

# EL CASO DE LA TEMPERATURA MAXIMA HISTORICA EN MENDOZA AERO: ¿VIENTO ZONDA y/o SUBSIDENCIA DINAMICA Y FORZADA?

Federico A. Norte \* Silvia C. Simonelli \*,y \*, Marcelo Seluchi\*\*

\*Programa Regional de Meteorología -PRM- IANIGLA - CONICET – Mendoza - Argentina

\*\*Centro de Previsao do Tempo e Estudos Climaticos (CPTEC) - Brasil

## RESUMEN

El objetivo del trabajo es analizar las condiciones meteorológicas que acompañaron a la onda de calor de fines de enero de 2003 en territorio argentino; y establecer los factores que determinaron que en el Aeropuerto de Mendoza se registrara la temperatura máxima maximorum desde que se tienen registros (44,4 °C a las 20:15 UTC del 30 de enero de 2003).

Las condiciones predominantes fueron semejantes a otras ondas de calor extremas

El registro de la temperatura máxima absoluta histórica fue potenciado por factores adicionales tales como : Aire descendente derivado de la subsidencia dinámica por presencia de una cuña en altura, que en 600 hPa presenta un centro cerrado sobre la Cordillera de Los Andes ;aparicion de subsidencia forzada producida por la Cordillera al desaparecer el anticiclón y reaparecer el flujo zonal ; y ocurrencia de viento Zonda moderado producido por el desplazamiento hacia el sur de la DNOA.

## ABSTRACT

The goal of this work is to analyze the meteorological conditions that accompanied the heat wave at the end of January 2003 in the Argentine territory, besides establishing the factors that determined the registration of the maximum maximorum temperature at the Mendoza airport since records exist (44.4 °C at 20:15 UTC on January 30<sup>th</sup>, 2003). The prevailing conditions were similar to other extreme heat waves The registration of the historical absolute maximum temperature was enhanced by additional factors. like : descending air derived from the dynamic subsidence caused by the presence of a height wedge, that had a closed center over the Andes Cordillera at 600 hPa level.;forced subsidence because the mountains, that appear when the high disappear and there are zonal winds again ; and zonda (föhn) effect caused by the displacement toward the south of the Northwestern Argentinean Low (NAL)

## 1.- INTRODUCCION

En el oeste de la República Argentina, en particular en la región de Cuyo, las ondas de calor son relativamente frecuentes durante todo el año; las que ocurren en verano tienen una recurrencia importante, como la que climatológicamente se observa a fines del mes de diciembre, conocida como "Onda de Calor de Navidad" (Norte et al, 2000) y la que suele registrarse en la segunda quincena del mes de enero, generalmente después del día 20, que es el caso que nos ocupa.

El objetivo de este trabajo es analizar la condiciones meteorológicas que acompañaron a la onda de calor de fines de enero de 2003 en gran parte del territorio argentino; y establecer los factores que determinaron que en el Aeropuerto de Mendoza se registrara la temperatura máxima maximorum desde que se tienen registros (44,4 °C a las 20:15 UTC del 30 de enero de 2003).

Las ondas de calor extremas constituyen un peligro tanto para la salud de la población (golpes de calor) como para las propiedades (incendios), la agricultura (daños en cultivos), la hidrología (derretimiento de hielos, aluviones, avalanchas e inundaciones), la economía (consumo de energía). El estudio de episodios de temperaturas máximas extremas se hace cada vez más necesario debido al impacto socioeconómico que provocaría un calentamiento excesivo en un posible escenario de Cambio Climático Global.

---

\* Dirección Electrónica [fnorte@prmarg.org](mailto:fnorte@prmarg.org)

Colombo et al (1999) analizan, para diversos puntos del Canadá, el impacto del calentamiento climático sobre la frecuencia de episodios de temperaturas máximas extremas en verano y obtienen una alta correlación positiva con el consumo energético.

Los antecedentes relacionados a la ocurrencia de ondas de calor en la República Argentina son escasos y poco específicos para la Provincia de Mendoza. Norte et al (2000) analizaron las estructuras nubosas en las imágenes satelitales para predecir ondas de calor en el centro y el oeste de la Argentina.

Rusticucci y Vargas (1995) analizan algunas situaciones sinópticas en las que ocurrieron extremos de temperaturas. El pulso más cálido del verano del período por ellos analizado (enero 1972) ocurrió con un frente frío avanzando desde el sur, un centro de baja presión en el centro de país (entre dos sistemas de alta presión) con un flujo del norte bien definido sobre la mayor parte de la Argentina, denominado Tipo A.

En las dos últimas semanas de marzo de 1980 una intensa onda de calor se desarrolló en el centro y norte de la Argentina (Campetella y Rusticucci, 1998) caracterizada por temperaturas mínimas medias por encima de 27°C. La temperatura máxima alcanzó los 37.6°C en el Observatorio Central Buenos Aires, siendo éste el máximo maximorum para ese mes desde 1901. Esta onda de calor se debió a dos factores importantes: la persistencia de una cuña de onda larga en 55°W en la tropósfera media y alta, responsable del calentamiento troposférico debido al aire descendente, junto con la persistencia de vientos del sector noroeste en capas bajas en el norte y centro de la Argentina, advectando aire caliente y muy húmedo desde el Océano Atlántico Tropical y el oeste del la Amazonía. Estos factores fueron ayudados por una intensa radiación solar producto de los días despejados.

Para estudiar la onda de calor de enero de 2003 se consideran otros antecedentes para interpretar las causas del fenómeno, en particular aquellos aspectos mencionados en Lichtenstein (1980) referidos a la intensidad y posición de la Depresión del Noroeste Argentino (DNOA), conocida también como baja termo-orográfica, condicionada por la presencia de subsidencia forzada.

Asimismo se consideraron conceptos mencionados en Seluchi et al (2003) respecto al análisis de los mecanismos responsables del ciclo de vida de la DNOA.

También se tuvieron en cuenta los resultados obtenidos en Norte (1988) relacionados con la ocurrencia de viento zonda tanto en superficie como en altura.

## 2.- METODOLOGÍA Y MATERIAL:

De las estaciones meteorológicas pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional de la República Argentina (SMN) y a la Dirección Meteorológica de la República de Chile (Tabla 1), se recabó la información meteorológica de superficie en el período comprendido entre el 29 y el 31 de enero 2003.

Estación	Identificación	Latitud	Longitud	Altura
Mendoza	DOZ	32°50'S	68°47'W	704 msnm
Observatorio Mendoza	OBS	32°53'S	68°51'W	827 msnm
San Martín	SMA	33°05'S	68°25'W	653 msnm
San Rafael	SRA	34°35'S	68°24'W	748 msnm
Malargüe	MLG	35°50'S	68°49'W	1425 msnm
San Juan	JUA	31°34'S	68°25'W	598 msnm
Pudahuel	SCEL	33°27'S	70°42'W	520 msnm

Tabla 1: Ubicación geográfica y altura sobre el nivel de mar de las estaciones meteorológicas

Los reanálisis, efectuados por el National Center for Environmental Prediction y el National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR) (Kalnay et al. 1996), los radiosondeos reconstruidos a través de los datos del NOAA Air Resources Laboratory Real Time Environmental Applications and Display System (ARL), y los modelos del Centro de Previsao e Estudos Climaticos (CPTEC), del

período comprendido entre el 29 y el 31 de enero 2003 a las 00, 06, 12 y 18 UTC fueron utilizados para: caracterizar la circulación en escala sinóptica, la estructura dinámica y termodinámica de la tropósfera, la distribución espacial de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), de la temperatura potencial ( $^{\circ}\text{K}$ ) y de la humedad específica  $q$  ( $\text{kg}/\text{kg}$ ), los campos de velocidad vertical omega ( $\text{pascal}/\text{seg}$ ) y para inicializar los programas de emagrama, cortantes y hodógrafas.

Se seleccionó el nivel de 925 hPa por ser representativo del nivel de superficie en la zona de estudio.

Las Imágenes Saleltales NOAA del archivo del PRM se utilizaron para identificar la presencia de nubosidad asociada a ondas de calor y efecto zonda.

El modelo estadístico para pronosticar la ocurrencia de convección en la zona norte de la provincia de Mendoza (Simonelli, 2000), que utiliza la metodología del Análisis Discriminante Escalonado (ADE), fue usado para establecer la probabilidad de ocurrencia del fenómeno e inicializado con los datos de los radiosondeos DOZ y SCEL de los días 29 y 30 de enero a las 12 UTC.

### 3.- RESULTADOS:

La presencia de una onda de calor se define cuando en algún día dado de un período analizado la temperatura mínima es mayor o igual a la temperatura mínima máxima mínima (tmMm) de un dado período y simultáneamente la temperatura máxima es mayor o igual que la temperatura máxima mínima (TMm) del mismo período (Norte et al, 2000). En Mendoza Aero para el mes de enero en el período 1982/2002 la tmMm es de  $21.6^{\circ}\text{C}$  y la TMm es de  $34.6^{\circ}\text{C}$ . En el Gráfico 1 se observa que la onda de calor se inicia el día 27 y finaliza el día 31 cuando ambas condiciones dejan de cumplirse, alcanzando su máxima expresión el día 30.

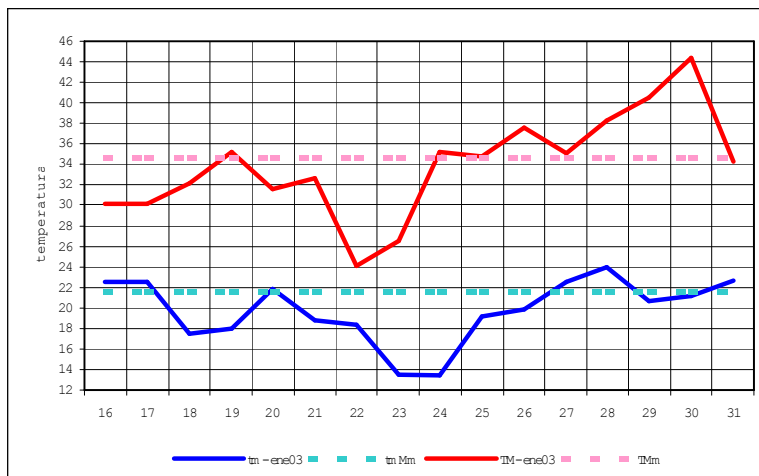


Gráfico 1: Marcha diaria de las temperaturas mínima y máxima para la segunda quincena del mes de enero de 2003

Las condiciones sinópticas en el nivel de Superficie desde el día 27 muestran la existencia de la DNOA cuya posición inicial es la posición media ( $29^{\circ}\text{S}$   $66^{\circ}\text{W}$ ) definida en Lichtenstein (1980), con un valor central de 1004 hPa, apenas 1 hPa menor que el promedio de enero; y la advección de aire cálido y húmedo del sector noreste en el norte y centro del país.

Con el transcurso de los días se observa la intensificación de la DNOA y su desplazamiento hacia el sur alcanzando los  $33^{\circ}\text{S}$  con un valor central de 992.8 hPa el día 30 de enero en horas de la tarde (Figura 1).

Posteriormente con el avance del frente frío, en la madrugada del día 31, la DNOA se desplaza nuevamente hacia el norte profundizándose aún más y reubicándose en su posición media. Se cumple también en forma aproximada lo establecido en Lichtenstein (1980) respecto de la desaparición progresiva de la DNOA con la altura, observándose abierta hacia el sur en forma de vaguada en el nivel de 850 hPa, menos notable en 700 hPa y desapareciendo en niveles superiores,.

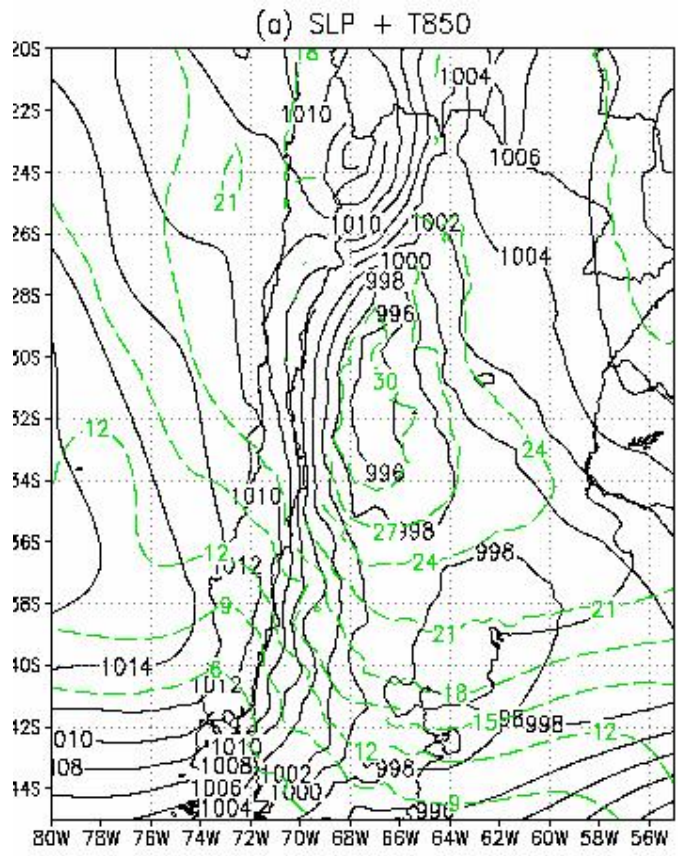


Figura 1: Modelo eta (CPTEC) 31 – ENE – 03 - 00 UTC

Las cartas de altura del nivel de 600 hPa muestran el ingreso de una cuña el 29 de enero a las 12 UTC, y en particular se puede observar un centro anticiclónico cerrado sobre el norte de Mendoza y Chile central el día 30 a las 18 UTC (Figura 2). Los campos de temperatura potencial muestran la permanencia de un máximo sobre la zona cordillerana en 33°S desde el 29 de enero a las 18 UTC y hasta las 12 UTC del día 30, indicando la subsidencia que afecta ambas laderas de la Cordillera de los Andes. A las 18 UTC del día 30 el núcleo se halla desplazado hacia el este del país (Figura 3).

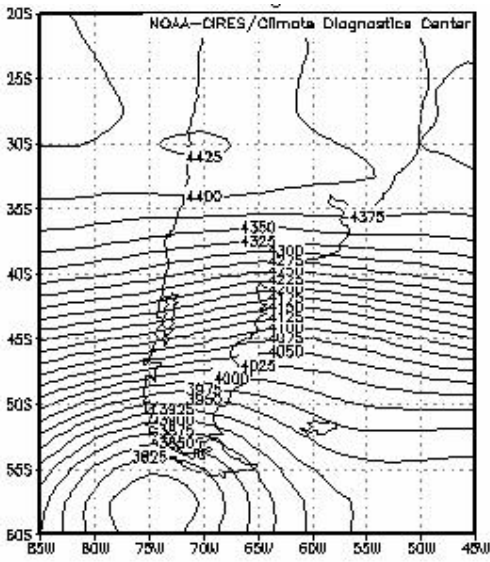


Figura 2 : Nivel 600 hPa 30-ene-03 18UTC

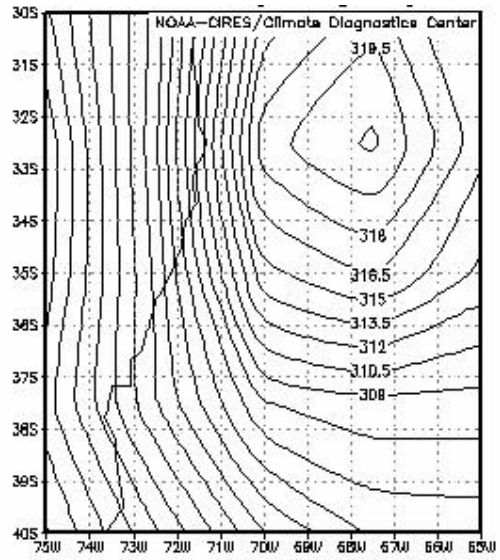


Figura 3 : T.Potencial 30-ene-03 18UTC



todos los niveles con respecto al día 29 a las 12 UTC, y puede asimilarse a las características del sondeo medio de situaciones de viento Zonda (Norte .F 1988), a pesar de no corresponder al período invernal.

El análisis de las hodógrafas del día 30 de enero (no mostradas) indica que a las 12UTC en capas bajas y medias ,la zona en estudio se hallaba bajo los efectos de ladvección de aire cálido y humedo del norte y noreste, y a las 18 UTC se observa un cambio significativo en la dirección del viento con una notable componente del sector W en horas muy cercanas a la ocurrencia de la temperatura máxima.

Con respecto a las características nubosas (no mostradas) que identifican a una onda de calor puede observarse nitidamente en la foto del NOAA de día 15 de enero a las 13:49 UTC el arco nuboso ubicado cerca del tropico de Capricornio .Esta estructura con ligeras modificaciones se repite hasta el día 20, apareciendo con mayor anterioridad y persistencia que en los resultados obtenidos en Norte et al 2001.

Ejecutando el modelo estadístico de pronóstico de ocurrencia de convección (Simonelli, 2000) inicializado con los datos de los radiosondeos de Mendoza y Pudahuel, los datos de la cortante del viento y del campo de presión en superficie, para el día 30 de enero a las 12 UTC. se obtuvieron los siguientes resultados.

Para el lapso comprendido entre las 12 y las 18 UTC del 30 de enero la probabilidad de no-convección fue del 100%; entre las 18 UTC del 30 y las 00 UTC del 31 se invierte el resultado, obteniéndose una probabilidad del 100% de si-convección.

#### 4.- DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En el análisis exhaustivo de las condiciones meteorológicas predominantes el día 30 de enero se detectaron indicadores que son señales significativas de la presencia de viento zonda en la región:

Desplazamiento hacia el sur de la DNOA alcanzando su máximo apartamiento de la posición media, sobre el norte de Mendoza, justo el día de ocurrencia de la temperatura máxima absoluta histórica.

Viento zonda en superficie en San Juan iniciándose a las 17 UTC y finalizando a las 24 UTC, también se registró viento zonda en superficie en Malargue entre las 16 UTC y las 21 UTC, con posterior pasaje frontal.

Radiosondeo típico de zonda en altura y superficie a las 12 UTC y a las 18UTC

Pasaje de un frente frío algunas horas después de registrada la temperatura máxima histórica.

Maximos de temperatura potencial sobre el centro del país indicadores de aire subsidente.

Acierto del pronóstico de no-convección antes de la hora de ocurrencia de la temperatura máxima absoluta.

Acierto del pronóstico de si-convección después de la hora de ocurrencia de la temperatura máxima absoluta y coincidiendo con el pasaje del sistema frontal.

En contraposición se observó:

Ausencia de nubosidad y/o precipitación en Chile central, donde en esta oportunidad también hay subsidencia y una onda de calor registrándose en SCEL una temperatura máxima de 34°C.

Ausencia de alguna estructura nubosa en el Océano Pacífico que indentifique una situación característica de viento zonda.(Norte F et al 1996)

#### 5.- CONCLUSIONES

Las condiciones registradas en las ondas de calor extremas analizadas con anterioridad son semejantes a las que predominaron en el evento de fines de enero de 2003.

La onda de calor imperante es solo una de las causas de la ocurrencia de la temperatura máxima absoluta histórica; hay otros factores adicionales que contribuyeron a que éste registro fuera extraordinario.

Un factor fue el que genera el aire descendente derivado de la subsidencia dinamica debida a la presencia de una cuña en altura que presenta en el nivel de 600 hPa un centro cerrado, y que al

deplazarse hacia el este da lugar a la recuperación del flujo zonal y a la aparición de condiciones de subsidencia forzada generada por la propia orografía, es decir la presencia de la Cordillera de Los Andes que en estas latitudes tiene alturas medias de 4500 msnm con picos de hasta 6500 msnm (El Plata) y 6959 msnm (Aconcagua)

Otro factor contribuyente al registro extremo fue el producido por el desplazamiento hacia el sur de la DNOA, que crea condiciones propicias para la ocurrencia de viento Zonda moderado en sectores precordilleranos y del llano inmediato.

## 6- AGRADECIMIENTOS

A Julio Cristaldo y Nicolas Heredia por su colaboración en la búsqueda y elaboración del material apropiado A Martín Silva por su apoyo en los aspectos informáticos del trabajo y a María Elena Soler por la traducción del resumen al idioma inglés.

## 7.- REFERENCIAS

Campetella, C and M. Rusticucci 1998 "Synoptic analysis of an extreme heat wave over Argentina in March 1980" *Meteorological Applications* 5, Pag. 217-226.

Colombo A.F et al, 1999 : "Climate Variability and the Frequency of Extreme Temperature Events for Nine Sites across Canada: Implications for Power Usage." *Journal of Climate* Vol. 12 August 1999 Pag. 2490-2502

Kalnay, E. and coauthors, 1996: "The NCEP/NCAR 40-year Reanalysis Project". *Bulletin of the American Meteorological Society* 77 – Pag. 437-472

Lichtenstein, E. R., 1980: "La Depresión del Noroeste Argentino" - Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires. 130 pag.

Norte, F., 1988: "Características del Viento Zonda en la Región de Cuyo." Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias. Exactas y Naturales -Universidad de Buenos Aires. 220 Pag.

Norte, F.; S. Simonelli; M. Silva y N. Heredia, 2000: "The Heat Waves in the Center of Argentina" Preprints de la Sixth International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography. American Meteorology Society, Chile, Abril 2000. Pag. 198-199.

Norte, F; J. Cristaldo y M. Silva 1996 "El viento Zonda identificado con imágenes satelitales". *Anales del CONGREGMET VII*, Buenos Aires, Setiembre 1996, pag. 273-274.

Rusticucci M y W.Vargas (1995) "Synoptic situations related to spells of extreme temperatures over Argentina" *Meteorological Applications* 2, Pag. 291-300.

Selucchi et al (2003): "The Northwestern Argentinian Low: A Study of Two Typical Events". *Monthly Weather Review* – Vol 131 - October 2003 - Pag 2361-2378

Simonelli, S., 2000: "Modelo estadístico de pronóstico de convección para la zona norte de la Provincia de Mendoza." Tesis de Doctorado - Facultad de Ciencias. Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires. 158 pag.