

EMISIVIDAD INFRARROJA DE LA ATMOSFERA. MEDIDAS EN EL NOROESTE ARGENTINO.

E. Frigerio y L. Saravia*

*Instituto Estudios Energías No Convencionales (INENCO),
Universidad Nacional de Salta y CONICET, Buenos Aires 177, 4400 Salta*

Se plantea el uso de la radiación nocturna como recurso de refrescamiento para zonas cálidas y secas. Siendo el proceso de emisión infrarroja de la atmósfera muy complicado, es necesario recurrir a un programa de mediciones que justifiquen cualquier modelo teórico que se encare o que permita una correlación con variables climatológicas medidas a nivel de superficie. Se presenta aquí el resultado de las mediciones realizadas hasta el momento en distintas localidades y una correlación para los datos obtenidos en Salta. También se comparan estos resultados con las correlaciones realizadas por otros autores.

INTRODUCCION

Dentro del uso de energías no convencionales para distintos fines, es de importancia la búsqueda de recursos pasivos para refrescamiento y refrigeración. Uno de los temas abordados es la "Radiación nocturna", entendiéndose por tal a la radiación del cielo que no proviene del sol.

Cuando esta radiación infrarroja (IR) llega a la superficie de la Tierra en días claros y secos, la distribución espectral de la intensidad tiene una forma que no corresponde a la distribución de un cuerpo negro sino que presenta varias ventanas, la principal de las cuales se encuentra alrededor de los 10 micrometros.

Si se define como temperatura de cielo la de un cuerpo negro con una emisión de potencia por unidad de superficie igual a la que recibe la Tierra en la misma área, resulta que esta temperatura suele ser inferior a la de la superficie del suelo, lo que da lugar a que durante la noche una superficie expuesta emita mayor radiación de la que recibe y se enfríe.

Este efecto ha sido propuesto desde hace tiempo como método de enfriamiento de viviendas y, eventualmente, como método de refrigeración^{1,2,3}.

En los EE.UU., hay laboratorios trabajando sobre el problema, en donde se busca correlacionar las medidas de emisividad de cielo con variables climáticas de superficie como temperatura, presión de vapor, temperatura de rocío, etc., datos medidos corrientemente por estaciones meteorológicas.

En la Argentina este tipo de datos son inexistentes, y teniendo en cuenta la potencialidad del recurso, se ha comenzado a relizar medidas en la región del Noroeste Argentino.

PROGRAMA DE MEDIDAS.

Las medidas de radiación IR en la atmósfera se realizan mediante pirgeómetros. Sucintamente, el aparato consiste de una termopila cubierta por un domo de silicio que la protege del viento, transparente al IR. El rango de visión del aparato va desde los 4 μm a los 50 μm , comprendiendo así toda la franja espectral de interés de la emisión.

Para obtener la emisividad aparente ϵ de la atmósfera se divide la radiación medida por σT_a^4 , donde T_a designa la temperatura ambiente medida a nivel del suelo y σ es la constante de Stefan-Boltzmann.,

Por definición, la temperatura de cielo T_c se obtiene de la igualdad:

$$\sigma T_c^4 = \epsilon \sigma T_a^4.$$

Durante los años 1989 y 1990 se ha realizado una campaña de medidas en la ciudad de Salta, donde se relevaron datos de radiación conjuntamente con temperaturas de bulbo seco y de bulbo húmedo.

Como se desea conocer el efecto de la altura, se han realizado medidas en la localidad de Abra Pampa y en la de Cachi en dos oportunidades, en Alto de la Sierra y La Poma en una. Las respectivas alturas sobre el nivel del mar son: 3500 m, 2300 m, 300 m y 3000 m, aproximadamente.

* Investigador CONICET

RESULTADOS

En las figuras que acompañan el presente trabajo se han representado los puntos correspondientes a los valores predichos por un trabajo de Martin y Berdahl^{4,5}, en el cual se propone la siguiente correlación entre la emisividad y la temperatura de rocío t_r en centígrados:

$$\varepsilon = 0,711 + 0,56 (t_r/100) + 0,73 (tr/100)^2$$

válida para cielo claro y a nivel del mar. En el mismo trabajo los autores proponen correcciones por efecto de las nubes y por causa de la altura geográfica del lugar. Esto último es la principal razón por la cual se ha elegido ese trabajo como fuente de comparación, ya que no tenemos referencias de otros autores que presentan tales ajustes. De todos modos, se han realizado comparaciones con los trabajos de otros autores, en particular con el de Idso y Jackson⁶, no obteniéndose una buena correspondencia.

En la figura 1 se puede apreciar que los valores promedio obtenidos para Salta en los distintos meses son persistentemente más elevados que los que predice la correlación. Se muestra también la regresión realizada con esos puntos, siendo la expresión encontrada:

$$\varepsilon = 0,767 + 0,55 (t_r/100) - 0,26 (t_r/100)^2.$$

Para los puntos obtenidos en otras localidades, se observa la misma tendencia con respecto a la correlación de Martin y Berdahl, salvo para Abra Pampa en que las medidas dan valores inferiores (Figura 2).

Las figuras 3, 4 y 5 muestran la emisividad en función de la temperatura de rocío medidas en la localidad de Salta para tres estaciones diferentes. Están allí representados sólo los puntos correspondientes al intervalo nocturno y se han eliminado aquellos puntos en que se sabe con certeza que hubo nubes. En las dos primeras figuras se observa una tendencia de los puntos a alinearse sobre una recta de pendiente negativa, en contraposición con lo que predice la correlación antes mencionada. La figura 5, en cambio, muestra que esto no ocurre en diciembre. La dispersión de puntos se debe probablemente a que es la época de clima húmedo, a diferencia del clima seco que caracteriza a los meses invernales y de comienzos de primavera.

Cuando se indaga acerca de la estructura horaria de estos puntos, como lo muestra la figura 6, se observa en todos los casos que a las 18 hs. éstos están ubicados hacia la zona de baja emisividad con alta temperatura de rocío, luego, con el tiempo, va bajando la temperatura de rocío y aumentando la emisividad hasta un poco antes de la salida del sol.

Las medidas realizadas en Alto de la Sierra, figura 7, no muestran tal estructura. En cambio presentan una tendencia a alinearse según una recta de pendiente nula. Puede observarse que se corresponde bastante bien con la correlación de Martin y Berdahl.

Las medidas realizadas en Abra Pampa muestran una gran dispersión, no observándose estructura alguna, como en el caso precedente. Lo mismo ocurre en Cachi y La Poma. (Figuras 8 a 10).

En las siguientes figuras (11 a 15) están representados los puntos correspondientes a la temperatura ambiente t_a y a la de cielo t_c para las cinco localidades. Se observó que en Salta con cielos claros se pueden esperar saltos de temperatura ($t_a - t_c$) que varían entre 15 y 30 grados en septiembre y de 10 a 15 grados en diciembre.

En Alto de la Sierra esta diferencia es de aproximadamente 13 grados, de 15 grados en Cachi y de unos 30 grados en Abra Pampa. La Poma muestra una gran dispersión, cuyo posible origen serían nubes no registradas.

Con los datos obtenidos en estas localidades se ha representado la emisividad en función de la altura dada en forma de presión (fig. 16). Se observa que se agrupan según una exponencial. La regresión encontrada fue:

$$\varepsilon = 0,804 \cdot \exp (-0,218 z - 2,7 z^2),$$

con $z = (P - 1000)/1000$ y P la presión del lugar.

CONCLUSIONES

De los resultados presentados, se puede apreciar que es notable la dependencia de la emisividad con la altura. La diferencia entre los valores promedio y los predichos por la correlación de Martin y Berdahl, permiten aseverar que el efecto de la altura no está bien estudiado y que merece más atención. Para Salta, entonces, es recomendable usar la expresión encontrada ajustando las medidas realizadas.

El hecho de que se haya encontrado una estruc-

tura horaria en las medidas de Salta y no en otras localidades, permite pensar que existe algún fenómeno local que afecta el comportamiento de la emisividad. En medidas realizadas por el Servicio Meteorológico Nacional en Salta en años anteriores, se encuentran frecuentemente máximos en el perfil en altura del contenido de agua, ubicados entre los 2000 y 3500 m sobre el nivel del mar. Entonces cabe preguntarse hasta donde es posible correlacionar la emisividad aparente de la atmósfera con una medida local como lo es la temperatura de rocío medida a nivel de suelo. De lo expuesto surge la necesidad de explorar la posibilidad de que las inversiones en el perfil en altura del contenido de agua afecten la medida de emisividad realizada.

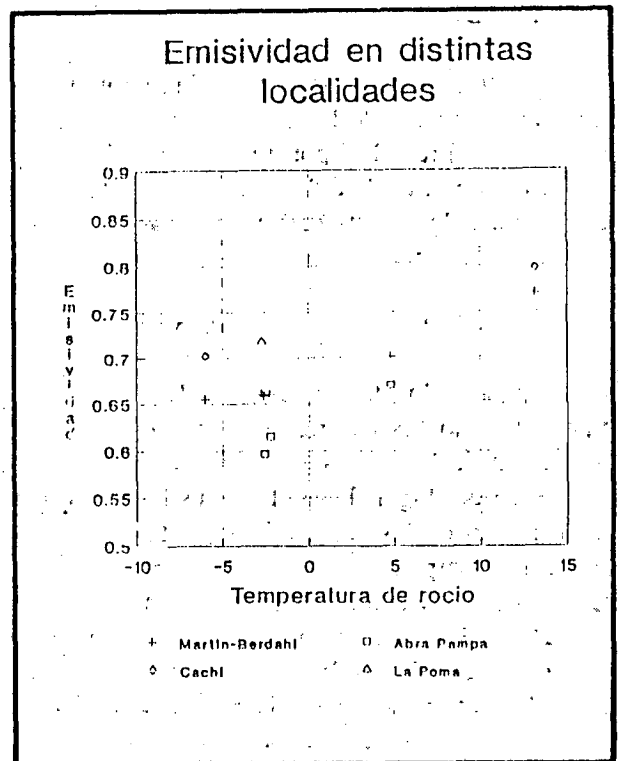


FIGURA 2

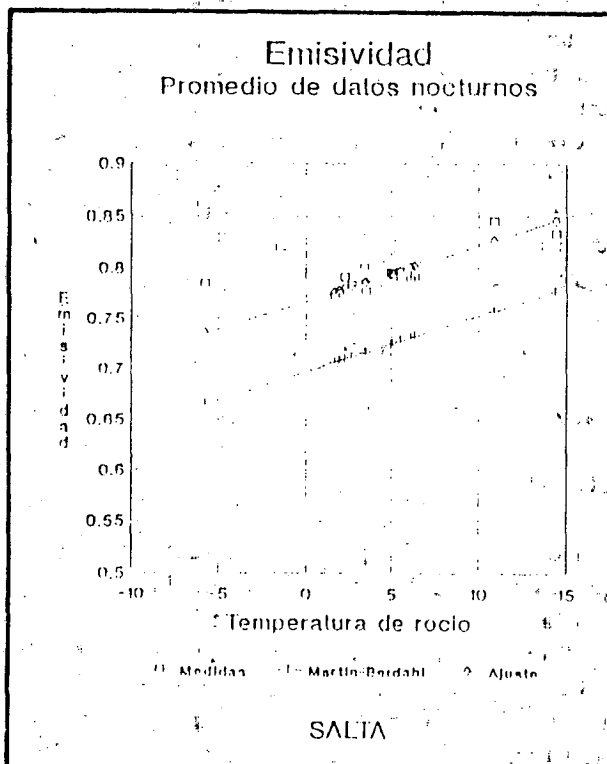


FIGURA 1

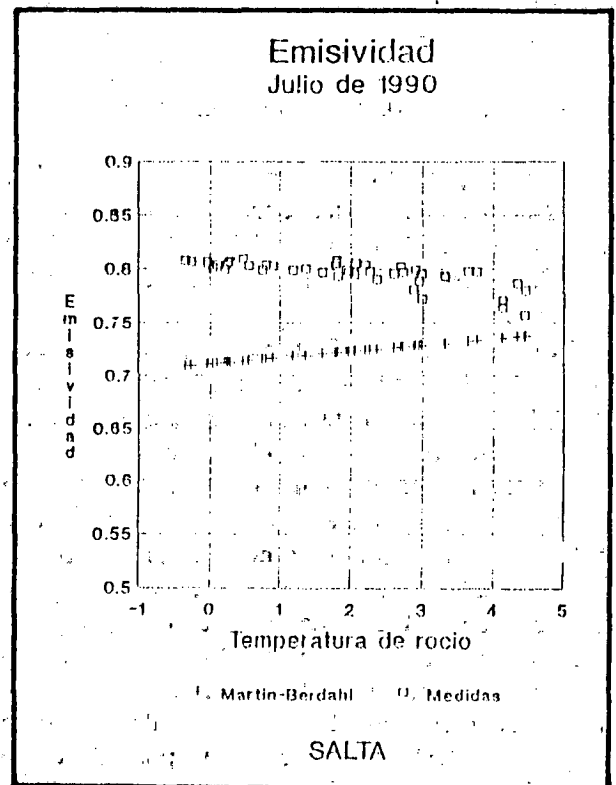


FIGURA 3

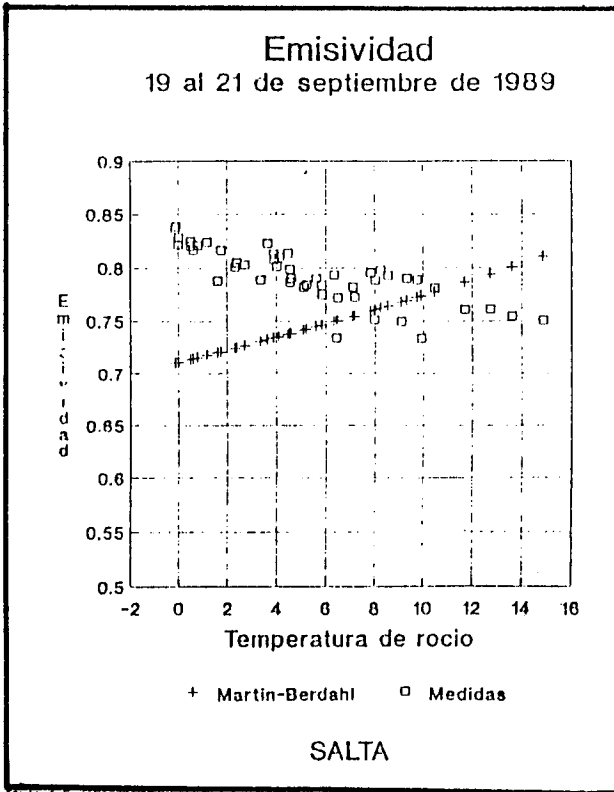


FIGURA 4

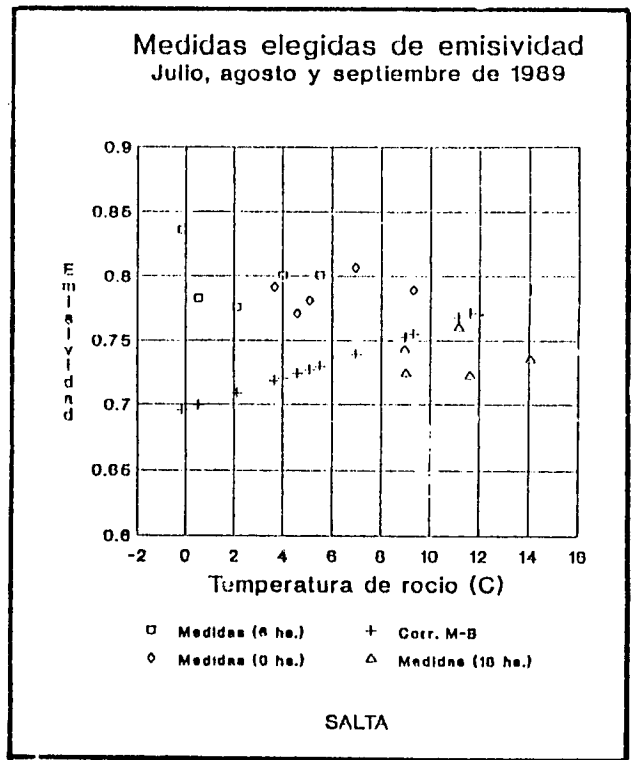


FIGURA 6

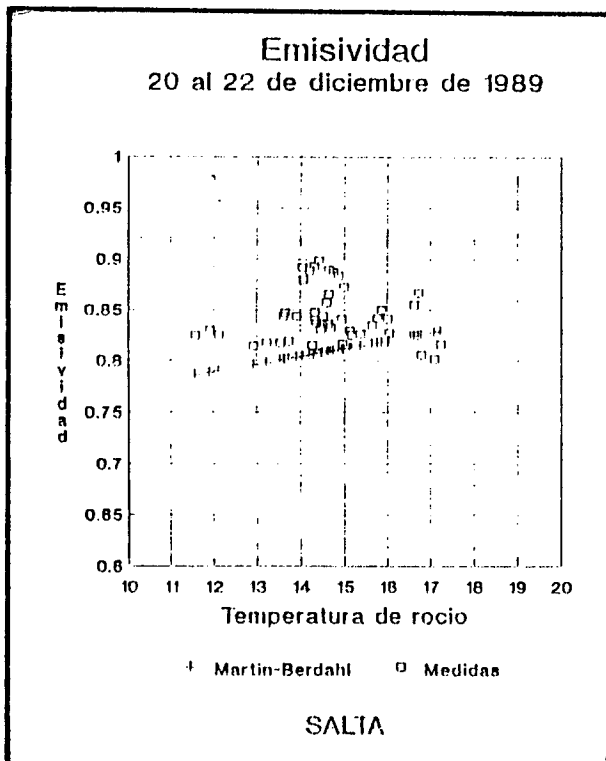


FIGURA 5

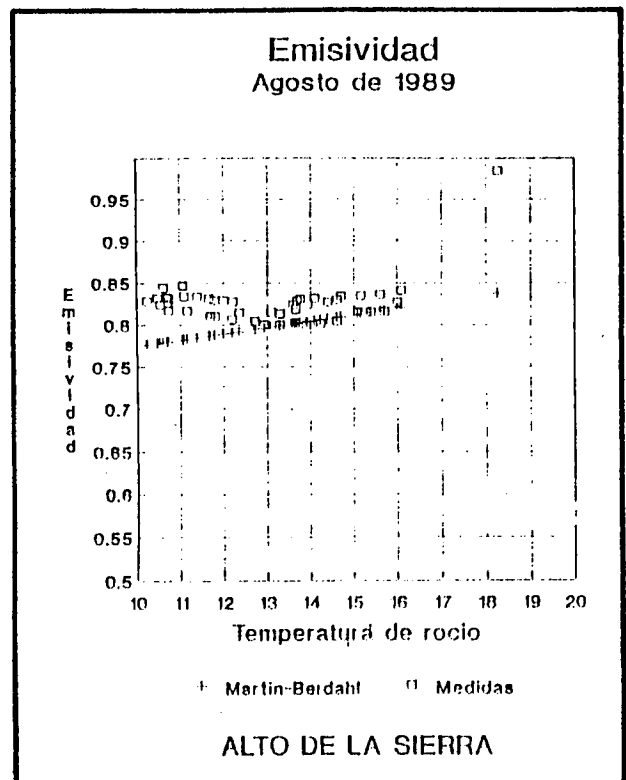


FIGURA 7

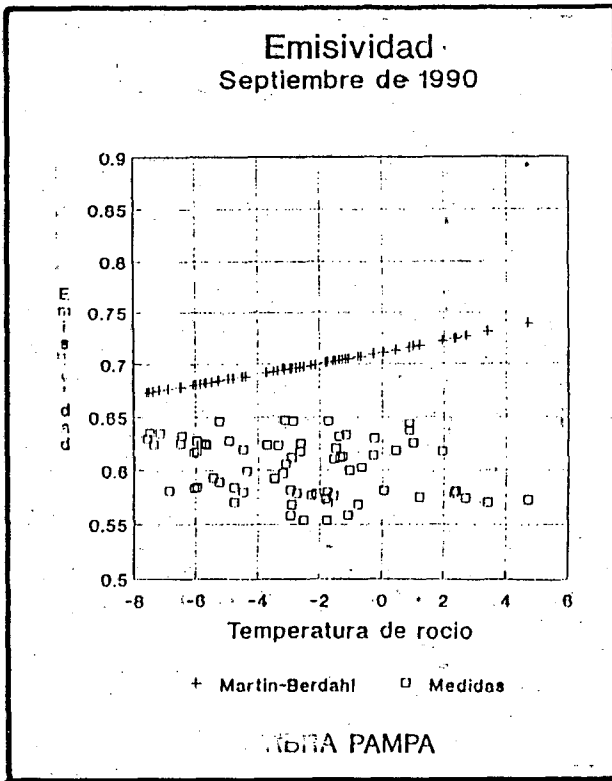


FIGURA 8

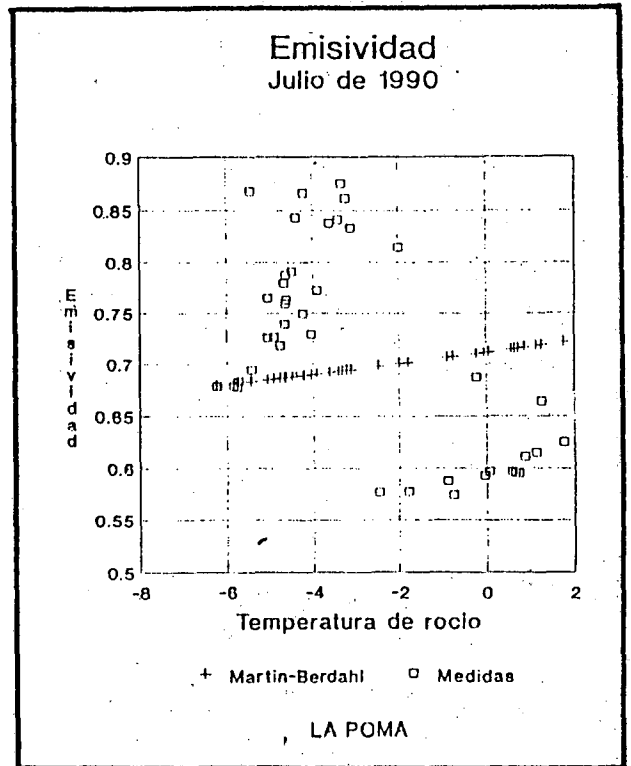


FIGURA 10

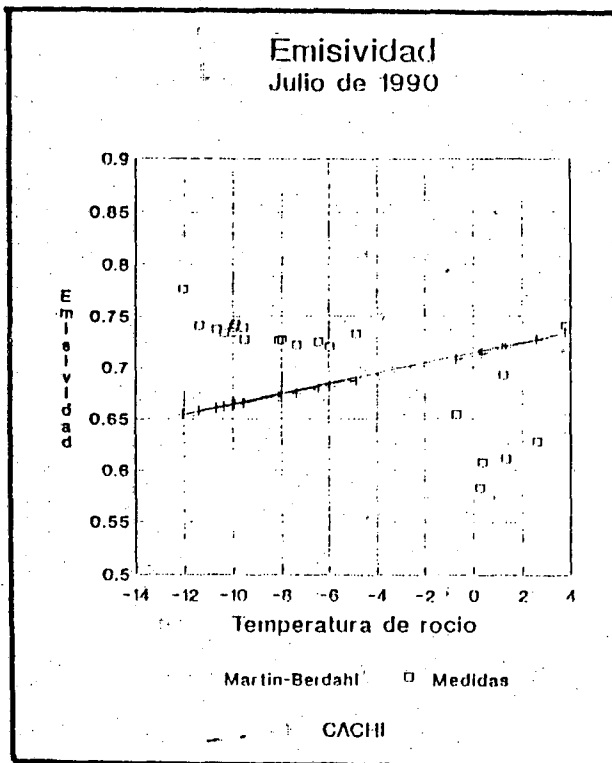


FIGURA 9

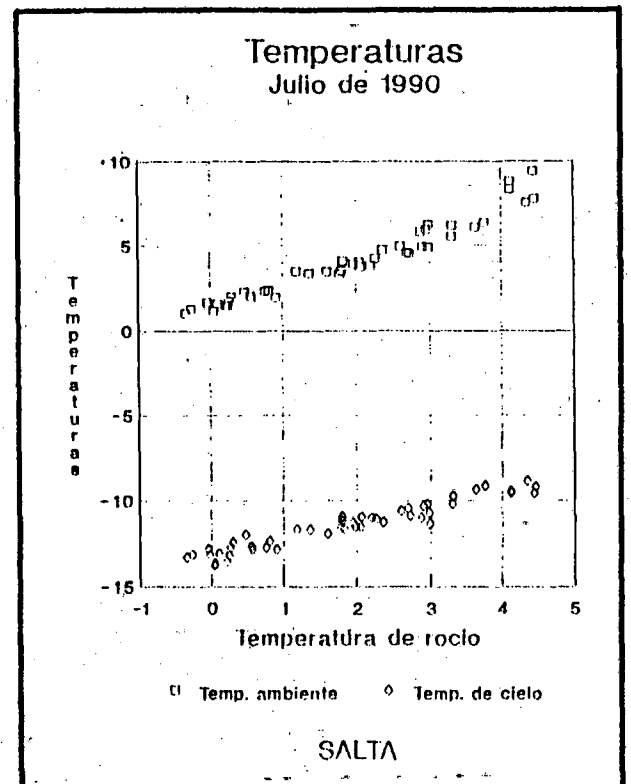


FIGURA 11

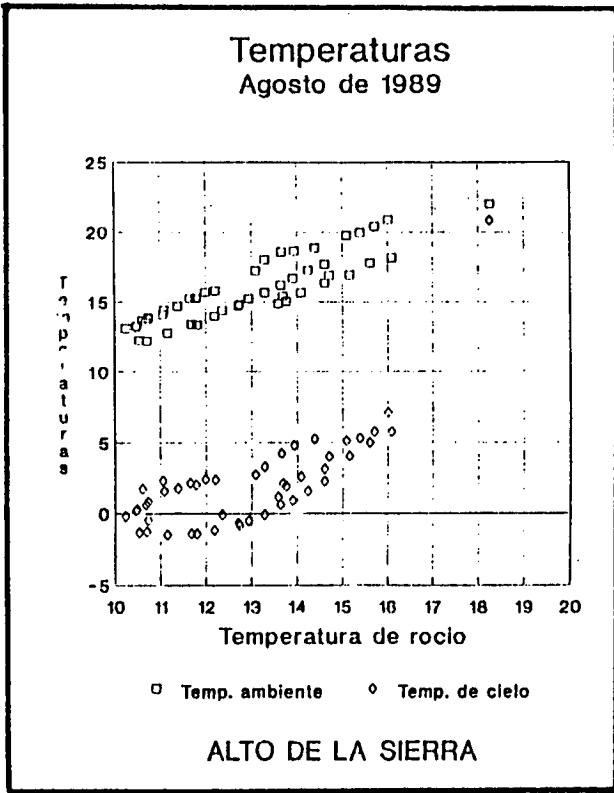


FIGURA 12

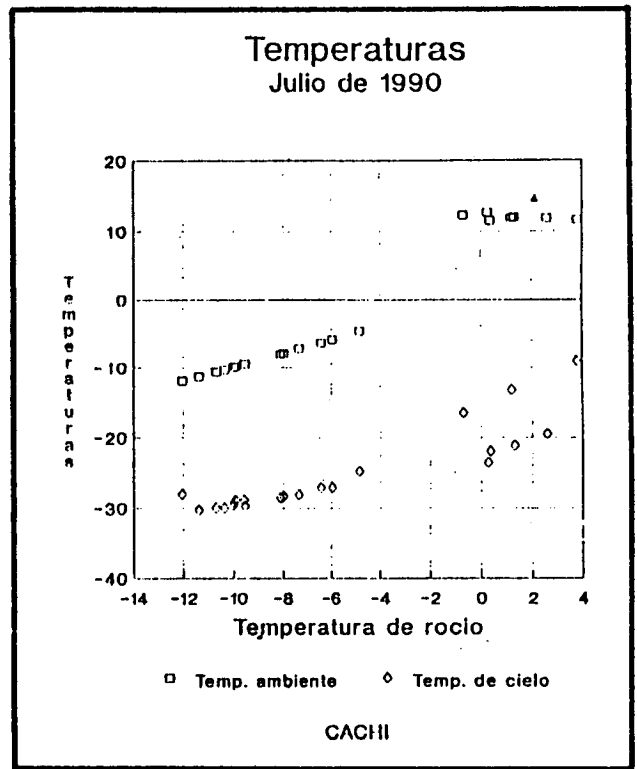


FIGURA 14

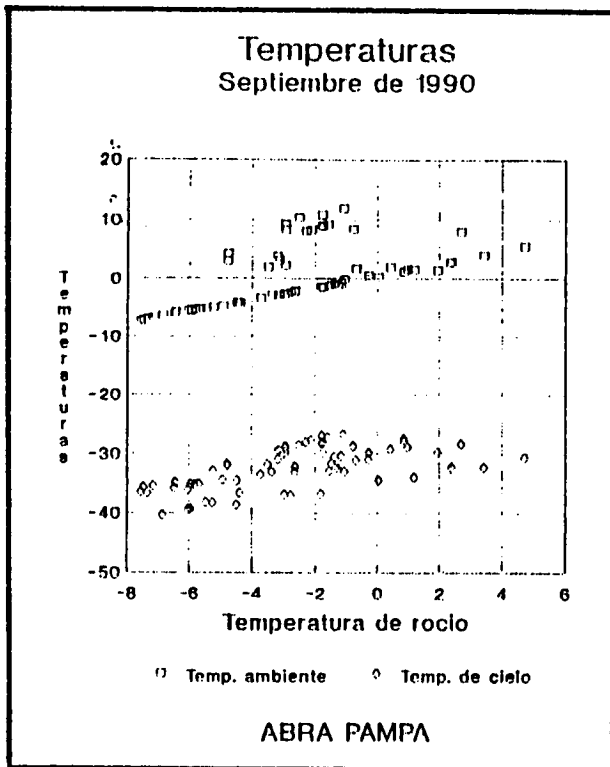


FIGURA 13

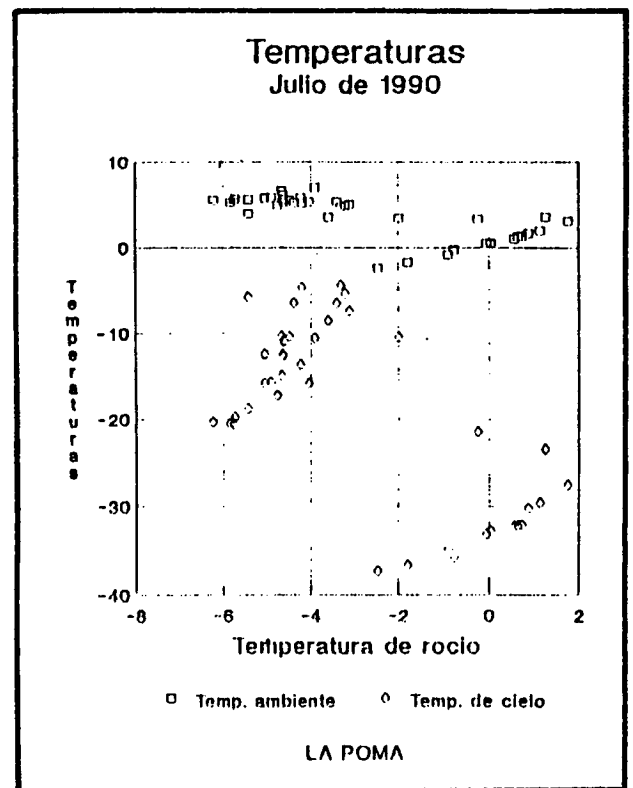


FIGURA 15

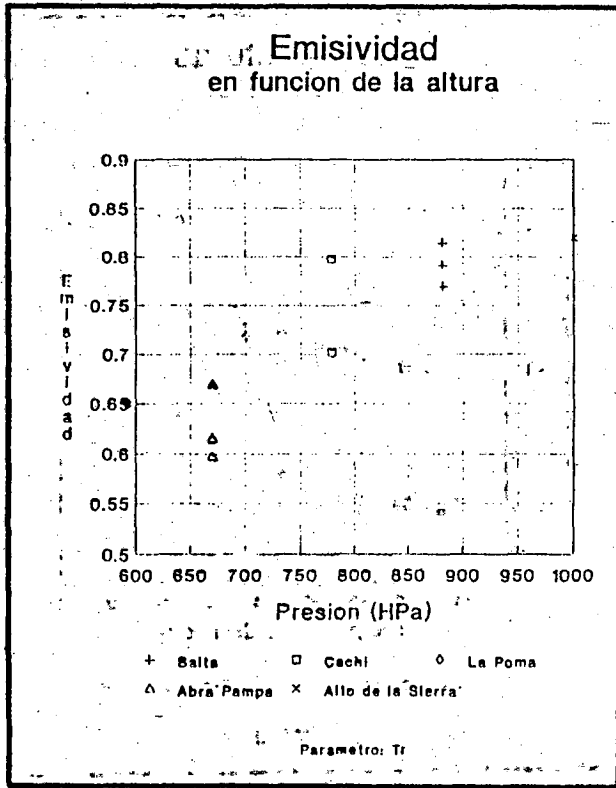


FIGURA 16

REFERENCIAS

- 1 *Man, climate and architecture*. B. Givoni. Applied Science Publishers LTD, 2a. ed., Londres, 1976.
- 2 *New Techniques of Natural Cooling*. X. Berger, M. Schneider. International Passive and Hybrid Cooling Conference. Miami Beach, 1981. Volúmenes I y II.
- 3 *Radiative Cooling: Resource and Applications*. E. Clark, P. Berdahl. Passive Handbook for the Passive Cooling Workshop, Amherst, Massachusetts, octubre 20, 1980. Ed. M. Miller.
- 4 M. Martin, P. Berdahl. *Solar Energy*, vol. 33, 321 - 326 1984.
- 5 M. Martin, P. Berdahl, *Solar Energy*, vol. 33, 241 - 252, 1984.
- 6 S. Idso, R. Jackson, *J. Geophys. Res.*, 74, 5397 - 5403, 1969.