

DOS MODELOS DE RADIACION INFRARROJA

Conde, C., Gay, C.

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. Ciudad Universitaria,
Circuito Exterior México 04510 D.F.

Se aplican dos modelos para el cálculo de radiación infrarroja en cinco niveles atmosféricos, utilizando los datos de radiosondeo de temperatura, presión y tasa de mezcla del vapor de agua. Dichos datos fueron proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y por el Observatorio de Radiación Solar (ORS) del Instituto de Geofísica de la UNAM (datos en superficie).

Los resultados en superficie de los dos modelos se comparan con las mediciones obtenidas en superficie con un pirgeómetro (PIR) tomando en cuenta los promedios mensuales de las 18 hrs, hora del radiosondeo en el Aeropuerto de la Ciudad de México.

Con la distribución de la temperatura y la presión, y la concentración de gases ópticamente activos, se resuelve la ecuación de Transferencia de Radiación en términos de emisividades o absortividades parametrizadas, según el gas o modelo a tratar. Los modelos considerados suponen que la atmósfera es plano paralela, no dispersora y en equilibrio termodinámico local, planteamientos comunes en la literatura para el análisis de la radiación infrarroja. En este trabajo incluimos el efecto de la nubosidad por lo que se supone una atmósfera despejada. De esta manera, las ecuaciones correspondientes a los flujos de radiación hacia arriba y hacia abajo al nivel atmosférico u ($g\text{rcm}^{-1}$) son (Liou, 1980):

$$F \uparrow(u) = \sigma T_s^4 t^f(u, T_s) + \int_0^u \sigma T^4(u') \frac{dt^f(u - u', T)}{du} du' \quad (1)$$

$$F \downarrow(u) = \int_u^\infty \sigma T^4(u') \frac{dt^f(u - u', T)}{du} du' \quad (2)$$

con

$$t^f(u, T) = \int_0^\infty \pi B_v(T) (T_v^f(u) dv / \sigma T^4) \quad (3)$$

siendo $T_v^f(u)$ la función de transmisión monocromática y t^f la transmisividad de flujo de banda ancha isotérmica, la emisividad de flujo correspondiente cumple la relación:

$$e^f = 1 - t^f.$$

En el primer modelo, basado en el trabajo de Cerni y Parish (1984), se utilizan relaciones empíricas para las emisividades de flujo del vapor de agua (bandas 6.3, 13-1000 μm y de 16.7 - 20.83 μm) y para el bióxido de carbono (centrado en 15 μm). Por ejemplo, para el CO_2 se usa la expresión:

$$E_c = (1.0 - |0.005T - 1.250|^{1.85}) * (8.2167 + 0.05505 \log u_c - 0.004189 \log^2 u_c - 0.001328 \log^3 u_c) \quad (4)$$

$$\text{siendo } u_c = \int_c^u \frac{P}{P_0} du_c u_c \geq 10^{-5} \text{ gcm}^{-2}$$

Los resultados de la comparación entre el PIR y este primer modelo se discuten en Conde y Gay (1990), en donde observamos que

el modelo funciona correctamente para los años de 1980 a 1982.

En el segundo modelo, basado fundamentalmente en los trabajos de Ramanathan (1976, 1983), además de los gases mencionados anteriormente se incluye el efecto del ozono troposférico con un perfil constante y considerando el traslape de las bandas de vapor de agua con dicho gas. Cabe señalar que los traslapes entre bandas de diferentes gases surgen de expresiones independientes, a diferencia con el modelo anterior en donde el que corresponde al H_2O con CO_2 se calcula en la expresión de la emisividad del H_2O .

Para el bióxido de carbono se realizan los cálculos para 14 bandas (no sólo la fundamental) y además para 3 isótopos de este gas ($^{12}C^{16}O$, $^{12}C^{16}O^{17}O$, $^{12}C^{16}O^{18}O$).

Así, para las emisividades del vapor de agua en este modelo se utilizó:

para $6.3 \mu m$

$$E_1(U_1, T) = 0.59 [T/T_0]^{1/4} \left[1 - \sum_{n=1}^2 \frac{1}{1 + A_n(U_1)^{1/2}} \right] \quad (5)$$

con:

$A_1 = 19$ y $A_2 = 3.5$ definiéndose

$$U_1 = \int \frac{P}{P_0} \left[\frac{T_0}{T} \right]^{1/2} dU_1$$

Para el continuo, se tiene:

$$(8.3-12.5 \mu m) \quad (6)$$

$$E_2(U_2, T) = [0.272 + 8.76 \cdot 10^{-4} (T - T_0)] [1 - \exp(-20U_2)]$$

$$(16.7-20.83 \mu m) \quad (7)$$

$$E_3(U_3, T) = [0.124 + 4.92 \cdot 10^{-4} (T_0 - T)] [1 - \exp(-98U_3)]$$

$$\text{con } U_n [n = 2, 3] = \int (e + \alpha n P) dU, \text{ siendo } \alpha = 0.005 \text{ y } \alpha_n = 0.02$$

La absorptividad de banda (Kiehl y Ramanathan, 1983) se calcula con: (8)

$$A = 2A_0 \ln \left[1 + \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^{14} \frac{u_{ij}}{4 + u_{ij}(1 + 1/\beta_j)^{1/2}} \right]$$

donde se realizan las sumatorias sobre los isótopos i , y sobre las bandas, j ($j=1$ la fundamental, $j > 1$ las bandas calientes). La expresión (8) supone que las bandas están completamente traslapadas.

En la expresión (8), u_{ij} y β_j están representadas por:

$$u_{ij} = q_i \int \frac{S_j(T)}{A_0(T)} P dz \quad \text{y} \quad \beta_j = \frac{4}{d_j u_{ij}} \int \gamma(T) P du_{ij} \quad (9)$$

siendo A_0 (cm^{-1}), u_{ij} y β_j siendo el parámetro de ancho de banda, el camino óptico y el parámetro de ancho de línea, respectivamente. También γ , D (cm^{-1}) y S ($cm^{-2} atm^{-1}$) son el ancho medio de la línea (que suponemos constante), el espaciamiento medio de la línea y la intensidad de la línea; q_i representa la abundancia relativa del isótopo.

Expresiones semejantes a (8) y (9) se utilizan para el ozono, considerando los siguientes parámetros:

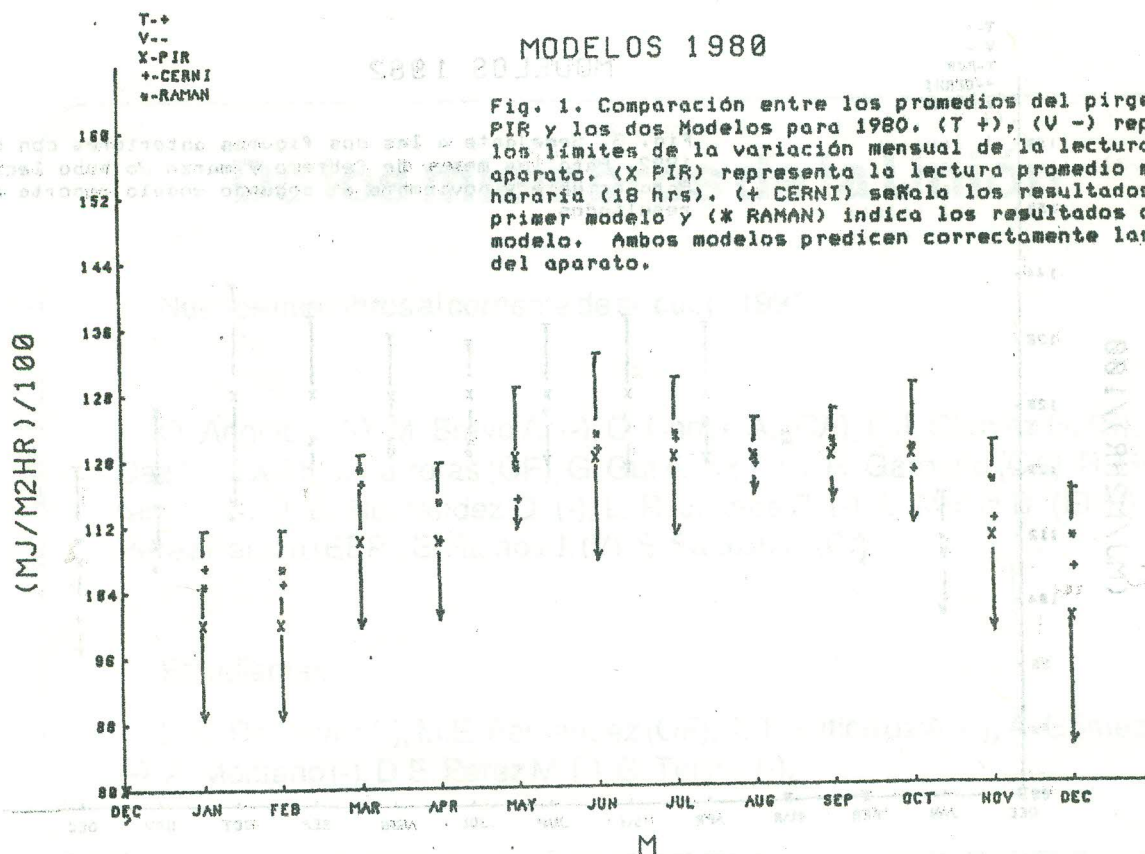
$$S = 387 \text{ cm}^{-2} \quad A_0 = 39D \quad \text{y} \quad \gamma = 0.076 \text{ cm}^{-1}$$

Finalmente, los traslapes entre las bandas del vapor de agua y el bióxido de carbono o el ozono se calculan con las expresiones de Rodgers (1967) y Rodgers y Walshaw (1966).

La ventaja del segundo modelo es que permite plantear la existencia de una estratósfera de gases radiativamente activos y generar eventualmente el perfil de temperatura con equilibrio radiativo convectivo en la tropósfera y equilibrio radiativo en la estratósfera. Podemos concluir, al comparar los modelos con los promedios del PIR (ver figuras 1, 2 y 3), que ambos nos permiten reproducir con bastante exactitud las variaciones mensuales y estacionales de la radiación infrarroja en superficie.

REFERENCIAS

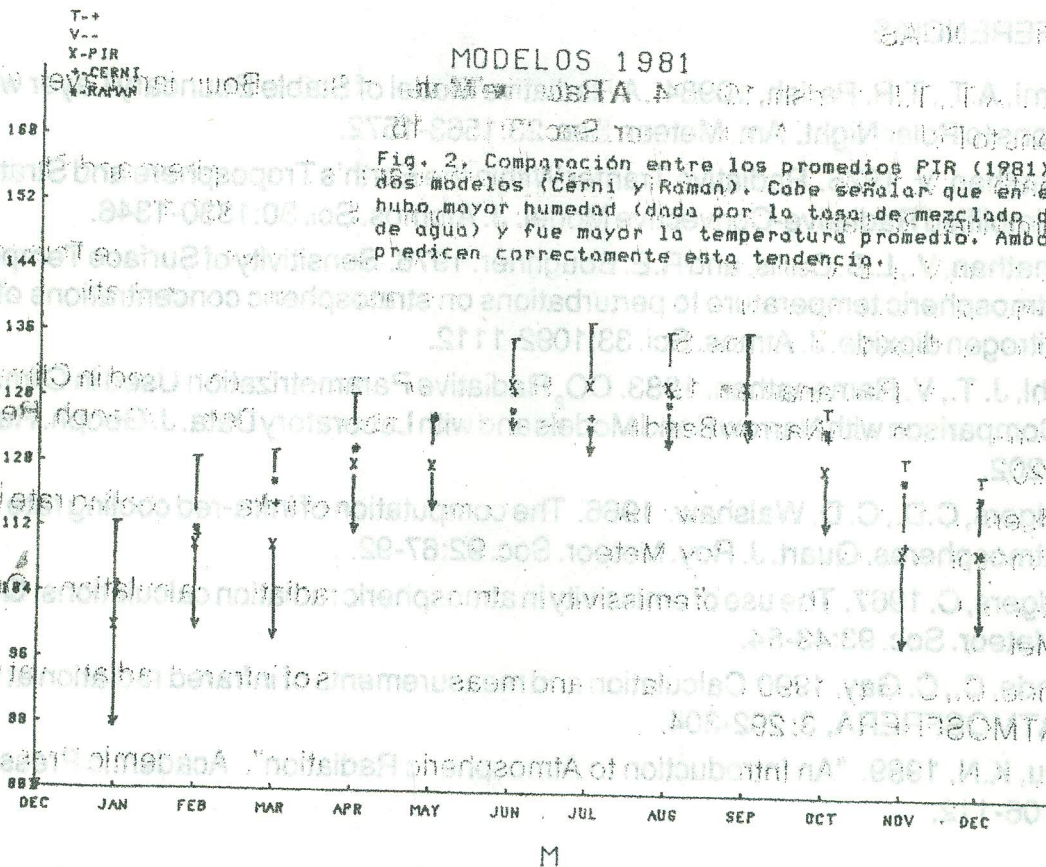
- 1.- Cerni, A.T., T.R. Parish, 1984. A Radiative Model of Stable Boundary Layer with Applications to Polar Night. Am. Meteor. Soc. 23:1563-1572.
2. Ramathan, V. 1976. Radiative Transfer Within the Earth's Troposphere and Stratosphere: A Simplified Radiative-Convective Model. J. Atmos. Sci. 30:1330-1346.
3. Ramathan, V., L.B. Callis, and R.E. Boughner. 1976. Sensitivity of Surface Temperature and atmospheric temperature to perturbations on stratospheric concentrations of ozone and nitrogen dioxide. J. Atmos. Sci. 33:1092-1112.
4. Kiehl, J. T., V. Ramanathan. 1983. CO₂ Radiative Parametrization Used in Climate Models: Comparison with Narrow Band Models and with Laboratory Data. J. Geoph. Res. 88:5191-5202.
5. Rodgers, C.D., C. D. Walshaw. 1966. The computation of infra-red cooling rate in planetary atmospheres. Quart. J. Roy. Meteor. Soc. 92:67-92.
6. Rodgers, C. 1967. The use of emissivity in atmospheric radiation calculations. Quart. J. Roy. Meteor. Soc. 93:43-54.
7. Conde, C., C. Gay. 1990 Calculation and measurements of infrared radiation at the surface. ATMOSFRERA. 3: 292-304.
8. Liou, K.N. 1989. "An Introduction to Atmospheric Radiation". Academic Press, New York. 106-112.



MODELOS 1981

Fig. 2. Comparación entre los promedios PIR (1981) y los dos modelos (Cerni y Raman). Cabe señalar que en este año hubo mayor humedad (dada por la tasa de mezcla del vapor de agua) y fue mayor la temperatura promedio. Ambos modelos predicen correctamente esta tendencia.

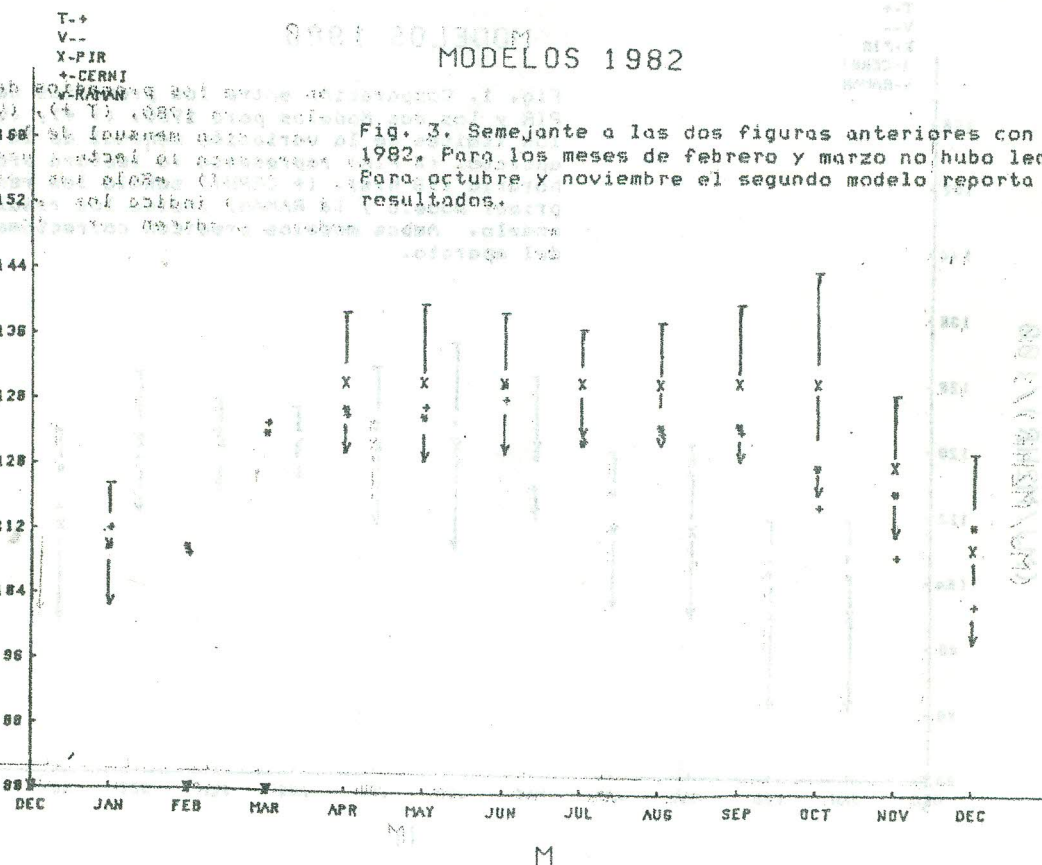
(MJ/M2HR)/100



MODELOS 1982

Fig. 3. Semejante a las dos figuras anteriores con datos de 1982. Para los meses de febrero y marzo no hubo lecturas. Para octubre y noviembre el segundo modelo reporta mejores resultados.

(MJ/M2HR)/100



GEOFISICA INTERNACIONAL

10 Volúmenes Publicados de 1981 a 1990

265 Artículos

23 Artículos de Vulcanología

39 Artículos de Exploración Geofísica

72 Artículos de Ciencias de la Atmosfera

14 Artículos de Oceanografía

38 Artículos de Sismología

51 Artículos de Física y Química del Int. de la Tierra

22 Artículos de Geología

6 Artículos de Est. Espaciales y Planetarios

De los miembros de la Unión

Nuevos miembros al corriente de su cuota 1991

Q. Angulo C. (-), M. Bravo A. (-), C. Conde A. (CA), F.J. Chavez G. (S), R. Daz N. (EXG), S. Farreras (OF), G. Gutierrez T. (-), R. Garduño (CA), R. Herrera H. (-), J. E. Hernandez Q. (-), L. R. Jaimes P. (-), L. Muñoz B. (EEP), J. Perez Peraza (EEP), E. Ramos J. (V), S. Salazar L. (CA).

Estudiantes:

L. E. De Davila (-), M.E. Fernandez (OF), J. J. Gutierrez A. (-), A. Gómez T. (-), X. Montaña (-), D.E. Pérez M. (-), G. Telson (-).