

# EMISIVIDAD DE LA ATMOSFERA: RESULTADOS DE LA CAMPAÑA DE MEDIDAS DEL AÑO 1989.

E. Frigerio y L. Saravia\*

**RESUMEN.** Se presenta el resultado de mediciones de emisión de radiación infrarroja de la atmósfera, realizadas en distintas localidades. Se presenta además una correlación de la emisividad en función de la temperatura de rocío para los datos obtenidos en Salta.

## INTRODUCCION.

En los cálculos de rendimiento, el tratamiento de la radiación infrarroja (IR) entre una superficie expuesta y el cielo se hace generalmente de una manera poco precisa. En los edificios, por ejemplo, se necesitan correcciones a la temperatura de piel de las paredes y ventanas debido a este fenómeno ya que la mitad del campo de visión de estas superficies está a la temperatura de cielo. En los techos este efecto es aún más significativo. Sería deseable, entonces, ser capaces de poder estimar estos efectos con seguridad, con el objeto de modelar propiamente la eficiencia térmica de los edificios o de cualquier otro sistema que haga uso del intercambio radiativo a cielo.

El grado de aprovechamiento del mismo dependerá de la efectividad de los acoplamientos de las superficies radiadoras a la atmósfera y del objeto a ser enfriado. En particular dependerá de la radiación IR emitida hacia abajo y recibida por las superficies.

En una comunicación previa (1), se ha descrito un código computacional desarrollado en los EE.UU. (LOWTRAN-5) que usa los perfiles medidos en altura de temperatura y humedad por globos-sonda para calcular la emisividad o la transmitancia de la atmósfera. El uso del código presenta algunos inconvenientes. En primer lugar, se debe contar con los perfiles y estos se miden sólo en algunas localidades. En segundo término, se debe poder estimar el modelo de aerosol más adecuado para el lugar y el día. Además, el código tiene en cuenta las nubes de una manera indirecta. Todo esto hace que sea necesario contar con medidas directas de radiación IR para poder validar lo calculado, ajustando el modelo. El cálculo así obtenido es representativo del estado de la atmósfera a la hora particular en que se ha realizado el sondeo, no pudiéndose extender su validez a toda la jornada.

Las medidas directas, por otro lado, permiten un relevamiento horario con el fin de realizar una estadística que provea de valores medios anuales, mensuales, etc. para cada localidad.

## PROGRAMA DE MEDIDAS.

Las medidas de radiación IR en la atmósfera se realizan mediante

\* Investigador del CONICET

pirgeómetros, como se ha descrito en un trabajo anterior (2). Suscintamente, el aparato que se posee consiste en una termopila cubierta por un domo de silicio que la protege del viento y que resulta ser transparente al IR. Merced a un filtro que posee el domo, el rango de visión del aparato va desde los 4  $\mu\text{m}$  a los 50  $\mu\text{m}$ , comprendiendo así toda la banda característica de la emisión infrarroja.

Para obtener la emisividad aparente de la atmósfera se divide la radiación medida por  $\sigma T_a^4$ , donde  $T_a$  designa la temperatura ambiente medida a nivel del suelo y  $\sigma$  es la constante de Stefan.

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

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

En general, para evitar los problemas previamente mencionados, se busca correlacionar los datos obtenidos con parámetros meteorológicos de superficie puesto que éstos son más asequibles y cubren mejor el territorio a analizar.

Durante el año 1989 se ha realizado una campaña de medidas que abarcó de junio a diciembre en la ciudad de Salta. En ella se relevaron datos de radiación, junto con temperaturas de bulbo seco y de bulbo húmedo, cada media hora durante períodos de dos a cuatro días consecutivos.

Se han realizado, además, medidas con la misma modalidad en la localidad de Abra Pampa del 3 al 6 de octubre, y en la localidad de Alto de la Sierra en agosto. La primera de estas localidades está ubicada a 3500 m de altura en la Puna jujeña y la segunda está en el chaco salteño a aproximadamente 300 m de altitud.

#### RESULTADOS.

Estos se presentan en las figuras que acompañan el presente trabajo. En ellos se han representado los puntos correspondientes a los valores predichos por un trabajo de Martin y Berdahl (3), en el cuál dan la siguiente correlación entre la emisividad y la temperatura de rocío:

$$\epsilon = 0,711 + 0,56(\text{tr}/100) + 0,73(\text{tr}/100)^2$$

válida para cielo claro y a nivel del mar. En el mismo trabajo los autores dan una forma de hacer correcciones por efecto de las nubes y por causa de la altura geográfica del lugar. Esto último es la principal razón por la cuál se ha elegido ese trabajo como fuente de comparación, ya que son los únicos autores de los que se tiene referencia que presentan tales correcciones. De todos modos se han realizado comparaciones con los trabajos de otros autores, en particular con el de Idso y Jackson (4), no obteniéndose una buena correspondencia.

En la primer figura se puede apreciar que los valores promedio obtenidos para Salta en los distintos meses son persistentemente más elevados que los que predice la correlación. En cambio, el único punto obtenido para la localidad de Abra Pampa es menor que la predicha por la expresión de Martin y Berdahl. Finalmente, la comparación para el punto promedio obtenido para Alto de la Sierra es muy buena. Aunque no se ha representado en la figura la correlación correspondiente, esto se lo puede apreciar en la figura 7.

Cuando se representa la marcha horaria de la emisividad, como lo muestra la figura 2 a título de ejemplo, no se observa una buena correspondencia entre los valores medidos y la correlación,

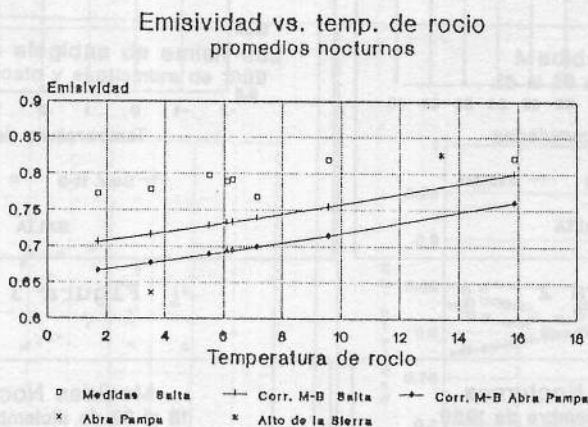


Figura 1

a pesar de que los autores dan una manera de hacer el ajuste horario. Esto se nota en todos los registros. Es esperable que esto ocurra ya que, como lo aclaran los mismos autores, su trabajo se basa en valores promedios por lo que su expresión tiene valor estadístico y no instantáneo.

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 comprendido entre las 20 hs. y las 8 hs. del día siguiente. Además, dentro de lo posible, se han eliminado aquellos puntos en que se sabe con certeza que hubo nubes. En las figuras 3 y 4, 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.



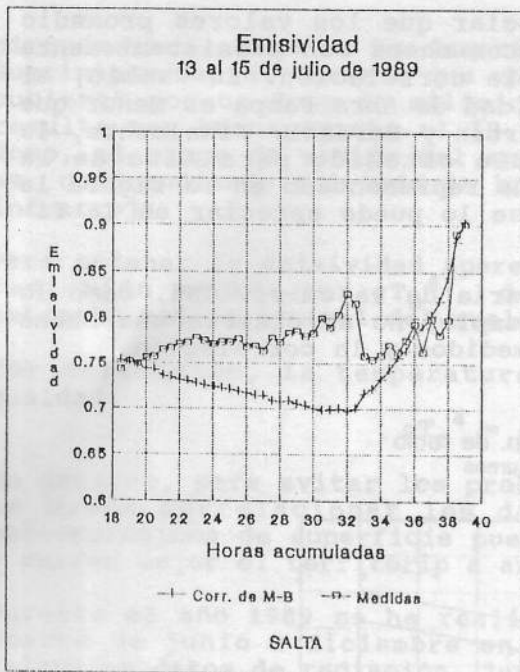


Figura 2

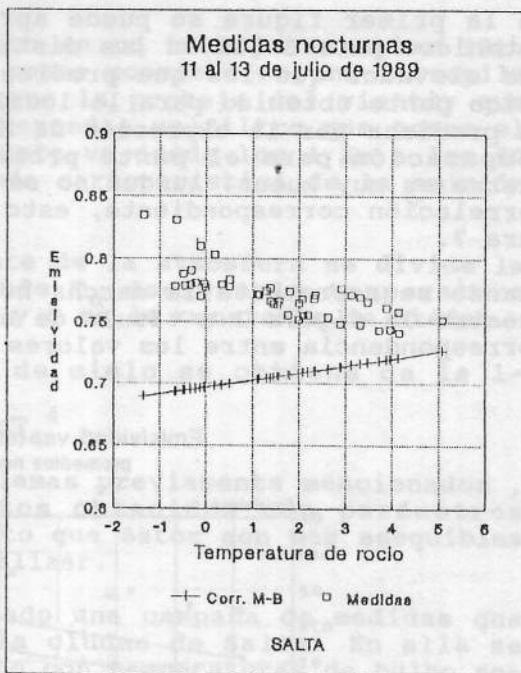


Figura 3

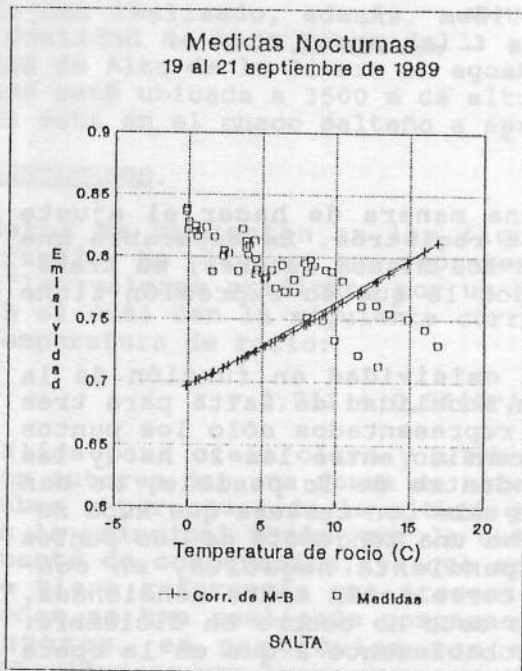


Figura 4

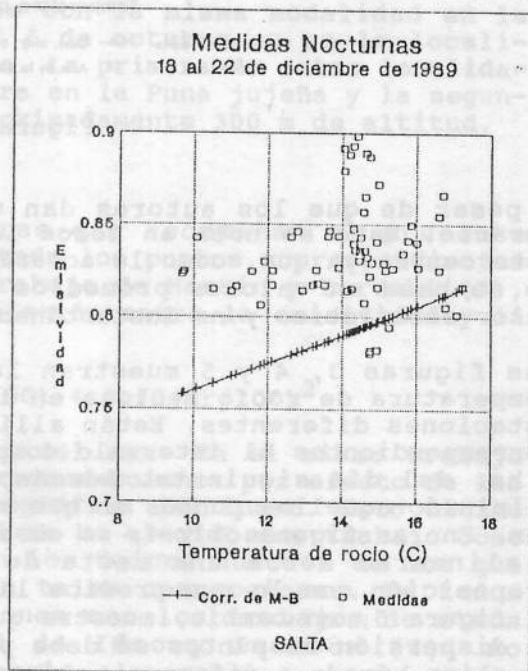


Figura 5

Cuando se indaga en la estructura horaria de estos puntos, como lo muestra la figura 6, se observa en todos los casos que a las 18 hs. estos 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 además que se corresponde bastante bien con la correlación de Martin y Berdahl. Es de hacer notar que el clima de esta localidad es cálido y húmedo, lo que hace que exista una buena correspondencia entre estas medidas realizadas en agosto con las realizadas en Salta en diciembre.

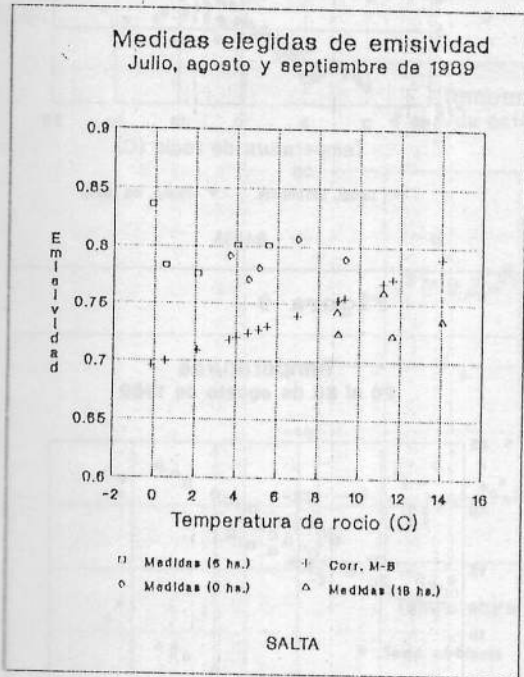


Figura 6

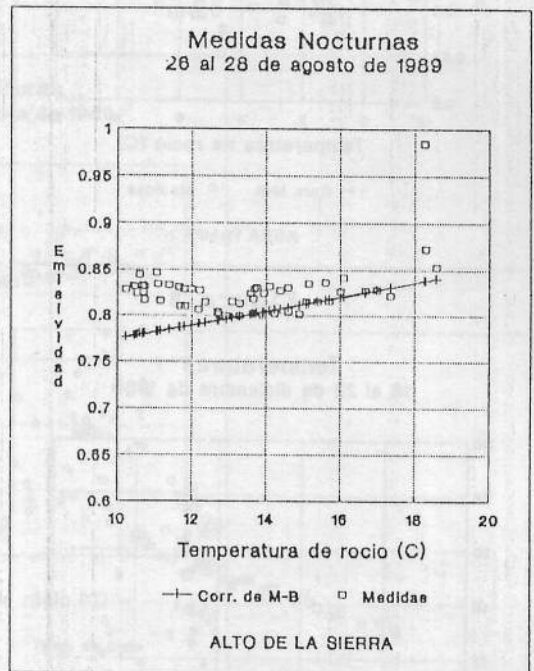


Figura 7

Por otra parte, las medidas realizadas en Abra Pampa, figura 8, muestran una gran dispersión no observándose estructura alguna, como en el caso de Alto de la Sierra. A diferencia de otros gráficos, están representados todos los puntos, estando los correspondientes a medidas diurnas ubicados en general en la parte superior del dibujo.

La razón por la cuál no se han presentado los puntos diurnos reside en el hecho de que estas medidas están afectadas por el calentamiento del domo por el sol (5) y que no se ha realizado un estudio sistemático para determinar las correcciones necesarias.

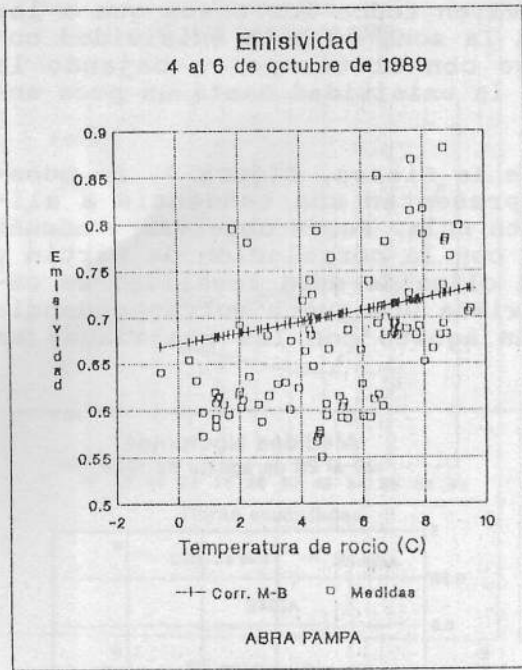


Figura 8

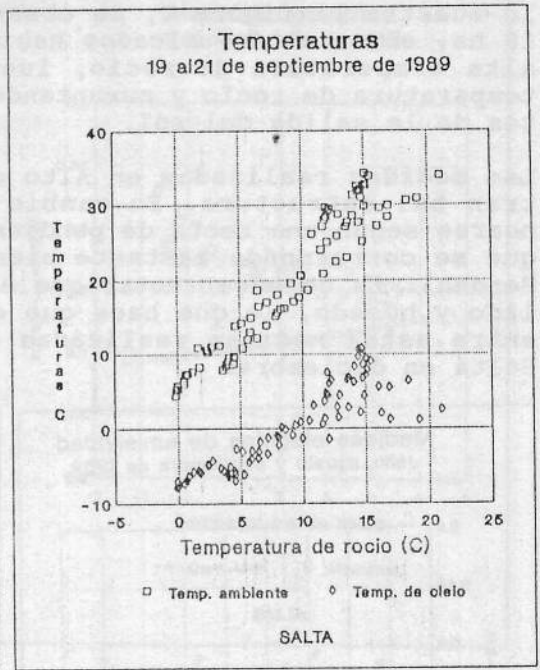


Figura 9

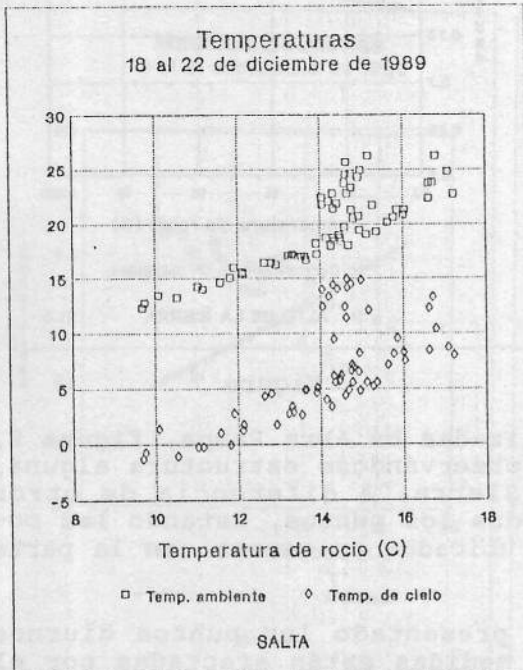


Figura 10

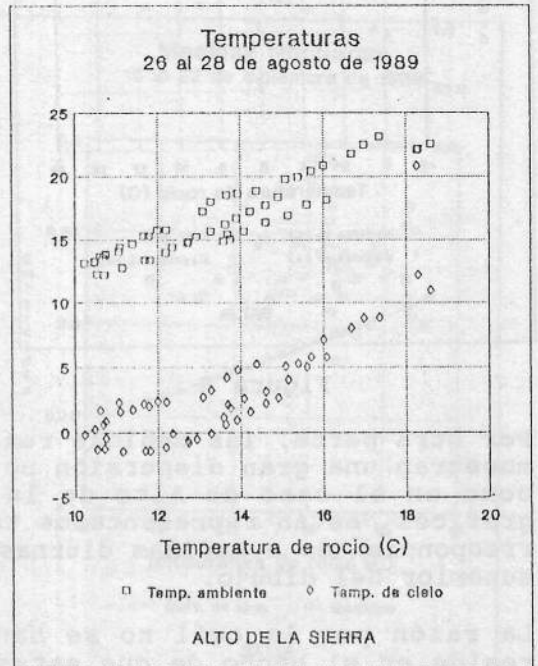


Figura 11

En las siguientes figuras (9, 10, 11 y 12), están representados los puntos correspondientes a la temperatura ambiente  $t_a$  y a la temperatura de cielo  $t_c$  para las tres localidades. Se observa 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 de temperaturas es aproximadamente constante, de alrededor de 13 grados en agosto.

Para Abra Pampa, los resultados no son tan claros ya que si bien la diferencia entre valores extremos de la temperatura ambiente fue de unos 10 grados, la correspondiente a la temperatura de cielo fue de unos 35 grados, mostrando siempre una gran dispersión. El posible origen de ello serían nubes no registradas.

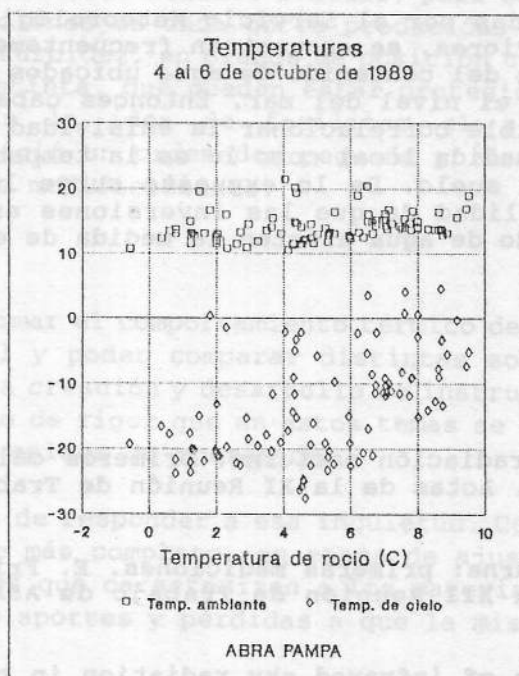


Figura 12

### CONCLUSIONES.

Si bien la cantidad de medidas, especialmente en Abra Pampa y Alto de la Sierra, no permiten sacar conclusiones firmes, se pueden hacer algunas observaciones.

De lo presentado, se puede apreciar que es notable la dependencia de la emisividad con la altura, siendo mayor la separación entre Salta y Abra Pampa que entre Salta y Alto de la Sierra. La diferencia entre los valores promedio y los valores predichos



por la correlación de Martin y Berdahl, permiten aseverar que el efecto de la altura no está bien estudiado y merece poner un poco más de atención sobre ello.

La emisividad depende fuertemente del contenido de agua de la atmósfera y la temperatura de rocío es una medida, de esto, por lo que buscar una correlación entre ambas variables parece razonable.

El hecho de que se haya encontrado una estructura horaria en las medidas de Salta y no en las otras localidades, permiten pensar que existe algún fenómeno local que afecta el comportamiento de la emisividad. Se hace notar, sin embargo, que esta estructura podría deberse a condensación no detectada sobre el domo, por lo que se prevé en el futuro soplar sobre él para evitar tal depósito.

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 los 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 del 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.

#### REFERENCIAS.

- (1) Estudio de la radiación nocturna: primeros cálculos. E. Frigerio y L. Saravia. Actas de la XI Reunión de Trabajo de ASADES, San Luis, 1986.
- (2) Radiación nocturna: primeras mediciones. E. Frigerio y L. Saravia. Actas de la XIII Reunión de Trabajo de ASADES, Bs. As., 1987.
- (3) Characteristics of infrared sky radiation in the United States. M. Martin y P. Berdahl. Solar Energy, vol. 33, pp. 321-326, 1984.
- (4) Thermal radiation from the atmosphere. S. Idso y R. Jackson. J. Geophys. Res., 74, pp. 5397-5403, 1969.
- (5) Summary of results from the spectral and angular sky radiation measurement program. M. Martin y P. Berdahl. Solar Energy, vol. 33, pp. 241-252, 1984.