se construyó la Tabla II-V, con objeto de conocer la turbiedad atmosférica del puerto de Veracruz, siendo muy interesante observar que los valores mensuales son muy inferiores a los obtenidos en la C.U. y que están dentro de los límites normales establecidos (según se asentó en la Pág. 6).

TABLA II-V
DISTRIBUCION MENSUAL MEDIA Y ANUAL DEL FACTOR DE
TURBIDEZ DURANTE EL A.G.I. ENTRE LAS 10 Y 15 HS.

Eno.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
3.7	3.5	4.8	5.4	5.4	4.5	4.5	4.4	4.4	4.4	4.0	3.8	4.4

TRANSMISION ATMOSFERICA.

El factor q fue calculado entre las 11-14 hrs. En la Fig. III-V se muestra q máximo y q mínimo, notándose un hecho interesante: q máximo alcanza sus valores más elevados durante los meses de enero y febrero; a partir de marzo, su marcha es uniforme durante el resto del año. El factor q mínimo muestra un descenso paulatino a partir de marzo, llegando a su valor más bajo durante el mes de julio, para recuperarse gradualmente. En la parte inferior se muestra la distribución mensual de la tensión media del vapor de agua, notándose que su máximo se encuentra de mayo a agosto lo que explica la mayor opacidad de la atmósfera, debida esencialmente a la mayor presencia de vapor de agua en la atmósfera durante estos meses, y no a aerosoles de tipo industrial.

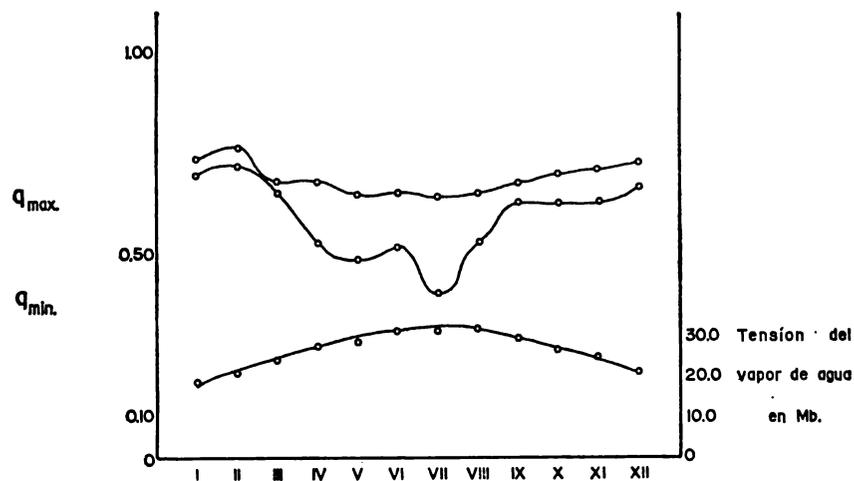
ALTZOMONI. (3,975 m. sobre el nivel del mar, Lat. $19^{\circ} 7' N$,
Long. $98^{\circ} 38' W$)

RADIACION GLOBAL.

Siguiendo los lineamientos de las estaciones anteriores se construyó la Fig. I-A correspondiente a la distribución media horaria de la radiación global en Altzomoni. En dicha figura se observa que comparativamente la radiación obtenida es de menor intensidad que la registrada para la Ciudad Universitaria y Veracruz en el mismo período de tiempo; posiblemente explicable porque en este lugar se observa un gran número de días nublados al año, que interfiere el registro normal de la radiación solar, a pesar de que es de suponerse que la acción de la altitud, es decir, la disminución de la energía absorbida aumenta con la altitud de un lugar sobre las medidas efectuadas.

La Fig. II-A que muestra la distribución media mensual de la radiación global nos indica una distribución accidentada en cuanto a su intensidad, explicable porque después del registro máximo obtenido en los primeros meses del año en los cuales se ha observado la mayor intensidad de los vientos fríos que soplan al final del invierno y que no permiten la formación de nieblas a pesar de las bajas temperaturas reinantes. Durante mayo y junio la intensidad cae a valores mínimos, porque se ha iniciado la época de lluvias y los nublados son abundantes y casi constantes; durante agosto y octubre nuevamente vemos unas pequeñas áreas de máxima intensidad, de duración menor que la inicial. Al fin del año (fines del otoño y comienzos del invierno) la radiación solar se encuentra dentro de valores medios y relativamente uniformes, debido a la presencia de nevadas frecuentes acompañadas de nieblas bajas.

FIGURA III-V
 VERACRUZ A.G.I.
 DISTRIBUCION MENSUAL DEL FACTOR q ENTRE
 LAS 11 Y LAS 14 HORAS



Para hacer más evidente la influencia de la nubosidad en esta estación se construyó la Fig. III-A que se refiere a la distribución mensual media de la insolación; notándose efectivamente que de abril a julio la insolación adquiere sus valores mínimos especialmente durante los meses de mayo y junio, notándose que la insolación para estos meses es menor de 5 horas al día.

RADIACION SOLAR DIRECTA.

Al parecer, esta estación es la segunda del mundo en altura, siguiendo el reporte de Vassy, sólo aventajada por la instalada en Mont Rose en Francia, situada a 4,560 m. sobre el nivel del mar, siendo en este lugar donde se han registrado los valores máximos instantáneos de la radiación directa (1.77 cal/cm²/min). Este autor reporta para el Popocatepetl a 5,300 m., una intensidad de 1.77 cal/cm²/min. En Alzomoni, como se ilustra en la Tabla I-A, encontramos una máxima absoluta de 1.73 cal/cm²/min. Es posible que este autor¹⁰ se haya guiado por las observaciones efectuadas por Gorczyński durante su estancia en México en 1923, ignorándose las condiciones bajo las cuales haya efectuado tales mediciones.

FIGURA 1-A
 ALTZOMONI A.G.I.
 DISTRIBUCION MEDIA HORARIA DE
 LA RADIACION GLOBAL

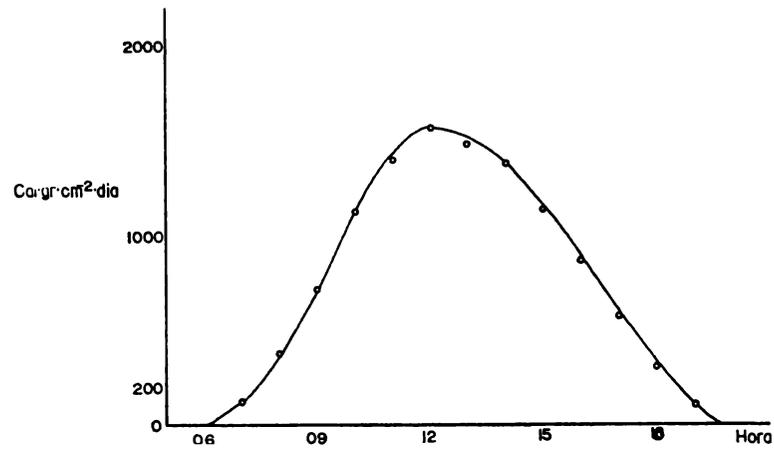
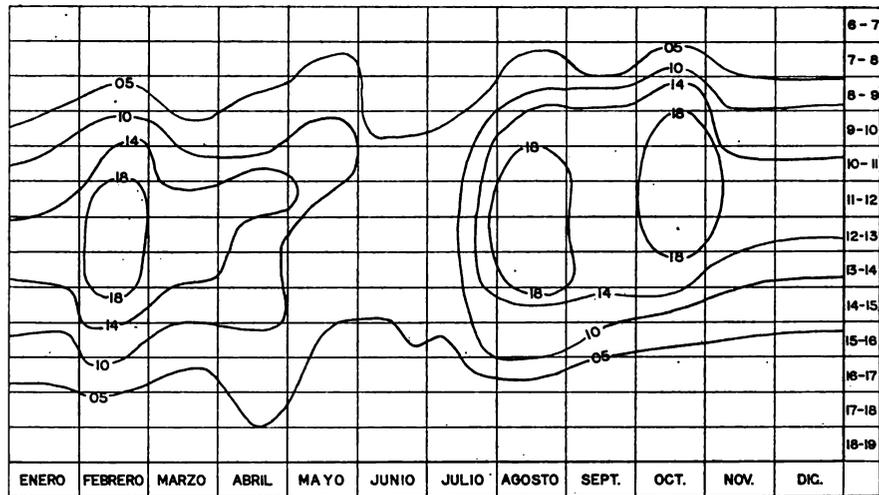


FIGURA II-A
 ALTZOMONI A.G.I.
 DISTRIBUCION MEDIA DE LA RADIACION GLOBAL



PARA OBTENER $\text{Cargr·cm}^2\text{·hora}$ MULTIPLICAR LOS VALORES ACOTADOS POR 100

TABLA I-A

MAXIMAS MENSUALES DE RADIACION DIRECTA

Año	Eno.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1957								1.58	1.56	1.63	1.63	1.68
1958	1.69	1.65	1.62							1.71	1.73	1.73

TURBIDEZ ATMOSFERICA.

Con las observaciones actinométricas obtenidas se calculó el parámetro de turbidez y se construyó la Tabla II-A, donde se observa que durante los ocho meses calculados los valores encontrados corresponden a los establecidos para las estaciones de montaña, según lo asentado en la página 6; de donde se puede inferir que las tolvaneras que se forman a partir de los arenales de las faldas del Popocatepetl no son factores importantes para la producción de contaminación atmosférica.

La Tabla II-A carece de datos para los meses de abril a julio debido a que en estos meses es difícil observar en este lugar por la nubosidad, y agregándose a este problema la falta de personal especializado. Actualmente las observaciones han continuado en Tlamacas, con personal debidamente entrenado para el objeto, y se espera que en poco tiempo se obtenga un cuadro completo del clima solar de este observatorio de alta montaña.

TABLA II-A

DISTRIBUCION MENSUAL MEDIA DEL FACTOR DE TURBIDEZ
ENTRE LAS 10 Y LAS 15 HS. DURANTE EL A.G.I.

Eno.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
2.0	3.0	3.0					3.0	3.4	3.0	2.8	2.8

TRANSMISION ATMOSFERICA.

En la Tabla III-A se muestra la determinación del factor q de transmisión atmosférica máxima y mínima mensual entre las 11 y las 14 horas, observándose en ella que existe una marcada diferencia entre ambos valores para los meses de agosto a diciembre explicable posiblemente por la formación de nieblas durante este tiempo, y por ende, el mayor contenido de vapor de agua en la atmósfera.

FIGURA III-A
 ALTZOMONI A.G.I.
 DISTRIBUCION MEDIA DE LA INSOLACION.

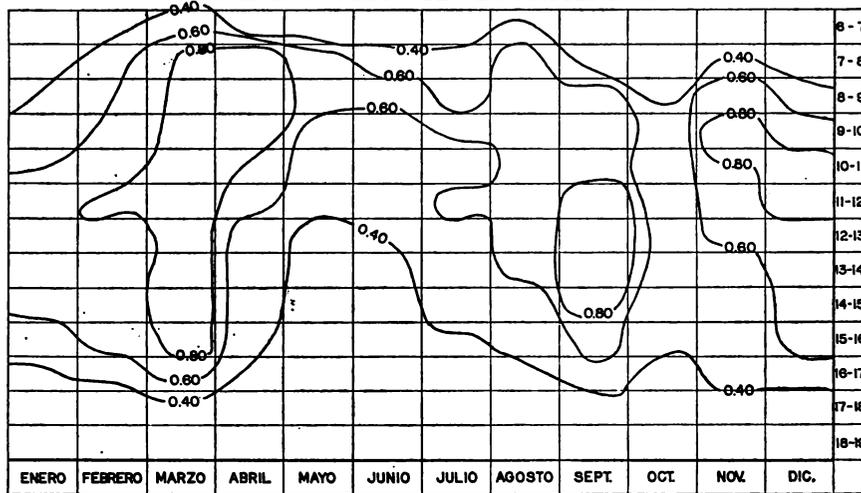


TABLA III-A

FACTOR Q DE TRANSMISION ATMOSFERICA MENSUAL ENTRE LAS
 11 Y LAS 14 HORAS DURANTE EL A.G.I.

	Eno.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
MAX.	0.86	0.78	0.75					0.71	0.70	0.70	0.82	0.81
MIN.	0.79	0.72	0.70					0.61	0.54	0.52	0.61	0.58

AGRADECIMIENTOS

El autor, en nombre de la Sección de Radiación Solar del Instituto de Ciencia Aplicada, agradece profundamente la colaboración desinteresada que prestó el Sr. Ing. Ernesto Domínguez, Jefe del Servicio de Previsión del Golfo durante el ciclo de observaciones del Año Geofísico. Internacional.

REFERENCIAS

1. Drummond, A. J. and Wentzel, J. D. (1955). *Actinometric Measurements and the radiation climate of South-West Africa*. Archiv. für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie, Band 6:3 Heft, Wien, Springer.
2. Jáuregui O., E., (1959). *Notas sobre la precipitación en Tacubaya para el período 1900-1958*. Inf. Técnico. Instituto Ciencia Aplicada, UNAM.
3. Galindo E., I. G., (1960). *Análisis de la insolación recibida durante el AGI en la Ciudad Universitaria*, An. Ins. Geofís. UNAM. V:79-86, 1960.
4. Hewson, E. W. (1945). *The meteorological control of atmospheric pollution by heavy industry*. Quart. J. Roy. Met. Soc., 71: 266-282.
5. Gorczyński, L. (1932). *Radiación Solar en Tacubaya, según las mediciones pir-heliométricas desde 1911*. Serv. Met. Mex. SAG.
6. Jáuregui O., E., (1958). *El aumento de la turbiedad del aire en la Ciudad de México*, Instituto Ciencia Aplicada, UNAM.
7. Linke F. (1922). *Transmissionskoeffizient und trübunsfaktor*. Beitr. Phys. fr. atm. 10:91.
8. Iribarne, V. J. (1959). *Curso de termodinámica de la atmósfera (radiación)*. p. 59, Depto. Met. Fac. Ciencias Exactas y Nat. Universidad de Buenos Aires.
9. Masson, H. (1954). *La radiation solaire à Dakar*. Bull et Mem. Ecole Préparatoire de Médecine et de Pharmacie de Dakar, Tome II.
10. Vassy, E. (1959). *Le rayonnement solaire*. Acta Electronica 3:2:95.