

ANÁLISIS DE UNA OLA DE CALOR A ESCALA HORARIA

Natalia Herrera, Mónica Marino

Servicio Meteorológico Nacional, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, nherrera@smn.gov.ar

Resumen

El clima posee muchas maneras de influir significativamente sobre el uso de la energía. Por lo tanto, es fundamental comprender las variaciones del mismo, además de los impactos que éstas tendrán sobre las fuentes y la demanda de energía. Existe una estrecha relación entre las condiciones meteorológicas y el consumo de energía eléctrica. El sector energético tiene el compromiso de balancear las necesidades de diferentes usuarios, desde la industria y la agricultura hasta los hogares y los servicios públicos. Particularmente en los meses de verano, el creciente uso de equipos de aire acondicionado se ve reflejado en el aumento constante de la demanda de energía con el paso del tiempo. Cuando persisten altas temperaturas durante varios días, sin disminución significativa durante la noche, hay un alto y continuo uso de la energía eléctrica, que puede llevar a un colapso en el sistema energético, llevando a cortes de electricidad, como ha ocurrido en numerosas ocasiones. Es por ello que el principal objetivo de este trabajo es el análisis de las olas de calor a escala horaria, evaluando las características asociadas de otras variables meteorológicas. También se elabora un estudio sobre la probabilidad de ocurrencia de las olas de calor, en particular para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, donde se asientan más de 2.8 millones de habitantes en una superficie de 202 km², generando así una fuerte demanda de energía.

Palabras clave: olas de calor, temperatura horaria

Abstract

Climate has many ways to significantly influence on the use of energy. Therefore, it is essential to understand its variations, as well as the impacts they will have on the energy sources and demand. There is a close relationship between weather conditions and electricity consumption. The energy sector has the commitment to balance the different users' needs, such as industry and agriculture as well as households and public services. Particularly in the summer, the increasing use of air conditioning is reflected in the constant increase of the energy demand over time. When high temperatures persist for several days, without significant decrease during the night, there is a high and continuous use of electrical energy, which can lead to a collapse in the energy system, leading to power outage, which has been observed on numerous occasions. The aim of this paper is to study the heat waves at hourly scale, evaluating the main characteristics associated with other meteorological variables. Likewise, a study on the likelihood of heat waves is developed, particularly for Buenos Aires City, where more than 2.8 inhabitants in an area of 202 km² are based, generating a strong energy demand.

1. Introducción

Así como hay diversas maneras de definir una ola de frío o calor, existen diversas escalas para evaluarlas. En Argentina muchos autores han abordado el tema de olas de frío o de calor y han evaluado, entre otras cosas, las condiciones meteorológicas asociadas a dichas olas, como los campos de circulación asociados (Rusticucci y Vargas 1995; Escobar, Compagnucci y Bischoff, 2004) o el espesor 500/1000 m_gp (Cerne y Rusticucci, 1997), entre otros.

En este trabajo se utiliza una definición particular para evaluar las olas de calor en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, con datos tomados del Observatorio Central Buenos Aires (OCBA), ya que cuando la temperatura persiste alta por varias horas consecutivas afecta tanto a la salud de la sociedad como al sector energético. Entonces, el objetivo de este trabajo es el análisis de las olas de calor a escala horaria según su

duración e intensidad (para determinados umbrales fijos de temperatura), considerando las características de otras variables asociadas. Se analizarán aspectos espaciales de una ola de calor en particular, que fue la más larga en el OCBA desde 1976 hasta la actualidad.

2. Datos y Métodos

Se utilizaron datos de temperatura horaria en el mes de febrero de 1981 para 16 estaciones cercanas al OCBA, en un radio que va desde Bahía Blanca hasta Resistencia, pasando por San Luis y Santiago del Estero (Figura 1). Para el análisis de una ola de calor en particular y la elaboración de una climatología horaria del OCBA se utilizaron datos de temperatura, sensación térmica, humedad relativa, nubosidad e intensidad del viento desde 1976 hasta 2009. También se utilizaron datos diarios de temperatura máxima y mínima en el período 1960-2006. La información corresponde a las mediciones realizadas por el Servicio Meteorológico Nacional.

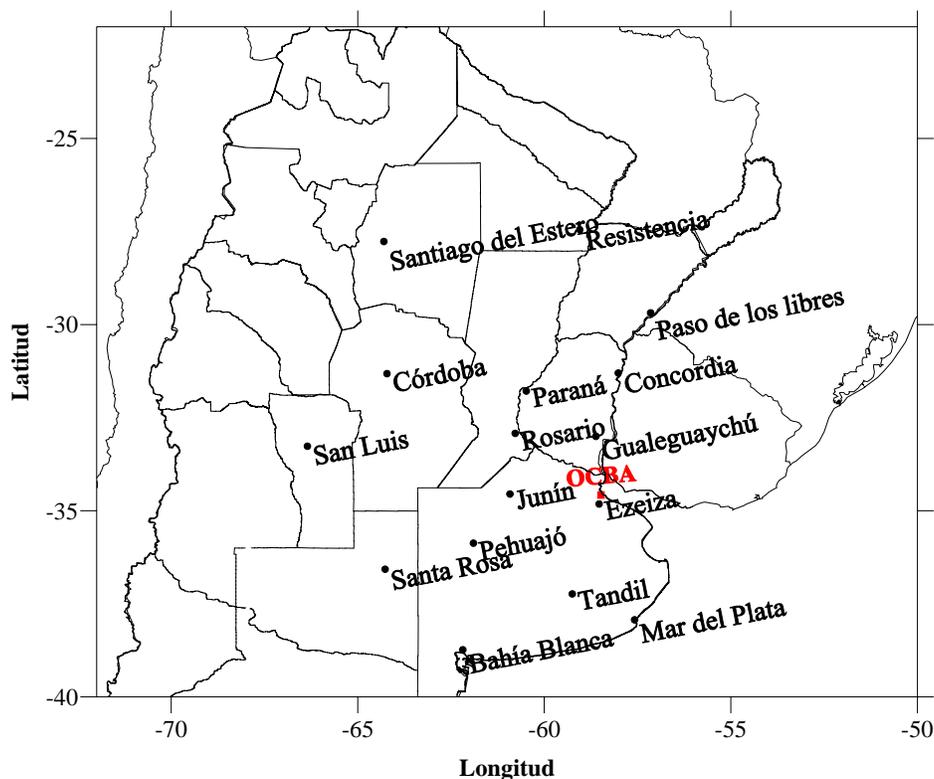


Figura 1: Estaciones utilizadas.

3. Resultados

Se definieron las olas de calor, para los casos en que la temperatura horaria fuese mayor o igual a los siguientes umbrales fijos de temperatura: 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34 y 35°C. Se consideró el inicio de la misma cuando la temperatura horaria por lo menos superó o igualó el umbral 25°C, sin importar su duración, debido a que es el valor del percentil 99.5 de la distribución de temperatura mínima en el período 1960-2006, es decir que temperaturas mínimas mayores a 25°C tienen una probabilidad de ocurrencia del 0.5%. La temperatura horaria es mayor o igual que la temperatura mínima diaria en todos los casos. De esta forma se pudieron contabilizar la cantidad de olas de calor, diferenciadas por su intensidad (temperatura) y duración (en escala horaria). Así como también se identificaron las horas de inicio y fin de cada una, y ciertas variables promediadas a lo largo de la ola: la temperatura, la nubosidad, la sensación térmica, la humedad relativa y la intensidad del

viento. Luego se analizará una ola de calor en particular, destacada por ser la de mayor duración para el OCBA, y se analiza la coherencia espacial de dicha ola de calor con las estaciones circundantes.

3.1 Hora de inicio y fin promedio de las olas de calor:

Para conocer las características climatológicas de las olas de calor definidas a escala horaria, es importante tener conocimiento de las horas de inicio y fin de las mismas, para saber si existen horas preferenciales de su ocurrencia, teniendo en cuenta para esto su intensidad y duración. Dicha información se encuentra en la Figura 2, donde se puede observar la cantidad de olas de calor en el período estudiado, con temperaturas mayores a los umbrales entre 25°C y 35°C, según el horario de inicio y de fin de las mismas. En la mayoría de los casos la ola de calor se inicia alrededor de las 14 UTC (11 hs) y a medida que la temperatura promedio de la ola es mayor, la hora de inicio es mayor también, llegando a las 17 UTC (14 hs) para los casos en que el umbral de temperatura es mayor o igual a 35°C. El fin de la ola de calor es principalmente a las 21 UTC (18 hs) y presenta una mayor franja horaria que la hora de inicio. A medida que es más intensa la ola (en cuanto a temperatura), tiende a finalizar antes de las 21 UTC.

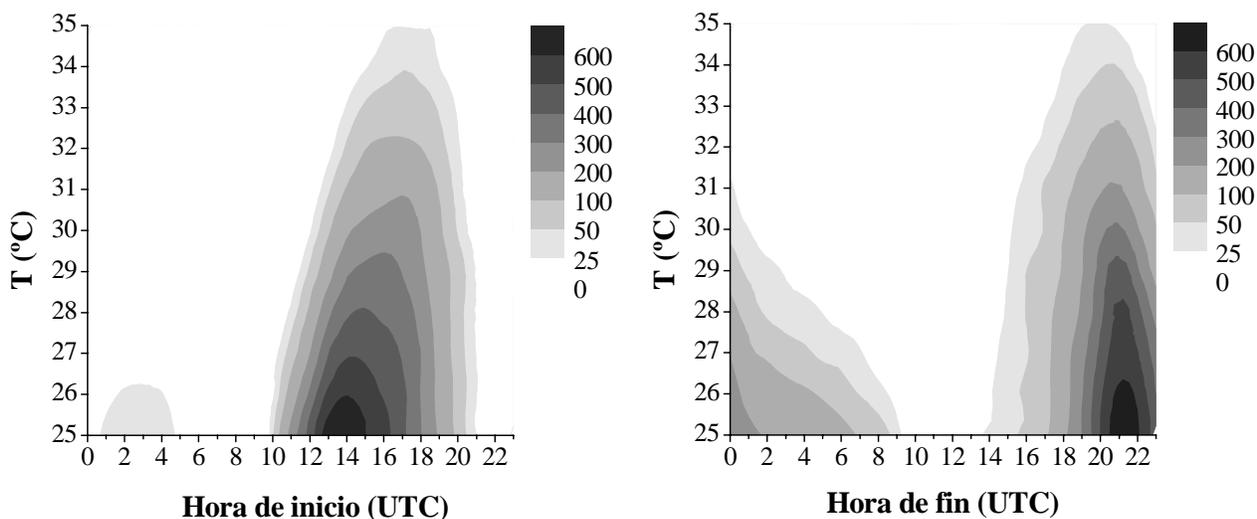


Figura 2: Frecuencia de olas de calor según la temperatura promedio y la hora de inicio y de fin.

Este tipo de olas (de temperatura mayor a 25°C) tiene mayor sentido definirlas para los meses de verano (diciembre, enero y febrero). En la Figura 3 se presenta la cantidad de casos donde la temperatura fue mayor o igual a cada uno de los umbrales entre 25°C y 35°C. En el eje de las abscisas se indica la duración de la ola. Se observa una mayor ocurrencia de olas de calor que duran entre 8 y 10 horas, con temperaturas promedio entre 25°C y 27°C, lo cual es esperable debido a que durante el verano en las horas del día es común encontrar temperaturas mayores a 25°C. Otro máximo de frecuencia se observa para olas de duración de 1 hora, que justamente es el valor de la temperatura horaria cuando se acerca a la temperatura máxima del día y luego desciende (por debajo del umbral de temperatura correspondiente).

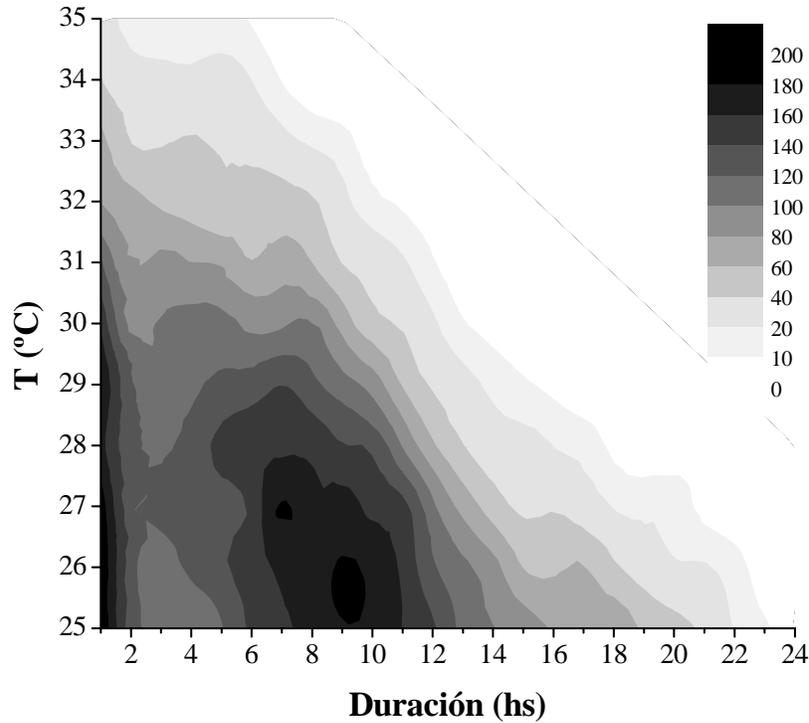


Figura 3: Frecuencia de olas de calor según la temperatura promedio y la duración en el OCBA en verano.

3.2 Comportamiento de otras variables meteorológicas durante las olas de calor:

Se buscarán las condiciones promedio durante la duración de las olas de calor, en variables como la sensación térmica, la nubosidad, la humedad relativa y la intensidad del viento. En la Figura 4 se encuentran las distribuciones de frecuencia de la humedad relativa promedio para las horas que haya durado la ola de calor. Se presentan solo los histogramas para las olas de temperatura mayor a 25°C y a 35°C, sin tener en cuenta la duración de la misma. Se observa que a mayor intensidad de la ola, menor es la humedad relativa. En el caso de olas de calor con temperatura mayor a 35°C, la humedad relativa promedio en ningún caso fue superior al 55%, mientras que para las olas con temperatura mayor a 25°C la distribución es similar a la de una normal, con mayores frecuencias entre el 50% y 60% de humedad relativa.

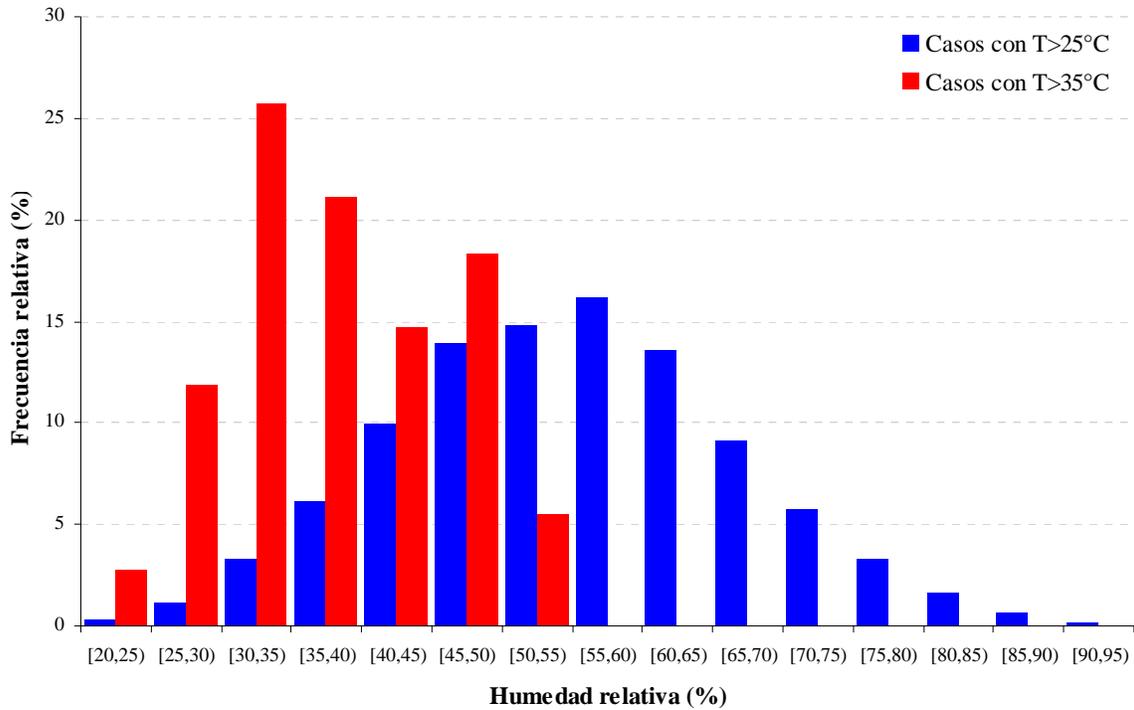


Figura 4: Histograma de humedad relativa asociada a las olas de calor de temperatura promedio 25°C (azul) y 35°C (rojo).

Se analizó también la diferencia entre la sensación térmica y la temperatura (Figura 5), dando en general una diferencia positiva, indicando que la sensación térmica supera a la temperatura. A medida que la intensidad de la ola de calor aumenta, esta diferencia también lo hace, y a partir de olas de calor con temperatura mayor o igual a 32°C ya no hay diferencias negativas (no se muestra), y cada vez se hace mayor la diferencia entre ambas. En las olas con mayor temperatura, la diferencia puede llegar a 8°C, indicando que hubo al menos un caso con temperatura mayor a 35°C y sensación térmica mayor a 43°C. En cuanto a la nubosidad total y la intensidad del viento no se encontraron diferencias significativas según la intensidad de la ola (no se muestran las figuras).

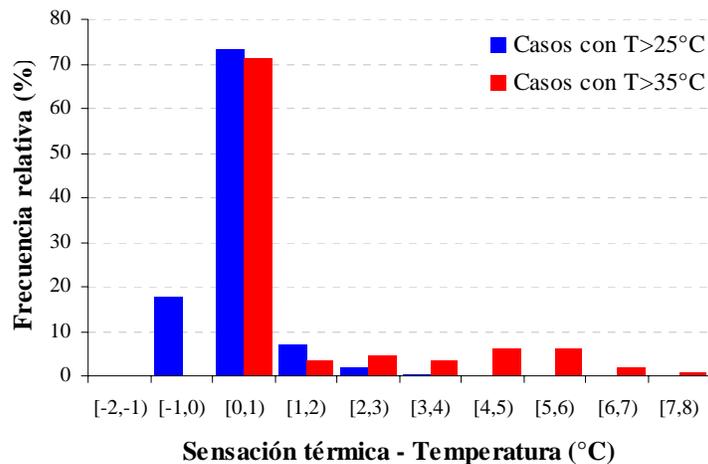


Figura 5: Histograma de diferencia entre sensación térmica y temperatura asociada a las olas de calor de temperatura promedio 25°C (azul) y 35°C (rojo).

3.3 Análisis de una ola de calor:

Para analizar más detalladamente el comportamiento de la temperatura en una ola de calor particular, y también con el objetivo de comparar la evolución con regiones aledañas a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), representada por el OCBA (Figura 1), se analizaron los datos horarios de temperatura de febrero de 1981, mes en el cual se registró la ola de calor más larga en el OCBA (157 hs) con temperaturas horarias mayores a 25.2°C, comenzando el 21 de febrero a las 12 UTC (9 hs) y finalizando el 27 de febrero a las 22 UTC (19 hs), llegando a alcanzar una temperatura horaria máxima de 35.9°C.

La climatología de la temperatura a escala horaria en el mes de febrero en el período 1976-2009 para el OCBA, junto con los valores de la temperatura horaria máxima absoluta se pueden observar en la Figura 6 (línea gris). Se observa una gradual disminución de la temperatura en horas nocturnas y un abrupto ascenso de la misma en horas de la mañana. El valor de la mínima temperatura promedio se da aproximadamente a las 9-10 UTC (6-7 hs), con aproximadamente 20°C. El valor de la máxima temperatura promedio se da entre las 18 y 19 UTC (15 y 16 hs), con aproximadamente 28°C. También se observa la temperatura horaria máxima absoluta de todo el período (línea roja), la cual tiene el ciclo diario bastante marcado, siguiendo la forma del ciclo diario climatológico, y varía entre 27°C y 38°C aproximadamente. En línea negra se observa el comportamiento de la temperatura horaria durante los días que duró la ola. Se puede ver que el último día estuvo muy cerca de alcanzar el valor horario máximo absoluto en OCBA para el período 1976-2009 (principalmente a partir de la hora de salida del sol hasta las 23 UTC (20 hs) aproximadamente, y lo alcanzó efectivamente a las 12 UTC. La ola fue cada día más intensa, esto es visible principalmente en la hora cercana a la máxima temperatura. Se observa un descenso abrupto de la temperatura hacia el fin de la ola, de más de 10°C en 2 horas, luego del pasaje de un frente frío.

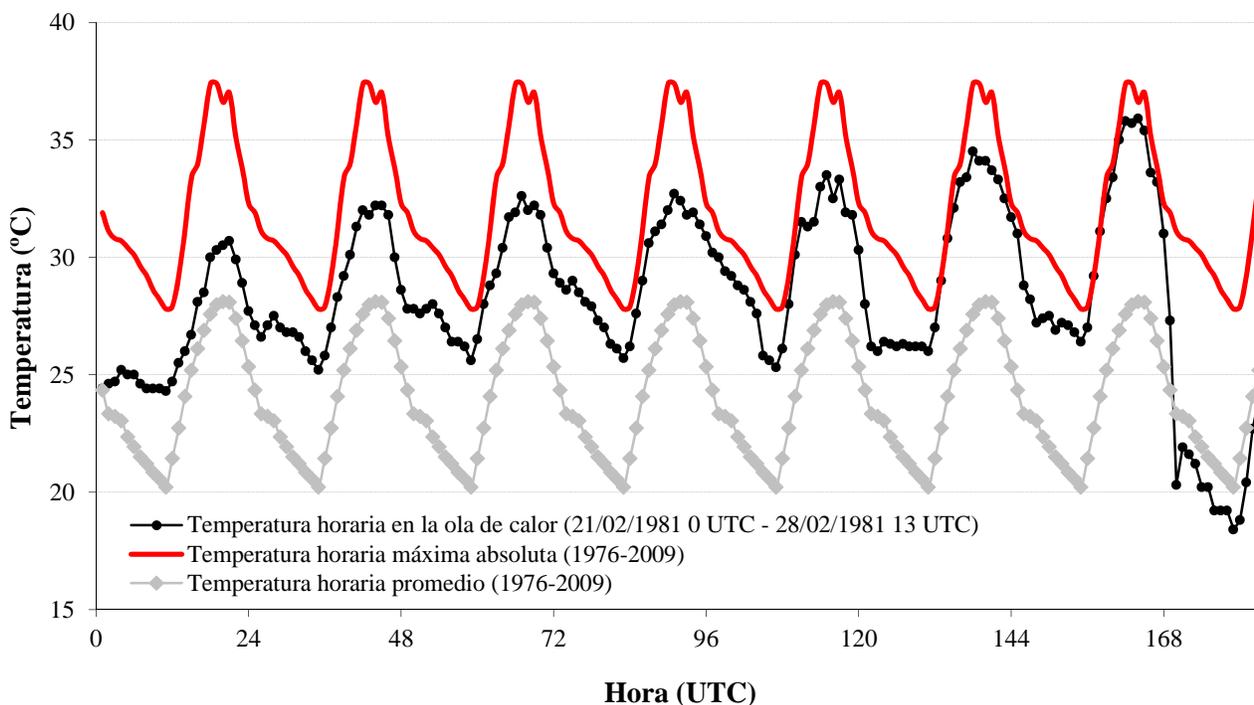


Figura 6: Temperatura horaria promedio (gris) y temperatura horaria máxima absoluta (rojo) para febrero del período 1976-2009. En negro la evolución de la temperatura horaria en el OCBA durante la ola de calor. (las abscisas son horas UTC comenzando el 21 de febrero a las 0 UTC y finalizando el 28 de febrero a las 13 UTC)

En la Figura 7 se observa la temperatura máxima y mínima diaria en el OCBA para febrero de 1981. Se puede ver claramente el descenso abrupto de ambas temperaturas para el 28 de febrero, quebrando así el valor cuasi constante de ambas temperaturas durante la ola de calor.

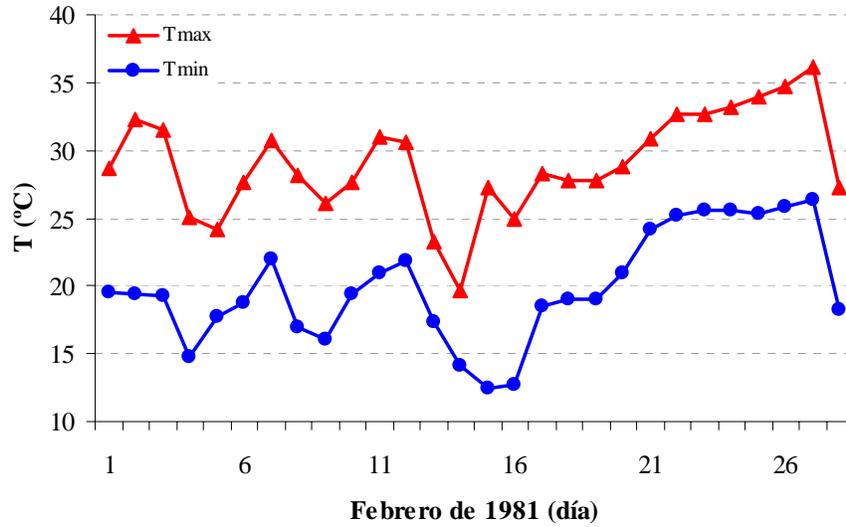


Figura 7: Temperatura diaria máxima y mínima en el OCBA para febrero de 1981.

En la Figura 8 se encuentra la distribución de las temperaturas horarias durante la ola de calor. Se observan dos zonas de máxima frecuencia: la primera presentó mayores casos de temperaturas entre 26°C y 29°C, y la segunda entre 30°C y 33°C, dándose durante horas de la noche y de la tarde, respectivamente.

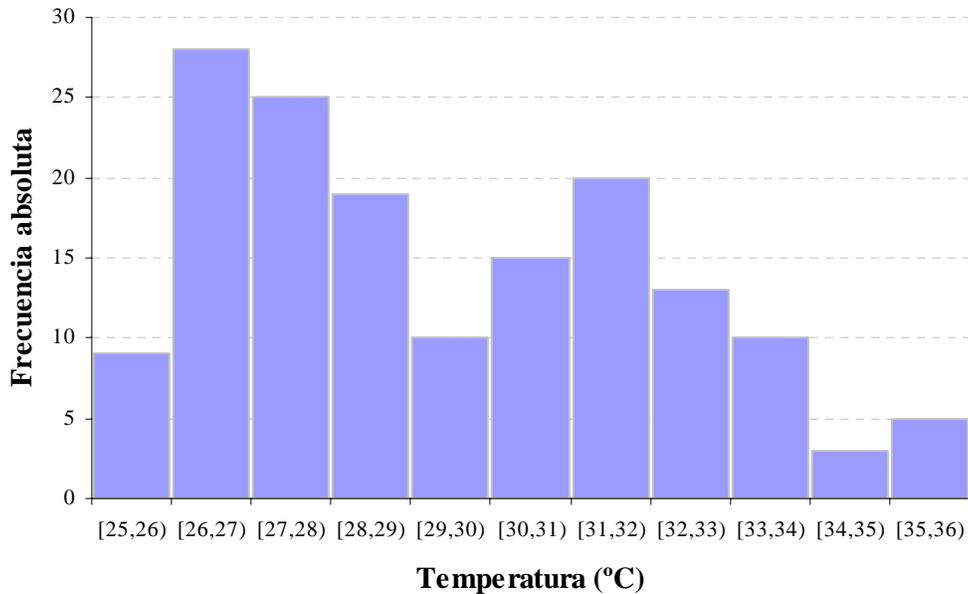


Figura 8: Histograma de la temperatura horaria durante la ola de calor.

3.4 Análisis espacial de la ola de calor:

Se quitaron las componentes determinísticas (el ciclo diario en este caso) mediante el cálculo de las anomalías de los datos, para cada estación seleccionada para el estudio. La temperatura media horaria fue calculada con los datos de febrero de 1981. En la Tabla 1 se encuentra la distancia del OCBA a cada una de las estaciones. Un análisis de correlación en función de la distancia de dichas series con la serie de OCBA se puede observar en la Figura 9, donde se encuentran también las correlaciones calculadas solamente para el período que duró la ola de calor. Las correlaciones fueron mayores en todos los casos cuando se evaluó el mes completo. Cuando se evaluó el período durante la ola de calor las correlaciones disminuyeron significativamente, en algunos casos a más del 50% y en otros pasó a ser negativa, aunque no significativa.

<i>Estación</i>	<i>Distancia al OCBA (Km)</i>
Ezeiza	32.3
Junín	102.4
Gualeguaychú	115.1
Pehuajó	249.9
Rosario	282.0
Concordia	301.0
Paraná	345.0
Tandil	370.4
Mar del Plata	407.3
Santa Rosa	430.7
Paso de los libres	481.8
Bahía Blanca	672.5
Córdoba	690.9
San Luis	719.8
Resistencia	728.6
Santiago del Estero	770.2

Tabla 1: *Distancia radial entre el OCBA y las estaciones.*

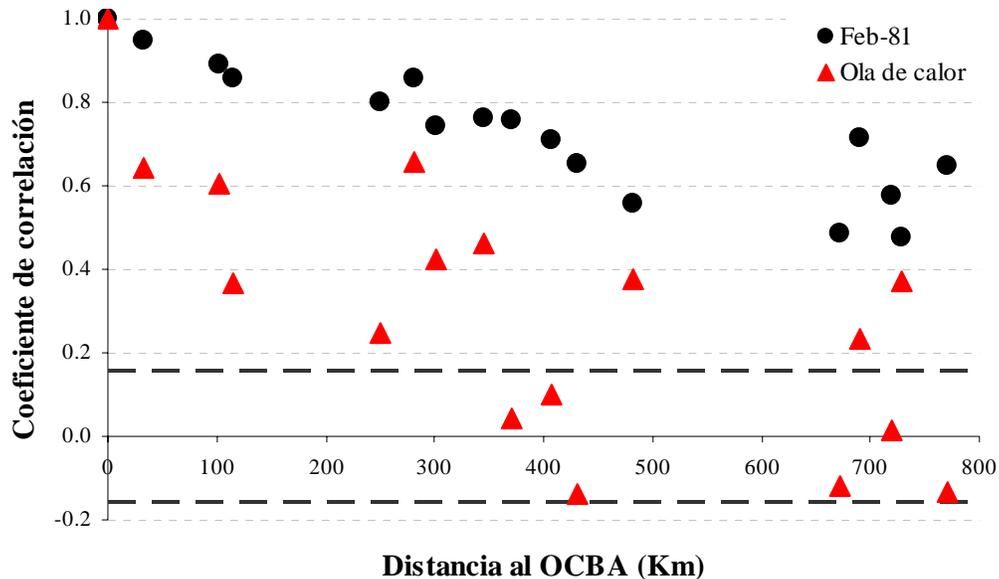


Figura 9: Correlaciones con respecto al OCBA para febrero de 1981 (negro) y para el período de la ola de calor (rojo). La región entre las líneas punteadas es no significativa al 95%.

Los sistemas sinópticos -como los frentes cálidos- avanzan casi siempre con direcciones similares. En líneas generales se puede decir que las estaciones ubicadas al norte del OCBA obtuvieron mayor similitud en el comportamiento de la temperatura. Las correlaciones más bajas se corresponden con las estaciones más lejanas ubicadas al sur y oeste del OCBA. La zona estuvo regida por el pasaje de un frente cálido, proveniente del norte. Por el hecho de que los frentes cálidos pierden su intensidad a medida que avanzan hacia el sur, es que las correlaciones disminuyeron más al desplazarnos a esa región. En el campo medio de circulación en 925 hPa del día de comienzo de la ola de calor (Figura 10) se observa el frente cálido sobre Buenos Aires. Durante los siguientes días el centro de alta presión permaneció en fase con el de altura, colaborando a que el frente permanezca estacionario y siga advectando el flujo cálido proveniente del norte. Esto, junto con la intensificación del centro de alta presión (se observa en los campos de anomalía del geopotencial en 925 hPa durante los días que duró la ola de calor), genera mayor flujo del norte sobre Buenos Aires.

En el trabajo de Bischoff y Vargas (2003), utilizando un método de clasificación de la anomalía de la circulación en 500 hPa en el período 1980-1988, encontraron que el 63% de los casos se pueden explicar con 8 tipos de estructuras de circulación. El cuarto campo con mayor cantidad de coeficiente de correlación mayor a 0.70 consiste en una circulación NO-SE sobre todo el país con un fuerte gradiente meridional, que justamente fue el del 21 de febrero de 1981, día en que comenzó la ola de calor estudiada. Dicho campo tiene una frecuencia anual relativa del 9.3% (con un total de 306 casos). Para febrero la frecuencia es del 11.6% y tiene mayor frecuencia (16.8%) en mayo. Este campo presenta un coeficiente de correlación de -0.94 con el de tipo 3 (este es similar al del tipo 4 pero con flujo SO-NE), el cual prevalece con una frecuencia del 22.4% en febrero, siendo éste el campo con mayor frecuencia de ocurrencia para febrero. Esto que indica que el campo de circulación en 500 hPa el día que dio comienzo a la ola de calor fue opuesto al que hay con mayor frecuencia en esa época.

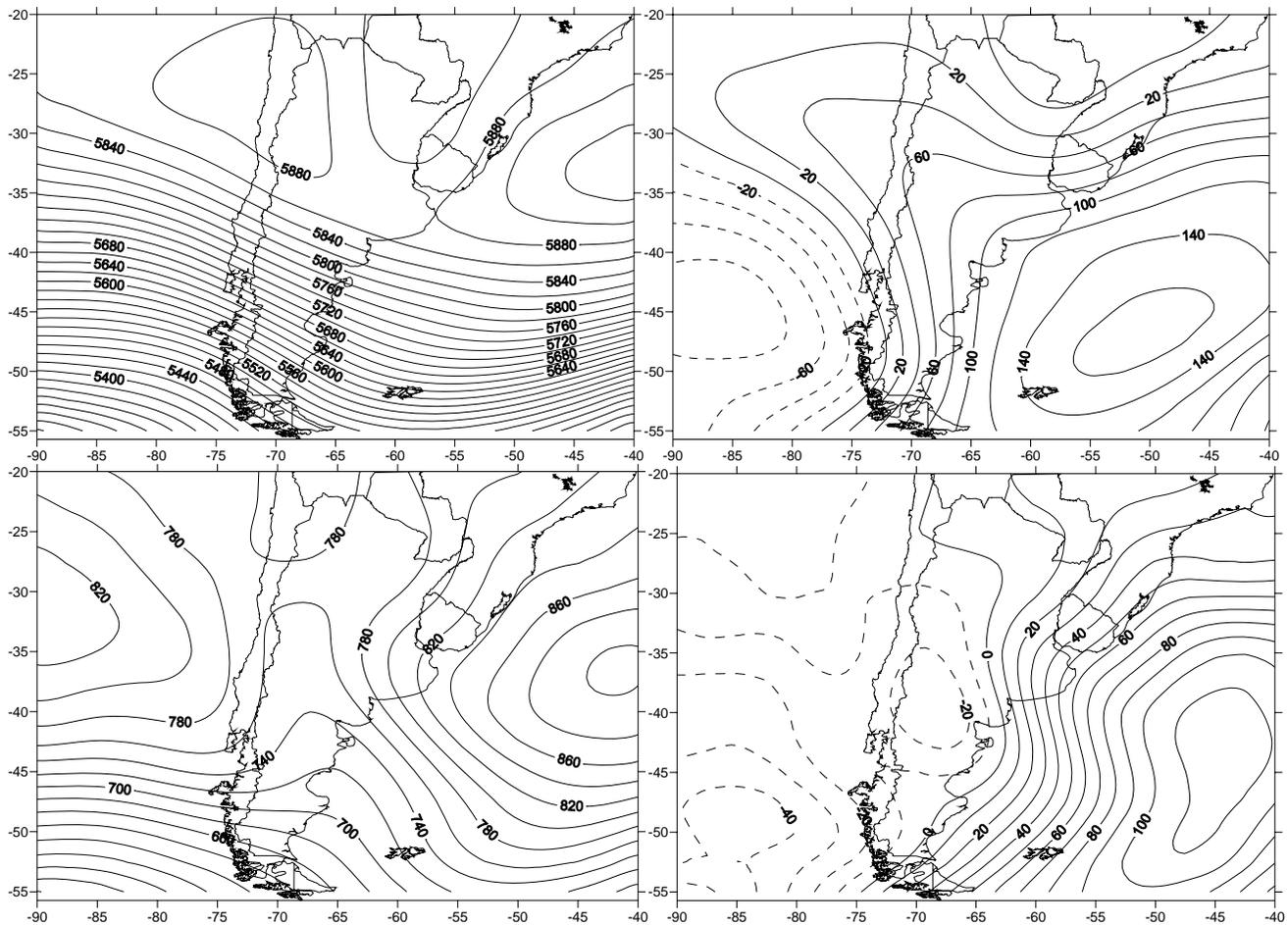


Figura 10: *Campo medio (izquierda) y anómalo (derecha) de circulación en 500 hPa (arriba) y en 925 hPa (abajo) el día 21 de febrero de 1981.*

4. Conclusiones

Se evaluaron diversas características de las olas de calor en una escala horaria para el Observatorio Central Buenos Aires (OCBA). Entre ellas, la hora de inicio y fin de las mismas, que en la mayoría de los casos el inicio se da alrededor de las 14 UTC (11 hs) y más tardío a medida que la temperatura promedio de la ola es mayor. El fin de la ola de calor es principalmente a las 21 UTC (18 hs) y presenta una mayor franja horaria que la hora de inicio. El análisis de frecuencia de olas de calor diferenciándolas según su duración e intensidad, arroja una mayor ocurrencia de olas que duran entre 8 y 10 horas, con temperaturas promedio entre 25°C y 27°C. Al analizar las condiciones de otras variables asociadas a las olas de calor se observó que a mayor intensidad de la ola, la humedad relativa es menor y la diferencia entre la sensación térmica y la temperatura es mayor.

Se analizaron los datos horarios de la temperatura de febrero de 1981, mes en el cual se registró la ola de calor más larga (157 hs) en el OCBA. La ola fue cada día más intensa y concluyó con un descenso abrupto de la temperatura, producto del pasaje de un frente frío. El análisis de correlación en el espacio durante el período que duró la ola de calor y durante el mes en que ocurrió, arrojó que las correlaciones fueron mayores cuando se evaluó el mes completo, y para las estaciones ubicadas al norte del OCBA. Las correlaciones más bajas se corresponden con las estaciones más lejanas ubicadas al sur y oeste del OCBA. La zona estuvo regida por el pasaje de un frente cálido, que quedó estacionario durante los días que duró la ola de calor.

Como trabajo futuro sería interesante agregar datos de consumición de energía eléctrica, a fin de relacionarla con las variables meteorológicas.

5. Referencias

Bischoff S., Vargas W., 2003. The 500 and 1000 hPa weather type circulations and their relationship with some extreme climatic conditions over Southern South America. *International Journal of Climatology*, Vol 23, Issue 5, 541-556.

Cerne B., Rusticucci M., 1997. Estudio de la situación sinóptica asociada con la ola de frío extrema de febrero de 1996. *Meteorológica*, Vol 22 N°2, 5-17.

Escobar G., Compagnucci R., Bischoff S., 2004. Sequence patterns of 1000 hPa and 500 hPa geopotential height fields associated with cold surges over Central Argentina. *Atmósfera*. 69-89.

Rusticucci M., Vargas W., 1995. Synoptic situations related to spells of extreme temperatures over Argentina. *Meteorol. Appl.* 2, 291-300.