

# VIENTO ZONDA NORPATAGÓNICO EN NEUQUÉN. PARTE I: DETECCIÓN DE CASOS

Claudia Palese<sup>1</sup>, Marisa Gloria Cogliati<sup>2</sup>

[claudia.palese@fain.uncoma.edu.ar](mailto:claudia.palese@fain.uncoma.edu.ar); [marisa.cogliati@fahu.uncoma.edu.ar](mailto:marisa.cogliati@fahu.uncoma.edu.ar)

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional del Comahue  
<sup>2</sup>Facultad de Humanidades – Universidad Nacional del Comahue

## RESUMEN

El trabajo presenta el análisis de series temporales de la estación Neuquén Aero para la identificación de casos de viento zonda en superficie. La identificación de los mismos se hizo considerando las características de un día tipo ya clasificado: un aumento de 5 °C o más en la temperatura del aire, una disminución de 7 °C o más en la temperatura de rocío, en un período de una hora, viento intenso dentro de las 12 horas posteriores a la ocurrencia de los cambios mencionados anteriormente, dirección del viento del Oeste, sin nubes bajas, sin nubes medias o del tipo altocúmulos lenticular, fenómenos significativos: ninguno o polvo levantado por el viento, y vientos intensos en 700 hPa en la Cordillera de los Andes a la latitud de Neuquén. Con estas características se detectaron 50 casos que pueden confirmarse como viento zonda en la serie analizada, entre 1981 y 2012. Se analizaron, además, las características de la temperatura del aire y la humedad específica de superficie asociadas a dichos eventos. Sin embargo, no puede descartarse la ocurrencia de un número de casos que no hayan sido detectados por la metodología. El 60% de los casos correspondió a eventos de viento zonda moderados (Z1; ráfagas  $\leq 18,1$  m/s).

## ABSTRACT

The paper presents the analysis of the Neuquén Aero meteorological time series to identify the zonda wind cases. The identification was made considering the characteristics of a typical Neuquén zonda wind day: an increase of 5 °C or more in the temperature of the air, a decrease of 7 °C or more in the dewpoint temperature, in one-hour, severe wind within 12 hours after the occurrence of the above mentioned changes, western wind direction, no low level clouds, no medium level clouds or lenticular altocumulus, significant events: none or wind dust storms, and strong winds at 700 hPa in the Andes Mountain Range at Neuquén latitude. With these features were detected 50 cases that can be confirmed as zonda wind in the analyzed series, between 1981 and 2012. Further discussion includes surface air temperature and humidity patterns associated with these events. The occurrence of a number of cases that have not been detected by the methodology might be considered. The 60% of the cases corresponded to moderate zonda wind (Z1; wind gust  $\leq 18.1$  m/s).

**Palabras clave:** Viento Zonda Norpatagónico, Neuquén, Categorías de Zonda.

## 1) INTRODUCCIÓN

Las personas en la ciudad de Neuquén se refieren al viento zonda cuando sopla un viento fuerte, muy seco, de componente O, que está relacionado con polvo en el

ambiente. Sin embargo, no se ha establecido la climatología del zonda en Neuquén ni la variabilidad de este fenómeno.

En Cuyo, Norte (1988) ha estudiado en forma detallada el fenómeno. El zonda comienza como un viento catabático frío en las montañas y desciende a sotavento hasta las zonas más bajas produciendo temperatura de rocío anormalmente baja, incremento de la temperatura y viento fuerte en superficie. Este autor ha establecido que en el área de la montaña se pueden distinguir el zonda térmico y el higrico, que pueden tener carácter continuo o pulsante. Ha observado que hay muchos casos de zonda en la montaña que no aparecen en el llano a los que ha denominado como zonda de altura.

Golding (1978) definió el chinook en EEUU (a sotavento de las Montañas Rocallosas) mediante dos enfoques: (a) uno es el de las “causas”, que se determina con el análisis de las condiciones dinámicas atmosféricas; y (b) el de los “efectos”, que se establece con la situación meteorológica resultante en el nivel de superficie. También, reconoció el problema asociado con la definición de evento chinook sólo con el enfoque de “efecto”, porque se pueden incluir fenómenos que tienen efectos similares pero diferentes causas. Por lo tanto, el estudio del zonda en Neuquén deberá abarcar los dos enfoques.

En el país se llevaron a cabo estudios del zonda desde el punto de vista de las “causas” y de los “efectos” (Norte, 1988; Norte, 1989; Lassig y otros, 1991; Norte y Seluchi, 1993; Norte y otros, 2007 y 2008).

Según el primer enfoque, Norte y Seluchi (1993) estudiaron la incidencia del zonda térmico con una pausa (o intermedio de reorganización) observado en las situaciones sinópticas que dan nieve en cordillera, precordillera y llano de la zona norte de la provincia de Mendoza, Argentina. En dicho trabajo se estableció un criterio para la definición del zonda térmico y de la pausa. Se analizaron casos en los que aparece esa pausa de reorganización y se detectó que estuvo precedida por un zonda térmico en el llano. En estos casos la pausa ocurre antes que un anticiclón de bloqueo se instala en la Patagonia Argentina. Cuando no hubo pausa de reorganización no ocurrió zonda térmico en el llano.

Chou (1998) detectó con un modelo ETA de mesoescala un aumento en la velocidad vertical en un período de 12 horas después de las cuales el movimiento hacia abajo se interrumpió de manera abrupta en la estación Mendoza Aero. Este autor asoció este hecho a la presencia de ondas de gravedad interna actuando durante el zonda.

Norte (1988) y Norte y otros (2007 y 2008) relacionaron el zonda en Cuyo con: subsidencia forzada en la troposfera baja y media en latitudes subtropicales debida al aumento con la altura de la advección de vorticidad anticiclónica; avance de un frente frío en superficie dirigido por una vaguada en 500 hPa; acción de la corriente en chorro de altura; y la Depresión del Noroeste Argentino (DNOA) ubicada al sur de su posición climatológica.

Según el segundo punto de vista, Golding (1978) planteó que cuando ocurrió el chinook la temperatura máxima diaria fue mayor que la temperatura máxima media mensual, la dirección del viento estuvo entre el SSO y el NNO al menos una hora durante el día y en esa hora la velocidad del viento fue superior a  $4,5 \text{ m s}^{-1}$ .

En la región de Cuyo (Norte, 1988), y en el norte de la Patagonia (Lassig y otros, 1991), comprobaron que las principales condiciones atmosféricas para la determinación del zonda fueron principalmente el brusco descenso de la humedad y ascenso de la temperatura, ambos en un lapso corto de tiempo, con la ocurrencia simultáneamente de viento fuerte del cuadrante SO a NO.

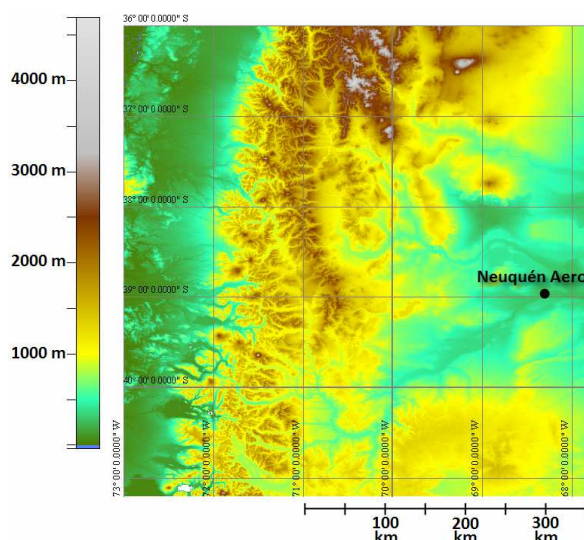
Debido a las variaciones de la topografía y de las características físicas de la Cordillera de los Andes en la provincia del Neuquén respecto de la Cordillera Cuyana, podrían desarrollarse eventos de zonda distintos a los de aquella región, por ejemplo, en su extensión espacial, duración, intensidad y frecuencia. Como la altura media de los Andes neuquinos varía, aproximadamente, entre 1.300 y 2.200 metros podrían las características del viento zonda norpatagónico (VZN) ser semejantes al foehn de los Alpes europeos o de los Alpes Sur de Nueva Zelanda.

El presente trabajo constituye un primer avance en el estudio del viento zonda en Neuquén (o VZN) y se llevó adelante utilizando sólo el enfoque de los “efectos”, es decir, se analizaron las observaciones meteorológicas horarias, dejando para una instancia posterior el estudio de las condiciones dinámicas de la atmósfera que produjeron la ocurrencia del evento.

El objetivo principal del trabajo es detectar el fenómeno examinando el comportamiento de las variables meteorológicas horarias en superficie medidas en el aeropuerto de la ciudad de Neuquén.

## 2) AREA DE ESTUDIO

La zona analizada en el presente estudio abarca la provincia del Neuquén ubicada en el norte de la Patagonia Argentina entre  $36^{\circ}$  y  $41,25^{\circ}$  latitud Sur y  $68,7^{\circ}$  y  $73^{\circ}$  longitud Oeste.



**Figura 1: Topografía de la zona de estudio comprendiendo latitudes entre  $36^{\circ}$  S y  $41,25^{\circ}$  S y longitudes entre  $68,7^{\circ}$  O y  $73^{\circ}$  O.**

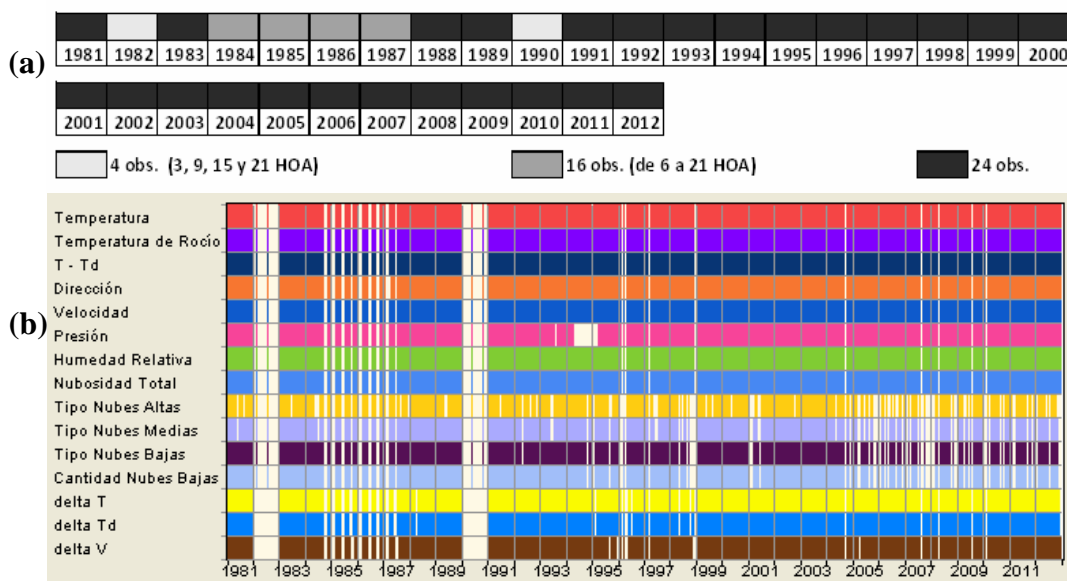
En el norte de la región patagónica la Cordillera de los Andes está ubicada meridionalmente y tiene un ancho medio aproximado de 80 km al sur de la provincia

del Neuquén y 170 km al norte. La altura media varía con la latitud, al sur la Cordillera es más baja con alturas cercanas a 1.300 m, con picos aislados como el Vn. Lanín (3.776 m). Mientras que hacia el norte la altura alcanza 2.200 m con picos que superan los 4.000 m (4.710 m Vn. Domuyo). En la Figura 1 se presenta el mapa topográfico de la provincia del Neuquén y la ubicación de estación Neuquén Aero (NA).

### 3) DATOS

Los eventos de viento zonda norpatagónico (VZN) fueron seleccionados sobre la base de observaciones meteorológicas de la estación del Servicio Meteorológico Nacional del Aeropuerto de la ciudad del Neuquén (NA) ubicada en 38° 57' S, 68° 08' O, 271 m sobre el nivel del mar. Esta estación está ubicada al este de los Andes a una distancia de 200 km aproximadamente como se puede observar en la Figura 1 y es la única estación de medición con una longitud de registros prolongada.

Para la detección de datos dudosos, en la etapa del control de calidad de la base de datos, se aplicó la combinación de un método estadístico con una verificación gráfica de la serie. Se comparó la serie original sin corregir con una serie suavizada. El esquema estadístico para la identificación de datos dudosos, se basó en la robustez de la mediana como estimador de la media de una distribución simétrica y se logró la serie suavizada aplicando dos veces el cálculo de medianas a la serie original. Se completó el análisis con una consistencia gráfica.



**Figura 2: (a) Cobertura de datos del SMN. En escala de grises está indicada la cobertura temporal de los registros; (b) Disponibilidad de datos de cada variable luego de realizado el control de calidad.**

El período utilizado comprendió desde el 01 de enero de 1.981 hasta el 01 de noviembre de 2.012. A lo largo de este período se realizaron mediciones en forma horaria durante las 24 horas del día; en forma horaria solamente en las horas diurnas; y en forma trihoraria en las horas diurnas. En la Figura 2 (a) se presenta la cobertura de años y la cantidad de registros por día. Los años 1.982 y 1.990 cuentan sólo con 4 observaciones diarias, de 1.984 a 1.988, los registros cubren el horario de 6:00 a 21:00 HOA (hora

oficial argentina) y el resto de los años se contó con información de 24 horas.

En la Figura 2 (b) se muestra la disponibilidad de cada variable luego de realizada la consistencia. Los datos de la libreta meteorológica de NA utilizados fueron temperatura (T), temperatura de rocío (Td), dirección (DD) y velocidad (V) del viento, presión (P), humedad relativa (HR), tipos de nubes y cantidad de cielo cubierto. La depresión del punto de rocío (T - Td) y los cambios temporales de T, de Td y de V fueron calculados a los fines de la realización del trabajo.

Se utilizaron los campos de viento (isotacas y vector velocidad) de 700 hPa del Reanalysis NCEP/ NCAR (Kalnay, 1966)

#### 4) DETECCIÓN DE EVENTOS ZONDA

El método tradicional para detectar foehn o zonda a partir de datos observados en una estación ubicada en un valle es analizar los cambios temporales de temperatura, humedad y viento.

Para detectar el zonda mendocino, Norte (1988) utilizó análisis discriminante escalonado para establecer las variables que presentaban mayor incidencia en la obtención de los días con viento zonda, detectando que las variables higrotérmicas y el viento máximo alcanzado fueron los elementos que identificaron mejor el día de viento zonda. Guterman (1970), en un estudio del foehn europeo, propuso una metodología semiautomática de diagnóstico utilizando un índice de viento que combina la velocidad y la dirección junto con anomalías de temperatura y humedad relativa. El método estadístico del análisis discriminante lineal de Fisher se combinó con una base de datos de registros manuales de foehn. Mc Gowan (1996) que estudió el foehn en los Alpes Sur de Nueva Zelanda, encontró que el cambio abrupto en la dirección del viento marcó el comienzo del foehn neozelandés y que se producía una diferencia de 12 horas entre la detección del foehn cerca de las cimas de las montañas y unos pocos kilómetros valle abajo. Más recientemente, Plavcan y otros (2014) muestran como aumenta la exactitud del diagnóstico cuando se agregan al análisis los datos de una estación meteorológica ubicada en la creta de la montaña y se incorpora en el estudio la diferencia de temperatura potencial entre la creta y el valle, hecho que permite explicar las diferencias físicas entre el foehn y otros vientos de pendiente.

En este trabajo se identificó el VZN seleccionando las variables más relevantes en la detección del fenómeno, sobre la base de un evento registrado en la ciudad de Neuquén analizado en Lassig y otros (1999).

Las variables y sus valores umbrales que diagnosticaron la ocurrencia de VZN fueron:

- 1) Cambio abrupto de la temperatura: aumento de la temperatura entre dos horas consecutivas mayor o igual a 5 °C, (99,5 % acumulada). Siendo,  $i$ , la hora oficial.

$$\text{delta } T = T_{i+1} - T_i$$

- 2) Cambio abrupto de la temperatura de rocío: disminución de la temperatura de rocío entre dos horas consecutivas menor o igual a -7 °C (0,5 % acumulada).

$$\text{delta } Td = Td_{i+1} - Td_i$$

- 3) Cambio abrupto de la velocidad del viento: aumento de la velocidad entre horas consecutivas mayor o igual a 3,1 m/s (97,3 % acumulada).

$$\text{delta } V = V_{i+1} - V_i$$

- 4) Viento fuerte: aumento de la velocidad del viento por sobre el valor de 5 m/s dentro de las 12 horas posteriores a la ocurrencia de (1) o (2).
- 5) Dirección del viento con componente del Oeste: rango de direcciones entre los 220° y 320°.
- 6) Nubes bajas: sin nubes bajas.
- 7) Nubes medias: sin nubes medias o únicamente del tipo altocúmulo lenticular.
- 8) Fenómenos significativos: ninguno o polvo levantado por el viento o tormenta de polvo.
- 9) Vientos intensos de altura: se utilizaron los campos de velocidad del viento de 700 hPa de un horario cercano al de ocurrencia de los criterios 1 y 2. Se verificó la presencia de un núcleo de alta velocidad entre 36° y 42° latitud Sur por sobre las cimas de la Cordillera de los Andes.

Los criterios (1) y (2) no fueron considerados juntos en la depresión del punto de rocío  $[(T-T_d) \geq 12 \text{ }^\circ\text{C}]$  debido a las características climáticas de Neuquén. En el período 1981-2010, la onda anual media de  $(T - T_d)$  osciló entre  $5,8 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5,2 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $17,3 \text{ }^\circ\text{C} \pm 8,2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Por lo tanto, una variación de  $12 \text{ }^\circ\text{C}$  queda enmascarada. Los valores umbrales de  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  para T y de  $-7 \text{ }^\circ\text{C}$  para Td, corresponden al 99,5 % y 0,5 % de las distribuciones acumuladas respectivas.

Los criterios referidos al viento son (3), (4) y (5). Con el primero de ellos se detecta el incremento repentino de la velocidad, con el segundo, se asegura que se tratara de una tormenta de viento y finalmente con el tercero que los vientos provengan del cuadrante Oeste. El criterio (9) se refiere a la velocidad del viento en altura cuyo valor umbral fue de 20 m/s.

Como se observa en la Figura 2 (a) durante los años 1982 y 1990 se realizaron observaciones meteorológicas en NA solamente en las horas principales (3, 9, 15 y 21 hora oficial), por lo tanto, no se pudieron evaluar los criterios (1), (2) y (3), es por ello que en la Figura 2(b) se hallan como faltantes.

Se definió día con VZN cuando se verificaron los criterios de (1) a (9) en su totalidad.

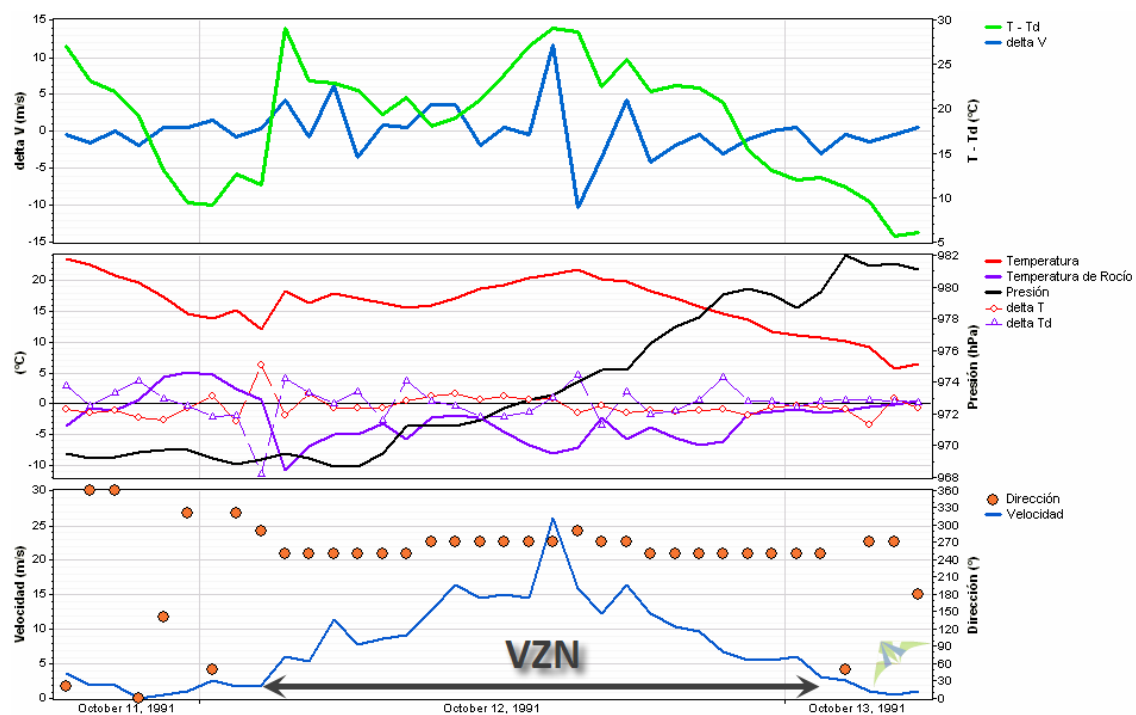
La finalización del zonda se detectó cuando la dirección del viento cambió más de  $50^\circ$  y/o cuando la velocidad descendió por debajo de 5 m/s, puesto que se utilizó este valor umbral para definir la tormenta de viento debida al zonda (criterio (4)).

## 5) RESULTADOS

Se han detectado 25 días con VZN dentro de los cuales quedó incluido el evento testigo analizado en Lassig y otros (1999).

A modo de ejemplo, en la Figura 3 se muestra la secuencia horaria desde las 18 hs del 11 a las 06 hs del 13 de Octubre de 1991. El zonda comienza después de las 02 hs del día 12 cuando en el lapso de 1 hora, la T aumenta en  $6,2 \text{ }^\circ\text{C}$  y la Td desciende en  $-11,4$

°C, como se observa en el panel central de la Figura 3. Simultáneamente, el viento que era débil y de direcciones variables (con componente E), rota al OSO y se incrementa en 4,2 m/s (Figura 3 panel superior). La ráfaga máxima de 26,7 m/s, de los 270°, fue registrada a las 14 hs, 12 horas después del inicio del zonda (Figura 3 panel inferior). Desde las 08 hs a las 15hs del día 12 se observaron altocúmulos lenticulares (AcL). La depresión del punto de rocío tiene dos máximos de 29 °C, uno a la hora de inicio del zonda y el otro a la hora de la máxima velocidad (Figura 3 panel superior). El fenómeno culmina a las 02 hs del día siguiente con una señal higrotérmica menos pronunciada cuando en una situación de viento cada vez más débil la dirección cambia al NE (Figura 3: panel inferior) y la presión atmosférica alcanza un máximo de 982 hPa (Figura 3 panel central).



**Figura 3: Evolución horaria desde las 18 hs del 11 a las 06 hs del 13 de Octubre de 1991. En el panel superior: depresión del punto de rocío [(T – Td), °C] y variación temporal de V (m/s). En el panel central: temperatura, temperatura de rocío y sus variaciones temporales (°C) y la presión atmosférica al nivel de la estación (hPa). En el panel inferior: velocidad (m/s) y dirección del viento (°). Se ha señalado la duración del evento “viento zonda norpatagónico” (VZN).**

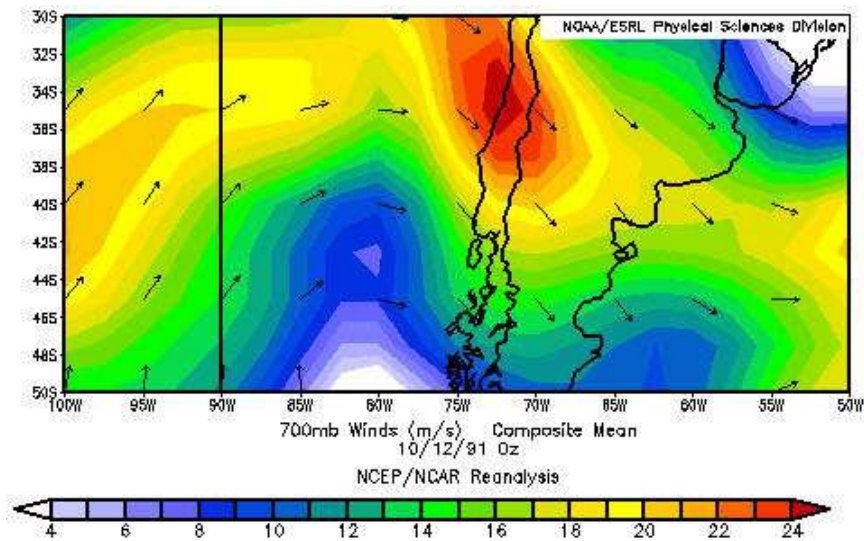
A las 21 hs del día 11, el vector viento y las isotacas en 700 hPa presentaban un máximo superior a 24 m/s en la costa chilena a 35 °Sur (Figura 4). Este hecho más la observación en NA de AcL durante el día 12 indicarían la ocurrencia de ondas de montaña.

## 6) ANÁLISIS

La Figura 5 presenta las frecuencias de ocurrencia de zonda en lustros. Se observa que casi un cuarto de los casos ocurrieron entre 1991 y 1995.

La distribución anual, que se aprecia en la Figura 6, muestra a octubre con mayor

ocurrencia (20 % = 5 casos), sin embargo, el otoño reúne la mayor frecuencia de la muestra con 32 % (8 casos). Esta distribución es semejante a la encontrada para los zondas severos en San Juan y en los Alpes neozelandeses (McGowan y otros, 2002).

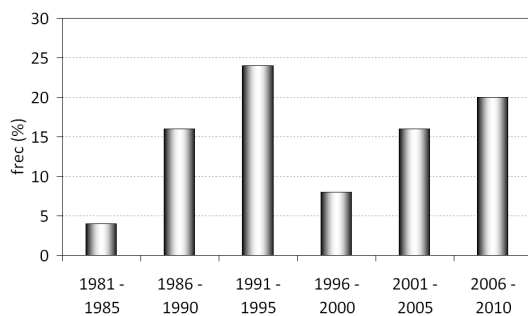


**Figura 4: Isotacas y vector velocidad del viento en 700 hPa del 12/10/91 00 UTC.**

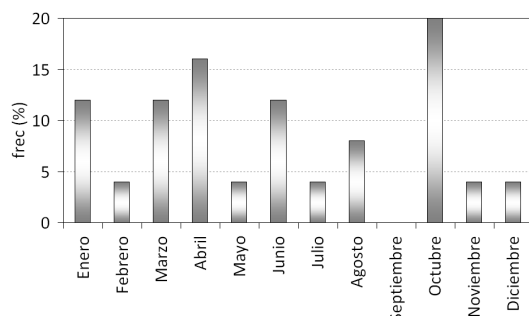
El 32 % de los eventos comenzó entre las 12 y las 14 hs hora oficial, mientras que el mínimo se produjo entre las 3 y las 8 hs. Por otra parte, la hora de finalización de los zondas tuvo su máxima ocurrencia (28 %) entre las 18 y las 20 hs, casi la mitad de los VZN finalizaron entre las 18 y las 23 hs. Estas características son similares a las halladas en las estaciones del llano en Cuyo.

De los 25 zondas detectados 7 duraron menos de 8 hs, 6 de ellos entre 9 y 16 hs, 8 entre 17 y 24 hs y 4 más de 24 hs. El zonda del 9 de Octubre de 1987 duró 29 hs. En este caso los eventos neuquinos son mucho más prolongados que los cuyanos.

Utilizando la clasificación de la intensidad del zonda propuesta en Norte (1988), que define cuatro categorías de zondas en función de la ráfaga máxima, variando de Z1 (moderado) a Z4 (extremadamente severo), en los casos detectados se observó que el 56 % fueron categoría Z1, 36 % Z2 y 8% Z3, sin haberse registrado casos extremadamente severos. Estos resultados se asemejan a los encontrados por Norte y otros (2008) en Mendoza.



**Figura 5: Frecuencia (%) de ocurrencia en 5 años de VZN (N = 25).**



**Figura 6: Frecuencia (%) de ocurrencia mensual de VZN (N = 25).**



## 7) DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La metodología utilizada en este trabajo diagnostica el viento zonda norpatagónico desde un punto de vista o enfoque de los “efectos” que el zonda produce y que se ven reflejados en los datos de superficie de la estación meteorológica de Neuquén Aero.

Sin embargo, no se puede comprobar si hay “falsos positivos” o “faltantes” porque no hay en la región o en la Provincia del Neuquén una base de datos de días con viento zonda. Por esta situación, se ha comenzado a construir dicha base de datos con fuentes secundarias de información como lo son los diarios locales. Desde un punto de vista metodológico hay que tener en cuenta que las fuentes primarias de información tienen un nivel de detalle y confiabilidad muy completos de cada evento, en cambio, la información de fuentes secundarias puede ser incompleta.

Consideramos que la metodología propuesta con la utilización de los 9 criterios de detección de casos de zonda descarta la posibilidad de haber incluido “falsos positivos”, sin embargo, se plantea la necesidad de un análisis diagnóstico cuyo enfoque sea el de las “causas” del zonda. Dicho análisis incluirá el estudio dinámico y termodinámico y se caracterizarán las situaciones sinópticas asociadas al fenómeno. El diagnóstico con el enfoque de la “causas” también permitirá incluir “faltantes” como pueden ser los casos de zonda débil.

Si bien Norte (1988) encontró que el zonda en el llano es menos frecuente entre otros factores debido a la distancia de la estación de medición a la cordillera y que NA está a 200 km aproximadamente de la barrera montañosa, consideramos que es exiguo haber detectado solamente 25 casos en 32 años. En este sentido, Plavcan y otros (2014), que analizan el diagnóstico de foehn europeo, plantean que para valles muy ancho o mesetas contiguas a las montañas el foehn puede ser muy débil. En Mendoza las estaciones más alejadas de la montaña mostraron zonda cuando éstos fueron muy prolongados. Un análisis dinámico de la atmósfera, en la región norpatagónica, podría detectar zonda en montaña aunque la señal higrótérmica del fenómeno sea débil en las mediciones de NA.

**AGRADECIMIENTOS:** Los datos de la estación meteorológicos del Aeropuerto de Neuquén fueron provistos por el Servicio Meteorológico Nacional. Este trabajo fue financiado mediante el proyecto 04/I178 de la U. N. Comahue.

## REFERENCIAS

**Chou, S.C., 1998:** Condições atmosféricas durante ocorrência do vento zonda –o foehn da américa do sul, Congresso Brasileiro de Meteorologia. Brasília, DF

**Golding, D.L., 1978:** Calculated Snowpack Evaporation during Chinooks along the Eastern Slopes of the Rocky Mountains in Alberta. *J. Appl. Meteor.*, 17, 1647–1651.

**Guterman, T. 1970:** Vergleichende Untersuchungen zur Fonhaufigkeit im Rheintal zwischen Chur und Bodensee. Institut Suisse de Meteorologie, Schweiz Meteor. Zentralanst.18, 68 pp.

**Kalnay, E., M. Kanamitsu, R. Kistler, W. Collins, D. Deaven, L. Gandin, M. Iredell, S. Saha, G. White, J. Woollen, Y. Zhu, M. Chelliah, W. Ebisuzaki, W. Higgins, J. Janowiak, K. C. Mo, C. Ropelewski, J. Wang, A. Leetmaa, R. Reynolds, R. Jenne, and D. Joseph, 1996:** The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project". *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 437-471

**Lassig, J.L.; Cogliati, M.G. Palese, C.; Bastanski, M.A., 1999:** Wind Characteristics in Neuquén, North Patagonia Argentina. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 79, 183-199. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam.

**Mc Gowan, H.A. y Sturman, A.P., 1996:** Regional and local scale characteristics of foehn wind events over the South Island of New Zealand. *Meteorology and Atmospheric Physics*, Volume 58, Issue 1-4, pp 151-164

**McGowan, H.A., Sturman, A. P., Kossmann M. and Zawar-Reza, P., 2002:** Observations of foehn onset in the Southern Alps, New Zealand. *Meteorology and Atmospheric Physics*. Vol. 79, 215-230.

**Norte, F. A., 1988:** Características del Viento Zonda en la Región de Cuyo. Tesis de doctorado. Departamento de Meteorología, Facultad de Ciencias. Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires. Argentina. 220p.

**Norte, F. A., 1989:** Vertical Structure of the Atmosphere when Zonda Wind occurs. 3<sup>rd</sup> International Conference on Southern Hemisphere. *Meteorology and Oceanography*. November 4-8. Buenos Aires, Argentina, American Meteorological Society. pp. 178, 179.

**Norte FA, Seluchi M.E., 1993:** Objective methods for the zonda forecasting using information from surface and height. Preprints of the fourth international conference on the southern hemisphere meteorology and oceanography, Hobart, Australia, American Meteorological Society, March 29–April 2, pp 128–129

**Norte F, A. Ulke, S. Simonelli, Viale, M., 2007:** The severe Zonda wind event of July 11 th. 2006 east of the Andes Cordillera (Argentina). *Special Supplement to the Bulletin of the American Meteorological Society*. Vol.88, No.6, S94 June

**Norte, F.A. Ulke, A.G., Simonelli, S.C., Viale. M., 2008:** The severe zonda wind event of 11 July 2006 east of the Andes Cordillera (Argentina): a case study using the BRAMS model. *Meteorology and Atmospheric Physics*, November 2008, Volume 102, Issue 1-2, pp 1-14. Springer.

**Plavcan D., Mayr G.J. y Zeileis, A., 2014:** Automatic and Probabilistic Foehn Diagnosis with a Statistical Mixture Model *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, Vol. 53, 652-659.