

**VALIDACIÓN DE LAS ALTURAS GEOPOTENCIALES DE 1000 hPa
OBTENIDAS DEL MODELO DE DIAGNÓSTICO DEL SERVICIO
METEOROLÓGICO NACIONAL**

Rosa Hilda Compagnucci * y Diego Christian Araneo **

*** UBA/CONICET ** UBA**

Dpto. de Cs. de la Atmósfera, FCEyN. Ciudad Universitaria, Pabellón 2 - 2° Piso.

e-mail: rhc@ulises.ic.fcen.uba.ar

RESUMEN

Se realiza un análisis espacial objetivo de datos diarios de alturas geopotenciales del nivel de 1000 hPa sobre la región del Cono Sur, calculados a partir del modelo de diagnóstico del Servicio Meteorológico Nacional Argentino, correspondientes a los meses de Enero y Julio del período 1990-95; a fin de arribar a una evaluación de su confiabilidad en estudios con escala de tiempo superior a la sinóptica. Para ello se emplea el Análisis de Componentes Principales no-rotadas con matriz de entrada en modo-T, técnica que se repite para diferentes enrejados; comparando estos resultados con los obtenidos previamente por Compagnucci y Salles (1996), bajo la misma metodología, para un período distinto y con datos observados desde estaciones meteorológicas de superficie. El modelo ajusta razonablemente la configuración de los sistemas que se presentan en el área, mostrando asimismo la influencia del relieve. Sin embargo, la inclusión de la región oceánica en el análisis podría estar forzando una estructura similar a la del flujo básico, perdiéndose además la variabilidad estacional de los campos resultantes. Este comportamiento se vería reflejado en la mayor varianza explicada por el campo medio al incluir observaciones marítimas, con lo cual, las inferencias estadísticas extraídas a partir de datos del modelo deberían contemplar este hecho, que tendería a subestimar la varianza explicada por perturbaciones de mayor frecuencia.

ABSTRACT

An objective spatial analysis has been performed from 1000 hPa-geopotential heights daily data obtained from the Meteorological National Service diagnostic model output for the southern cone region and correspond to the months of January and July from the period 1990-95. It aims to evaluate the diagnostic model reliability in time scales longer than synoptic scale for future weather researches. Unrotated Principal Component Analysis with T-mode input matrix has been applied to different grid-point distributions in order to compare the results to those previously obtained by Compagnucci and Salles (1996) with the same methodology applied to observed data from surface meteorological stations though for a different period. The model reasonably fits the synoptic systems features present over the area. However, the inclusion of the oceanic region in the analysis could possibly force to a structure similar to of the resulting fields. This behavior can be observed in the major variance explained by the mean field when including sea observations. For this reason, eventual statistics inferences drawn from the diagnostic model output ought to take into consideration this fact giving that it would tend to underestimate the concomitant variance of higher frequency perturbations.

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace algunos años, los modelos numéricos de predicción han comenzado a ser empleados en el diagnóstico de las variables significativas del tiempo, con especial atención en factores tales como alturas geopotenciales, viento y temperatura, correspondientes a distintos niveles de presión. En virtud de ello, los estudios en el ámbito de la climatología-sinóptica y la climatología-dinámica del Hemisferio Sur (HS), que tradicionalmente se encontraban restringidos por la carencia de información sobre regiones oceánicas, se han visto, de esta forma, incrementados notablemente en estas dos últimas décadas gracias a la posibilidad de acceder a tales bancos de datos. Es así que se cuenta actualmente con un gran número de trabajos referidos a éstos temas, como los de Trenberth (1979); Trenberth (1980); Mo and White (1985); Trenberth and Mo (1985); Trenberth (1991); Berbery, Nogués-Paegle and Horel (1992); Berbery and Vera (1996); y muchos otros, que infieren características del comportamiento de la circulación en el HS a partir de los análisis del European Centre for Medium Range Weather Forecast (ECMWF).

La información del ECMWF fue evaluada en base a su consistencia interna por Trenberth (1992), ya que como el mismo autor mencionase, para hacer uso óptimo de ella es necesario conocer los problemas que puedan existir y los efectos que los cambios introducidos en el modelo puedan tener en el análisis. En su estudio, las secuencias diarias obtenidas a partir de estos registros mostraron algunos comportamientos no realistas de los sistemas, principalmente en el HS sobre áreas tropicales y polares.

Hoy en día, se cuenta con un archivo de datos formado por los resultados del modelo de diagnóstico del Servicio Meteorológico Nacional Argentino (SMNA), el cual reúne una vasta información que abarca el período comprendido desde el año 1990 hasta la actualidad. Este conjunto conforma un total de 800 puntos equiespaciados distribuidos sobre el sector limitado entre (7,65S ; 95,96W), (11,48S ; 41,47W), (50,61S ; 0,22E), y (34,25S ; 136,56W). Los cálculos se efectúan empleando una técnica de interpolación bilineal haciendo uso de información suministrada por estaciones meteorológicas, imágenes satelitales y datos estadísticos. De esta forma, pueden obtenerse de él, los análisis de las alturas geopotenciales correspondientes a varios niveles de presión, y otros factores de interés, en un enrejado regular que se extiende sobre la región del Cono Sur, la Península Antártica y gran parte de los océanos adyacentes.

Los campos diarios derivados de estos cómputos resultan, ante la apreciación subjetiva de los mismos, en buena conformidad con los analizados en forma manual y realizados sólo en base a datos de estaciones de observación e imágenes satelitales. Esto es, el modelo de diagnóstico constituye una herramienta sumamente provechosa y eficaz en la elaboración de estudios efectuados sobre escala sinóptica de tiempo. En consecuencia, podría esperarse a priori que sus resultados conformaran un conjunto de datos de singular importancia en lo referido a investigaciones de carácter climático-sinópticas en la región. Pero antes de su utilización en tal sentido se hace necesario comparar la información procedente del mismo,

que constituye una aproximación a la situación “real”, con aquella registrada por estaciones meteorológicas.

El objetivo principal del presente trabajo consiste en contrastar los datos del modelo de diagnóstico del SMNA con los medidos en forma directa desde estaciones de superficie, efectuando un análisis espacial objetivo de los mismos a fin de arribar a una evaluación de su confiabilidad en estudios con escala de tiempo superior a la sinóptica.

Previamente, Compagnucci y Salles (1996) (C y S) estudiaron mediante el análisis de Componentes Principales (Cps.) los campos sinópticos diarios de superficie del período 1972 a 1983; definidos en base a los registros de la presión a nivel del mar efectuados por 81 estaciones de observación distribuidas en una red irregular que abarcaba parte del territorio continental y algunos puntos de la Península Antártica y mares adyacentes.

En nuestro estudio se practica la misma metodología utilizada por C y S pero con datos provenientes del modelo de diagnóstico, con el fin de emplear los resultados obtenidos por estos autores como referencia del comportamiento de la circulación definida a partir de la información de observaciones auténticas.

2. DATOS Y METODOLOGÍA

Se analizaron las alturas geopotenciales diarias de las 1200 UTC para el nivel de 1000 hPa correspondientes a los meses de Enero y Julio del período comprendido entre los años 1990 a 1995 y 1990 a 1994 respectivamente, resultantes del modelo de

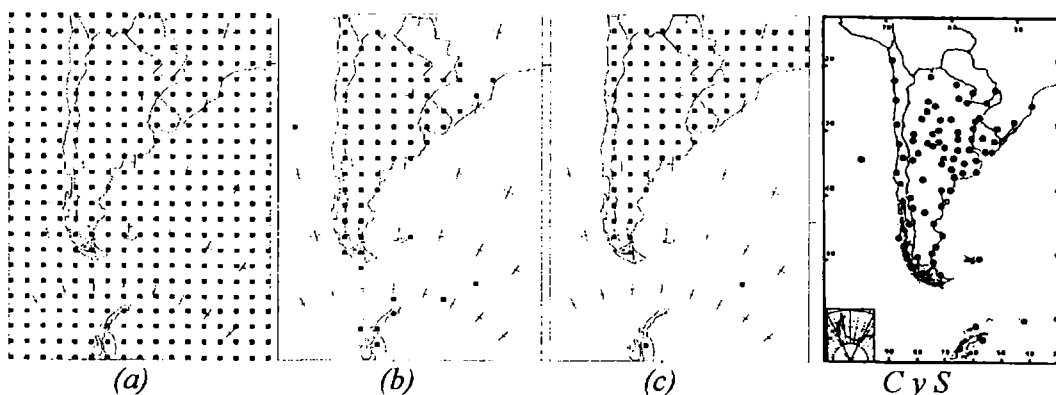


Figura 1. Esquema de los enrejados utilizados en cada experimento: (a) 391 puntos, (b) 81 puntos, (c) 99 puntos; y la red de estaciones empleada por Compagnucci y Salles (1996).

diagnóstico del SMNA. Estas muestras, que conforman un total de 173 días de Enero y 149 días de Julio, se estudiaron en forma separada a fin de encontrar, si fuere posible, variaciones estacionales entre los patrones derivados de ellas.

Como nuestro objetivo se focalizó en comparar los campos típicos obtenidos mediante el empleo de estos datos con los obtenidos por C y S en su anterior trabajo utilizando registros observacionales, hemos limitado el área total de cobertura del modelo (de 32 x 25 puntos) a un sector semejante al empleado por dichos autores. De esta forma, del enrejado original de 800 puntos, sólo hemos tomado un sector de 17 x 23 puntos (i.e.: un total de 391 datos).

Con las muestras formadas por los meses mencionados se realizaron tres experiencias: la primera analizando el total de puntos disponibles (i.e.: 391 datos, enrejado (a)); la segunda restringiendo la cantidad de puntos al total de estaciones utilizadas por C y S (i.e.: 81 datos) distribuidos de manera similar (enrejado (b)); y la tercera tomando 99 puntos esparcidos sólo sobre el área continental, un punto sobre la Península Antártica y otro cercano a las Is. Georgias del Sur (enrejado (c)). La Figura 1 muestra la red correspondiente a cada experiencia y la distribución de estaciones utilizada por C y S en su informe precedente.

Como fuera mencionado en la sección anterior, la metodología aplicada para el estudio de los campos patrones ha sido el Análisis de Componentes Principales (ACP) no rotadas con matriz de entrada en modo-T (i.e.: correlación entre las variables temporales). Para ello, se disponen los datos formando una estructura matricial en la cual cada fila corresponde a un punto del enrejado y cada columna a un día particular. O sea, recorriendo una fila obtenemos la serie temporal correspondiente al punto de enrejado que ella representa y de una columna puede obtenerse la información para conformar el mapa del día correspondiente a la misma. Llamamos a esta matriz \mathbf{X} : $m \times n$, de forma que m representa el número de puntos espaciales utilizados y n el número de días. A partir de ella se construye la matriz \mathbf{X}_s estandarizando las columnas de \mathbf{X} de modo que cada una posea media nula y varianza unitaria. En el modo-T, \mathbf{X}_s posee una matriz asociada \mathbf{R} : $n \times n$, que contiene las correlaciones entre sus columnas (variables estandarizadas), que en nuestro caso representan los días utilizados. Con \mathbf{R} se realiza el ACP mediante su diagonalización a través del cálculo de sus autovalores y autovectores correspondientes. De esta forma obtenemos tres conjuntos de números derivados del análisis:

- los autovalores λ_j , $j = 1, \dots, r$ con $r \leq \min\{m, n\}$ y la matriz diagonal \mathbf{D} : $n \times n$ formada por los autovalores de \mathbf{R} ordenados en forma decreciente;
- la matriz \mathbf{F} : $n \times n$ de factores de carga (o, en inglés, *factor loadings*), calculada como $\mathbf{F} = \mathbf{U}\mathbf{D}^{1/2}$, donde \mathbf{U} es la matriz formada por los autovectores de \mathbf{R} encolumnados según el orden de sus autovalores respectivos en la matriz \mathbf{D} , y $\mathbf{D}^{1/2}$ es la matriz cuyos elementos son las raíces cuadradas de los elementos de \mathbf{D} ;
- la matriz \mathbf{Z}_s : $m \times n$ de componentes de puntajes estandarizados (o, en inglés, *factor scores*), calculada como $\mathbf{Z}_s = \mathbf{X}_s\mathbf{U}\mathbf{D}^{-1/2}$, donde $\mathbf{D}^{-1/2}$ es la inversa de $\mathbf{D}^{1/2}$; de esta forma, la varianza de cada CP resulta unitaria.

En consecuencia, las nuevas variables estandarizadas o Componentes de Puntaje (FS) representadas por cada una de las columnas de Z_s (Componentes Principales), pueden analizarse como un mapa o patrón espacial, con una serie temporal de Factores de Carga asociada (FL), dada por cada una de las columnas de F , que representan la correlación entre las variables originales (el mapa de cada día particular) y la CP correspondiente (un mapa tipo). La suma de los cuadrados de los FL en cada columna de F es igual al autovalor respectivo.

La distribución espacial de los FS puede ser interpretada en su fase positiva o negativa, o sea, cada modelo representará dos configuraciones sinópticas distintas según el signo de los FL. Así, para FL positivos, el campo patrón correspondiente tendrá los mismos signos que los de la variable original estandarizada; y para FL negativos, estos signos serán opuestos. En otras palabras, los días en los que el FL aparezca como positivo, un FS positivo (negativo) representará alta presión (baja presión); y, contrariamente, los días en los que el FL aparezca como negativo, un FS positivo (negativo) representará baja presión (alta presión).

En virtud de lo expuesto, la razón entre la suma de los cuadrados de los FL positivos (negativos) para cada CP y la suma de los autovalores, indica la porción de varianza total acumulada por el respectivo tipo sinóptico (o su inverso, *mutatis mutandis*).

A diferencia del ACP en modo-T, utilizado en este trabajo, en el modo-S (una variante del método) la variable introducida no es temporal sino espacial. De esta manera, las componentes principales dejan de ser campos sinópticos para pasar a ser series temporales con un campo de correlaciones asociado. Este modo es inaplicable a la hora de tipificar estructuras sinópticas de presión, como mostrase Huth (1993) al probar el ACP oblicuamente rotadas para clasificar los tipos de circulación de altura sobre el continente europeo. Mayor información acerca de las diferencias y propiedades de ambos procedimientos, puede encontrarse en el trabajo de Vargas and Compagnucci (1982) en el cual se utilizó una muestra simple de modelos conocidos (plasmode meteorológico) con el fin de comprobar en qué medida los resultados obtenidos del modo-S o del modo-T permiten describir en forma más deseable las distintas características de los datos de estrada.

La formulación matemática, propiedades e información adicional sobre esta metodología puede hallarse en Green (1978), que se ha empleado como referencia.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la Figura 2 se reproducen los 5 primeros patrones encontrados por C y S en su investigación previa ordenados en forma decreciente de varianzas explicadas. En ellos pueden reconocerse las configuraciones sinópticas más frecuentes de presión de superficie sobre el área en estudio.

El modelo A está dado por la primer CP y representa la mayor porción de varianza explicada. Con altas presiones sobre la región sombreada, este modelo sinóptico distingue vien-

tos del Este al sur de 40°S con una varianza casi nula a lo largo del año, resultado que concuerda con las características climáticas conocidas ya que dicha zona se encuentra dominada por vientos del sector Oeste la mayor parte del tiempo. Por lo tanto, la primer CP tiene sólo una única configuración sinóptica reconocible con bajas presiones sobre esta fracción del mapa. Consecuentemente, pueden notarse sobre los océanos Pacífico y Atlántico, sendos centros de alta presión ajustándose a los anticiclones semipermanentes; y en Enero la aparición de un núcleo de baja presión sobre el sector noroccidental del país correspondiente a la “Depresión del NO argentino” (DNOA) estudiada por Lichtenstein (1980). Obsérvese, por otra parte, el movimiento estacional de los sistemas, los cuales acusan un desplazamiento al Norte en Julio y al Sur en Enero como era de esperarse teniendo en cuenta los forzantes astronómicos actuantes sobre la circulación global.

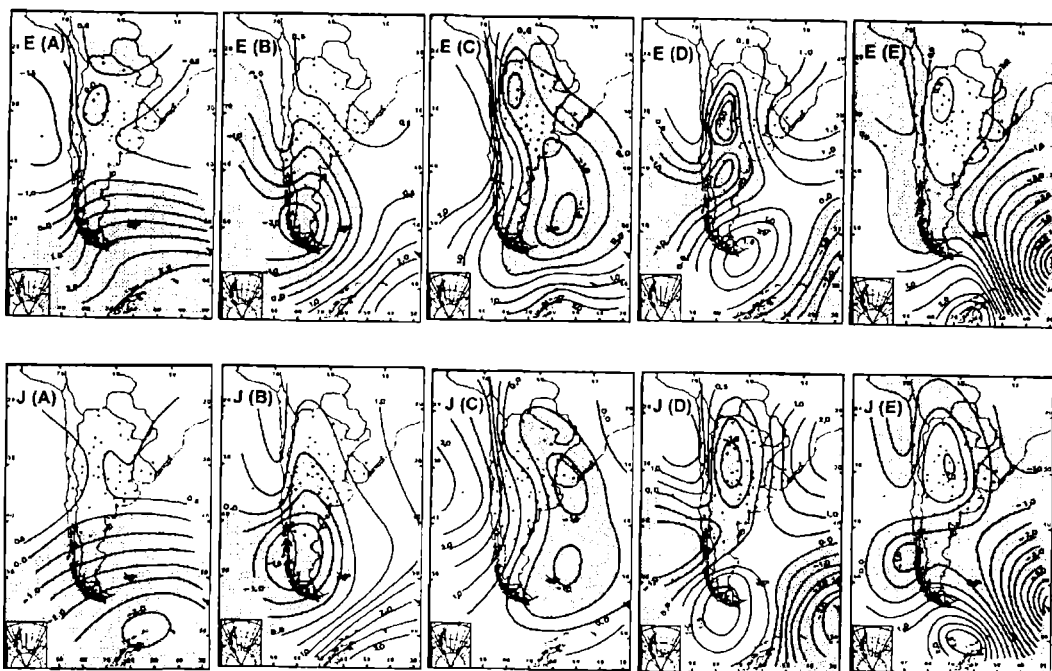


Figura 2. Reproducción de los patrones correspondientes a las primeras cinco CPs. (modelos A a E) tomados del trabajo de Compagnucci y Salles para los meses de Enero (arriba) y Julio (abajo). Las líneas se dibujan cada 0,5 unidades. Los sectores sombreados corresponden a valores negativos.

El modelo B involucra la segunda CP y representa la segunda mayor varianza explicada. Su estructura sinóptica correspondiente exhibe una perturbación con alta o baja presión al Sur continental (región sombreada). Los efectos de la Cordillera de los Andes se manifiestan sobre la misma al Norte de 38°S donde su altura supera los ~5000-6000 metros; con

una cuña, o una vaguada -según correspondiere-, sobre la región centromeridional de Chile. El núcleo de la perturbación se desplaza merionalmente situándose en $\sim 45^{\circ}\text{S}$ durante Julio y en $\sim 50^{\circ}\text{S}$ durante Enero mostrando un consecuente movimiento estacional.

El modelo C está dado por la tercer CP. Su conformación sinóptica comprende una perturbación extendida en sentido NNO-SSE con un fuerte gradiente meridional sobre la porción occidental del continente. Este sistema involucra dos núcleos acoplados: uno al NE de las Islas Malvinas, el cual permanece fijo a lo largo del año; y otro sobre el flanco noroccidental argentino en Enero, y sobre Uruguay y el Río de la Plata en Julio. Cuando esta perturbación se conforma de bajas presiones, puede ser identificada mediante un sistema frontal frío con una gran inyección de aire subpolar sobre Chile y el Oeste argentino hacia bajas latitudes. Adicionalmente, su núcleo meridional en invierno puede identificarse con la formación de una depresión sobre el Río de la Plata y Uruguay, zona ciclogénica documentada por Necco (1982a) y Gan and Rao (1991). En verano, el mencionado centro podría encontrarse relacionado con la DNOA. En su fase positiva, la zona sombreada responde a un anticiclón dinámico con fuerte flujo de aire hacia el Sur sobre el Oeste continental.

En el modelo D, la situación sinóptica con bajas presiones sobre las regiones sombreadas representa la mayor porción de varianza explicada por este patrón. De esta forma, el tipo sinóptico correspondiente muestra un sistema de baja presión sobre el NO argentino, el cual puede asociarse a la DNOA, forzado por el pasaje de un sistema frontal a través del área. Conjuntamente, éste se encuentra conectado con otras dos depresiones y una cuña en sentido SO-NE formando un collado. Compagnucci (1992) mostró que esta estructura explicaba mayor varianza durante los eventos ENSO. Su forma inversa, con altas presiones sobre la región sombreada, puede asociarse a una situación postfrontal.

La caracterización sinóptica exhibida por el modelo E, representa una perturbación madura de baja (o alta) presión en el sector SE (sombreado) con sistemas opuestos sobre el continente y la Península Antártica. Este patrón explica la menor varianza significativa de la descomposición.

3.1. Enrejado completo de 391 puntos.

Los patrones de las 5 primeras CPs. obtenidas mediante el análisis del enrejado completo de 17×23 puntos tomados del modelo de diagnóstico del SMNA se muestran en la Figura 3. Las iniciales "E" indican los correspondientes a los meses de Enero y las iniciales "J" a los de Julio, seguidas del número de CP.

En los tipos resultantes de las primeras componentes pueden reconocerse los patrones principales mostrados en el trabajo de C y S, aunque los sistemas sinópticos representados se hallan deformados y desplazados con respecto a su ubicación en este último. Además, los modelos de Julio corresponden en su orden a los obtenidos por estos autores, aunque notablemente deformados, mientras que los de Enero se reordenan de modo que el E3 se identifica con el patrón E de C y S, el E4 con el C y el E5 con el D. Este cambio de orden en las

componentes se debe a la redistribución de varianzas explicadas por cada una de ellas. La Tabla siguiente muestra estas varianzas para cada patrón en cada experimento y reproduce las halladas por C y S. Nótese el significativo aumento de la varianza correspondiente a la primer CP, al tomar el enrejado de 391 puntos, y la consecuente disminución de las restantes, produciendo un número menor de patrones significativos.

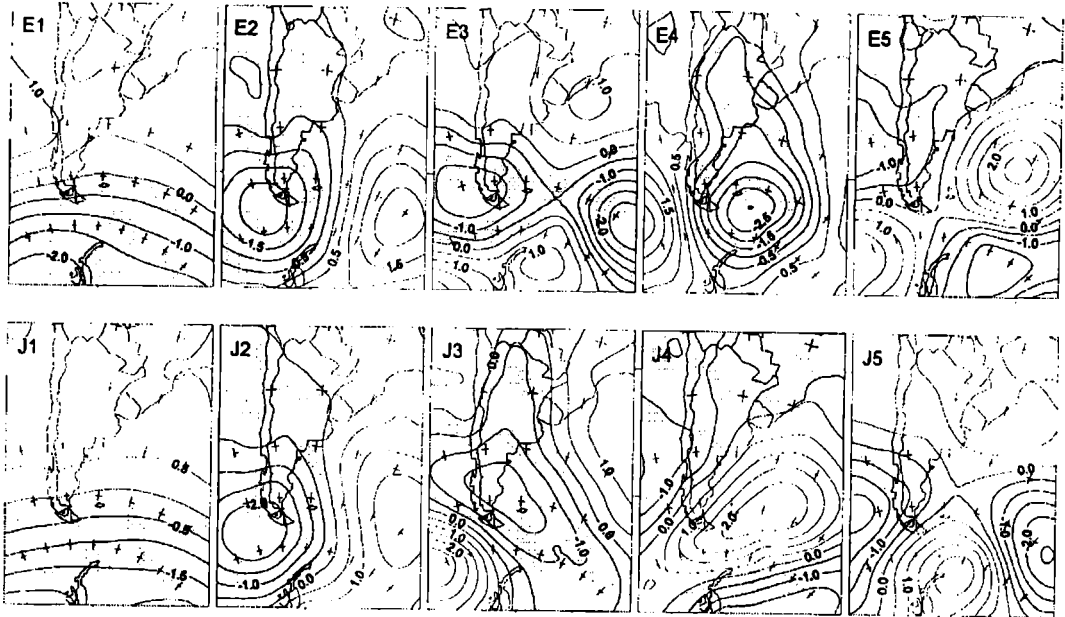


Figura 3. Patrones correspondientes a las primeras cinco CPs. obtenidos mediante el análisis de la red completa (enrejado (a) de 17×23 puntos tomados del modelo de diagnóstico del SMNA, para los meses de Enero (arriba: E1 a E5) y Julio (abajo: J1 a J5). Las líneas se dibujan cada 0,5 unidades.

Los sectores sombreados corresponden a valores negativos.

Las diferencias encontradas podrían deberse al hecho de que las muestras comparadas corresponden a períodos distintos ya que, como fuera mencionado anteriormente, C y S utilizaron datos de los años 1972 a 1983; mientras nuestro estudio se realizó con información del modelo correspondiente al período 1990-95. Sin embargo, tales disimilitudes entre ambos resultados también podrían ser debidas exclusivamente a desajustes en los cómputos del modelo de diagnóstico.

Otras diferencias notorias pueden observarse en la gráfica de los primeros patrones de la Figura 3, en las cuales los sistemas reconocidos no presentan el clásico movimiento climático estacional hacia altas latitudes en verano y bajas latitudes en invierno como lo hacían en el estudio previo de C y S. Además, algunas características climático-sinópticas de la región, tales como la depresión termo-orográfica del noroeste argentino y la ciclogénesis invernal sobre el Río de la Plata, tampoco aparecen en estos modelos. Estas características respon-

den a forzantes astronómicos y no dependen del período analizado, con lo cual la hipótesis en la que atribuimos tales diferencias al hecho de que las muestras corresponden a etapas de tiempo distintas resulta, en tal sentido, de dudosa aceptación. El modelo sería, por lo tanto, responsable de los desajustes originados sobre estas características climáticas, aunque aún no pueda atribuírsele además, alguna incumbencia con la deformación de los sistemas o el cambio de varianzas.

TABLA 1. Varianzas explicadas por cada Componente Principal para cada experimento y reproducción de las halladas por C y S en su estudio precedente.

CPs.	C y S (1996)		(a) 391 puntos		(b) 81 puntos		(c) 99 puntos	
	Enero	Julio	Enero	Julio	Enero	Julio	Enero	Julio
1	64.7	56.9	78.20	69.27	77.99	69.49	60.05	50.22
2	12.1	15.8	6.02	9.57	9.08	13.02	14.15	21.05
3	5.7	7.4	3.46	4.73	3.05	4.09	7.91	10.59
4	3.6	5.5	2.75	3.50	2.15	3.65	3.69	5.33
5	3.5	3.3	1.94	3.23	1.98	2.71	2.95	2.94

3.2. Enrejado de 81 puntos similar al utilizado por C y S.

La Figura 4 muestra los patrones correspondientes a las primeras 5 CP en las que se utilizaron puntos del enrejado del modelo simulando la distribución de estaciones del trabajo de C y S. La forma de los sistemas sinópticos reconocidos en cada tipo cambia notablemente con respecto a nuestra experiencia anterior semejándose mucho más a los encontrados por C y S en su análisis previo. Este resultado aclara, en primera instancia, la hipótesis formulada anteriormente en la cual se atribuía al modelo la deformación de los sistemas.

Por otra parte, podemos en este caso observar el mismo desplazamiento estacional de las perturbaciones hallado por C y S y citado en la bibliografía climatológica clásica.

Tales características (i.e.: la forma de los sistemas representados y su desplazamiento estacional) dependen, en consecuencia, de los puntos del modelo que son tomados para el análisis. En tal sentido, el modelo ajustaría los rasgos sinópticos encontrados al emplear estaciones de observación auténticas casi perfectamente, si sólo fueren tomados aquellos puntos que mantienen una distribución similar a la red de observación (i.e.: eliminando los puntos sobre las regiones en las cuales el modelo no recibe información de estaciones reales).

No obstante, las varianzas explicadas por cada CP casi no acusan variación alguna respecto de nuestra experiencia anterior y aún continúan sobrestimando la correspondiente al primer patrón y subestimando las restantes con referencia a las halladas por C y S (ver Tabla). Esta situación es responsable del cambio de orden de

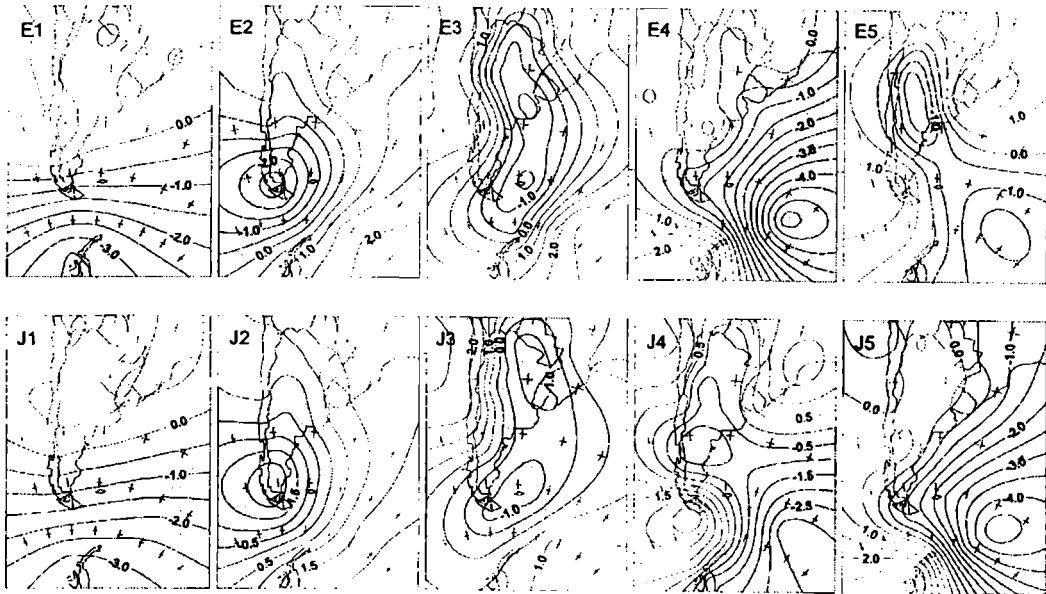


Figura 5. Ídem Fig. 3 pero para la red correspondiente al enrejado (c) de 99 puntos tomados mayoritariamente sobre el sector continental.

En este caso, la particularidad más destacada responde al hecho de que los modelos respectivos mantienen el mismo orden que en el trabajo de C y S. Esta característica, no encontrada en nuestras pruebas anteriores, se debe a la similitud entre las varianzas correspondientes a cada CP en este caso y las mostradas por C y S en su análisis (ver Tabla). En consecuencia, podríamos, a priori, poner en duda la hipótesis de que las diferencias entre las varianzas para nuestros dos primeros ensayos y las calculadas por C y S responden al hecho de que las muestras corresponden a períodos distintos. Tales disimilitudes, por lo tanto, podrían obedecer a la forma en que fueron tomados los puntos del enrejado para el análisis respectivo.

La Figura 6 muestra la gráfica de las series temporales de los FL durante los Eneiros y Julios, para cada una de nuestras tres experiencias, correspondientes a la primer CP (i.e.: la correlación existente entre el mapa de cada día y el del primer modelo).

En ambos casos es notorio el dominio casi constante de la primer componente al tomar el enrejado completo, sobre los otros dos ensayos en los que sólo eran tomados algunos puntos. Conjuntamente, las menores correlaciones en casi todo momento corresponden al caso en que sólo se tomaron puntos distribuidos sobre dominios mayormente continentales eliminando casi todos los “puntos marítimos” del enrejado.

Consecuentemente, parecería ser que el flujo básico, representado por esta componen-

te, esta siendo forzado casi constantemente (i.e.: día a día), al incluir todos los puntos del enrejado, pero su influencia disminuye gradualmente al eliminar información correspondiente a regiones oceánicas.

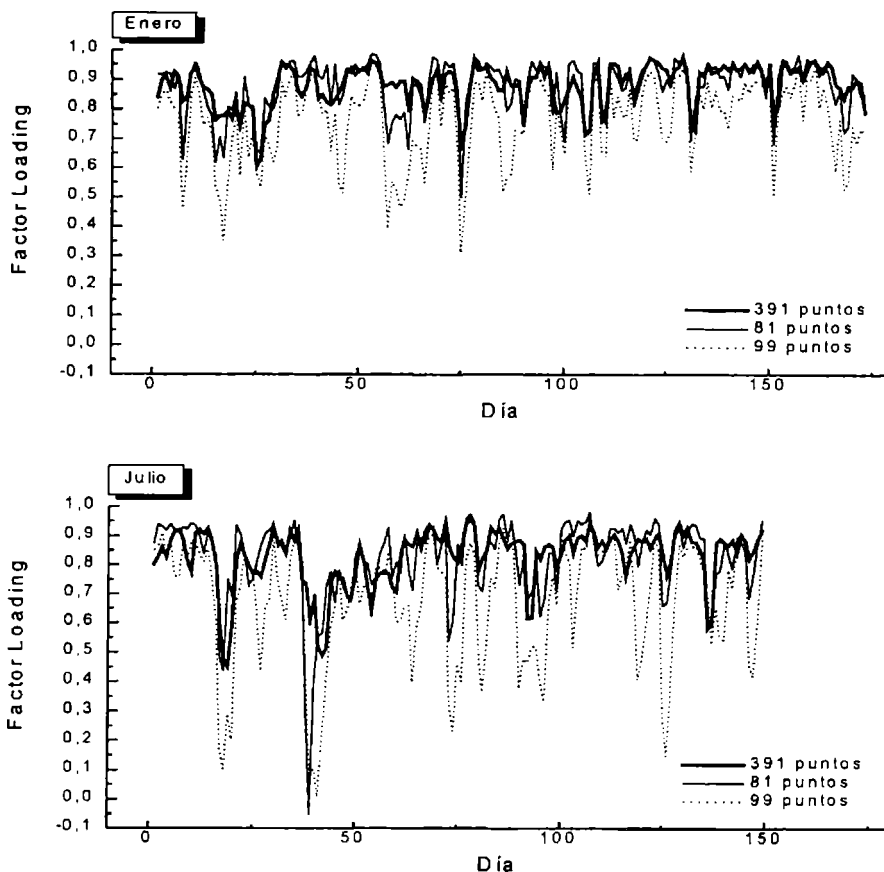


Figura 6. Gráfica de las series temporales de los FL durante los Eneiros (arriba) y Julios (abajo), para las tres experiencias: (a) 391 datos (línea gruesa), (b) 81 datos (línea fina) y (c) 99 datos (línea cortada), correspondientes a la primer CP.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los datos del modelo de diagnóstico para 1000 hPa ajustan razonablemente a la configuración de los sistemas que se presentan en el área, mostrando asimismo la influencia del relieve. La variabilidad de su frecuencia se ve parcialmente reflejada en los cambios de las varianzas. Es de esperar que los datos del modelo para niveles superiores ajusten aún mejor a las situaciones reales ya que con la altura progresivamente van desapareciendo las posi-

bles perturbaciones ocasionadas por una modelización orográfica no totalmente realista.

Los modelos resultantes del ACP cuya forma se ajusta mejor a los rasgos climático-sinópticos característicos de la región, observados desde estaciones auténticas, corresponden al caso en el cual se emplearon sólo los puntos del modelo distribuidos sobre un área semejante al de la red de observaciones utilizada por C y S (i.e.: el enrejado de 81 puntos correspondiente a nuestra experiencia (*b*)). Al incluir datos del modelo de diagnóstico sobre zonas marítimas los patrones cambian, deformando aún los sistemas ubicados sobre regiones continentales.

Las varianzas explicadas acusan notoria dependencia con las dimensiones del área bajo estudio como encontraran previamente Yarnal y White (1987) al emplear la técnica de correlación de Kirchhofer para clasificar campos diarios de presión a nivel del mar sobre un sector de los Estados Unidos. La forma de los sistemas representados por las CPs. también se ven afectados aunque en menor medida.

Previamente C. E. Buell (1975), utilizando funciones matemáticas de relativamente poca complejidad para dar valor a los puntos de enrejado en un sector y empleando el modo-S de análisis, observó grandes cambios en los patrones de correlación (Factor Loadings) al cambiar el tamaño del área. Posteriormente Legates (1993) sostuvo que los efectos de las dimensiones del dominio no son relevantes en los resultados del modo-S. Tal contradicción había sido dirimida por Compagnucci y Ruiz (1992) quienes encontraron que el modo-S es mucho más sensible que el modo-T a cambios en el tamaño del área a través de su equivalente: el aumento en la densidad de puntos de enrejado para un sector del mismo. Los resultados del presente estudio muestran, sin embargo, dependencia evidente en el modo-T con tales variaciones en la extensión de las regiones cubiertas por puntos de la red de datos. O sea, cuando 81 puntos se esparcen no sólo sobre el continente sino también sobre áreas oceánicas, las varianzas explicadas por los modelos dados por las CPs. difieren del caso en que se considera una similar cantidad de puntos (99), pero esparcidos mayoritariamente sobre el sector continental.

Este efecto, más que ser producto de la dependencia de los resultados en el modo-T con la extensión del área bajo estudio, sería causado por la inclusión de la región oceánica, sobre la cual, el resultado del diagnóstico dado por el modelo estaría “forzando” una estructura similar a la del flujo básico.

Tal hipótesis se ve confirmada por el aumento de la varianza explicada por la primer CP que representa dicha configuración, cuando se agregan puntos sobre zonas marítimas. Conjuntamente, el cambio de área (como superficie cubierta y cantidad de datos) entre las redes de 391 y 81 puntos es mucho mayor que entre las redes de 81 y 99 puntos; sin embargo en el primer caso las varianzas explicadas, sobre todo por la primer CP, son comparables, mientras que en el segundo caso las diferencias entre estos parámetros son notorias. Este efecto continúa indicando que la presencia de datos sobre la región marítima, con el input del “forzado hacia el flujo básico” debido a la falta de información “auténtica” o de estaciones meteorológicas, es la que produce el sesgo en los resultados hacia esta situación con respec-

to a los obtenidos por C y S.

Las derivaciones obtenidas mediante el examen de las series temporales de los FL (autovectores normalizados por varianzas), confirman la hipótesis. El modelo de diagnóstico utiliza la información climática (flujo básico de superficie) para corregir la extrapolación en puntos de enrejado. Como consecuencia se enmascaran las perturbaciones transitorias, apareciendo como menos importantes.

Las varianzas, al utilizar los datos del modelo, serán útiles para comparaciones entre períodos como diferencias relativas, pero se debe considerar que la frecuencia de las perturbaciones representadas por los modelos dados por las CPs. de orden igual o superior a la segunda, se encuentran subestimadas como consecuencia de lo expuesto anteriormente. A su vez, los patrones descubiertos sobre sectores continentales serán un reflejo suficientemente ajustado a las condiciones generales.

Agradecimientos

A las autoridades del Servicio Meteorológico Nacional Argentino (FAA) por facilitar los datos para la realización del presente estudio. A Eduardo Agosta por su colaboración técnica. Este trabajo ha contado con apoyo del subsidio correspondiente al proyecto EX058 de la UBA.

REFERENCIAS

- Berbery E. H., Nogués-Paegle J. and Horell J. D., 1992. Wavelike Southern Hemisphere extratropical teleconnections. *Journal of the Atmospheric Sciences*, vol. 49, 155-177; corrigendum, vol. 49, 2347.
- Berbery E. H. and Vera C., 1996. Characteristics of the Southern Hemisphere Winter Storm Track with filtered and unfiltered data. *Journal of the Atmospheric Sciences*, vol. 53, 468-481.
- Buell, C. E., 1975. The topography of the empirical orthogonal functions. Preprints Fourth Conf. on Prob. and Stats. in Atmos. Sci., Tallahassee, Fl., Am. Met. Soc., 188-193.
- Compagnucci, R. H. and Ruiz, N. E., 1992. On the interpretation of Principal Component Analysis as applied to meteorological data. *Proceedings Fifth International Meeting on Statistical Climatology*, 22-26 June 1992, Toronto, Atmospheric Environmental Service of Canada, pp. 241-244.
- Compagnucci, R. H., 1992. Are southern South American winters circulations normal during ENSO events, in Ortlieb, L. and Macharé, J. (eds). *Proceedings Paleo ENSO Records International Symposium*, Lima, ORSTOM-CONCYTE, pp. 41-46.
- Compagnucci, R. H. and Salles, M. A., 1996. Surface pressure patterns during the year over Southern South America. *International Journal of Climatology*, vol. 17, 635-653.
- Gan, M. A. and Rao V. B., 1991. Surface cyclogenesis over South America. *Monthly Weather Review*, vol. 119, 1293-1302.
- Green, P. E., 1978. *Analyzing multivariate data*. The Dryden Press, Illinois, USA. pp. 519.
- Huth, R., 1993. An example of using obliquely rotated principal components to detect circulation types over Europe. *Meteorol. Zeitschrift*, N. F. 2, 285-293.
- Legates, D. R., 1993. The effect of domain shape on principal components analyses: A reply. *International*

Rosa H. Compagnucci y Diego C. Araneo

Journal of Climatology, vol. 13, 219-228.

Lichtenstein, E. R., 1980. La depresión del Noroeste argentino. Tesis Doctoral, UBA, 120 pp.

Mo, K. C. and White, G. H., 1985. Teleconnections in the Southern Hemisphere. Monthly Weather Review, vol. 113, 22-37.

Necco, G. V., 1982a. Comportamiento de Vórtices Ciclónicos en el Área Sudamericana durante el FGGE: Ciclogénesis. Meteorológica, vol. 13, N°1, 7-19.

Trenberth, K. E., 1979. Interannual variability of the 500 mb zonal mean flow in the Southern Hemisphere. Monthly Weather Review, vol. 104, 1515-1524.

Trenberth, K. E., 1980. Planetary waves at 500 mb in the Southern Hemisphere. Monthly Weather Review, vol. 108, 1378-1389.

Trenberth, K. E. and Mo, K. C., 1985. Blocking in the Southern Hemisphere. Monthly Weather Review, vol. 113, 3-21.

Trenberth, K. E., 1991. Storm Tracks in the Southern Hemisphere. Journal of the Atmospheric Sciences, vol. 48, N° 19, 2159-2178.

Trenberth, K. E., 1992. Global analysis from ECMWF and Atlas of 1000 to 10 mb circulation statistics. NCAR Tech. Note NCAR/TN-373+STR, 191 pp.

Vargas, W. y Compagnucci, R. H., 1982. Factibilidad de Análisis de Campos de Presión en América del Sur mediante el uso de Autovectores y Autovalores, Parte I: Estudio de sensibilidad mediante muestra simulada. Cuarto Congreso de Meteorología, 13-17 de Sep. Buenos Aires, Argentina.

Yarnal, B. and White, D. A., 1987. Subjectivity in a computer-assisted synoptic climatology I: Classification results. International Journal of Climatology, vol. 7, 119-128.