

INFERENCIA DE LA ESTRUCTURA ATMOSFÉRICA DE OTRAS LOCALIDADES A PARTIR DE LAS MEDIDAS DE GLOBOSONDEO Y EMISIVIDAD REALIZADAS EN SALTA

Erico Frigerio
INENCO – Instituto UNSa - CONICET
Av. Bolivia 5150 - 4400 Salta
Tel. 0387- 4255423 – Fax 0387-425489 Email : frigerio@unsa.edu.ar

RESUMEN: Se propuso estudiar si los perfiles de globosondeo que se disponen de Salta son útiles para inferir una estructura atmosférica en otras localidades donde hubiera medidas de emisividad y cuya altura fuera superior a la de Salta, esto es, Cachi y Abra Pampa. Se modificaron estos perfiles cambiando las condiciones en los niveles próximos a la superficie del lugar elegido para obtener valores de emisividad similares a los medidos, usando el programa LOWTRAN 7. Así se logró establecer que en Cachi deben existir inversiones de temperatura, aunque menos importantes que en Salta, mientras que en Abra Pampa aparentemente estas inversiones no aparecen. Las diferencias de estructuras halladas en las dos localidades y en Salta indican que no solamente la altura interviene en la emisividad, sino también las condiciones orográficas del lugar.

Palabras clave: Radiación, Atmósfera, Emisividad e Inversiones.

INTRODUCCION

Las medidas de emisividad de cielo realizadas en distintas localidades del Noroeste Argentino (N.O.A.) (Frigerio y Saravia, 1991) mostraron que, en Salta, éstas tenían una estructura horaria que no se repetía en otras localidades salvo, quizás, en Cachi. En un trabajo en paralelo (Frigerio, 2001) se muestra, a partir de medidas de globosondeo, que la estructura horaria de Salta obedece a inversiones en temperatura en la atmósfera, las cuáles son comunes de abril a octubre.

Las medidas de globosondeo sólo se realizaron en Salta. A pesar de ello, se propuso estudiar si los perfiles de globosondeo que se disponen son útiles para inferir una estructura atmosférica en otras localidades donde hubiera medidas de emisividad y cuya altura fuera superior a la de Salta, esto es, Cachi y Abra Pampa.

Se trabajó con las siguientes hipótesis:

1. Un corte en los perfiles de Salta a la altura correspondiente a Cachi o Abra Pampa no tiene en cuenta el suelo y su efecto sobre la capa límite adyacente y, por lo tanto, no puede reproducir las condiciones de estas localidades. Esta capa límite puede tener distintos grosores con la altura geográfica, estimándose que puede afectar sólo a los dos primeros niveles sobre la superficie.
2. Se consideró que, fuera de esta capa límite, las condiciones de la atmósfera debían ser más generales, no variando prácticamente en toda la región.

El propósito entonces fue investigar cómo se debían cambiar las condiciones en los niveles próximos a la superficie del lugar elegido para obtener valores similares a los medidos.

Para realizar este estudio, se usaron los datos de los perfiles promedio mensuales de 20 años de medidas de las 12 hs TMG y la siguiente expresión en función de la temperatura de rocío, identificada como Correlación 2 en un trabajo previo (Frigerio, 2000):

$$\varepsilon(\text{tr}, z) = \varepsilon(0, z) + 0,41 \cdot (\text{tr}/100) + 0,51 \cdot (\text{tr}/100)^2 \quad (1)$$

con los siguiente valores para $\varepsilon(0, z)$:

Alto de la Sierra (chaco, ca. 300 m s.n.m.):	$\varepsilon(0, z) = 0,776$
Salta (valle, 1220 m s.n.m.):	$\varepsilon(0, z) = 0,772$
Cachi (valle, 2280 m s.n.m.):	$\varepsilon(0, z) = 0,705$
Abra Pampa (Puna, 3484 m s.n.m.):	$\varepsilon(0, z) = 0,676$

También se ha tenido en cuenta los valores dados en la tabla 1 para estos lugares en invierno:

Lugar	Altura s.n.m. [m]	Presión barométrica [hPa]	Temperatura de rocío [°C]	Emisividad medida
Cachi	2280	778	-7,09	0,679
Abra Pampa	3484	670	1,11	0,633

Tabla 1: Valores medidos promedio para las distintas localidades. Periodo JULIO-SEPTIEMBRE.

MODIFICACIÓN DE LOS PERFILES PARA ABRA PAMPA Y RESULTADOS

Se comenzó tratando los perfiles de Salta, modificándoles el nivel correspondiente a 700 HPa cuya altura promedio es de alrededor de 3100 m s.n.m. introduciendo los 3484 m y 670 HPa de Abra Pampa. Con el objeto de poder estimar el apartamiento de lo medido, se dejaron inalterados los datos de temperatura y humedad medidos en ese nivel y los restantes niveles. Con los perfiles así definidos, se calculó la emisividad con el programa LOWTRAN 7 (Kneizys et al., 1988) usando el modelo Rural con 23 km de visibilidad e incorporando la opción de suelo a esa altura y se compararon los resultados con los obtenidos de usar la expresión (1) con los datos del nivel mencionado. Éstos se muestran en la tabla 2, donde se han incluido también, con fines comparativos, los valores predichos por la correlación de Martin y Berdahl (1984), la correlación 2 para Salta, y la diferencia entre el cálculo con el LOWTRAN y con la expresión (1), referida a esta última. La figura 2 muestra estos resultados en forma gráfica.

Perfiles comenzados a 3.484 m		Presión: 670 HPa				
Temperatura del nivel 700 y suelo a 3.484 m						
RESUMEN EMISIVIDADES						
Resultados:	tr	LOWTRAN-7	Corr1. Salta	Corr2 A.P.	M-B	Dif %
enero	5,79	0,677	0,798	0,654	0,706	3,6
febrero	5,27	0,679	0,795	0,651	0,703	4,3
marzo	4,27	0,673	0,790	0,647	0,697	4,1
abril	-0,58	0,641	0,764	0,626	0,668	2,4
mayo	-7,19	0,599	0,726	0,602	0,635	-0,5
junio	-10,67	0,581	0,705	0,590	0,620	-1,6
julio	-10,45	0,581	0,707	0,591	0,621	-1,6
agosto	-8,11	0,597	0,721	0,598	0,631	-0,2
septiembre	-4,67	0,615	0,741	0,610	0,647	0,7
octubre	-1,28	0,629	0,760	0,623	0,664	0,9
noviembre	2,13	0,647	0,779	0,637	0,684	1,5
diciembre	4,05	0,664	0,789	0,646	0,695	2,7
Promedio julio-septiembre:	-7,74	0,598		0,600		

Tabla 2: Cálculos sobre perfiles promedio mensuales de 20 años.

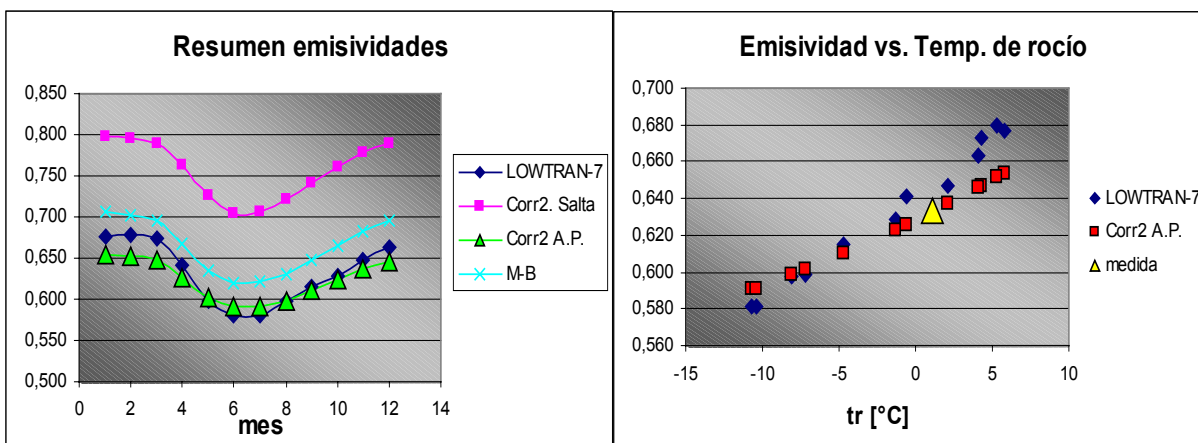


Figura 1. Gráfico de los resultados de la tabla 2.

Figura 2. Resultados de los cálculos en función de la temperatura de rocío.

Las diferencias entre ambos cálculos caen dentro de un 4 %, lo que era de esperar porque para la correlación se toma los valores de temperatura de rocío del nivel definido como suelo, con lo cuál ésta tampoco tiene en cuenta el efecto del suelo, y en el trabajo de Frigerio (Frigerio, 2000) se había mostrado que las diferencias son de ese orden. Sin embargo, si se comparan los valores promedio de las tablas 1 y 2, los valores obtenidos son muy bajos respecto de lo medido en las campañas realizadas en la localidad. Este hecho justificaría lo dicho referente a un corte directo ya que no tiene en cuenta ninguna capa límite.

La similitud de resultados también aparece en la figura 2, donde se dibujó el resultado de estos cálculos en función de la temperatura de rocío. La diferencia más notable se observa entre ambas pendientes, pero esto no es muy significativo ya que los valores de temperatura de rocío abarcan todo el rango de valores importantes.

Para poder realizar una comparación con valores medidos, se usó al mes de julio como representativo del invierno y se modificaron nuevamente los perfiles de este mes para tener en cuenta el efecto del suelo sobre el aire en los primeros niveles. Para ello se introdujo en el nivel 670 HPa los valores de las medidas realizadas y se buscó la modificación en los niveles superiores que reprodujera la emisividad promedio de invierno medida. El perfil original y la modificación que logró el mejor ajuste se muestra en la tabla 3 y en la figura 3.

JULIO: Perfil original				JULIO modificado			
Altura Km	Presion HPa	Tempera. °C	HR %	Tr °C	Tempera. °C	HR %	Tr °C
1,22	878,65	4,16	87,69	1,96			
1,49	850	7,62	77,61	2,84			
1,99	800	8,81	66,9	0,5			
3,10	700	8,18	34,46	-10,45			
3,48	670				11,5	49,8	1,13
4,36	600	0,52	21,72	-21,37	7,5	21,72	-12,91
5,79	500	-10	18,8	-29,19	-10	18,8	-29,19
7,47	400	-22,65	17,46	-40,52	-22,65	17,46	-40,52
9,51	300	-38,34	16,9	-54,01	-38,34	16,9	-54,01
10,74	250	-46,9			-46,9		
12,19	200	-55,61			-55,61		
13,99	150	-64,11			-64,11		
16,42	100	-70,05			-70,05		
18,57	70	-64,47			-64,47		
20,65	50	-59,11			-59,11		
22,06	40	-56,56			-56,56		
23,90	30	-53,43			-53,43		
26,54	20	-49,68			-49,68		
28,35	15	-48,31			-48,31		
31,02	10	-47,54			-47,54		

Tabla 3. Perfil original y modificado para obtener los valores más aproximados a las medidas realizadas en Abra Pampa

El resultado del cálculo de emisividad con el código arrojó el valor $\epsilon = 0,633$, igual al que se obtuvo con las medidas (tabla 1) y la expresión (1) para Abra Pampa.

El efecto del suelo en este ejemplo sería, en primera instancia, aumentar la temperatura y la humedad relativa en la superficie y la temperatura en el siguiente nivel, quedando definida una capa límite de alrededor de 900 m.

No aparecieron inversiones en las modificaciones de los perfiles que se intentaron. Este hecho conjuntamente con lo observado en la estructura horaria de las mediciones (Frigerio y Saravia, 1991) permite suponer que éstas no son comunes en la zona.

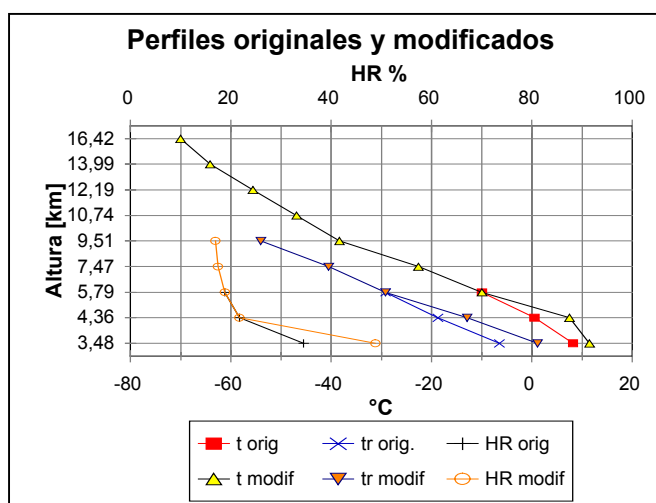


Figura 3. Perfiles originales y modificados en la baja tropósfera para simular las condiciones de Abra Pampa.

MODIFICACIÓN DE LOS PERFILES PARA CACHI Y RESULTADOS

Se procedió de igual manera para Cachi, modificando el perfil a partir del nivel de 800 Hpa.

El resultado de cortar solamente los perfiles se muestra en la tabla 4 y en las figuras 4 y 5. Aquí las diferencias entre ambos cálculos son menores que en el caso anterior y las pendientes de los resultados en función de la temperatura de rocío son semejantes.

Perfiles comenzados a 2.280 m		Presión: 778 HPa				
Temperatura del nivel 800 y suelo a 2.280 m						
RESUMEN EMISIVIDADES						
Resultados:	tr	LOWTRAN-7	Corr.2 Salta	Corr.2 Cachi	M-B	Dif %
enero	12,98	0,761	0,834	0,767	0,770	-0,8
febrero	12,51	0,762	0,832	0,765	0,766	-0,3
marzo	11,91	0,757	0,829	0,761	0,762	-0,6
abril	9,58	0,739	0,817	0,752	0,745	-1,8
mayo	6,89	0,717	0,804	0,736	0,727	-2,6
junio	3,86	0,702	0,788	0,722	0,707	-2,8
julio	3,02	0,699	0,783	0,718	0,702	-2,6
agosto	3,08	0,704	0,784	0,719	0,703	-2,0
septiembre	4,83	0,714	0,793	0,726	0,713	-1,7
octubre	8,25	0,726	0,811	0,743	0,736	-2,3
noviembre	10,31	0,738	0,821	0,753	0,750	-2,0
diciembre	11,85	0,749	0,829	0,761	0,761	-1,6
Promedio julio-septiembre:	3,65	0,706		0,721		

Tabla 4. Cálculos sobre perfiles promedio mensuales de 20 años.

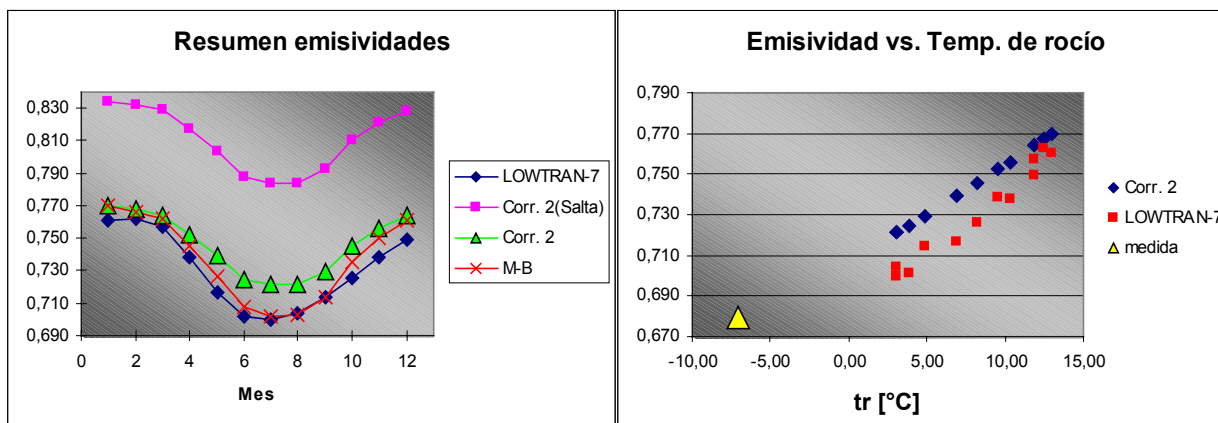


Figura 4. Gráfico de los resultados de la tabla 4.

Figura 5. Resultados de los cálculos en función de la temperatura de rocío.

Se buscó modificar el perfil de julio para lograr reproducir los datos que se disponen como se hizo para Abra Pampa. La modificación encontrada se muestra en la figura 6. Con ella se logró el valor buscado de emisividad: 0,679.

En este ejemplo se debió disminuir las temperaturas en la superficie y en los dos niveles siguientes, quedando definida una capa límite de alrededor de 2000 m.

En todas las modificaciones de los perfiles que se intentaron aparecieron pequeñas inversiones en el primer nivel sobre la superficie. Esto está de acuerdo con lo observado en la estructura horaria de las medidas y permite suponer que existen inversiones en la primera capa en esta época en la zona.

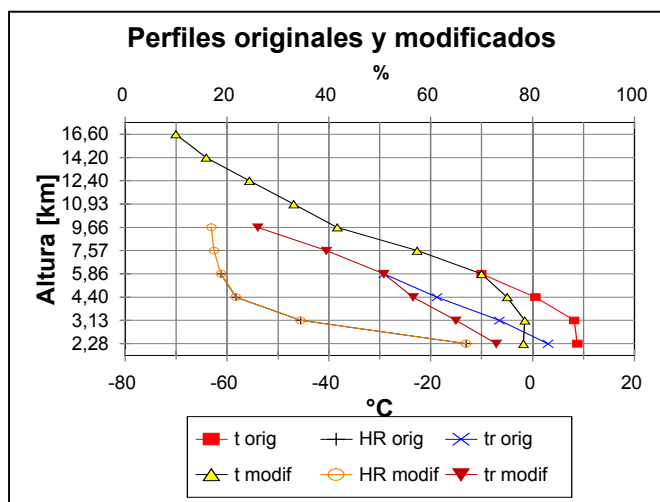


Figura 6. Perfiles originales y modificados en la baja troposfera para simular las condiciones de Cachi.

CONCLUSIONES

Aunque este estudio se hizo sobre la base de medidas de pocos años, se puede decir que, modificando sólo las primeras capas de atmósfera sobre el suelo en ambas localidades, los cálculos realizados permitieron

- reproducir los valores de emisividad medidos;
- confirmar que las capas atmosféricas superiores son similares en la región mientras que el efecto del suelo afecta drásticamente las capas adyacentes;
- confirmar que en Cachi deben existir inversiones de temperatura, aunque menos importantes que en Salta;
- establecer que en Abra Pampa, aparentemente, estas inversiones no aparecen.
- En principio, las diferencias de estructuras halladas en las dos localidades y en Salta indican que no solamente la altura interviene en la emisividad, sino también las condiciones orográficas del lugar.

Indudablemente, para mejorar estas predicciones, se deben realizar campañas de medidas a lo largo del tiempo.

REFERENCIAS

- Frigerio E. y Saravia L.. (1991). Emisividad infrarroja de la atmósfera. Medidas en el N.O.A. . *Anales AFA* 3, 432 - 438.
- Frigerio, E. (2000). Emisividad en el N.O.A. Aproximación a un modelo físico. *Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 4, N° 2, 11.13-11.18.
- Frigerio, E. (2000). Emisividad en el N.O.A. Dependencia con la altura. *Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 4, N° 2, 11.07-11.12.
- Frigerio, E. (2001). Estudio del efecto de las inversiones de temperatura sobre la emisividad en Salta. Presentado para la Reunión de Trabajo ASADES 2001.
- Kneizys F.X., Shettle E.P., Gallery W.O., Chetwynd Jr. J.H., Abreu L.W., Selby J.E.A., Anderson G.P, Clough S. A.. (1988) Users Guide to LOWTRAN 7. *AFGL-TR-88-0177*, Air Force Geophysics Laboratory, Hanscom AFB, Mass.
- Martin M., Berdahl P.. (1984). Characteristics of infrared sky radiation in the united states. *Solar Energy* 33,N° 3/4, 321-336.

ABSTRACT

It was intended to study if the disposable data from Salta of globe sounding are useful to infer profiles in localities where emissivity data were available and whose altitude were higher than that of Salta, that is, Cachi and Abra Pampa. These profiles were modified by changing the conditions in the levels near the ground of the selected place to obtain values of emissivity like to that measured, using the program LOWTRAN 7. It was established that in Cachi must be temperature inversions, but rather less important that in Salta, while in Abra Pampa these inversions apparently don't occur. The difference in structures that was founded in this two localities and in Salta shows that not only the altitude affects the emissivity but also the orographic conditions of the place.

Keywords: radiation, atmosphere, emissivity and inversions.