

ESTUDIO DE LAS MASAS DE AIRE EXTREMAS EN LA REPÚBLICA ARGENTINA

A. Coronel*, M.A. Lara** y S. Bischoff**

*Facultad de Ciencias Agrarias - UNR - Campo Experimental Villarino C.C. 14 - 2123 Zavalla

**Dpto. Ciencias de la Atmósfera. Fac. de Ciencias Exactas y Naturales - UBA

†Instituto de Física Rosario -Email: malara@fceia.unr.edu.ar. Fax: (041) 264008 - 27 de Febrero 210 bis - 2000 Rosario

RESUMEN

La atmósfera presenta situaciones persistentes asociadas, en general, a estados de tiempo críticos que pueden afectar el desarrollo económico de una región (excesos y déficit de agua, olas de calor, olas de frío). Las masas de aire asociadas también pueden tener alguna característica que las diferencie del comportamiento medio. El objetivo de este trabajo es continuar con el análisis de algunas características de las masas de aire, como los extremos en el primero y último decil, su persistencia, los estados de tiempo, los campos de circulación y su variación temporal en Resistencia, Ezeiza y Comodoro Rivadavia.

Los resultados muestran que: 1.-El rango de variación de las masas de aire extremas cálidas es mayor que el de las masas de aire extremas frías. 2.-En invierno las masas extremas frías son más persistentes en Comodoro Rivadavia y en verano en Resistencia. En cuanto a las masas de aire extremas cálidas, Resistencia es afectada por las más persistentes en invierno y Comodoro Rivadavia en verano. 3.-La ocurrencia de extremos en forma simultánea es máxima entre Ezeiza y Resistencia. En cambio entre Comodoro Rivadavia y Ezeiza es máxima la ocurrencia de extremos con una diferencia de un día.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la Climatología Sinóptica de los sistemas que afectan una región permitirá mejorar el diagnóstico y eventualmente el pronóstico de los mismos. La importancia de este entendimiento tiene un carácter particularmente importante si se trata de situaciones meteorológicas críticas que pueden afectar de diferentes maneras la economía de una región. En particular las variables temperatura, humedad y precipitación son las que tienen mayor incidencia en el análisis de los problemas bioclimáticos y están estrechamente vinculadas a las masas de aire presentes.

Diversos investigadores clasificaron y analizaron las masas de aire en distintas regiones del mundo (Garstang et al, 1967; Harris and Ho, 1969; Gray, 1968; Bryson, 1966; Davis and Kalkstein, 1990; Kalkstein et al, 1996).

Particularmente las masas de aire que afectan a la Argentina también tendrán ciertas particularidades, ya que están caracterizadas por la disponibilidad de humedad, los movimientos forzados de ascenso y descenso producidos por el efecto de la cordillera de Los Andes, y la circulación obligada sobre áreas oceánicas a la que se ven sometidas algunas de ellas antes de ingresar al continente. Entre los trabajos de la bibliografía argentina referentes a las características de las masas de aire que afectan diferentes regiones del país se pueden citar: (Hoffmann 1971, Scian et al., 1978; Bischoff et al., 1989).

En nuestro hemisferio también se han realizado importantes estudios sobre el impacto de situaciones persistentes sobre el clima de una región. Entre ellos se encuentran: (Grandoso et al., 1955; Scian, 1970, Malaka et al., 1980; Berbery et al., 1987). En todos estos trabajos se analiza las características y trayectoria de las masas de aire asociadas.

Coronel et al., (1998), identificaron "olas de calor" y "olas de frío" en el sur santafesino y norte bonaerense a través del análisis de la intensidad y persistencia de las anomalías de temperatura y de la temperatura adiabática potencial equivalente (variable que caracteriza las masas de aire) en 850 hPa., encontrando que las "olas de calor" y "olas de frío" ocurren tanto en verano como en invierno y son más intensas en la estación invernal.

El objetivo de este trabajo es proseguir con el análisis de las masas de aire que afectan a la República Argentina a través del estudio de los valores extremos de la temperatura adiabática potencial equivalente en Resistencia, Ezeiza y Comodoro Rivadavia a fin de ampliar el conocimiento de la estructura espacial y temporal de las masas de aire extremas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información utilizada es la que corresponde a los datos diarios de radiosondeos de temperatura (t) y temperatura de punto de rocío (td) de las estaciones de Resistencia (SIS) (27°27'S, 59°03'W), Ezeiza (EZE) (34°49'S, 58°32'W) y Comodoro Rivadavia (CRV) (45°47'S, 69°30'W) en 850 hPa. (1800 m.) de los inviernos (junio, julio y agosto) y veranos (diciembre, enero y febrero) de 1958 a 1984 a las 12 TMG. Los datos fueron cedidos por el Servicio Meteorológico Nacional.

Una masa de aire se puede caracterizar por una serie de parámetros. Estos son afectados por diferentes procesos atmosféricos cuando ella está en movimiento. Petterssen (1940) enuncia los procesos para los cuales los parámetros son conservativos o no, y se observa que no existe ningún elemento conservativo para todos los procesos. Sin embargo los que mantienen esta característica en los procesos adiabático seco y saturado (procesos fundamentales en una masa de aire en movimiento (Iribarne (1965)) son la temperatura adiabática potencial equivalente (θ_{ae}) y temperatura adiabática potencial de bulbo húmedo (θ_b). Para la realización de este trabajo se eligió la θ_{ae} para caracterizar las masas de aire cuya distribución y estadística básica puede encontrarse en Bischoff y Coronel (1989).

Según Rossby (1932) θ_{ae} se puede expresar como: $\theta_{ae} = \theta \exp (Lv/Cpd Ts)$

donde: Lv: calor latente de vaporización; Ts: temperatura adiabática de saturación; θ : temperatura potencial; w: relación de mezcla, Cpd: calor específico del aire seco.

A partir de esta expresión se puede observar que la θ_{ae} depende de la temperatura y del contenido de vapor de agua en la atmósfera.

Para obtener la serie de valores extremos de la temperatura adiabática potencial equivalente en verano e invierno, se toman los casos comprendidos entre el valor mínimo de la serie y el valor del primer decil y el valor del último decil y el máximo de la serie para cada estación analizada.

El estudio de las series de los valores extremos se realiza a través del cálculo de las distribuciones de frecuencia y del análisis de persistencia. Además se analiza la ocurrencia simultánea y/o desfasada de valores extremos en las tres estaciones estudiadas.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS DE LA SERIE DE VALORES EXTREMOS

En primer lugar se calcularon los valores de θ_{ae} correspondientes a los deciles en cada una de las series con el objeto de analizar las características de los valores extremos en cada una de ellas y comparar.

En la Tabla I se puede observar que, en las dos estaciones, las diferencias entre los valores que definen el primer (último) decil en SIS y EZE es menor a las diferencias entre EZE y CRV. Al mismo tiempo puede advertirse que estas diferencias son más importantes en verano. En cuanto a las diferencias entre los últimos deciles de SIS y EZE y, EZE y CRV son significativamente más grandes que las variaciones en el primer decil, tanto en verano como en invierno. Esto indica que las mayores diferencias entre las latitudes se manifiesta en la presencia de las masas de aire más cálidas, con una diferencia entre SIS y CRV en, términos climáticos, de 36 °C indicando realmente diferencias en las masas de aire y en los estados de tiempo asociados.

Estación	Primer decil		Ultimo decil	
	Invierno	Verano	Invierno	Verano
SIS	298.6	313.7	332.2	349.1
EZE	292.0	305.9	317.8	333.9
Comodoro	284.5	293.9	301.4	312.9

Tabla I: Primer y último decil de las series de θ_{ae}

Otra característica asociada a la función de distribución se puede analizar a partir de la diferencia entre los valores extremos y los límites del primero y noveno decil.

La Tabla II permite inferir que las diferencias entre el primer decil y los mínimos absolutos de las series de θ_{ae} disminuyen con el aumento de la latitud en verano e invierno, indicando una menor variabilidad de las masas de aire en CRV. En cuanto al último decil se observa que las máximas diferencias ocurren en EZE en ambos períodos.

Estación	Primer decil		Ultimo decil	
	Invierno	Verano	Invierno	Verano
SIS	14.1	14.7	33.5	32.3
EZE	11.3	11.8	42.8	44.3
Comodoro	08.3	08.3	15.9	24.2

Tabla II: Diferencias entre los valores del primero y noveno decil con los mínimos y máximos absolutos, respectivamente, de las series de θ_{ae} en verano e invierno.

PERSISTENCIA DE LOS VALORES EXTREMOS

Se analizó la persistencia de los valores extremos de θ_{ae} a través del estudio de la duración de las secuencias de días en que ocurren estos casos críticos.

En la figura 1a) y 1b) se observa que en CRV se produce una duración máxima de seis días con valores de θ_{ae} comprendidos en el primer decil durante el invierno. En cuanto a los valores que superan al noveno decil la duración máxima ocurren en SIS, y es de ocho días, y va disminuyendo al aumentar la latitud.

Durante el verano SIS presenta la mayor persistencia de los valores de θ_{ae} menores al primer decil y una disminución menos pronunciada en las frecuencias con el aumento de la duración. Estas mismas características se observan en CRV al analizar las distribuciones de frecuencia de los valores de θ_{ae} mayores al último decil.

Este comportamiento parece indicar que la persistencia de las masas de aire caracterizadas a partir de los valores de θ_{ae} ubicados en el extremo de la función de distribución está asociada a la ocurrencia de campos de circulación que, durante el invierno muestra menos posibilidad de entrada de aire desde el sur en SIS y del norte en CRV. Durante el verano las situaciones de circulación mostrarían un comportamiento opuesto. En EZE las mayores persistencias se muestran entre los 2 y 5 días para los valores menores al primer decil y entre 3 a 6 días para los valores mayores que el noveno decil, indicando un comportamiento bastante similar. Puede observarse que para ambos extremos y en todas las estaciones la distribución de frecuencia de la persistencia puede ser muy bien representada por un modelo simple de cadena de Markov (de primer orden).

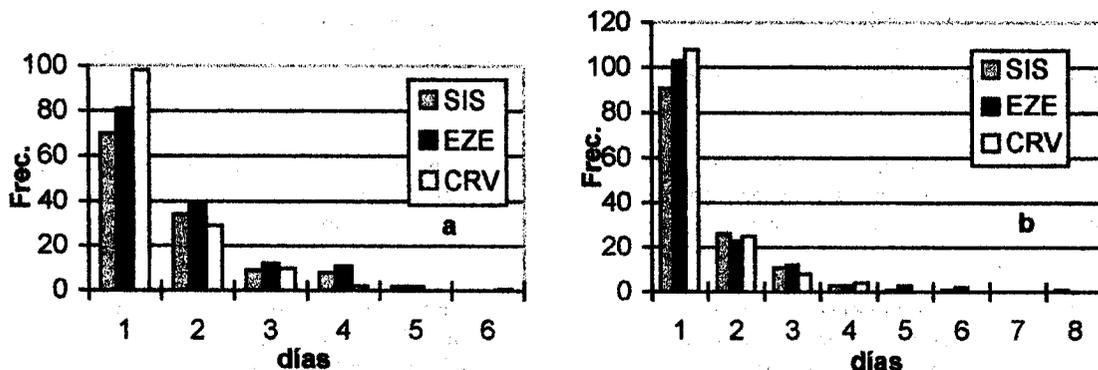


Figura 1: Distribución de frecuencias de la duración de días con valores menores al: a) primer decil y b) último decil, en invierno (1958/1984) en SIS, EZE y CRV.

FECHAS DE OCURRENCIA DE VALORES EXTREMOS

Otro paso en el estudio de las características del comportamiento de los valores extremos de θ_{ae} consistió en analizar el comportamiento espacial en función del tiempo de ocurrencia. Para ello se determinaron las fechas de ocurrencia de los valores extremos de θ_{ae} menores al primer decil entre SIS y EZE y entre EZE y CRV, en verano e invierno.

En invierno el 65% de los extremos de θ_{ae} que ocurren en SIS también se manifiestan en EZE el mismo día y en algunos casos se alcanza un desfase de hasta cuatro días. En verano el porcentaje es del 67% y el desfase puede llegar hasta cinco días.

En cuanto a la relación entre EZE y CRV el 50% y el 42%, en invierno y verano respectivamente, de los valores extremos que se manifiestan en EZE ocurren el mismo día en CRV o tienen un desfase de hasta cinco días.

Las frecuencias porcentuales para estos desfases, Figura 2a) y 2b), muestra que entre SIS y EZE el mayor porcentaje ocurre para las fechas en que en ambas estaciones, y al mismo tiempo, las masas de aire toman valores menores a los primeros deciles, tanto en verano como en invierno. Sin embargo este porcentaje es menor en verano y aumentan las frecuencias relativas para los desfases de dos a tres días.

Entre EZE y CRV el mayor porcentaje se observa para un día de desfase tanto en verano como en invierno. En este caso las frecuencias porcentuales correspondientes a los desfases cero y dos no varían significativamente en ambas estaciones.

Esto estaría indicando características del campo de circulación diferentes al norte y al sur de la estación EZE, tanto en verano como en invierno.

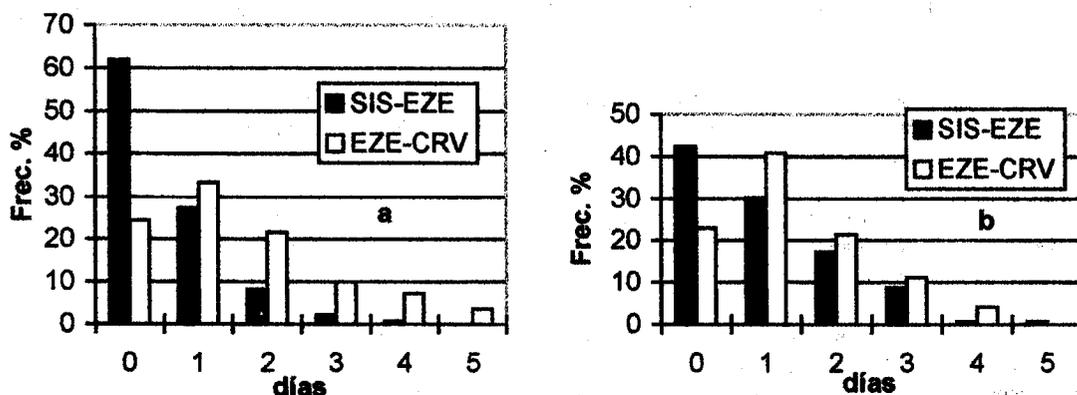


Figura 2: a) Distribución de frecuencias porcentuales de casos menores al primer decil desfasados de 0 a 5 días en: a) invierno y b) verano entre SIS y EZE y entre EZE y CRV.

CONCLUSIONES

Las series de los valores extremos de θ_{ae} obtenidas a partir del primer y último decil de la distribución, muestran que en verano e invierno: el rango de variación de las masas de aire extremas cálidas es mayor que el de las masas de aire extremas frías. Además el rango de variación de las masas de aire extremas frías disminuye con la latitud y el de las masas extremas cálidas es mayor en EZE.

A partir del análisis de la persistencia a través de la duración de una secuencia de valores extremos de θ_{ae} se puede concluir que: en invierno las masas extremas frías son más persistentes en CRV y las masas extremas cálidas en SIS. En verano en SIS las masas de aire más persistentes son las extremas frías y en CRV las masas de aire extremas cálidas tienen la misma característica.

Del análisis de las fechas de ocurrencia de los valores extremos fríos se puede inferir que: en verano e invierno el 65% de las masas frías extremas que llegan a SIS están asociadas a masas frías extremas en EZE que la afectan el mismo día o hasta cinco días antes. El mayor porcentaje de casos se observa con ocurrencia simultánea, lo cual implicaría que las masas frías extremas se extienden en toda la región central y noreste del país. Entre EZE y CRV el mayor porcentaje se observa para un día de desfase tanto en verano como en invierno.

BIBLIOGRAFÍA

- Berbery E.H. y Nogués-Paegle J. (1989): "Air mass trajectories near blocking episodes on South America". *Anales Third International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography*.
- Bischoff S. y Coronel A. (1989): "Características estadísticas de las masas de aire en la tropósfera de la región húmeda argentina". *Geoacta*, vol. 16.
- Bryson, R., (1966): "Air masses, streamlines and the Boreal forest". *Geogr. Bull.*, 8.
- Coronel A., Bischoff S. y Lara M.A., (1998): "Persistencia e intensidad de las anomalías térmicas en la tropósfera de EZE: "olas de calor" y "olas de frío". Aceptado para su publicación en *Energías Renovables y Medio Ambiente*. vol. 5.
- Davis R.E. and Walker D.R., (1992): "An upper-air Synoptic Climatology of the Western United States". *Journal of Climate*, Vol. 5, 1449-1467.
- Garstang, M., LaSeur, N. and Aspliden, (1967): "Equivalent potential temperature as a measure of the structure of the tropical atmosphere". *Final Report, Grant N° DA-AMC-28-043-66-625, Report N° 67-10*, Florida State Univ. Dept. Of. Met.
- Grandoso H. y Nuñez M.N. (1955): "Análisis de una situación de bloqueo en la parte austral de América del Sur". *Meteoros* 5, 35-54.
- Gray, W., (1968): "Global view of the origin of tropical disturbances and storms". *MWR*, 96(10), 669-700.
- Harris, B., and Ho, F., (1969): "Structure of the troposphere over Southeast Asia during the summer monsoon month of July". *Scientific Report N° 3*, Hawaii Institute of Geophysics.
- Hoffman, J., (1971): "Frentes, masas de aire y precipitaciones en el norte argentino". *Meteorológica* Vol. II.
- Iribarne J.V. (1965): "Termodinámica de la atmósfera". EUDEBA, (UBA).
- Kalkstein, L. and Nichols, M., (1996): "A new spatial synoptic classification: application to air-mass analysis". *Int. J. of Climat* 16, 983-1004.
- Malaka I. y Nuñez S. (1980): "Aspectos sinópticos de la sequía que afectó a la República Argentina en el año 1962". *Geoacta*, 10.
- Rossby C.G. (1932): "Thermodynamics applied to air mass analysis". *MIT Meteorological Paper*, 1, N° 3.
- Scian B.V., (1970): "Situación sinóptica asociada a las temperaturas extremas observadas en junio de 1967". *Meteorológica*, Vol. I, N° 1.
- Scian B.V., Piacentini M. de y Vargas W., (1978): "Masas de aire en la República Argentina". *Informe Interno del Servicio Meteorológico Nacional, Serie C*, N° 21.