

INTERCAMBIOS DE MASAS DE AIRE ENTRE LATITUDES TROPICALES Y EXTRA TROPICALES DE SUDAMÉRICA: VALIDACIÓN DEL MODELO REGIONAL ETA

Marcelo E. Seluchi

Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera CIMA/CONICET, Buenos Aires, Argentina

Sin Chan Chou

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos CPTEC/INPE, São Paulo, Brasil

Resumen

Se analizan 14 situaciones particulares con el objeto de investigar el grado de acierto que presenta el modelo regional ETA/CPTEC en el pronóstico de situaciones con fuertes intercambios de masas de aire entre latitudes tropicales y extra tropicales de Sudamérica. Seis de ellas corresponden a invasiones de aire polar sobre latitudes tropicales y ocho se vinculan a la aparición de convección organizada sobre latitudes extra tropicales. Las previsiones se realizaron empleando dos versiones distintas del modelo, que difieren en el tamaño del recinto de integración y en su resolución horizontal.

Abstract

Fourteen cases were selected to assess the accuracy of the ETA/CPTEC regional model to forecast weather situations associated to strong tropical-extratropical air masses exchange over South America. Six of them are linked to cold outbreaks over tropical latitudes and the other eight are connected to strong convective events over extratropical latitudes. The forecasts were performed employing two versions of the ETA/CPEC, which differ in the grid's size and in the horizontal resolution.

1. Introducción

Los intercambios de masas de aire entre latitudes tropicales y extratropicales de Sudamérica dependen fuertemente de la influencia de la Cordillera de los Andes (Marengo y Seluchi, 1998). Por esta razón el pronóstico de este tipo de episodios requiere de modelos con una resolución relativamente alta, una física completa y, sobre todo, de una adecuada representación de la topografía y de los procesos ligados a ella. El modelo regional ETA, que está siendo utilizado por el CPTEC en forma rutinaria desde 1996, aparece a priori como apto para tal fin debido al empleo de la coordenada vertical "eta". En el presente trabajo se analiza una serie de episodios caracterizados por un fuerte intercambio meridional de masas de aire, con el objeto de evaluar la exactitud de los pronósticos producidos por el modelo ETA/CPTEC.

2. Datos y metodología

Se eligieron las seis invasiones de aire polar sobre latitudes tropicales y los ocho eventos convectivos en latitudes extra tropicales más importantes del período 1996/97. El modelo ETA/CPTEC fue integrado en dos versiones distintas, que difieren en la resolución horizontal y en el recinto de integración: La primera (segunda) de ellas utiliza una resolución horizontal de 40 km (80 km) en latitud y longitud, dentro del recinto limitado por los paralelos 5N y 45S (15N y 60S) y los meridianos 83 y 33°W (100 y 20°W). En ambos casos la resolución vertical es de 38 niveles. El estado inicial fue tomado de los análisis del NCEP, mientras que las condiciones de borde fueron provistas a intervalos de 6 horas por el CPTEC/COLA_GCM. El plazo de pronóstico fue de 60 hs para todos los casos.

3. Invasiones de aire polar sobre latitudes tropicales.

Un compuesto realizado a partir de los reanálisis del NCEP (Fig. 1), permite señalar que la situación sinóptica que condujo a bajas temperaturas sobre el sudeste brasileño estuvo ligada al avance de un sistema frontal que arribó hasta los 15°S, y al posterior ingreso de un anticiclón frío. El movimiento de este último sistema fue favorecido por el efecto canalizador de la Cordillera de los Andes, por la presencia de una onda baroclínica de gran amplitud en la tropósfera media y alta y por el balance negativo de radiación (Fig. no incluida).

La figura 2 presenta el mapa compuesto para los mismos casos, pero calculado a partir de los pronósticos generados con el modelo ETA/CPTEC con una resolución horizontal de 40 km. Puede observarse que si bien el patrón obtenido es comparativamente más débil, el modelo logra reproducir con acierto las características fundamentales de la situación sinóptica. En especial puede advertirse el desplazamiento de un sistema frontal frío y de un anticiclón migratorio que se localiza ligeramente más al sur de la posición observada. Este hecho puede deberse en parte a la menor amplitud que presentan las ondas asociadas en la tropósfera media (Fig. no incluida) y en particular a la menor intensidad de la componente meridional del viento. El compuesto efectuado a partir de los campos previstos con menor resolución horizontal (80 km) (Fig. no mostrada) muestra que esta versión del modelo logra pronosticar con un grado de acierto muy similar las características esenciales de la evolución sinóptica. Más aún, la amplitud de las ondas en la tropósfera media y la intensidad de la componente meridional del viento resultan levemente más semejantes a los análisis del NCEP.

Las figuras 3 y 4 exhiben los errores medios de temperatura y altura geopotencial en el nivel de 850 hPa para cada una de las versiones utilizadas. A fines de comparación dichos errores fueron graficados sobre el mismo dominio (el más pequeño) y con la misma resolución horizontal (40 km). El nivel de 850 hPa fue escogido por hallarse próximo a la superficie y estar poco afectado por la topografía, excepto en la región cordillerana. Los valores obtenidos sobre la Cordillera de los Andes no deben tenerse en cuenta, pues en esa zona el nivel de 850 hPa se halla bajo la superficie terrestre. Puede comprobarse que los errores de temperatura son muy pequeños en todo el recinto de integración (líneas discontinuas) y levemente positivos sobre el este del continente, indicando que el modelo subestima ligera y sistemáticamente la temperatura en esa región. Estos desvíos tienden a aumentar hacia el sur, alcanzando su máximo sobre el borde inferior. Los errores en la altura geopotencial son también bajos y ligeramente negativos, especialmente cerca del borde sudeste, debido a una pobre representación de la cuña anticiclónica. Ese hecho resulta coherente con la mayor temperatura prevista por el modelo en el este de Sudamérica. Los errores de temperatura y altura geopotencial son comparativamente menores en la versión de 80 km. en las cercanías del borde sur. Este resultado se debe presuntamente a la diferencia en la posición de la frontera sur entre las dos versiones utilizadas. Por otra parte en la versión que utiliza una resolución de 40 km. la orografía fue removida en el borde sur por problemas numéricos en las condiciones de contorno. En contraposición en la versión con resolución de 80 km (cuyo borde está posicionado más al sur, donde las elevaciones topográficas son menores) las masas de aire frío pueden penetrar más libremente a través de los Andes.

El error cuadrático medio, que castiga especialmente los malos pronósticos puesto que eleva las diferencias al cuadrado, presenta una distribución muy semejante al desvío medio y con valores ligeramente superiores. Este hecho indica que los errores se hallan acotados para todas las situaciones analizadas. La evolución temporal de los errores cuadráticos medios de temperatura y altura geopotencial (Fig. 5) muestra un crecimiento lento con el tiempo y un valor muy inferior al error por persistencia para ambas variables.

4. Invasiones de aire tropical sobre latitudes medias.

La figura 6 presenta los mapas compuestos de 1000 hPa para las ocho situaciones convectivas seleccionadas. Puede deducirse que las situaciones elegidas estuvieron ligadas a patrones definidos de circulación sinóptica, y en particular al desplazamiento de sistemas frontales fríos. Estos sistemas frontales liberaron la inestabilidad acumulada durante los días previos, generada por la persistencia del viento norte asociado al anticiclón subtropical del Atlántico y al mayor desarrollo de la baja del Chaco. En consecuencia la actividad convectiva tuvo lugar dentro de la masa de aire cálido y húmedo que fue parcialmente elevada por la pendiente frontal. Estos frentes en promedio se movieron lentamente hacia el norte en las 12-24 hs siguientes, interceptando la masa de aire húmedo y permitiendo de esta manera el mantenimiento de la convección profunda y su desplazamiento hacia latitudes más bajas.

Los pronósticos realizados con el ETA/CPTEC fueron iniciados en todos los casos 48 horas antes del comienzo de la etapa madura de la convección organizada. En general el modelo fue capaz de reproducir las características esenciales de la situación meteorológica con buena aproximación (Fig. no incluida). En particular fue posible identificar el frente frío y la zona con fuerte predominio de viento norte, ubicada entre la Baja del Chaco y el anticiclón subtropical. El desplazamiento en las siguientes 24 horas del frente frío y de la vaguada asociada en altura, presentó una muy buena coincidencia con los reanálisis del NCEP (figuras no mostradas).

Las figuras 7 y 8 muestran los errores medios de temperatura y altura geopotencial, obtenidos para ambas versiones utilizadas al cabo de 60 horas de integración. Puede comprobarse que los errores de temperatura (líneas discontinuas) son pequeños con una distribución bastante uniforme y una leve tendencia a aumentar hacia los bordes oeste y sur. Los errores de altura geopotencial son también relativamente bajos y tienden a aumentar hacia el borde inferior del recinto. La presencia de diferencias positivas de altura geopotencial y negativas de temperatura sobre el continente, al sur de 25°S, parecen indicar una tendencia por parte del modelo a sobrestimar las irrupciones de aire frío vinculadas a los pasajes frontales. Este hecho puede deberse a que las situaciones elegidas si bien corresponden a eventos convectivos de meso escala, están conducidas por configuraciones de escala sinóptica (pasajes frontales) cuyo pronóstico parece ser sensible a las condiciones de borde. El error cuadrático medio (figura no mostrada) es bastante similar al error medio y su magnitud tiende a aumentar hacia los bordes sur y oeste para ambas variables analizadas. La evolución temporal de los errores medios y cuadráticos medios de temperatura y altura geopotencial presenta un comportamiento similar al observado en la figura 6, con errores aún menores y un crecimiento más lento.

Una comparación entre los campos de precipitación emanados del ETA/CPTEC con las imágenes de satélite y con algunos datos observados de precipitación lleva a concluir que en general el modelo pronostica con relativamente buena precisión las áreas con precipitación, aunque el grado de acierto varía de una situación a otra. La intensidad de la precipitación prevista difiere relativamente poco entre ambas versiones del modelo, que muestra una tendencia a producir montos levemente mayores cuando se utiliza una resolución horizontal de 40 km.

5. Discusión

El Modelo ETA/CPTEC logró pronosticar con muy buena precisión las 14 situaciones elegidas. La comparación entre las dos versiones del modelo empleadas llevan a concluir que los resultados son especialmente sensibles a la posición del borde sur del recinto de integración. Este hecho es totalmente coherente con la aparición de los mayores errores de temperatura y altura geopotencial en las inmediaciones del extremo sur, que son comparativamente mayores para la versión que emplea un recinto menor. Estas diferencias son más importantes en los casos de

invasiones de aire polar, pues las masas de aire frío chatas y estables penetran desde latitudes más altas y tienen una mayor interacción con la orografía. Dado que el movimiento de los sistemas baroclínicos al sur de 45°S, que influencia fuertemente las invasiones de aire polar, es informado a través de las condiciones de contorno suministradas por el COLA/CPTEC_GCM de resolución relativamente baja, es de esperar que los errores sean menores cuanto más al sur se encuentre el límite inferior del recinto de integración.

Los casos convectivos analizados también son pronosticados con buena precisión, a pesar de que ambas versiones del ETA/CPTEC presentan algunos errores significativos. Este hecho puede deberse a varios factores: 1- La situación sinóptica promedio está ligada al avance de una zona frontal desde el sur, cuyo movimiento es en gran parte informado a través de las condiciones de borde generadas por el COLA/CPTEC_GCM. 2- El esquema de parametrización de la convección incluida en el ETA/CPTEC (Betts y Miller (1984) modificada por Janjic) resulta quizás algo simplificado para un modelo que posee una resolución horizontal de 40 ou 80 km. En este sentido Kuo y Low-Nam (1990) hallaron una apreciable mejora en la simulación de 9 ciclones explosivos cuando utilizaron una parametrización explícita de la convección o un esquema de Arakawa y Schubert modificado, en reemplazo del esquema de Kuo modificado. 3- Anthes et.al. (1989) destacan que el simple aumento de la resolución horizontal no conduce a cambios fundamentales en el acierto de los pronósticos. Los autores destacan que el número de niveles y la resolución horizontal deben ser aumentados progresiva y conjuntamente para mejorar las previsiones.

Agradecimientos: Este trabajo fue solventado el CNPq, el IAI y la CEC.

6. Referencias

- Antes R.A., Kuo Y.H., Hsie E.Y., Low-Nam S., Bettge T.W., 1989: Estimation of skill and uncertainty in regional numerical models. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **115**, 763-806.
- Betts A.K., Miller M.J., 1986: A new convective adjustment scheme. Part II: Single column test using GATE wave, BOMEX, and arctic air-masses data sets. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **112**, 1306-1335.
- Kuo Y.H., Low-Nam S., 1990: Prediction on nine explosive cyclogenesis over Western Atlantic Ocean with a regional model *Mon. Wea. Rev.*, **118**, 3-25.
- Marengo J.A., Seluchi, M E. 1998: Tropical-Mid Latitude Exchange of Air Masses in South America. Part. I: Some Climatic aspects. X Congresso Brasileiro de Meteorologia /VII Congreso Latino Americano e Ibero Americano de Meteorología, Brasilia, Brasil.

7. Figuras

Figura 1: Compuesto obtenido a partir de los análisis del NCEP para los episodios fríos

Figura 2: Idem fig. 1 para los pronósticos obtenidos con el ETA/CPTEC (resolución 40 km.)

Figura 3: Error medio de altura geopotencial (líneas continuas) y temperatura (líneas discontinuas) para los pronósticos realizados con una resolución de 40 km.

Figura 4: Idem figura 3 para los pronósticos realizados con una resolución de 80 km.

Figura 5: Error medio de altura geopotencial (líneas continuas) y temperatura (líneas discontinuas) para los pronósticos realizados con una resolución de 40 km.

Figura 6: Compuesto de casos convectivos, obtenidos a partir de los análisis del NCEP

Figura 6: Errores medios de temperatura en 850 hPa (línea sólida delgada) y 500 hPa (línea gruesa) y errores cuadráticos medios de temperatura en 850 hPa (línea discontinua delgada) y 500 hPa (línea punteada) para el pronóstico de casos fríos con una resolución de 40 km. Se incluye el error por persistencia (línea gruesa a trazos con escala en la parte derecha).

Figura 8: Idem Fig. 8 para los pronósticos realizados con una resolución de 80 km.

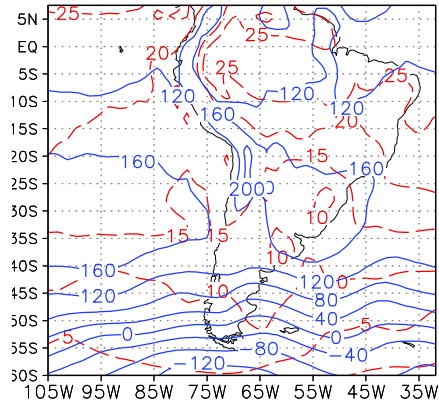


Fig. 1

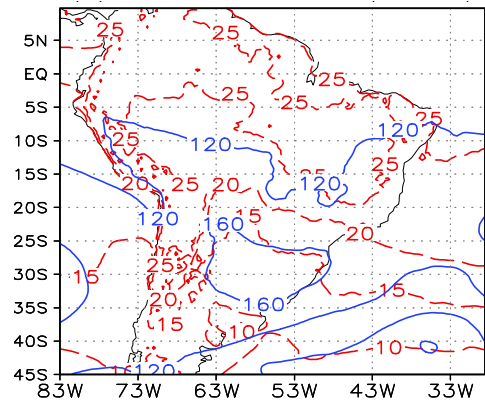


Fig. 2

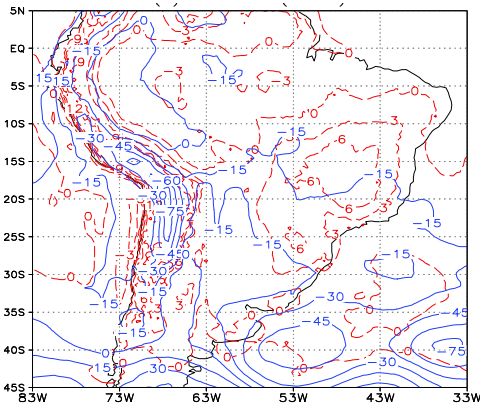


Fig. 4

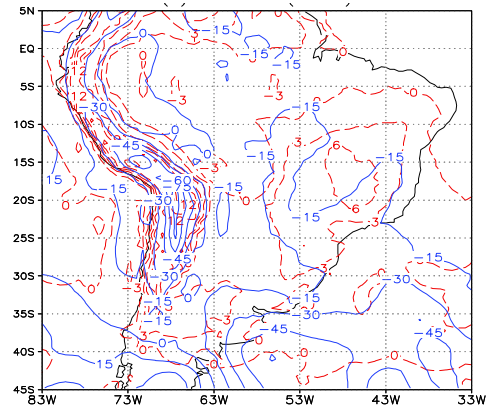


Fig. 3

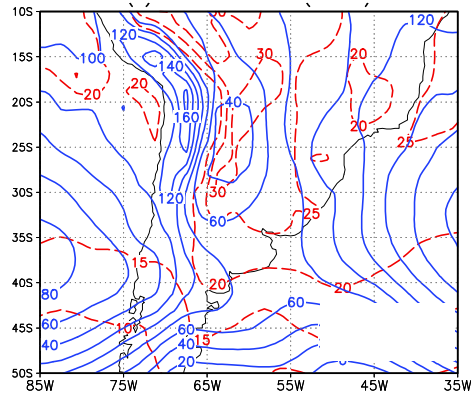


Fig. 5

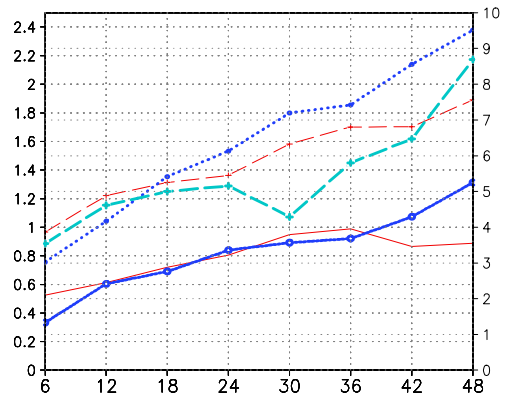


Fig. 6

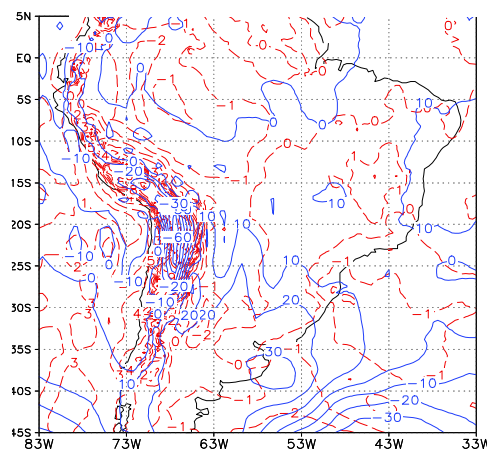


Fig. 7

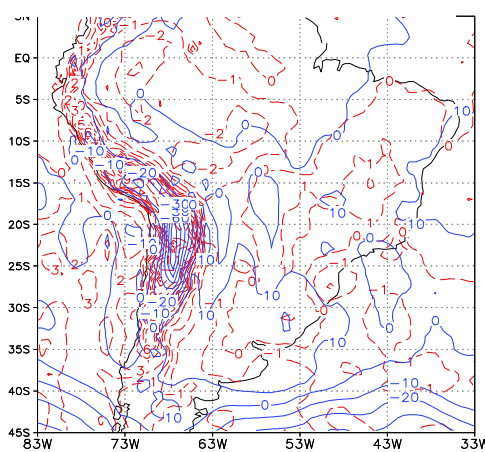


Fig. 8