

PROCESOS ATMOSFERICOS/OCEANICOS DE BAJA FRECUENCIA SOBRE LA CUENCA SUDOESTE DEL ATLANTICO SUR Y LA VARIABILIDAD DE LA PRECIPITACION EN EL CENTRO-OESTE DE ARGENTINA

Eduardo Andres Agosta¹ y Rosa Hilda Compagnucci²

¹Programa de Estudio de Procesos Atmosféricos para el Cambio Global, UCA / CONICET;
corre-e: agosta@at.fcen.uba.ar

²Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, FCEyN, UBA y CONICET

RESUMEN

La variabilidad de la precipitación en distintas escalas sobre Argentina subtropical puede ser vinculada a las condiciones de la temperatura superficial del mar (TSM) en el Atlántico Sur (Venegas *et al.*, 1998, Robertson y Mechoso 1998, Doyle y Barros 2002). Particularmente, la precipitación estival en el Centro-Oeste de Argentina (COA) presenta también vinculación con las TSMs en latitudes medias en el sector sudoeste del Atlántico Sur (Compagnucci y Agosta 2006). Las variaciones en la TSM sobre esta área oceánica está modulada por el flujo de masa de aire en superficie en torno a 40°S (Wainer y Venegas 2002). Por tanto el objetivo de este trabajo es estudiar los procesos en baja frecuencia del sistema atmósfera/océano sobre el sector sudoeste del Atlántico Sur que se asocian a la precipitación estival del COA.

Los resultados muestran que la circulación de la atmósfera tiene un centro de acción sobre el sudoeste del Atlántico Sur, en torno a 45°S-60°O, durante gran parte del siglo XX, que modula las fluctuaciones interanuales a multidecádicas (cuasi-ciclo de 18 años) de la precipitación en el COA, estudiadas por Compagnucci *et al.* (2002). Este centro de acción de la atmósfera es el forzante común para la precipitación y la TSM sobre el sector sudoeste del Atlántico Sur.

Palabra claves: Cambio climático- precipitación- transición 1976/77-teleconexión

ABSTRACT

Some authors find that the precipitation variability at diverse scales over subtropical Argentina can be linked to sea surface temperature (SST) conditions of the South Atlantic (Venegas *et al.*, 1998, Robertson and Mechoso 1998, Doyle and Barros 2002). Particularly, summer precipitation in Central-West Argentina (CWA) shows relationship with the SSTs at mid-latitudes over southwestern South Atlantic (Compagnucci and Agosta 2006). SSTs variations over that oceanic area are modulated by surface air mass flow around 40°S (Wainer and Venegas 2002). Therefore, the objective of this work is to study low-frequency processes in the atmosphere/ocean system over southwestern South Atlantic associated with summer precipitation in CWA. Results show that the atmospheric circulation has a center of action over southwestern South Atlantic around 45°S/60°W, associated with precipitation during the whole 20th century that modules the quasi-18-year oscillation of CWA precipitation (Compagnucci *et al.*, 2002). This

center of action is the common forcing between precipitation and the SST conditions over southwestern South Atlantic.

Key words: Climate change - precipitation- transition 1976/77- teleconnections

INTRODUCCION

Es bien conocido que el sistema acoplado atmósfera-océano muestra una interrelación substancial en la interfase mediante la transferencia de flujos de momento y calor. Debido a la menor inercia de la atmósfera, ligeras variaciones/perturbaciones de largo plazo de las propiedades físicas de la superficie del mar, tales como la temperatura superficial del mar (TSM) pueden influenciar el comportamiento de la atmósfera en un vasto espectro temporal y viceversa. Es por ello que una fuente importante y atribuible de variabilidad en baja frecuencia de la precipitación en Sudamérica es las variaciones de la TSM del Atlántico Sur, además de las del Pacífico.

Trabajos previos de Agosta *et al.* (1999) y Compagnucci *et al.* (2002) muestran que la precipitación de verano en el Centro-Oeste de Argentina (aproximadamente entre 29°-36°S y 65°-70°W), sobre las planicies inmediatamente al este de los Andes subtropicales, presentan variaciones cuasi-periódicas significativas en escala intradecádica a multidecádica a lo largo del siglo veinte. En baja frecuencia, la cuasi-oscilación de 18 años modula los ciclos de precipitación en períodos seco/húmedo alternantes de aproximadamente 9 años de duración cada uno hasta mediados de los 1970s (Compagnucci *et al.*, 2002). La transición climática del verano 1976/77 ampliamente estudiada (IPCC 2001, Huang *et al.*, 2005) afecta la precipitación de verano interfiriendo sobre el cuasi-ciclo bidecádico. Desde entonces se produce un evento prolongado húmedo, iniciado en 1973 hasta comienzos del 2000s, dando en 30 años, 20 veranos con

valores por encima del promedio regional (Agosta y Compagnucci 2006a). La transición climática 1976/77 está asociada a un calentamiento en las condiciones medias en las TSMs del Pacífico ecuatorial central, sin embargo, según Compagnucci y Agosta (2006) la modulación cuasi-bidecádica y la variabilidad interanual de la precipitación en el COA es independiente de las fluctuaciones en baja frecuencia de la Pacífico ecuatorial. En ese trabajo se encuentra que una fuente de variabilidad en baja frecuencia de la precipitación puede ser la TSM en el sudoeste del Atlántico Sur y la circulación de la atmósfera en latitudes medias.

En consecuencia, el objetivo de esta investigación es estudiar los procesos en baja frecuencia del sistema atmósfera/océano sobre el sector sudoeste del Atlántico Sur que se asocian a la precipitación estival en COA. Se pretende, a su vez, cooperar en la comprensión de los efectos causados por la transición climática de 1976/77 sobre la circulación atmosférica en la región del como sur de Sudamérica como aporte al problema del cambio global.

DATOS Y METODOLOGIA

La circulación atmosférica se estudia utilizando como dato la presión a nivel medio del mar global reconstruida e interpolada en 5°x5° por el Hadley Centre para el período 1901-1998 (versión HadSLP1, actualización de la versión GMSLP). Además, se usan datos de altura geopotencial 850 hPa y flujo de momento zonal del NCEP/NCAR para el período 1958-2004. Los datos de precipitación regional consisten en totales mensuales provenientes de 9 estaciones meteorológicas

en el COA del Servicio Meteorológico Nacional (Fig. 1) para el período 1901-2004. La información se usa para estimar el índice de precipitación regional de verano (octubre a marzo), diseñado por Agosta y otros (1999), el cual captura la variabilidad interanual a multidecádica de la precipitación en COA. El índice se estima como el cociente porcentual entre el total estival (suma de octubre a marzo) de la precipitación y la media en cada estación, promediado sobre todas las estaciones (Agosta y Compagnucci 2006). Valores positivos (negativos) del índice denotan verano húmedo (seco) en el COA. Los datos de TSM se obtienen de la base del NCEP/NCAR en $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$ lat-lon para el período 1949-2004 (www.cdc.noaa.gov); de la base del Hadley Centre en mayor resolución, $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ lat-lon, para el período 1903-1994 (Global SSTs version 2.2.) y de la base Kaplan SST V2 en el período

1950-2004 resolución $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ (NOAA, www.cdc.noaa.gov).

Como métodos de análisis, se calcula la función de correlación del primer momento de Pearson suavizado gaussiano de 9 términos y el cálculo de espectros a partir de la función de autocorrelación (Hoel 1964).

RESULTADOS

El campo de correlación entre la TSM global y la precipitación en el COA, capturado por el índice regional, muestra que una de las áreas de mayor correlación es el sector sudoeste del Atlántico Sur (TSM SO) para el período 1903-1994 (Fig. 2). En Compagnucci y Agosta (2006) se muestra que ésta es el área de TSM con mayor varianza explicada de la precipitación en COA para el período 1950-

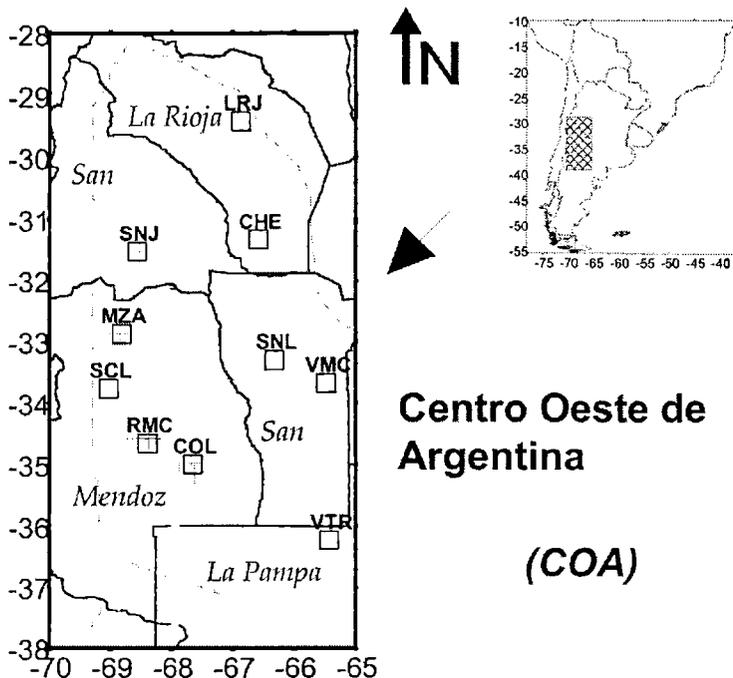


Figura 1. Ubicación de las estaciones meteorológicas en la Región Centro Oeste de Argentina, entre 29° - 36° S y 65° - 70° W en provincias de La Rioja, San Juan, San Luis, Mendoza y noroeste de La Pampa.

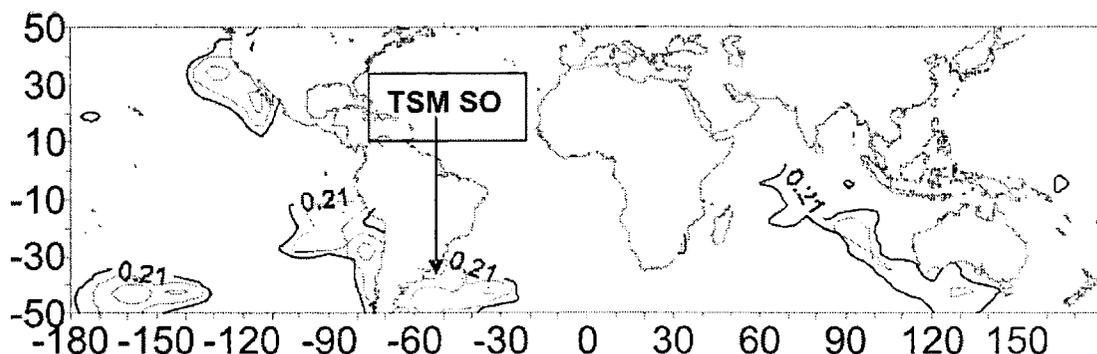


Figura 2. Áreas de correlación significativa para el intervalo de confianza de 95% entre la precipitación estival en el COA y la TSM (Hadley Center) en el período 1904-1994. TSM SO: ubicación de la serie promedio areal de TSM en 30°-40°S y desde la costa de SA hasta 40°W.

2004. El sector TSM SO coincide con la zona de confluencia/interacción entre las corrientes opuestas del Brasil y de Malvinas (CCBM) que fuertemente determina los cambios en la circulación oceánica y los patrones de TSM del Atlántico Sur desde la escala subestacional a la multidecádica (Wainer *et al.*, 2000). Robertson y Mechoso (2000) han sugerido que las anomalías de TSM asociadas con cambios interanuales de la Zona de Convergencia de Sudamérica (SACZ en inglés) podrían estar relacionadas con la variabilidad de la posición de la CCBM.

A partir de observaciones y modelos se encuentra que variaciones del viento sobre la cuenca sudoeste del Atlántico Sur causan modificaciones en el transporte de masa oceánica de las corrientes de Malvinas y de Brasil y en la TSM subtropical, con implicancias climáticas en la distribución de precipitación en Sudamérica. En escala interanual a multidecádica (20-40 años), la posición norte-sur de la CCBM está controlada por la intensidad de la corriente de Malvinas que a su vez está conducida por los cambios en la circulación atmosférica de superficie en torno a 40°S. En consecuencia, la variabilidad multidecádica del Atlántico Sur podría ser parte

de un modo de oscilación atmosférica de escala hemisférica o global y no por el ancho de la cuenca, como es en el caso del Atlántico Norte (Reason 2000, Wainer y Venegas 2002). Bajo estos resultados puede suponerse que las variaciones de la TSM sobre el área sudoeste del Atlántico Sur (TSM SO) que tiene relación con las variaciones de precipitación en el COA, están estrechamente relacionadas a las variaciones de la circulación atmosférica sobre dicha área al menos hasta el período previo a 1977. Es decir, la circulación de la atmósfera en esas latitudes sería el forzante en baja frecuencia tanto para la TSM como para la precipitación en el COA hasta antes de la transición climática 1976/77.

Utilizando la datos reconstruidos de presión a nivel del mar en 5°x5° lat-lon del Hadley Centre, es posible ver, efectivamente, que la precipitación en el COA está relacionada significativamente en forma directa con la presión de la atmósfera en la cuenca sudoeste del Atlántico Sur (valores $r > 0.50$) en el período 1901-1977 (Fig. 3). Esto es consistente con los resultados obtenidos por Agosta y Compagnucci (2006a, 2006b) con datos de variables atmosféricas del NCEP/NCAR a partir de 1958. Ellos muestran que la

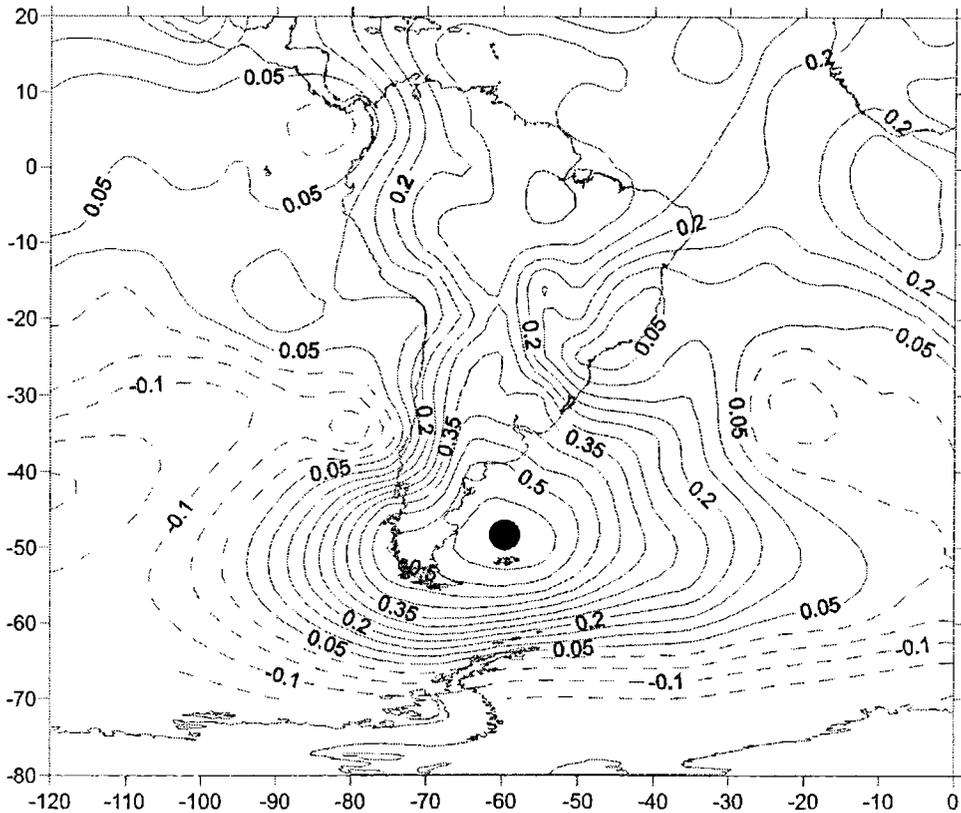


Figura 3. Correlación ente la precipitación en el COA y la presión a nivel del mar reconstruida en 5°x5° lat-lon de Hadley Centre en el período 1901-1977. Punto negro: ubicación de la serie de presión utilizada para analizar (PRES, 50°S-60°W).

precipitación en el COA antes de la transición climática de 1976/77, se conecta con la variabilidad de la circulación de la atmósfera de latitudes medias y tiene como principal centro de acción una circulación prevaleciente anticiclónica (cyclónica) sobre el Mar Argentino durante un verano húmedo (seco) de similar estructura espacial al mostrado en la Figura 3. De esta manera es posible extender estos resultados hasta al menos comienzos de siglo XX.

El análisis espectral de la presión a nivel del mar sobre un área en el sudoeste del Atlántico Sur (PRES: serie de presión a nivel del mar centrada en 50°S/60°S donde es máxima correlación) y de la TSM (TSM SO:

serie de TSM promediada sobre el área 30-40°S y desde la costa de SA hasta 40°W, donde es máxima la correlación), muestra la existencia de cuasi-ciclos en la banda de 16-20 años para ambas series al igual que la precipitación en el COA (Fig. 4). Para evaluar la significancia de los espectros, se utiliza en continuo nulo de ruido blanco puesto que la variabilidad interanual no es de esperar que tenga “memoria” sino que se contraste con procesos aleatorios (aunque aplicando el criterio del coeficiente de correlación para lag=1 sugerido por Jenkins y Watts (1968), para el espectro de COA y de TSM SO correspondería un ruido rojo, y para el de PRES, un ruido blanco).

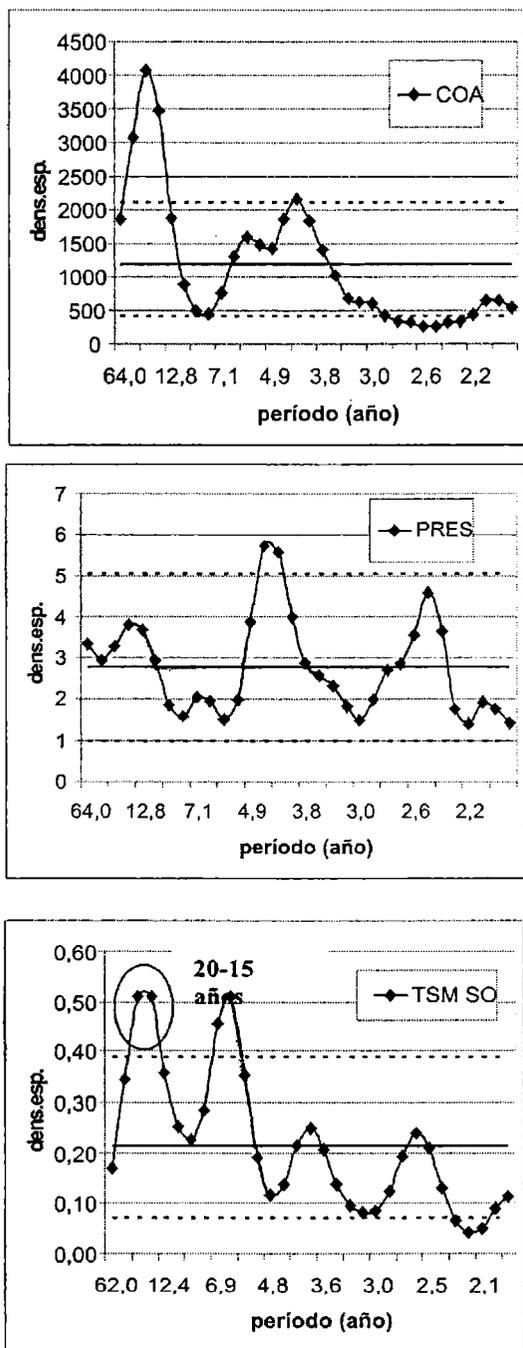


Figura 4. Espectros de las series de precipitación en el COA (COA), la presión en 50°S-60°W (PRES), (N=98, Lag=32), y la TSM en 30°-40°S y desde la costa de SA hasta 40°W (TSM SO), (N=94, Lag=31). Límites superior e inferior de confianza ($\alpha=0,10$) respecto de continuo nulo de ruido blanco. *Dens. Esp.*: densidad espectral.

La presencia de tales señales en las bandas espectrales de baja frecuencia, sugiere aplicar un suavizado gaussiano de 9 términos a las series de TSM SO, de precipitación en el COA y de PRES, a fin de ver en baja frecuencia (ondas >10 años) los períodos en que el comportamiento es coherente en fase entre las variables. La presión en 50°S/60°W y la precipitación en el COA tienen coherencia desde comienzos de la década de 1920 hasta fines de 1970 (Fig. 5.a). La presión en 50°S-60°O y la TSM SO tienen coherencia a partir de mediados de 1930 y se mantiene hasta fines de la década de 1970. La precipitación en COA y la TSM SO tienen coherencia en todo el registro salvo en el período desde 1910 a 1930, aproximadamente. Notoriamente la presión en 50°S/60°W está montada sobre una tendencia positiva desde la década de 1930 la cual parece dar cuenta de la tendencia observada en la TSM SO. La pérdida de coherencia con la precipitación al comienzo del siglo, tanto para la TSM como para la presión, podría ser atribuible a la calidad del dato reconstruido para estas últimas variables.

Utilizando datos del NCEP/NCAR desde el verano 1958/59, Agosta y Compagnucci (2006a, 2006b) muestran que la circulación atmosférica hemisférica y regional ha experimentado profundos cambios a mediados de 1970s, afectando particularmente el flanco occidental del Anticiclón del Atlántico Sur y el flujo de los oestes en latitudes medias con consecuencias significativas para la precipitación en el COA y el resto de Argentina subtropical. Estos cambios en la circulación atmosférica, que corresponden al desacople de finales del siglo XX de la atmósfera en torno a 50°/60°W con el océano en latitudes medias y con la precipitación en COA (Fig. 5), podrían estar produciendo cambios en la TSM en el sudoeste del Atlántico Sur y consecuente variaciones de la posición de la CCBM en los alrededores de SA en vinculación con el

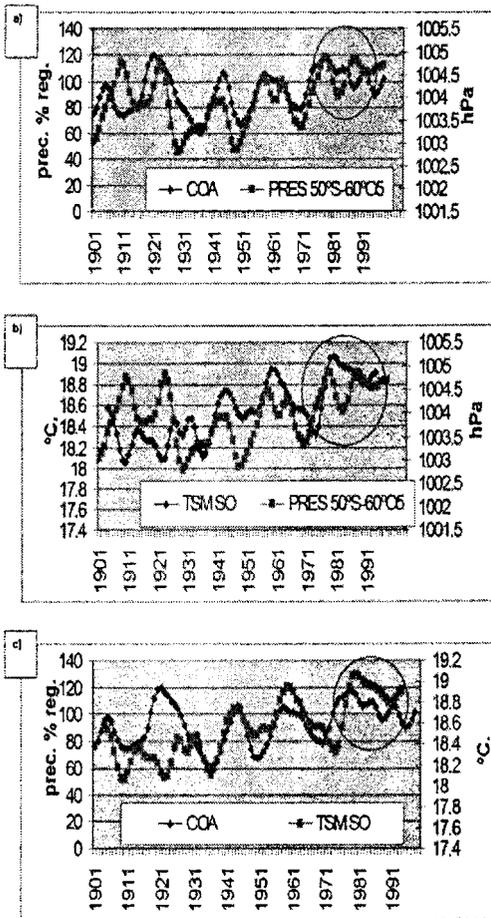


Figura 5. a) Series suavizadas con filtro de 9 términos (ondas >10 años) de presión en 50°S-60°S (PRES) y de precipitación estival en el COA. b) Idem PRES y TSM en el sudoeste del Atlántico (TSM SO= 30°-40°S y desde la costa de SA hasta 40°W). c) Ídem para TSM SO y precipitación en COA. En círculo: regiones de desacople de las series. Prec. % reg. : Precipitación porcentual regional.

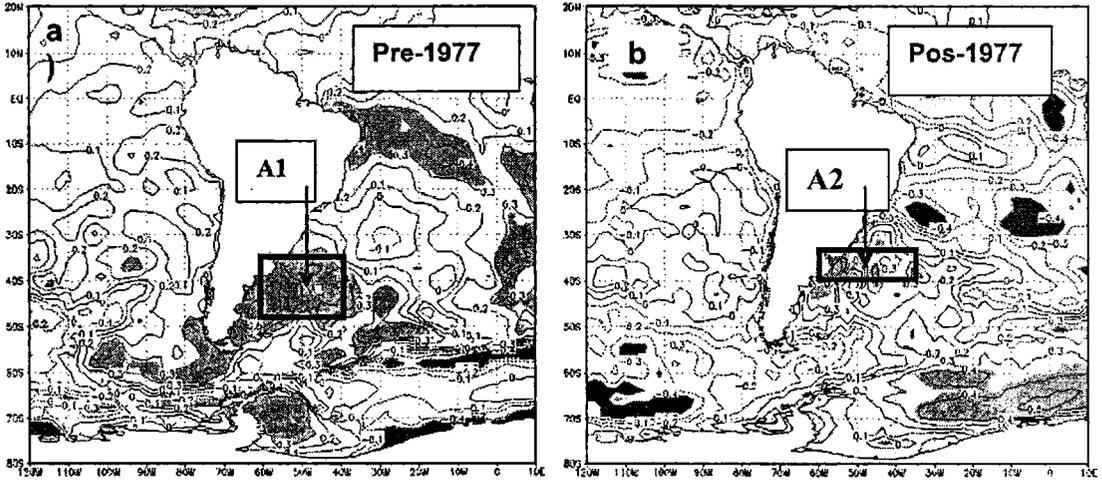
cambio del verano 1976/77 en la precipitación en el COA.

La atenuación de la señal a escala hemisférica puede ser atribuida a la gruesa resolución del dato y la escasa información disponible en las primeras décadas del siglo XX para su reconstrucción.

Los campos de correlación entre la precipitación en el COA y la TSM en el área (TMS SO) muestran diferencias para antes y

después del verano 1976/77 que contribuyen a sostener la idea previa (Fig. 6a y b). Antes de 1977, el área de mayor correlación significativa ($r > 0,50$) está en el sudoeste del Atlántico Sur, sobre zona de la corriente oceánica de Malvinas, en las latitudes medias de la costa del cono sur de Sudamérica. Aparecen áreas de menor correlación en el Atlántico Sur ecuatorial y en más altas latitudes en el Mar de Weddell. Para el período posterior a 1977, el área de mayor correlación ($r > 0,50$) se reduce en extensión y se traslada unos 10° hacia el norte localizándose en las proximidades de la costa bonaerense y uruguaya en torno a 35°S. A su vez, aparece un área de correlación negativa y significativa en el Atlántico Sur central subtropical en torno a 25°S, no significativa anteriormente. Este desplazamiento hacia el norte del máximo de correlación entre la TSM y la precipitación del COA en la zona de la CCBM es consistente con el cambio en la circulación atmosférica observado por Agosta y Compagnucci (2006a, 2006b) en relación con la precipitación. Previo a 1977, el verano húmedo (seco) se relaciona con aumento de la circulación anticiclónica (cyclónica) sobre el área de la corriente de Malvinas (Fig. 7.a). Esta circulación hace disminuir (aumentar) la tensión del viento y disminuir (aumentar) la intensidad de la corriente de Malvinas con el consecuente aumento (disminución) de la TSM (Wainer y Venegas 2002). Después de 1977, el flanco oriental del AAS se fortalece (debilita) en latitudes subtropicales (Fig. 7b), favoreciendo, en parte, el avance (retroceso) hacia el sur (norte) de la corriente de Brasil modificando la posición de la CCBM.

La correlación entre la altura geopotencial en 850 hPa con las series promedio areal de la TSM en el área 40°-50°S y 60°-40°W (A1, pre-1977) y en 30°-35°S y 57.5°-40°W (A2, pos-1977) corrobora que la estructura de la circulación atmosférica corresponde a las



y pos-1977 (b). Área en color: significancia superior al 90% de confianza. A1: área entre 35°-40°S y 57,5°-30°W. A2: área entre 40°-50°S y 60°-40°W

hipótesis planteadas (Fig. 8). Para el período previo a 1977, el campo de correlación obtenido (Fig. 8a) coincide ampliamente con el obtenido entre altura geopotencial en 850 hPa y la precipitación en el COA, especialmente sobre la cuenca del Atlántico Sur (Fig. 7a). En ella se observa la circulación anticiclónica (cyclónica) en el sudoeste del Atlántico Sur

junto con circulación ciclónica (anticiclónica) en el Atlántico Sur subtropical central para verano húmedo (seco) que corresponde a TSM cálida (fría) en A2. Para el período pos-1977, se reproduce la circulación anticiclónica en latitudes subtropicales, con el fortalecimiento del flanco sur-occidental del Anticiclón del Atlántico (Fig. 8b).

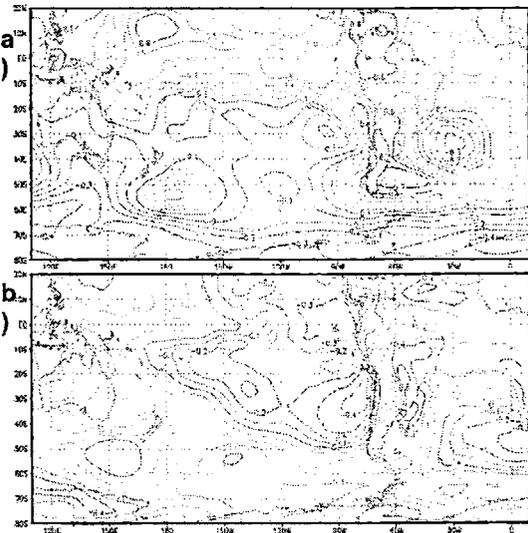


Figura 7. Correlación entre la precipitación en el COA y la altura de geopotencial en 850 hPa para pre-1977 (a) y pos-1977 (b).

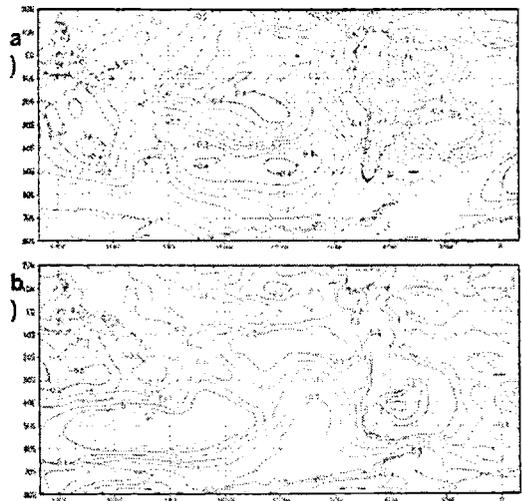


Figura 8. Correlación entre la altura geopotencial en 850 hPa y la TSM en área A1, pre-1977 (a) y en A2, pos-1977 (b).

Las series de anomalías de TSM en A1 y A2 calculadas con la base de Kaplan muestran campos de correlación similares a los obtenidos con la TSM de la base del NCEP/NCAR (figuras no mostradas). Estas anomalías de TSM (Kaplan) en A1 y A2 muestran una tendencia positiva y significativa al 95% ($r=0,406$) para TSM en A1 y al 90% ($r=0,336$) para la TSM en A2, desde 1949 hasta 1977. Posteriormente a 1977 no existe tendencia significativa en las series (Fig. 9).

Las medias de las TSM presentan cambio significativo ($\alpha < 0,05$) entre ambos períodos (Tabla 1), lo cual contribuye a la idea de que el cambio en la circulación de la atmósfera durante la década de 1970 afecta significativamente la TSM en la cuenca sudoeste del Atlántico Sur. La componente zonal del flujo de momento (Ufm), entre la atmósfera y el océano en torno a $47,5^{\circ}\text{S}$ - $57,5^{\circ}\text{S}$, muestra asimismo, un cambio de tendencia en la serie hacia el verano 1976/77, corroborando el origen atmosférico del cambio en la TSM en el área (Fig. 10. Valores negativos de Ufm, entrega de momento del flujo de los oestes al océano por fricción). La tendencia positiva de

Ufm hasta mediados de los 70s sería responsable de la tendencia positiva de la TSM. El cambio de tendencia posterior en la Ufm (con menor módulo de la pendiente) explicaría el estacionamiento de la TSM después de mediados de los 70s (Fig. 9 y 10).

De acuerdo a Compagnucci *et al.* (2002) la precipitación de verano en el COA se hallaba teleconectada con la precipitación de verano en Sudáfrica, es decir en coherencia de fase, hasta mediados de 1970s vía el cuasi-ciclo bidecádico. Esta teleconexión se daba mediante una onda hemisférica de latitudes medias prevaleciente que tras la transición climática del verano 1976/77 dejó de vincular ambas regiones (Agosta y Compagnucci 2006b). Los cambios temporales encontrados en las relaciones de la precipitación en COA con la circulación atmosférica y con las TSMs indican la existencia de cambios en la teleconexión con el sistema atmósfera-océano que en un futuro podrían restablecerse o teleconectarse de una nueva manera. En el pasado algo similar parece haber ocurrido en Sudáfrica donde el cuasi-ciclo de 18 años invirtió su fase a fines del siglo XIX, dando un

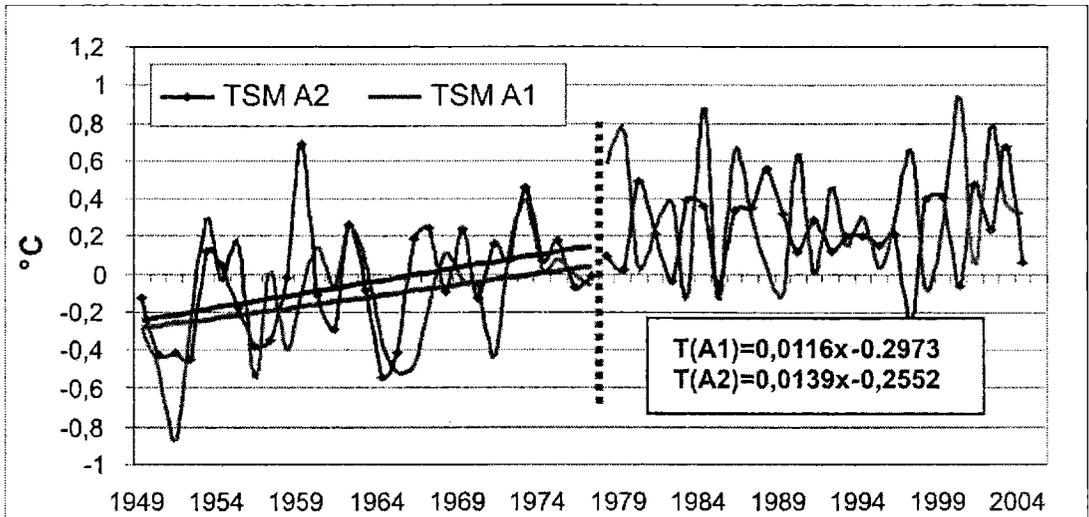


Figura 9. Anomalías de la TSM en A1 (30° - 40°S y $57,5^{\circ}$ - 30°O) y en A2 (40° - 50°S y 60° - 40°O) sobre el sudoeste del Atlántico, de los datos de Kaplan. T(A1) y T(A2), rectas de tendencias en el período 1949-1977.

Tabla 1. Test t de Student aplicado a las series de TSM en el área A1 y A2 para los subperíodo pre-1977 (N1=29) y pos-1977 (N2=28). El t crítico para $\alpha = 0,025$ es $t_c = 2,304$ con 55 grados de libertad. T dif.: valor del estadístico en cada prueba.

TSM	Media pre-1977	Media pos-1977	Des. Est. pre-1977	Des. Est. pos-1977	Dif. medias	T dif.
A1	-0.05	+0.226	0.297	0.211	+2.74	4.46
A2	-0.126	+0.337	0.299	0.325	+0.463	6.08

prolongado evento seco, para luego continuar a lo largo del siglo XX (Tyson *et al.*, 1997). Lamentablemente aún no se cuenta con datos sustitutos (proxy) de precipitación en COA para el siglo XIX a fin de hacer el estudio comparativo.

Grimm *et al.* (2004) señala la existencia de estos cambios de teleconexión ocurridos en la escala decádica debido a cambios interdecádicos del estado básico que los modelos actuales no reproducen adecuadamente porque son “ajustados” para un régimen climático dado. Los autores demuestran la incapacidad de los modelos de pronosticar las nuevas áreas que se teleconectarán con fluctuaciones de una determinada variable climática al producirse la pérdida de una teleconexión previamente

existente, tal como ocurrió entre antes y después de 1976/77. Esto agrega incertidumbre en la predicción climática a largo plazo que impiden proveer de un escenario preciso de las condiciones futuras en el régimen de precipitación en el COA.

CONCLUSIONES

El sector sudoeste del Atlántico Sur presenta relación con la precipitación en el COA, al menos desde comienzos del siglo XX hasta mediados de los 1970. El área oceánica se vincula con la precipitación debido a que tiene la circulación atmosférica como forzante común a través la transferencia de momento inducida por el viento (Wainer y Venegas, 2002). Tanto la precipitación en el COA como el campo de presión en superficie sobre el sector sudoeste del Atlántico Sur y la TSM presentan en común en escala interanual el cuasi-ciclo de 18 años.

Se desprende que las variaciones del campo de presión atmosférica en el sudoeste del Atlántico Sur con una oscilación cuasi-bidecádica de 18 años es responsable de la modulación, en la misma frecuencia, de la precipitación en el COA y la TSM durante gran

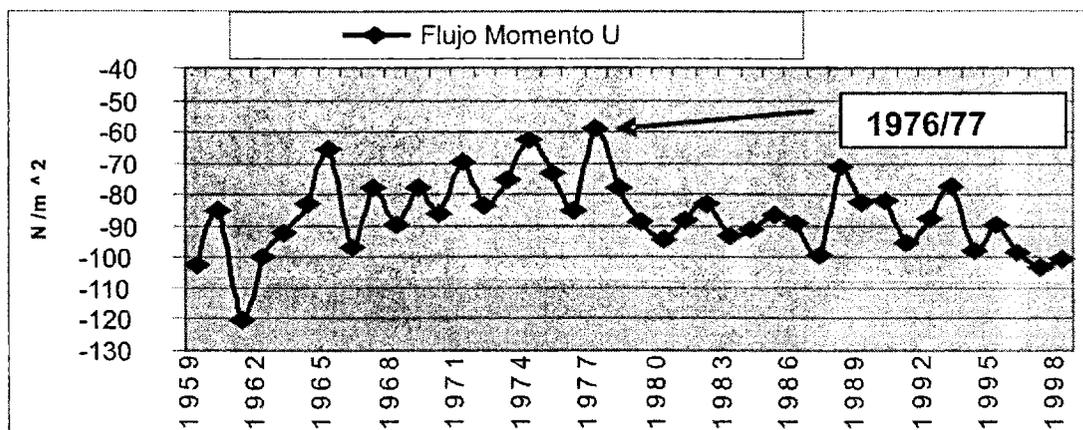


Figura 10. Componente zonal del flujo de momento (U_{fm}) entre la atmósfera y el océano en 45°-50°S y 60°-55°O. Valores negativos de U_{fm}, entrega de momento del los oestes al océano por fricción.

parte del siglo XX. Debido a la transición climática del verano 1976/77 el acoplamiento entre el campo de presión en el sudoeste del Atlántico Sur, la TSM y la precipitación en el COA se pierde a finales de los 1970.

Dado que el sistema climático presenta cambios decádicos de teleconexiones debido a cambios interdecádicos del estado básico que difícilmente se restablecen de igual manera y que los actuales modelos son incapaces de reproducir (Grimm *et al.*, 2004), entonces hasta el momento no se cuenta con herramientas suficientes de pronóstico climático a largo plazo como para proveer de un escenario preciso de las condiciones futuras en el régimen de precipitación en el COA.

Agradecimientos: A *O. Carm.* y a los proyectos: CONICET PIP 5006 y 5276, UBA 01x002.

REFERENCIAS

- Agosta, E.A. y Compagnucci, R.H. 2006a. Atmospheric Conditions during wet and dry summer extremes in Central-West Argentina, 8th ICSHMO, AMS, Foz do Iguazu, Brasil, Ses. 12: Understanding long-term climate variations in SH, 1439-1452.
- Agosta, E.A., y Compagnucci R.H. 2006b. Change in Teleconnection between Central-West Argentina Summer Precipitation and the Atmospheric Circulation in the 1970s. 8th ICSHMO, AMS, Foz do Iguazu, Brasil, Ses. 12: Understanding long-term climate variations in the SH, 1453-1464.
- Agosta, E.A. Compagnucci R.H. y Vargas, W.M. 1999. Cambios en el régimen interanual de la precipitación estival en la región Centro-Oeste Argentina. *Meteorol.* 241/2, 63-84.
- Compagnucci, R.H. y Agosta, E.A. 2006. La precipitación de verano en el Centro-Oeste de Argentina y los fenómenos interanual El Niño/Oscilación Sur (ENOS) e interdecádico "tipo" ENOS. Presentado en este mismo congreso de la AAGG 2006, Bahía Blanca, 14-18 agosto 2006.
- Compagnucci, R.H., Agosta, E.A., Vargas M.W., 2002. Climatic change and quasi-oscillations in central-west Argentina summer precipitation: main features and coherent behaviour with southern African region. *Cli. Dyn.* 18, 421-435.
- Doyle, M. E. y V. R. Barros, 2002. Midsummer low-level circulation and precipitation in subtropical South America and related sea surface temperature anomalies in the South Atlantic. *Journal of Climate*, 15, 3394-3410.
- Grimm, A.M., Sahai, A.K., Ropelewski, C.F. 2004. Long-term variations in the performance of climate models. XIII Congreso Brasileiro de Meteorologia.
- Hoel, Paul G. 1964. Introduction to Mathematical Statistics, John Wiley & Sons, Inc. New York-London, 428 pág.
- Huang, H.-P., R. Seager, and Y. Kushnir, 2005. The 1976/77 transition in precipitation over the Americas and the influence of tropical sea surface temperature. *Clim. Dyn.*, 24 (7), 721 - 740
- IPCC 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, 944 pág.
- Reason C.J.C. 2000. Multidecadal climate variability in the subtropics/mid-latitudes of the Southern Hemisphere oceans. *Tellus*, 52A, 203-223.
- Robertson, A. W., and C. R. Mechoso, 2000. Interannual and Interdecadal Variability of the South Atlantic Convergence Zone. *Mon. Wea. Rev.*, 128, 2947-2957.
- Tyson, P.D., A.P. Sturman, B.B. Fitzharris, S.J. Mason and I.F. Owens, 1997. Circulation changes and teleconnections between glacial advances on the west coast of New Zealand and extended spells of drought years in South Africa, *Int. J. Clim.*, 17, 1499-1512.
- Wainer I. y Venegas S.A. 2002. South Atlantic Multidecadal Variability in the Climate System Model, *Jou. Of Clim.* 15, 1408-1420.
- Wainer I., Soares J. y Goni G., 2000. The annual cycle of the Brazil-Malvinas confluence region in the NCAR Climate System Model, *J. Geophys. Res.*, 105, 176-178.