

## **CLIMATOLOGÍA SINÓPTICA DE LA BAJA DEL NOROESTE ARGENTINO: CAMPOS MEDIOS DE ENERO Y JULIO**

Lorena Ferreira<sup>1</sup>, Marcelo Seluchi<sup>2</sup> y Celeste Saulo<sup>1,3</sup>

### **RESUMEN**

Este trabajo presenta una climatología sinóptica de la Baja del Noroeste Argentino (BNOA), para lo cual se identificaron los eventos ocurridos durante los meses de enero y julio entre los años 1997 y 2002. A partir de los campos medios de anomalías correspondientes al día 0 y de su evolución desde el día -1 y hasta el día +1, se ha confirmado el carácter térmico de la BNOA, indicado por una anomalía cálida desde superficie hasta los niveles medios, en fase con la circulación ciclónica en capas bajas. Esta circulación provoca el aumento de los vientos del norte al este de 63°W y al sur de 18°S y el aumento de la humedad sobre la Cuenca del Plata. La evolución del sistema se asocia al pasaje de una perturbación baroclínica, que se identifica desde el día -1 y que marca la destrucción de la baja en superficie el día +1 como consecuencia de la advección fría en capas bajas. Si bien los patrones son similares en enero y julio, las anomalías son mucho más intensas en invierno que en verano.

### **ABSTRACT**

This work presents the synoptic climatology of the Northwestern Argentina Low (BNOA). With this aim, events occurred during January and July 1997-2002 have been identified, and composite mean and anomalies from the climatology were constructed. Using day 0 anomalies and their evolution from day -1 to day +1, it has been confirmed its thermal character, denoted by a warm anomaly present from low to middle levels, co-located with a cyclonic circulation that produces stronger northerly winds over the eastern portion of the continent, east of 63°W and south of 18°S, and brings moisture towards the La Plata Basin.

---

<sup>1</sup>Depto. de Cs. de la Atmósfera y los Océanos – FCEyN – UBA, Buenos Aires, Argentina. E-mail:ferreira@at.fcen.uba.ar; <sup>2</sup>Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC)/INPE, Cachoeira Paulista, São Paulo, Brazil. E-mail:seluchi@cptec.inpe.br; <sup>3</sup>Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA – UBA/CONICET).E-mail:saulo@cima.fcen.uba.ar

The system evolution is associated with the passage of a baroclinic perturbation, evident from day - 1 that is also responsible for the system demise on day +1, mainly through cold advection. Though the main patterns are similar for January and July, anomalies are stronger during winter.

Palabras Clave: Baja Térmica Sudamérica Circulación Capas Bajas

## 1-INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años se ha registrado un interés creciente por estudiar los patrones de circulación que contribuyen a explicar el intercambio de masas de aire entre los trópicos y los extratropicos en Sudamérica. Uno de los agentes claves para el transporte meridional de calor y humedad es la Corriente en Chorro en Capas Bajas, que se identifica como un máximo de viento alrededor de los 850 hPa normalmente conocido como SALLJ, de acuerdo con su denominación en inglés (South America Low Level Jet). Este sistema está inmerso en una corriente del norte que atraviesa el continente entre los 15 y los 30°S (Seluchi y Marengo, 2000) y que se posiciona justo al este de la cordillera de Los Andes (Saulo et al., 2000, Marengo et al., 2004 y referencias allí citadas). Algunos trabajos han identificado un subconjunto de casos en los cuales el SALLJ adquiere una penetración meridional más hacia el sur, causando un claro impacto en el balance hídrico de la Cuenca del Plata (Salio et al., 2002 entre otros), debido a las precipitaciones que se generan en la región de salida. Estos casos particulares (denominados Chaco Jets – Nicolini y Saulo, 2000) se encuentran fuertemente ligados al desarrollo y profundización de la Baja del Noroeste Argentino (BNOA), una depresión de origen térmico-orográfico, inicialmente identificada por Schwerdtfeger (1954) y profundamente estudiada por Lichtenstein (1980). Lichtenstein (1980, L80 de aquí en mas) estudió exhaustivamente el año 1967, con el objeto de determinar el comportamiento típico de la BNOA, incluyendo su variabilidad espacial y estacional, y los probables procesos físicos que determinan su ciclo de vida. L80 señaló al calentamiento en superficie y a la advección caliente prefrontal como los principales mecanismos de formación de la BNOA, y mencionó a la subsidencia orográfica como otra posible fuente de intensificación. Sin embargo, las limitaciones típicas de la época (en especial la falta de análisis o reanálisis en puntos de retículo) impidieron realizar un examen más detallado de los campos de altura, y aún de los campos de superficie en las cercanías de la cordillera.

Recientemente, Seluchi et al. (2003) a través del estudio de dos casos particulares, identificaron dos mecanismos que controlan la evolución de este sistema: el calentamiento radiativo de la superficie (dominante en el verano) y el calentamiento por subsidencia orográfica (dominante

en el caso de invierno). Sin embargo, en este trabajo se destacó la necesidad de extender el periodo de estudio con el objeto de analizar de una manera más general las características de la BNOA.

Por lo expuesto anteriormente, el principal objetivo de este trabajo es desarrollar una climatología sinóptica del comportamiento de la BNOA, con la finalidad de comprender la estructura dinámica y termodinámica de este sistema, y de evaluar su influencia sobre el transporte meridional de calor y humedad en el continente Sudamericano en distintas estaciones del año. El estudio se concentra en los meses de enero y julio como representativos del verano y del invierno, respectivamente.

La sección 2 detalla los datos utilizados, y la metodología empleada para la selección y composición de los casos, la sección 3 describe los resultados alcanzados, mientras que las conclusiones y las recomendaciones para el futuro se discuten en la sección 4.

## 2. DATOS Y METODOLOGÍA

Como se mencionara en la introducción, los antecedentes más relevantes con referencia a la BNOA son las investigaciones de L80 y Seluchi et al., 2003 (de aquí en más S03), de los cuales se adopta parte de la metodología empleada. En particular, L80 definió un índice que mide la intensidad de la BNOA, denominado “índice de Lichtenstein - $I_L$ ” por S03 y que se calcula como:

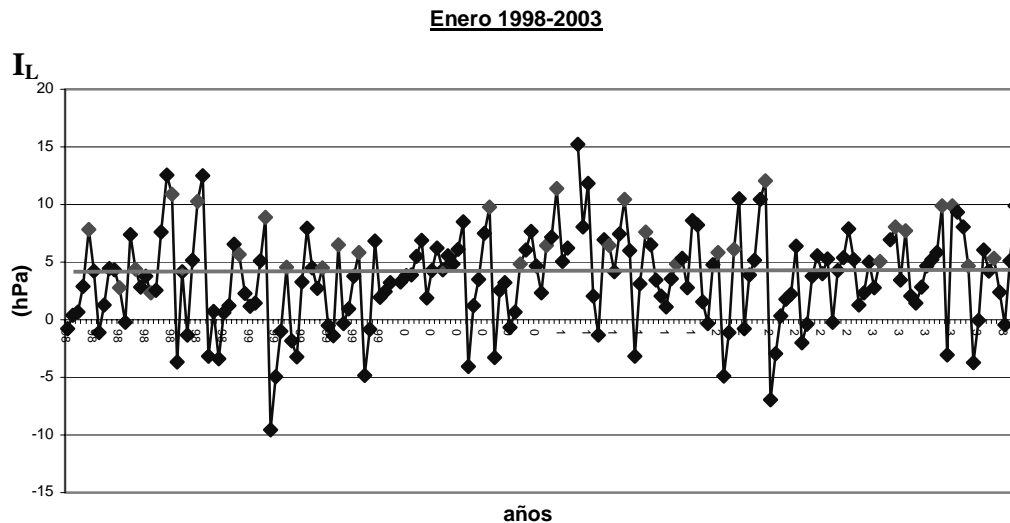
$$I_L = 0.5 [0.5 (P_{ANT} + P_{VAL}) + P_{PL}] - P_{LR}$$

donde  $P_{ANT}$  es la presión al nivel del mar en Antofagasta (23°S, 70°W),  $P_{VAL}$  en Valparaíso (33°S, 71°W),  $P_{PL}$  en Paso de los Libres (29°S, 57°W) y  $P_{LR}$  en La Rioja (29°S, 66°W). Este índice es básicamente la expresión en diferencias finitas de la derivada segunda de la presión en el sentido zonal y, como tal, debería ser proporcional a la vorticidad geostrofica.

L80, empleando observaciones de las 12 UTC, encontró que el valor medio anual de  $I_L$  es de 3.1 hPa, con una desviación estándar de 4.7 hPa. La intensidad máxima de la BNOA expresada en términos de este índice se observó en diciembre ( $I_L = 6.9$  hPa) y la mínima en junio y julio ( $I_L = 2.2$  hPa).

En el presente trabajo fueron utilizados los análisis operativos del NCEP de la hora 12UTC interpolados a una resolución horizontal de 40km y vertical de 50 hPa (campos utilizados para inicializar los pronósticos operativos del modelo Eta/CPTEC), correspondientes al período marzo de 1997 a marzo de 2002. Esta elección tiene la finalidad contar con campos tridimensionales de alta resolución, lo que resulta crucial para el análisis de un sistema de dimensión relativamente pequeña y forzado inicialmente por mecanismos de meso-escala (S03).

La Figura 1 muestra evolución temporal del índice  $I_L$  para los meses de enero, donde se confirma que en más del 80% de la serie este índice presenta valores positivos, con una mediana que alcanza los 4.15 hPa. En el mes de julio (no mostrado) aparece una mayor cantidad de índices negativos (anticiclónicos), como es esperable, con una mediana positiva pero menor que en el mes de enero (1.75 hPa). Estos resultados concuerdan con lo hallado por L80.



**Figura 1.** Evolución temporal del índice  $I_L$  para el mes de enero, desde el año 1998 al 2003. La línea verde corresponde al valor de la mediana de Enero. Los puntos rojos corresponden al C2. Nota: la figura dice enero 98-2003 y antes dijimos que el periodo era 03/97-03/02. O que aconteceu??

Siguiendo la metodología propuesta por L80 se optó por emplear el  $I_L$  como indicador de la ocurrencia e intensidad de la BNOA. De esta forma se eligieron todos los casos que presentaran un  $I_L$  mayor que la mediana del mes correspondiente ( $I_{LM}$ ), es decir,  $I_L > I_{LM}$  (Criterio 1:C1). En la figura 1 se muestra en línea gruesa horizontal la mediana del mes de enero, que sirvió de límite para discriminar los casos de BNOA. Sin embargo, los campos medios resultantes de componer todos los casos clasificados según el criterio C1 no presentaban las características típicas asociadas a la BNOA. En otras palabras, los campos medios correspondientes a los casos que cumplían el criterio C1 no se asemejaban a los patrones obtenidos por L80. Esto se debió fundamentalmente a que este criterio seleccionaba varios casos en los cuales la presión atmosférica era muy alta sobre alguno de los océanos (o en ambos) pero sin mostrar la presencia de la BNOA.

Debido a que el empleo del criterio C1 condujo a la elección de casos espurios, se optó por analizar los campos de superficie de todo el periodo estudiado, definiéndose como casos de BNOA a todos aquellos que presentaran al menos una isobara cerrada, en un campo analizado cada 1 hPa, en la región comprendida entre 26°S-33°S y 64°-68°W, (Criterio 2:C2).

Los puntos rojos (nota: no se ven!) incluidos en la Figura 1 muestran los casos seleccionados a partir de este nuevo criterio. En general, puede apreciarse que esta metodología es mucho más selectiva, algo que también surge de la Tabla I que muestra 32 casos de BNOA según C2 y 91 casos según C1. Sin embargo, cabe resaltar que la mayoría de los casos detectados a partir de C2 fueron también seleccionados por C1, lo cual refuerza la idea de que es C2 es más restrictivo que C1, pero sin contradecirse esencialmente. El mes de julio presentó un comportamiento esencialmente similar, con valores levemente diferentes.

		criterio 1	
		Si	No
Criterio 2	Si	30	2
	No	61	90

**Tabla I.** Tabla de contingencia para el Criterio 1 y 2 del mes de enero.

Para obtener los campos que se presentan en la próxima sección, se promediaron los casos que verificaron el criterio C2 (día 0), y se compusieron los días anteriores (día -1) y posteriores (día +1) para poder analizar la evolución temporal de la BNOA. El estudio de la estructura dinámica y termodinámica del sistema fue abordado a través de la interpretación de campos medios y anomalías de diversas variables meteorológicas.

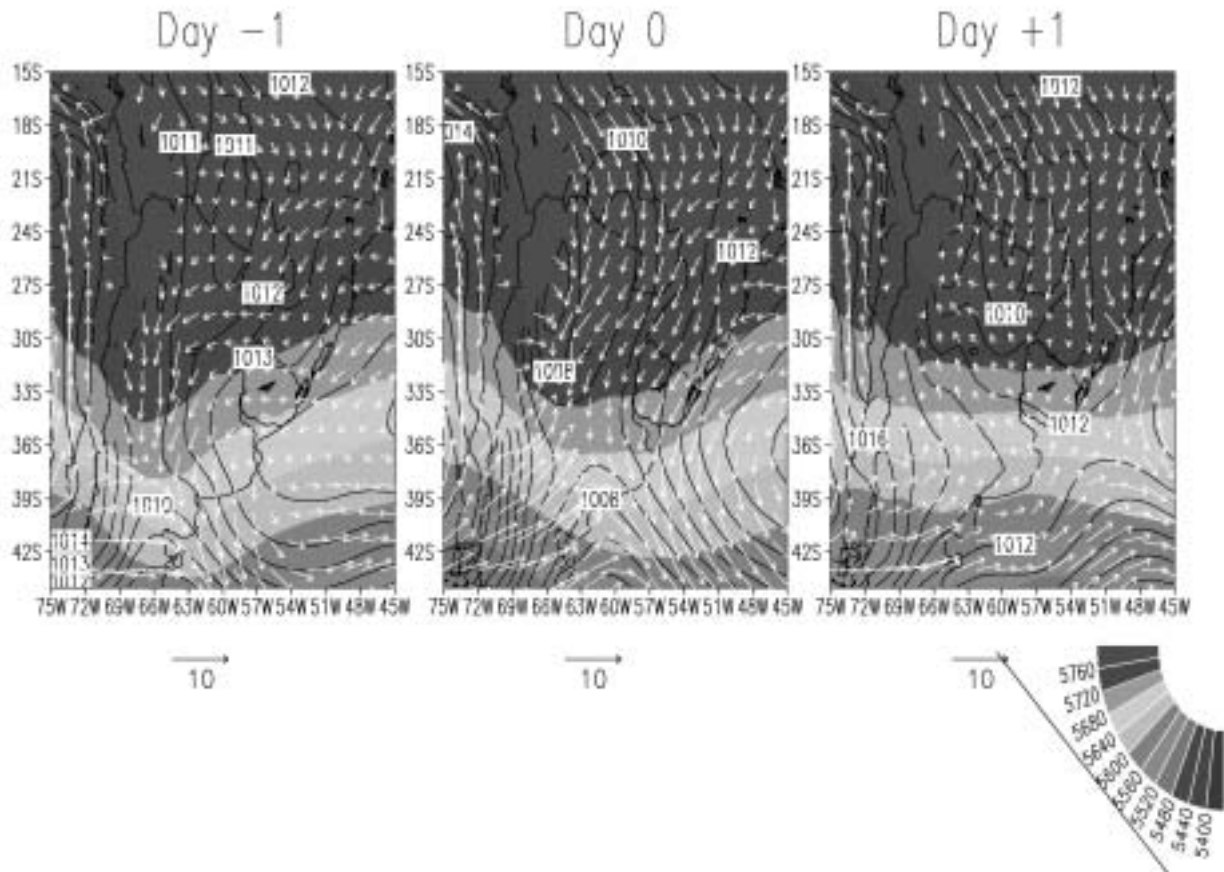
## RESULTADOS

La Figura 2 muestra el campo medio de espesores 500/1000 hPa, presión a nivel del mar y viento en superficie para las composiciones de los días -1, 0 y +1, correspondientes a los casos de BNOA del mes de enero.

El campo medio del día -1 muestra la presencia de un sistema frontal penetrando desde el sector sur de Sudamérica, en tanto que el centro y norte de Argentina son afectados por una masa de aire cálido con vientos dominantes del norte.

Durante el día 0 la atmósfera muestra un estado de mayor baroclinicidad al sur de 40°S, sugerido por el entrecruzamiento de las líneas de igual espesor y las de presión a nivel del mar. El frente frío en superficie se extiende desde la depresión ubicada al este de la Patagonia hasta los 32°S (notar la convergencia de los vientos), es decir al sur de la BNOA. La vaguada frontal define dos regiones con advecciones térmicas bien diferentes: al este los vientos del norte transportan masas de aire desde latitudes muy bajas, mientras que la advección fría es relativamente intensa sobre la Patagonia. La BNOA, cuya intensidad media alcanza los 1007 hPa, permanece dentro de la

masa de aire caliente con su centro próximo a los 27°S, exactamente sobre el eje de máximos espesores relativos. Cabe destacar que esta depresión se halla localizada en una posición media muy similar a la encontrada por L80, usando datos de enero de 1967, y ligeramente más al norte que la documentada en el caso particular analizado por S03.

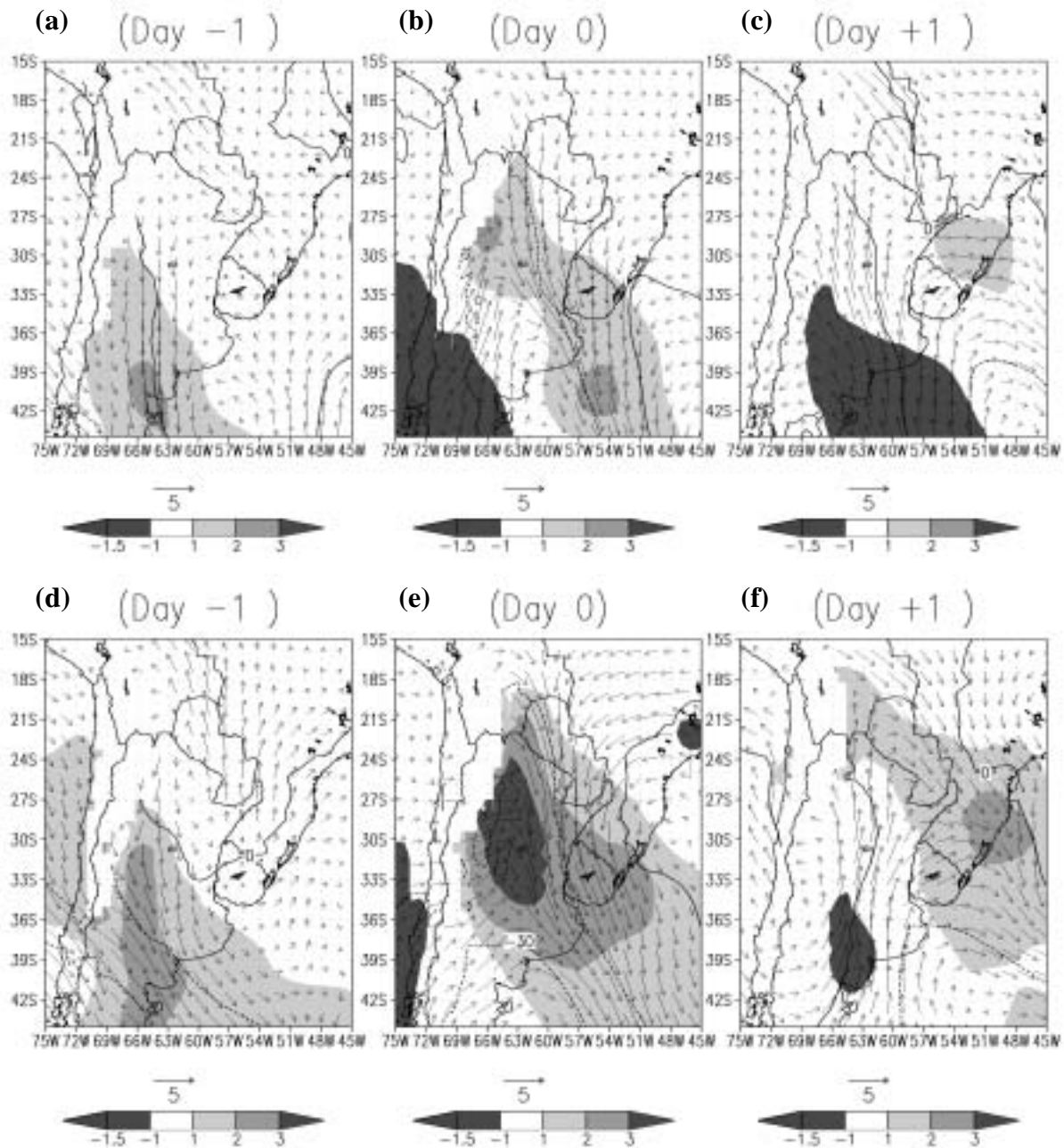


**Figura 2.** Campos medios de espesores 500-1000 hPa (mgp, sombreado), presión a nivel del mar (hPa, contorno), viento en 850hPa ( $\text{m s}^{-1}$ , vectores) para el día -1, día 0 y día +1 durante Enero. Nota: los colores no se ven en B&N y la barra de colores debería ser horizontal para ahorrar mas espacio.

La composición de los casos para el día +1 muestra el sistema frontal ubicado sobre el Océano Atlántico y el avance desde el sudeste de un anticiclón migratorio. En esta etapa del desarrollo la depresión se encuentra debilitada, y siempre posesionada dentro de la masa cálida, inmediatamente al norte de la zona baroclínica que es menos intensa durante ese día.

Las figuras correspondientes al mes de julio (no mostradas) exhiben una secuencia similar a la hallada para enero, pero con diferencias en la intensidad de los patrones: una menor intensidad del mínimo de presión (1013hPa), un frente frío con mayor baroclinicidad asociada y un anticiclón post-frontal más intenso durante el día +1.

La composición de anomalías de altura geopotencial, viento y temperatura en el nivel de 850 hPa para enero y julio, respectivamente, se muestra en la Figura 3.



**Figura 3.** Composiciones de las anomalías de geopotencial (mvp, contornos), viento ( $\text{ms}^{-1}$ , vectores) y temperatura (sombreado) en 850hPa para enero (a, b y c) y para julio (d, e, f). **Nota:** es difícil ver los contornos de geopotencial.

Durante el día  $-1$  (Fig.3a y d) se observan anomalías cálidas con valores del orden de  $2-3^{\circ}\text{C}$  extendidas al sur de  $30^{\circ}\text{S}$ , asociadas a la presencia de advección caliente pre-frontal. Estas anomalías son más importantes en julio que en enero (Fig. 3d vs. 3a) y están acompañadas por un flujo anómalo del norte en este último mes, y del norte-noroeste más intenso en julio. Llama también la atención la presencia de vientos con componente del sur al norte de  $27^{\circ}\text{S}$ , mostrando probablemente la incursión de un sistema frontal sobre latitudes subtropicales. Este patrón resulta muy similar al hallado por Nogués-Peagle y Mo (1997) quienes identificaron este tipo de

circulación como uno de los modos dominantes sobre la región subtropical de América del Sur, en este caso asociada a situaciones de relativa sequedad durante el verano.

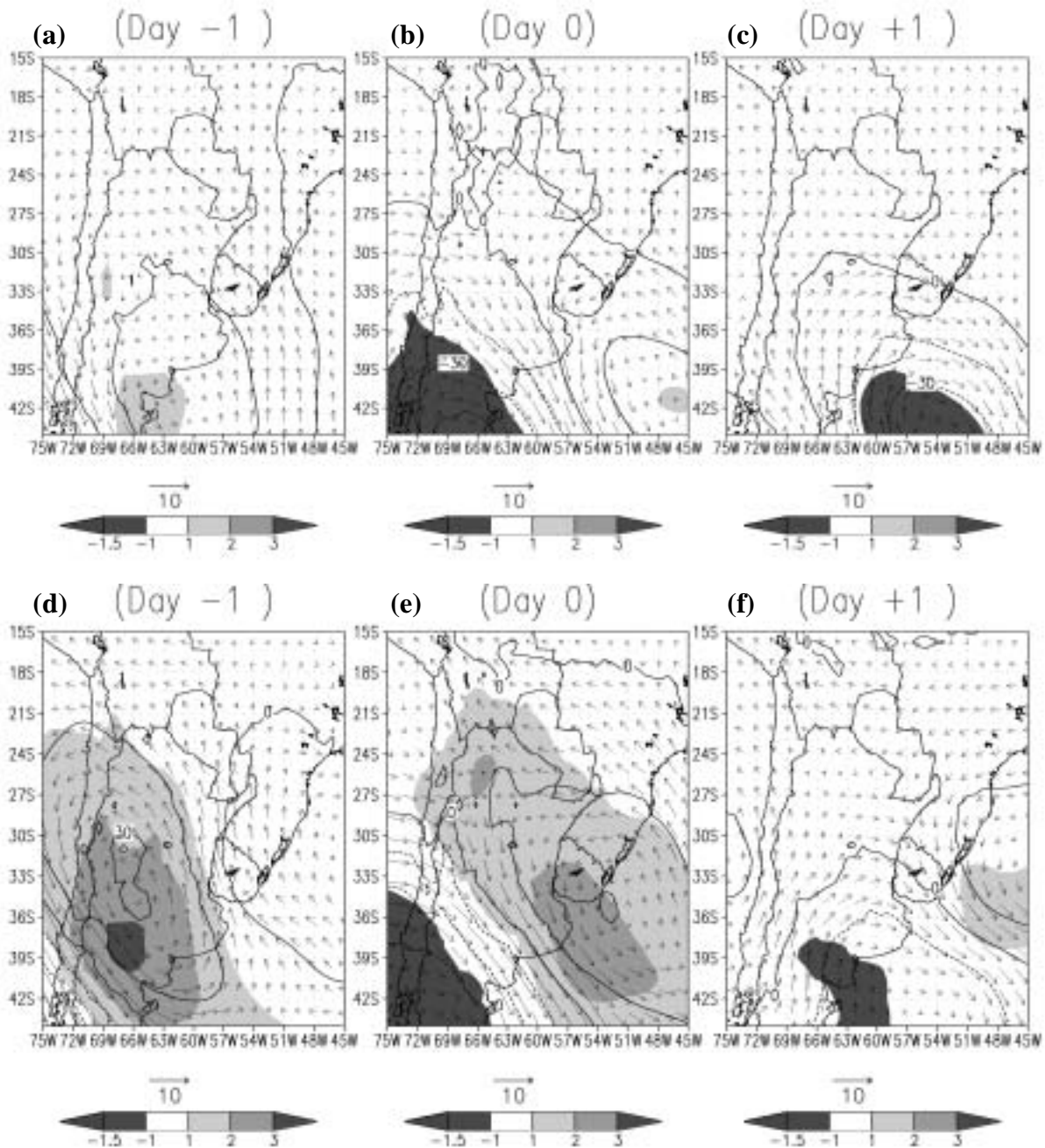
Los mapas medios del día 0 (Fig.3b y e), momento en la BNOA alcanza su mayor intensidad, muestran el desplazamiento hacia el noreste del sistema frontal y de las anomalías cálidas que lo preceden. Las máximas anomalías positivas, comparativamente mucho más intensas en el mes de julio, se posicionan en sobre el NOA (Noroeste Argentino) contribuyendo para la profundización de la BNOA, cuyo carácter térmico queda nuevamente evidenciado a partir de las anomalías de temperatura. En particular, la vaguada frontal también presenta una intensidad relativa mayor en julio (-30m<sub>g</sub>p) que en enero (-15 m<sub>g</sub>p). Dicha vaguada permite un flujo anómalo del sur al oeste de su eje y del norte al este, con una intensidad mayor a 5m/s, comparable en ambos meses, aunque con una componente más importante del oeste en julio. Sin embargo, las anomalías frías post-frontales son más intensas en enero que en julio, indicando que estos sistemas frontales tienen como efecto principal la disminución de la temperatura en enero en los días posteriores y su aumento en los días previos durante julio. Este comportamiento puede indicar también que el criterio C2 es más restrictivo en enero que en julio (elige situaciones más baroclínicas) **conviene ponerlo?**.

Durante el día +1 (Figuras 3c y f) las anomalías cálidas se debilitan desplazándose hacia el este junto con el frente frío, que alcanza en promedio menores latitudes en invierno (de acuerdo con Seluchi et al., 1995)

La poca intensidad de las anomalías de geopotencial en enero muestra que durante el verano la BNOA representa un patrón de circulación más típico, en tanto que su presencia en julio es más anómala. Esta característica confirma los resultados de L80, quien sostiene que la BNOA es un sistema semi-permanente en verano e intermitente en invierno.

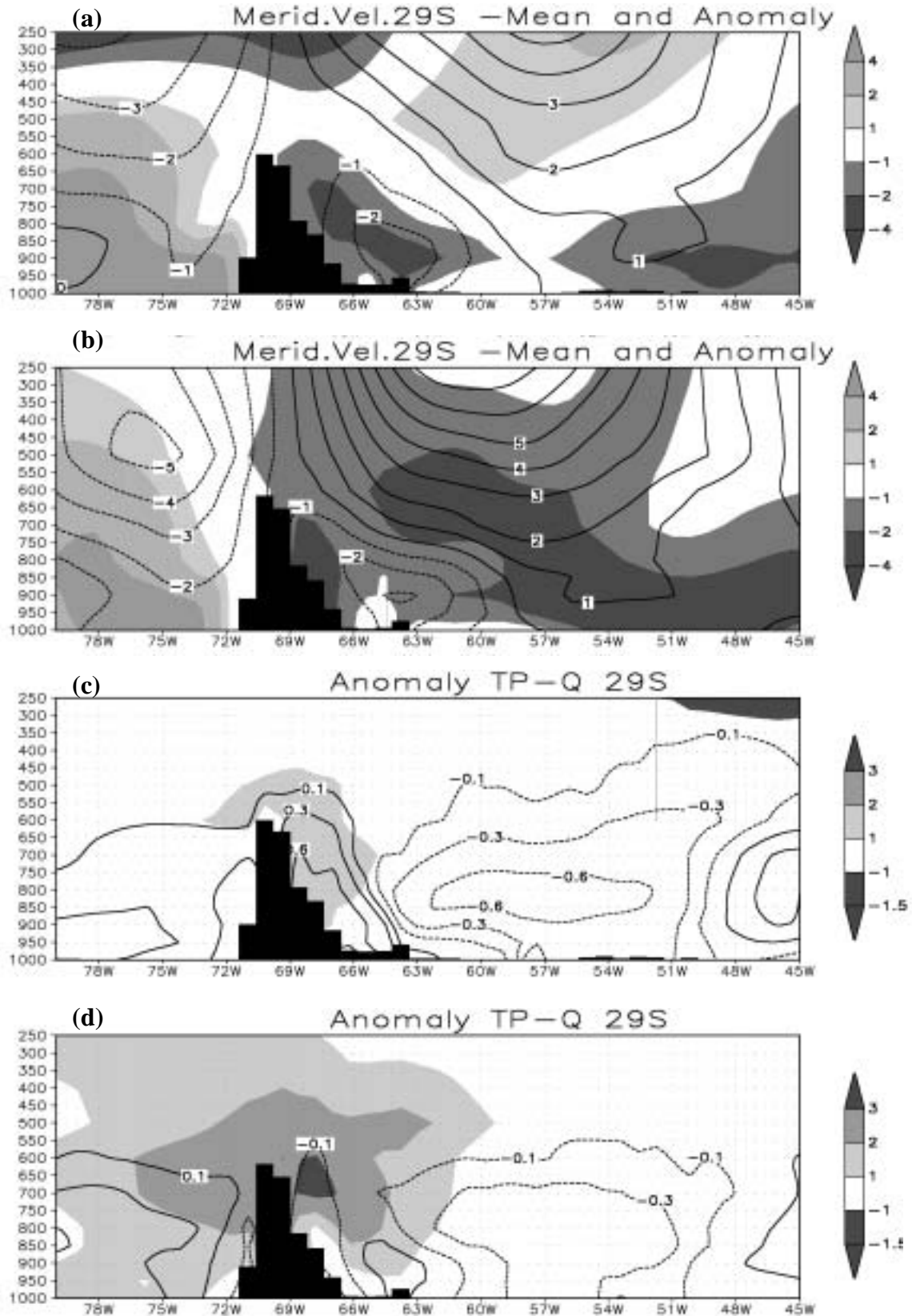
En los niveles medios de la atmósfera (Figura 4) aparece durante el día -1 una anomalía anticiclónica con valores que alcanzan los +30m<sub>g</sub>p en ambos meses del año, sucedida por una anomalía ciclónica (de -45m<sub>g</sub>p en ambos meses) que acompaña el movimiento del frente en superficie hacia el noreste, favoreciendo la advección cálida y los movimientos de ascenso en su parte delantera. Estas anomalías alcanzan menores latitudes durante julio, mientras que en enero actúan normalmente al sur de los 30°S.





**Figura 4.** Ídem figura 3 pero ahora en el nivel de 500hPa para enero (a, b y c) y para julio (d, e, f).

Resulta interesante analizar el papel desempeñado por la baroclinicidad en la evolución de la BNOA, que ha sido siempre identificada como una depresión térmico-orográfica. La comparación entre las figuras 3 y 4 muestra que tanto en el día -1 como en el día 0 las perturbaciones de geopotencial presentan una inclinación con la altura típica de una onda baroclínica, aunque la baja en superficie se asocia a una anomalía cálida que se extiende prácticamente en toda la columna. Esto sugeriría que el efecto térmico se ve superpuesto por una perturbación baroclínica, que en un primer momento (día -1) aporta condiciones favorables para la intensificación de la BNOA (i.e.,



**Figura 5.** Cortes verticales en 29°S correspondientes al día –1: componente meridional del viento ( $\text{m seg}^{-1}$ ): anomalías (contornos) y campo medio (sombreado), para enero (a) y julio (b); anomalías de temperatura Potencial (K) (sombreado) y anomalía de humedad específica ( $\text{gr kg}^{-1}$ ) (contornos), para enero(c) y julio(d).

advección de vorticidad ciclónica **quizás no sea solamente eso**), pero que rápidamente (durante el día +1) contribuye a su destrucción debido al aporte de aire frío post-frontal en capas bajas. Esto confirmaría la hipótesis expuesta por S03, quienes consideran que la progresión de la onda baroclínica de latitudes medias está asociada con el decaimiento de la BNOA como sistema térmico. En líneas generales, las anomalías en niveles medios son más intensas durante los días -1 y 0.

Para caracterizar la estructura vertical de la BNOA se obtuvieron cortes verticales de viento, temperatura potencial y humedad específica (campos medios y anomalías, figuras 5, 6 y 7) en 29°S **(no sería mejor 27°S?)**, latitud donde este sistema presenta su mayor intensidad (ver figura 2b, en invierno la ubicación es similar).

La figura 5 muestra que la BNOA se desarrolla en un ambiente de cortante horizontal anticiclónica en niveles altos, que resulta más intensa y que se extiende hasta niveles más altos en el mes de julio (de acuerdo Marengo et al. (2004) y Lee y Le Treut, 1999). De todas maneras, la intensidad de la perturbación en altura aumenta con la latitud (ver Fig. 4).

En el campo térmico de julio, el calentamiento anómalo se produce en niveles medios a ambos lados de los Andes, con un máximo cercano a los 3°C a sotavento de la cordillera. Este calentamiento podría responder a la intensa anomalía anticiclónica en los niveles más altos y, más localmente, al probable efecto orográfico de los Andes (efecto Zonda, Norte 1988). En este sentido, se destaca el máximo calentamiento localizado a sotavento, en fase con un mínimo relativo de humedad específica. Esta configuración provocaría una anomalía negativa aún más significativa en la humedad relativa, que fue identificada por Norte (1988) como la característica más distintiva de la ocurrencia de viento Zonda de altura (Zonda hígrico). En superficie no se observa ningún calentamiento anómalo, en tanto que al este de 64W, las anomalías de humedad positivas (negativas) estarían asociadas con flujo anómalo del norte (sur).

Durante el mes de enero los vientos del norte causan un mayor impacto en las anomalías de humedad específica, probablemente debido a que este mes corresponde al auge de la estación lluviosa en la parte subtropical de América del Sur. A barlovento de los Andes y sobre el océano Pacífico los flujos del norte también provocan un ligero aumento de la humedad.

Cuando el sistema de baja presión se halla en su estado de apogeo (Figura 6), un flujo anómalo del sur irrumpe junto a la cordillera dentro de un ambiente dominado por la circulación del norte, que se desplaza hacia el este y se intensifica en  $3\text{m seg}^{-1}$  y  $4\text{m seg}^{-1}$ , respectivamente, en enero en julio en relación a la víspera. Esta situación genera un máximo de vorticidad ciclónica en la región ocupada por la BNOA. Las máximas anomalías positivas de temperatura se localizan en esta región en niveles bajos, probablemente por el calentamiento en superficie en enero, y se extienden hacia el este abarcando toda la troposfera durante julio. En este último caso, este marcado

calentamiento anómalo afecta una región extendida tanto longitudinal como verticalmente, mostrando una influencia de escala mayor.

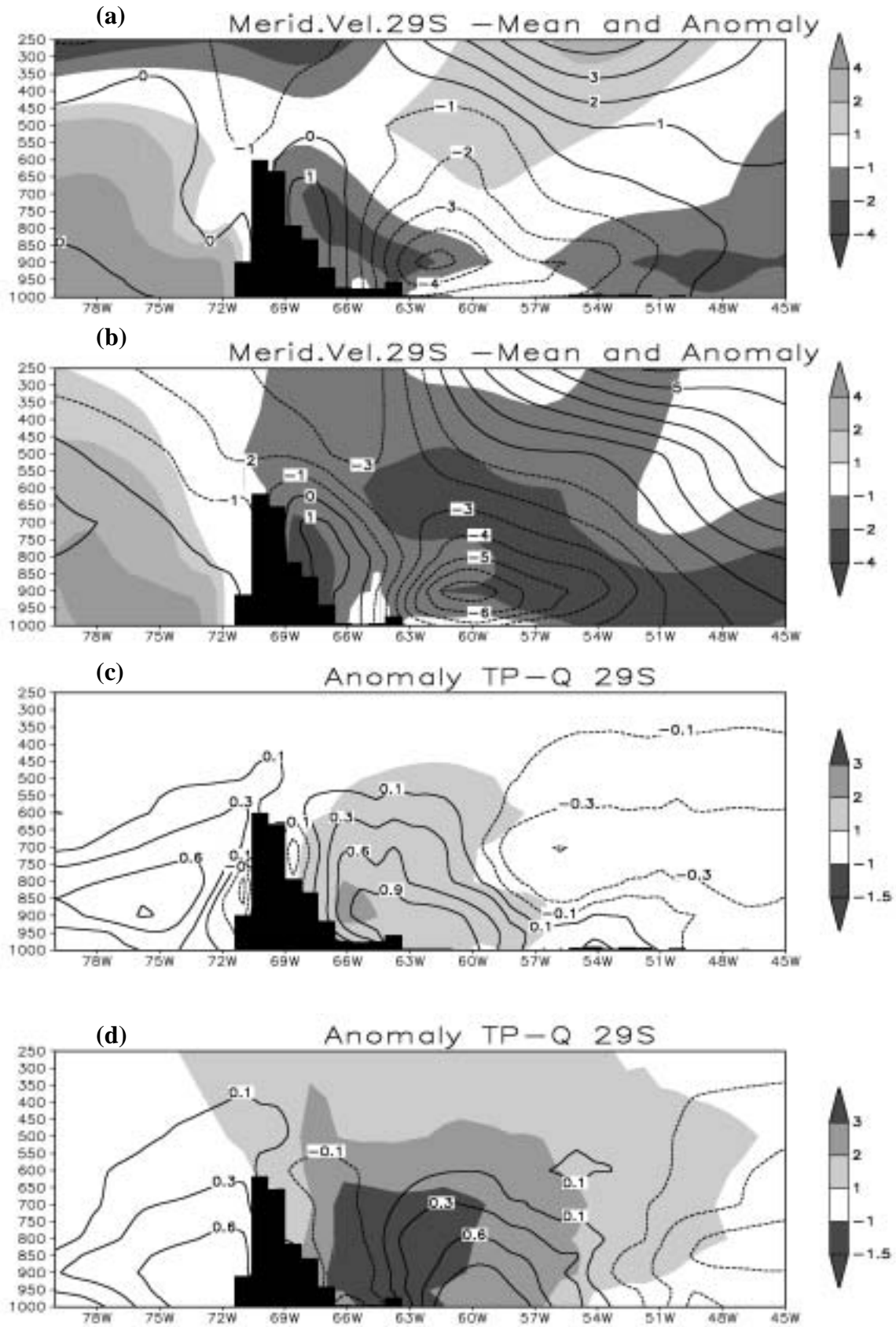


Figura 6. Ídem Figura 5, para la composición del día 0

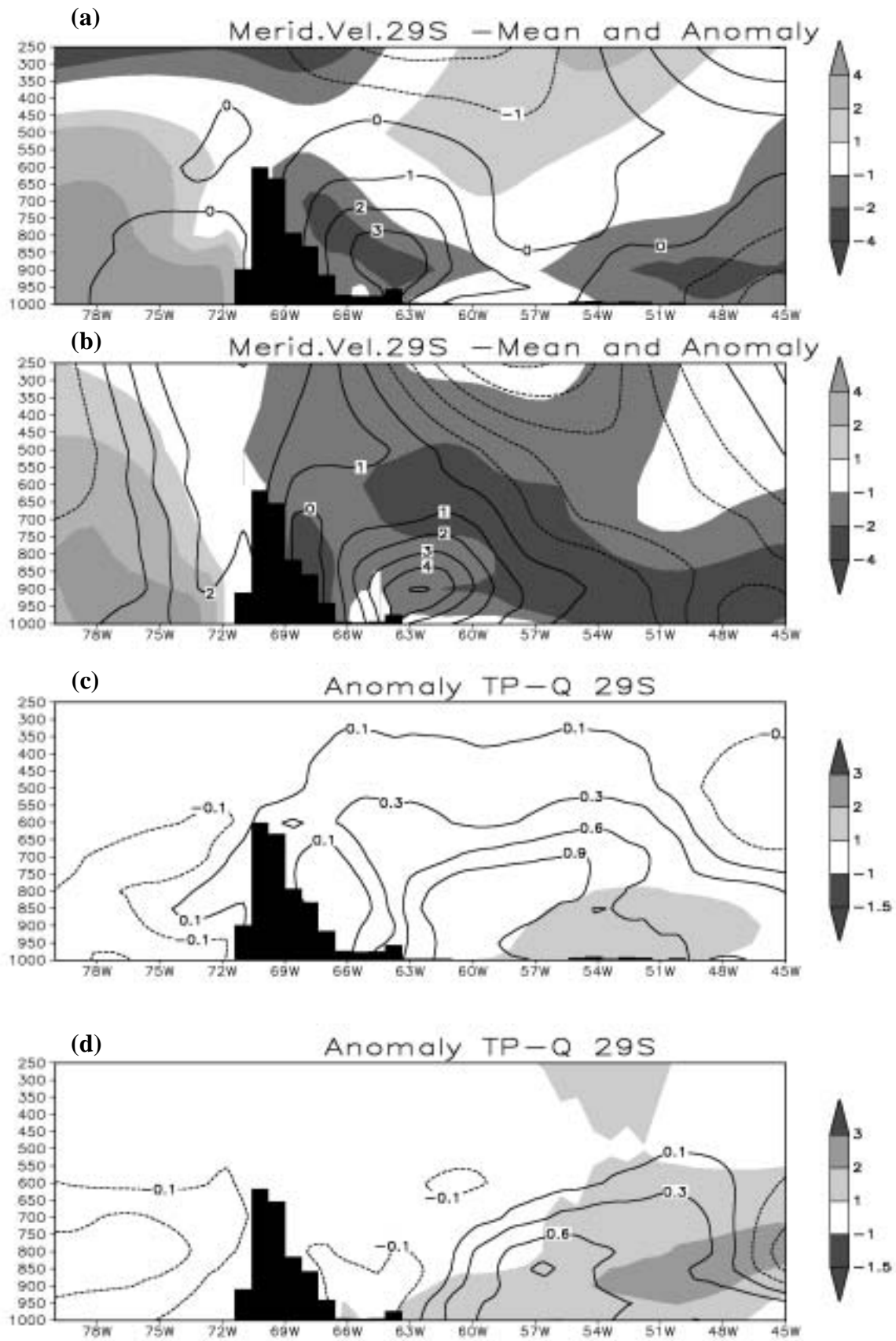


Figura 7. Ídem Figura 5, para la composición del día +1

En general, esta circulación se relaciona coherentemente con el campo perturbado de temperatura y humedad, aunque se puede identificar un cierto defasaje (i.e. un leve retraso) entre el campo de masa y el de circulación.

Durante el mes de enero, figuras 6b y 6d, la relación entre el flujo meridional y las anomalías de humedad no es tan directa, si bien existe un corrimiento hacia el este de la región más húmeda (en fase con los vientos del norte) y un secamiento al oeste de los Andes en la zona influenciada por las anomalías del sur. Sobre el océano Pacífico, las anomalías positivas de humedad podrían ser mejor explicadas a partir de la componente vertical del viento, ya que la figura 4b muestra la aproximación de una vaguada.

Las figuras correspondientes al día +1, cuando el sistema frontal alcanza una posición más hacia el noreste (figura 7), muestran un flujo anómalo del sur que interrumpe el viento del norte observado el día anterior. En particular, durante el mes de julio se observa una estrecha franja junto a los Andes con un viento anómalo del norte, que evidencia una cortante horizontal anticiclónica más fuerte que en enero. En invierno, el carácter baroclínico del sistema frontal queda bien establecido a partir de la estructura de las anomalías. Las anomalías positivas de temperatura, más debilitadas, se desplazan hacia el este acompañando a la circulación anómala del norte asociada al frente, también menos intensa, permitiendo que el viento sur comience a erosionar la anomalía húmeda observada previamente al este de la BNOA. En líneas generales las anomalías de humedad no reaccionan tan rápidamente a los cambios en el campo de movimiento como lo hacen las temperaturas. En el caso de enero, las anomalías húmedas se extienden hasta niveles altos de la atmósfera, hecho que podría deberse a la persistencia de las anomalías de viento norte en los niveles medios en las proximidades de los 57°W.

## CONCLUSIONES

Este trabajo documenta las características de los campos medios y de las anomalías asociadas a la ocurrencia de la Baja del Noroeste Argentino (BNOA), correspondientes a los meses de enero y julio, representativos respectivamente del verano y del invierno del Hemisferio Sur.

En primera instancia se ha revisado el criterio para la definición de los eventos de BNOA, dado que la utilización del Índice de Lichtenstein ( $I_L$ ) no permite discriminar efectivamente casos de BNOA con la simple definición de un umbral, mostrando una tendencia a identificar como tales a casos que no siguen exactamente los patrones de circulación típicos descritos por L80. El empleo de un criterio basado en la inspección del campo de presión a nivel del mar resultó más adecuado en términos de capturar mejor los eventos de interés, reduciendo significativamente su número en

ambos períodos. En total fueron identificados 32 casos de BNOA en enero y 30 en julio, sobre un total de 6 años considerados.

A partir del análisis de las anomalías de diferentes variables puede establecerse, coincidentemente con lo identificado en estudios previos, que la BNOA presenta un carácter térmico, evidenciado por una anomalía cálida presente desde superficie hasta niveles medios (aproximadamente 500 hPa). La circulación ciclónica en capas bajas (**hasta que altura es ciclónica?**) intensifica los vientos del norte en la región ubicada al este de 63°W y al sur de 18°S. La evolución media del sistema se asocia al pasaje de una perturbación baroclínica, que se identifica más claramente desde el día -1 y que marca la destrucción de la depresión en superficie en el día +1, cuando la BNOA es reemplazada por un anticiclón post-frontal. Si bien deben realizarse otros diagnósticos para probar fehacientemente cuál es la interacción entre la perturbación baroclínica y el sistema térmico, este estudio (conjuntamente con los resultados de S03) indica que la onda baroclínica podría tener un efecto favorable para la profundización de la BNOA en los días previos, pero que claramente es responsable de su rápida destrucción por efecto de la advección horizontal fría post-frontal.

Han surgido diferencias interesantes entre los meses de enero y julio, que pueden sintetizarse destacando que las anomalías son mucho más intensas en invierno que en verano, excepto por la intensidad de la perturbación fría post-frontal. A su vez, el aporte de la onda baroclínica resulta ser más claro en invierno, con una penetración más al norte de las anomalías asociadas.

Quedan por analizar aspectos discutidos en trabajos previos, como el papel ciclogénico del calentamiento diferencial de la superficie. En este estudio las máximas anomalías de temperatura, cuyo origen no fue debidamente probado, **nota: como saber que el calentamiento que aparece es de superficie?**, aparecen en fase con la BNOA en su momento de mayor intensidad. Este tipo de análisis, sumado al impacto que la BNOA ejerce sobre el balance hídrico de la Cuenca del Plata, será motivo de investigaciones futuras.

## REFERENCIAS

Li, Z.X., y H. Le Treut, 1999: Transient behavior of the meridional moisture transport across South America and its relation to atmospheric circulation patterns. *Geophys. Res. Lett.*, **26**, 1409-1412.

Lichtenstein E.R., 1980: La Depresión del Noroeste Argentino (The Northwestern Argentina Low). Ph.D. Disertación. 223 pp. [*Disponible en el Departamento de Ciencias de la Atmosfera, Ciudad Universitaria (1428) Buenos Aires, Argentina*].

Marengo, J, W. Soares, C. Saulo, y M. Nicolini, 2004: Climatology of the LLJ east of the Andes as derived from the NCEP reanalyses. *J. Climate*, accepted.

Nicolini, M. y A. C. Saulo, 2000. Eta characterization of the 1997-1998 warm season Chaco jet cases. Preprints of the 6<sup>th</sup> International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, Chile, 3-7 de abril de 2000, 330-331.

Nogues-Paegle, J. y K. Mo, 1997: Alternating Wet and Dry Conditions over South America during Summer, *Mon. Wea. Rev.* **125**, 279-291.

Norte F. A., 1988: Características del viento Zonda en la Región de Cuyo. PhD Thesis. Available at Programa Regional del Meteorología, CRICYT, Mendoza, and *Departamento de Ciencias de la Atmosfera, Ciudad Universitaria (1428) Buenos Aires, Argentina*].

Salio, P., M. Nicolini, y A.C. Saulo, 2002: Chaco low-level jet events characterization during the austral summer-season. *J. Geophys. Res.*, **107**, D24, 4816-4832.

Saulo, C., M. Nicolini y Sin Chan Chou, 2000. Model characterization of the South American low-level flow during the 1997-1998 spring-summer season. *Clim. Dyn.*, **16**, 867-881.

Schwerdtfeger, W.C., 1954: Análisis sinóptico y aspecto climatológico de dos distintos tipos de depresiones b́aricas en el norte de la Argentina (*en espańol*). *Meteoros*, **4**, 301-323. [*Disponible en el Departamento de Ciencias de la Atmósfera, Ciudad Universitaria (1428) Buenos Aires, Argentina*].

Seluchi, M., A.C. Saulo, M. Nicolini, y P. Satyamurty, 2003: The Northwestern Argentinean Low: A Study of Two Typical Events. *Mon. Wea. Rev.*, **131**, 2361-2378.

Seluchi M.E. y J.A. Marengo, 2000: Tropical-Midlatitude Exchange of Air Masses during Summer and Winter in South America: Climatic aspects and examples of intense events. *Int. J. Climatol*, **20**, 1167-1190.

Seluchi M.E., Bischoff S.A., Lichtenstein E.R., 1995: Algunas características de los sistemas sinópticos migratorios que afectan a la República Argentina. *METEOROLOGICA*, **20**, N°1 y 2, 57-66.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo fue financiado por el Programa PRUSUL del Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) del Ministerio de Ciencia y tecnología de Brasil a través del Proyecto AC-61 por la Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Sao Paulo FAPESP) a través del Proyecto SALLJEX-Brasil, por los Proyectos X055 y X439 de la Universidad de Buenos Aires (Argentina), y por medio del Proyecto PROSUR-CRN 055.