

# CARACTERÍSTICAS DE LOS EVENTOS ZONDA SEVEROS DE LARGA DURACIÓN Y SU RELACIÓN CON LA CIRCULACIÓN DE GRAN ESCALA

Federico Otero<sup>1</sup> y Diego Araneo<sup>1</sup>  
[fotero@mendoza-conicet.gob.ar](mailto:fotero@mendoza-conicet.gob.ar)

<sup>1</sup> Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales, (IANIGLA) CCT  
Mendoza–CONICET.

**Palabras clave:** Viento Zonda, Extremos, Circulación de gran escala.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Zonda es un viento fuerte, cálido y muy seco asociado a una masa de aire que, al descender por las laderas orientales de la Cordillera de los Andes, se comprime adiabáticamente. Este evento ocurre con mayor frecuencia en las temporadas de invierno y primavera, principalmente en las provincias de Mendoza y San Juan (Otero y Norte, 2015). Las primeras investigaciones sobre este tipo de viento se realizaron en la región de los Alpes, donde se le conoce como viento "foehn". Este término se convirtió en el nombre genérico para todos los vientos cálidos y secos descendentes cuyas características y efectos dependen de la interacción entre el flujo atmosférico y la topografía, como así también de las condiciones meteorológicas particulares. En regiones pobladas, el Zonda produce una serie de daños en función de la intensidad de las ráfagas de viento (por ejemplo, voladura de techos, caída de árboles y de líneas eléctricas de alta tensión, como así también la interrupción de los sistemas de comunicación), favorece la ignición y propagación de incendios y causa daños a los cultivos debido al fuerte viento, su repentina sequedad y las altas temperaturas. De este modo, se pretende avanzar en el conocimiento de casos extremos de eventos Zonda, encontrando las principales características y/o diferencias respecto a los eventos "medios" de Zonda con énfasis en la circulación de escala sinóptica.

## 2. METODOLOGÍA

Para la selección de eventos se consideraron 3 estaciones meteorológicas de superficie a sotavento de los Andes. Mendoza Aero (87418, 704 msnm, 32°50'S; 68°48'O), Mendoza Observatorio (87420, 827 msnm, 32°54'S; 68°52'O) y San Juan Aero (87311, 598 msnm, 31°34'S; 68°30'O), todas pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Para la selección de eventos severos y de larga duración de Zonda se consideraron todos los casos en los que se cumplen los siguientes requisitos:

- a) La duración del evento debe ser mayor a 10 horas en al menos 2 de las 3 estaciones
- b) La velocidad horaria máxima horaria registrada deber ser mayor a 20 kt o la ráfaga máxima mayor a 40 kt en al menos 2 de las 3 estaciones.

De esta forma, se encontraron 22 eventos que cumplen las características mencionadas. Para el análisis de la circulación asociada se utilizaron los datos de reanálisis ERA5 del Centro Europeo (Hersbach, H. et al., 2020), con una resolución de 0.25°x0.25° de latitud y longitud.

## 3. RESULTADOS

A continuación, se muestran las diferencias encontradas en la circulación sinóptica asociada a los eventos medios de Zonda climatológicos vs los Zondas duraderos y extremos. En la Tabla 1 se observan las frecuencias relativas de ocurrencia para ambos Zondas. Se puede notar que la mayor frecuencia de eventos extremos ocurren en septiembre y agosto sumando el 60% de los casos, a diferencia de la climatología de Zondas que solo suman el 23% en dichos meses. Esta característica podría encontrarse asociada a la intensidad de los sistemas frontales y de

baja presión, los cuales suelen ser de mayor intensidad que en el resto del año. En cuanto a frecuencia interanual no se observa tendencia ni al aumento o disminución.

Para comparar la circulación entre los eventos extremos y no extremos se realiza la diferencia de las composiciones los campos de reanálisis Zonda extremo – Zonda climatológico. En la figura 1 se muestran los campos de diferencia de geopotencial, componente zonal y velocidad del viento para los niveles de 850 hPa, 500 hPa y 300 hPa. Allí se observa que las condiciones más favorables para zondas severos y duraderos están asociados a la presencia de una fuerte perturbación baroclínica sobre el Pacífico, donde el centro de baja se inclina hacia el oeste con la altura (Figura 1.a, b y c). Estas características vienen acompañadas de la presencia de fuertes vientos del oeste sobre la rama ecuatorial de este centro de baja y del este sobre la rama polar. Además, se observa que el jet de niveles superiores es mucho más intenso en estos casos y se encuentra posicionado levemente hacia el norte (respecto de los eventos climatológicos) y con una mayor inclinación asociada a la vaguada de altura.

En la figura 2 se muestran los cortes zonales de ambos eventos Zonda a la latitud de 33°S, donde se encuentran las estaciones de Mendoza. En los paneles de arriba, los cortes para los casos climatológicos de Zonda y abajo para los Zondas extremos. Allí se puede observar que el descenso de las isoentrópicas en niveles medios es mucho más pronunciado en los casos extremos, asimismo, los patrones de viento también resultaron más intensos. La tropopausa es más estable en los casos climatológicos que en los extremos debido a que la perturbación de ondas de montaña es menos intensa (esto se debe a las características verticales de la atmósfera a barlovento). Las mayores diferencias se observan en niveles bajos a ambos lados de los Andes donde, a barlovento, se ubica una capa muy húmeda, por los altos valores de estabilidad posiblemente se trata de aire estancado, y a sotavento también resulta más estable en capas bajas y menos estable en niveles medios. Los valores de humedad son más intensos en los casos extremos, como así también el gradiente perpendicular a la Cordillera, pudiendo estar asociado a que el evento ya está presente en los niveles medios en los eventos extremos. También es notable una pequeña capa relativamente más estable sobre el tope de los Andes (500 hPa), favorable para el desarrollo de ondas de montaña atrapadas, como así también la influencia de las mismas en la tropopausa, donde se produce el ingreso de aire estratosférico. En los eventos extremos duraderos, el efecto foehn se puede ver claramente con los altos valores de velocidad vertical ( $\omega$ ) que abarcan casi todos los niveles medios, con descensos hasta los 850 hPa, mientras que los valores de ascenso son similares en ambos casos. Los valores de  $\omega$  llegan hasta 4 Pa/s entre 650 hPa y 400 hPa, mientras que en los eventos climatológicos solo llega a 3 Pa/s en una capa mucho más angosta cercana a los 500 hPa.

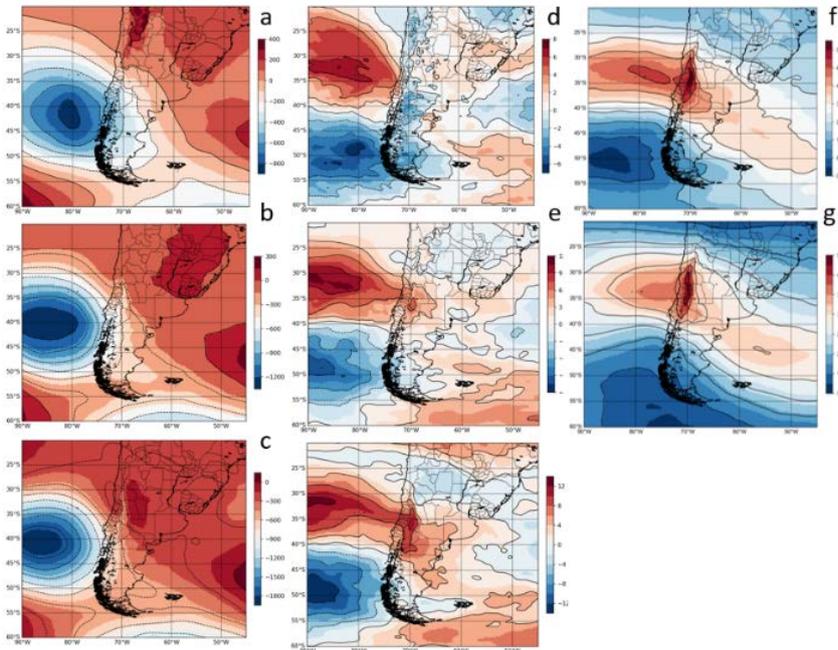
#### **4. CONCLUSIONES**

Las características de los eventos severos y duraderos de Zonda se encuentran principalmente asociados a sistemas baroclínicos de baja presión muy intensos que se ubican levemente más al sur (entre 35°S – 45°S) que en los casos climatológicos de Zonda. El eje de la vaguada de niveles medios se encuentra mucho más inclinada hacia el oeste y levemente más alejada del continente que en los casos climatológicos (figura no mostrada). Esta configuración asociada a los eventos extremos también se compone de la presencia del jet de altura, también más intenso y más al norte. Así mismo, favoreciendo las zonas de descenso sobre la zona de estudio la posición del jet, como así también la presencia de la vaguada y sus zonas de divergencia asociadas, generan las condiciones propicias para una intensa descendente a sotavento de los Andes indicando la presencia del efecto Foehn que aun no llega a la superficie.

#### **REFERENCIAS**

Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., ... & Thépaut, J. N. (2020). The ERA5 global reanalysis. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 146(730), 1999-2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>

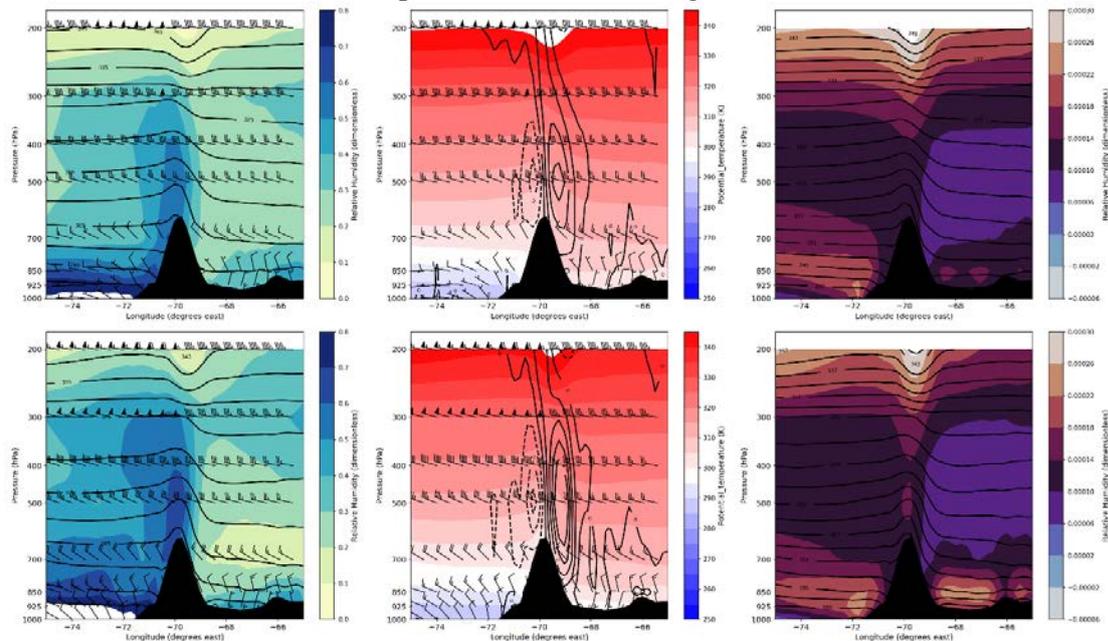
Norte, F. A., 2015. Understanding and forecasting zonda wind (Andean Foehn) in Argentina: A review. Atmospheric and Climate Sciences, 5(3), 163--169, <https://doi.org/10.4236/acs.2015.53012>.



	Severos	Clima
Ene	0,00	2,44
Feb	0,00	0,70
Mar	0,00	1,39
Abr	0,00	3,83
<b>May</b>	<b>13,64</b>	<b>9,06</b>
Jun	4,55	11,85
Jul	9,09	10,80
<b>Ago</b>	<b>27,27</b>	<b>12,54</b>
<b>Sep</b>	<b>31,82</b>	<b>11,15</b>
Oct	13,64	17,07
Nov	0,00	11,50
Dic	0,00	7,67

**Tabla 1.** Frecuencias relativas de eventos Zonda severos duraderos y climatológicos.

**Figura 1.** a) Diferencia de geopotencial (severo - climatológico) para 850 hPa. b) y c) Diferencia de geopotencial respectivamente para 500 hPa y 300 hPa. d) – f) Diferencia de componente zonal del viento en 850 hPa, 500 hPa y 300 hPa. g) velocidad de viento en 300 hPa para Zondas severos y h) velocidad de viento en 300 hPa para Zondas climatológicos.



**Figura 2.** Izquierda: Corte zonal en 33°S de humedad relativa, isoentrópicas y viento (kt). Medio, velocidad vertical (omega, pa/s), isoentrópicas y viento. Derecha, Isoentrópicas y frecuencia de Brunt-Väisälä al cuadrado.