

LA RESPUESTA DEL ANTICICLÓN DEL PACÍFICO SUR EN LA COSTA DE CHILE FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO-IMPACTOS

Juan L. Minetti¹

Resumen

Aprovechando la reconstrucción del índice de posición latitudinal del anticiclón del O.Pacífico Sur sobre la costa de Chile (L) durante el período 1901-2004, se analiza su comportamiento de largo plazo como variable anual o mensual en el período más precipitante del clima mediterráneo sudamericano. Existe una importante evidencia del traslado de L hacia latitudes altas desde mediados del Siglo XX al presente, que podría ser justificado con el actual proceso de calentamiento global, sin embargo esto no parece justificar el comportamiento opuesto observado en la primer mitad del Siglo XX. En términos mensuales la tendencia hacia latitudes altas es más evidente en L, pero el mes de Junio (opuesto) es el encargado de mostrar que fluctuaciones de media y alta frecuencia pueden torcer una tendencia larga, lo que no hace recomendable el análisis en esta escala. Esto también es válido para series de variables anuales de alrededor de medio siglo o menos. Otra variable importante para el análisis en esta ocasión fue la intensidad anual del flujo de los Oeste en latitudes altas, que sí parece tener un comportamiento tendencial acorde a los cambios del calentamiento global.

Introducción

El fenómeno del Calentamiento Global experimentado por la Tierra (IPCC, 2001) es sin duda un gran desafío de la sociedad ya sea desde el punto de vista científico o de cómo responde esta a tal perturbación. Desde el primer punto de vista, la Climatología no posee al día de hoy una respuesta a todos los interrogantes del conocimiento, ya sea desde la dimensión global y/o regional, o sobre aspectos generales y/o específicos. Es función de la Climatología brindar a los especialistas del modelado (simulación) el conocimiento conceptual empírico sobre los cambios operados en la gran escala para que éstos puedan luego ser modelados. A la inversa, la Climatología debería también ser la base de verificación de los resultados de los modelos de simulación, como una suerte de retroalimentación, que no debe dejarse de lado para no obtener resultados inconsistentes. Del modelado original de la atmósfera surge en las

¹ Laboratorio Climatológico Sudamericano, CONICET, Dpto. de Geografía-UNT.San Luis 183 - 4000 - San Miguel de Tucumán, Tel.: 0381-4244495- email: minetti@arnet.com.ar

ecuaciones primitivas que, ante un forzante tal como el calentamiento global, el eje del Jet Subtropical y también la posición del Anticiclón Subtropical se deberían desplazar hacia latitudes más altas (Smagorinsky, 1963). Muchos autores han tratado en el pasado verificar este comportamiento para lo cual han tratado por diversas metodologías ubicar la posición latitudinal del eje anticlónico (L) en diversas regiones de la Tierra, tales como Kidson (1925), Das (1956). Pittock (1971, 1973, 1980), Minetti y Vargas (1983, 1990a). Estos estudios sin embargo no fueron de carácter global como debieran, ni han contemplado además lo corto de sus series para encarar nada menos que a fenómenos de la gran escala. En el primer caso, los aspectos regionales han puesto de manifiesto en el pasado, que en los bordes anticiclónicos orientales de los continentes, los efectos de ciclogénesis tienden a perturbar el campo de la presión atmosférica a nivel del mar y generar una indefinición sobre la posición latitudinal del máximo valor. Esto ha sido expuesto tempranamente por Minetti y Vargas (1983) al tratar la variabilidad de la presión atmosférica sobre la costa del O. Atlántico en Sudamérica, conocimiento que posteriormente desembocó en el descubrimiento de la Zona de Convergencia Sud Atlántica (SACZ) (Kalnay et al., 1986; Kodama, 1992). En el caso del litoral sudamericano del O. Pacífico, por sus características anticiclogénicas, la definición de una presión máxima y su posición latitudinal es más clara y menos perturbada, de tal manera que Pittock (1980) fue el primer investigador que la utilizó para analizar la génesis de la variabilidad de la precipitación en Argentina y Chile. Con el advenimiento de la corriente investigativa del Cambio Climático Global (CC), se han utilizado algunas series de L para mostrar el desplazamiento de los anticiclones subtropicales hacia latitudes altas como resultado del CC en una fase de calentamiento. Lamentablemente la mayor parte de estas series son cortas y las fluctuaciones de alta y media frecuencia (más rápidas de escala menor) enturbian los análisis e inhabilitan los resultados. Otro punto de vista tiene que ver con la necesidad de mejorar el conocimiento de la circulación regional en la costa del O. Pacífico y sobre la Cordillera de Los Andes, en vista de que aquí se encuentra, uno de los principales recursos de agua dulce e hidro-energético de Sudamérica que requiere atención con miras al futuro. Una vez obtenidos las posiciones latitudinales mensuales y anuales del anticiclón subtropical del O. Pacífico Sur frente a Sudamérica de largo record (104 años), se intenta re-estudiar el impacto de sus cambios de larga escala (calentamiento) sobre la precipitación, derrames anuales de ríos cordilleranos y otras variables intervinientes en la variabilidad de los mismos.

Datos y métodos

Se han utilizado en este estudio las posiciones mensuales del máximo de presión en el anticiclón subtropical sobre la costa de Chile (L) calculados por Minetti et al., (2007 a,b) durante el período 1901-2004. También se emplearon datos de precipitaciones anuales de Chile, Cuyo y Comahue en el período 1931-90 proporcionadas por los Servicios Meteorológicos de Argentina y Chile y caudales anuales de ríos

cordilleranos que cubren períodos variables desde principios del Siglo XX al presente proporcionados por la Secretaría de Energía de la Nación (Argentina). En los análisis se emplearon metodologías de asociación multivariadas, tales como matrices de correlación, (Lund, 1969) y otras a los efectos de discriminar áreas homogéneas de asociación entre variables predictoras y la precipitación-caudal. Es importante destacar aquí que cuando se menciona el término de predictor, este se refiere a un diagnosticador dentro del mismo lapso temporal. La detección de éstos es de gran importancia a los efectos de modelizar conceptualmente a los fenómenos que se estudian como paso previo a una modelización avanzada por medios físicos-numéricos (Henderson-Sellers and McGuffie, 1990). Algunos de los predictores utilizados son conocidos en la literatura climática y provienen de estudios previos sobre el fenómeno ENSO interactuando en la región (Aceituno, 1988). Otros han sido rescatados del trabajo operativo del Laboratorio Climatológico Sudamericano (LCS) que lleva a cabo una Vigilancia Operativa del Clima Regional como base para la predicción de gran escala.

Resultados

La figura 1 A, muestra a la posición latitudinal del máximo de presión sobre la costa chilena del anticiclón subtropical del O.Pacífico Sur en su movimiento estacional (Hoffmann, 1992). La figura 1 B, muestra a los principales predictores climáticos regionales indicados como TLIMC (SST), ATSGO, VALARE, TZGAL (BA) y L respectivamente. Ellas son:

1-TLIMC: Anomalía de la temperatura anual en Lima-Perú asociada con los apartamientos de la temperatura del mar en la costa y mar adentro representando al fenómeno ENSO (SST) (Minetti et al., 2003).

2-ATSGO: Anomalía de la amplitud térmica de Santiago de Chile, referida por Minetti et al., (1993) como actividad anticiclónica sobre la costa de Chile y empleada por Poblete et al., (2005) en la justificación de la variabilidad de los ríos cordilleranos.

3-VALARE: Diferencia de presión atmosférica entre Valdivia y Pta. Arenas (Chile) que representa a las fluctuaciones de la intensidad de circulación del Oeste sobre latitudes altas-medias (Schwerdtfeger, 1954; Minetti et al., 1990b).

4-TZGAL: La anomalía de la temperatura media de Río Gallegos representativa de la temperatura del mar en la región austral y a su vez en la baroclinicidad austral (BA) como diferencia térmica entre latitudes subtropicales-altas, (Minetti, 2007).

La figura 2 muestra una cartografía básica elaborada por el LCS donde se ve a las variables predictivas en escala anual con la precipitación regional, más relevantes seleccionadas entre 19 disponibles y discriminando a regiones de máximo impacto (asociación). Puede observarse que en la región bajo análisis se han detectado a cuatro variables predictivas anuales de mayor peso en la explicación de la génesis de la variabilidad climática. En esta figura se indica la distribución espacial de los principales predictores de la precipitación anual. La temperatura del mar (TLIMC)

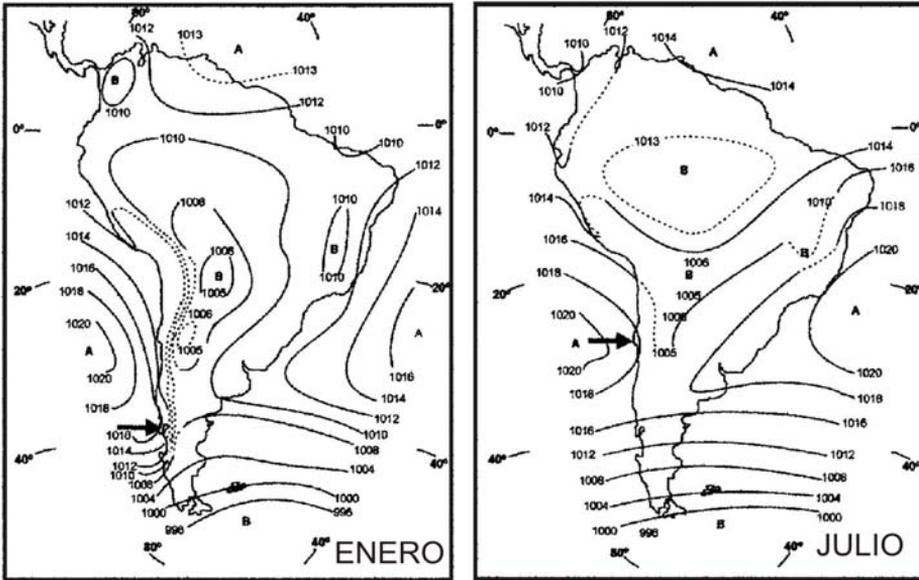
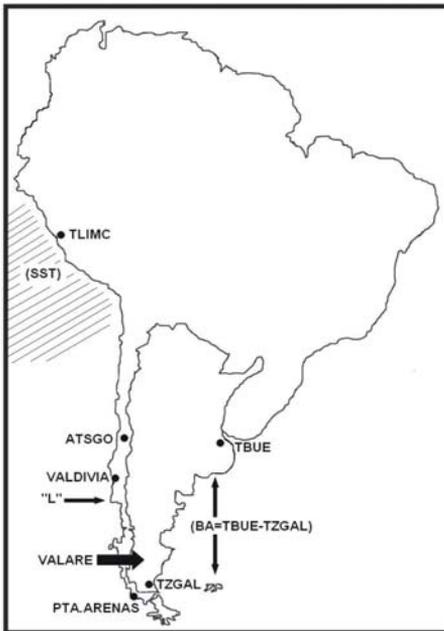


Figura 1 A (arriba): Isobaras de Enero y Julio en Suramérica según Hoffmann, J.A.J.(1992), indicando la posición estacional de "L".

Figura 1 B (abajo): Principales predictores climáticos de la región cordillerana.



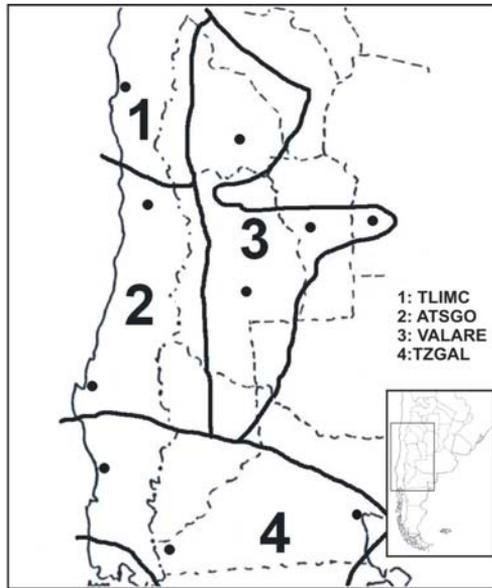
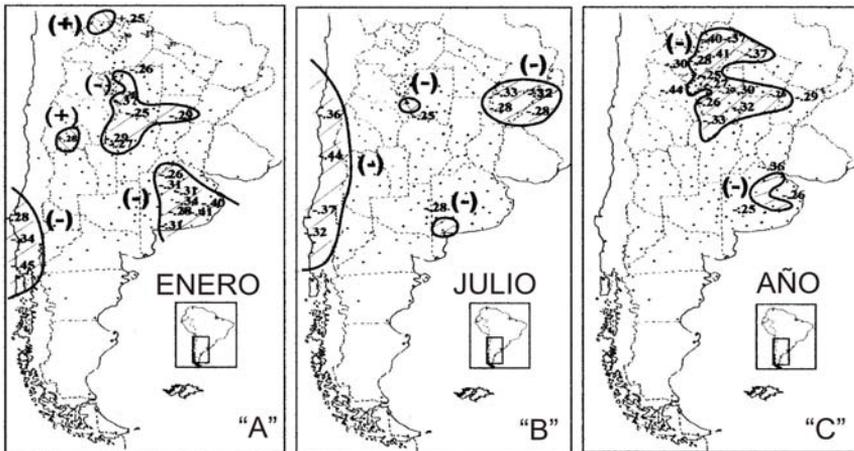


Figura 2: Predictores de las lluvias anuales



Figuras 3 A,B,C: Correlaciones significativas entre “L” y la precipitación, periodo 1931-90.

muestra impacto en las precipitaciones sobre las cuencas de la provincia de San Juan (ríos San Juan y Jáchal) y partes del Norte de Chile. Más al Sur se distinguen dos predictores dominantes, uno sobre Chile y piso superior de la Cordillera a barlovento de los Oestes, que representa a los procesos de cambios de la nubosidad generados por la actividad anticiclónica subtropical (ATSGO), y otra sobre el llano en Cuyo a sotavento de los Oestes (VALARE). En la primera se incluye a las cuencas de los ríos cordilleranos centrales tales como el río Mendoza, Atuel, Colorado y Neuquén. Más al Sur, la temperatura del mar austral (TZGAL) y su variable derivada, la baroclinicidad austral genera una banda de impacto sobre el Centro-Sur de Chile, cuenca del río Limay y Norte de la meseta patagónica. La tabla 1 muestra a las correlaciones entre las variables predictivas anuales.

Tabla 1: Correlaciones significativas al 5% entre variables predictivas anuales seleccionadas en la región. N = 60 datos en el período 1931-90.

Variabes	TLIMC	ATSGO	VALARE	TZGAL	L
TLIMC	1	-.31	-.32	-	-
ATSGO	-.31	1	.45	-	-
VALARE	-.32	.45	1	-	-
TZGAL	-	-	-	1	-
LSAP	-	-	-	-	1

Es importante destacar que no hay independencia total entre los predictores presentados y se puede inferir que hay una influencia del O.Pacífico en todas ellas, dependientes en alguna medida de las SST del ciclo ENSO como se ven en la primera columna. Entre ellas la máxima asociación sin embargo la presentan las dos variables predictivas a ambos lados de la Cordillera representadas por ATSGO y VALARE con una correlación significativa al 1°/00 (uno por mil). Los procesos que representan para la precipitación de una y otra variable son diferentes, y sí se muestran totalmente independientes de la baroclinicidad austral representada por TZGAL en el Sur de la región tratada. La posición latitudinal del anticiclón subtropical del O.Pacífico Sur (L) no muestra conexión en escala anual con el resto de las variables predictivas, y tampoco muestra asociación con la precipitación anual, pero sí con la precipitación mensual como lo muestran las figuras 3 A,B,C, (Minetti et al., 2007). Las figuras 4 A,B (Poblete et al., 2005) muestra el nivel de incidencia de cada uno de los predictores sobre cada uno de los caudales de los ríos andinos, indicando la neta separación existente entre

los regímenes de variabilidad interanual para los ríos San Juan y Limay, con una definición intermedia para los ríos de la Cordillera Central.

La tabla 2 muestra una síntesis de las asociaciones entre los mismos predictores mensuales.

Tabla 2: Asociación entre predictores de la precipitación en la región de estudio por mes en el período Abril-Octubre de principal precipitación en la región Central de Chile y piso superior de la Cordillera. El predictor de primer orden es seleccionado como el que aglutina el mayor número de correlaciones entre ellos, en tanto que los de orden secundario son obtenidos en función de su asociación decreciente con el predictor de primer orden.

Meses/orden	1er.	2do.	3er.	4to.
Abril	VALARE	ATSGO	L	-
Mayo	TZGAL	ATSGO	VALARE	L
Junio	ATSGO	VALARE	TZGAL	L
Julio	ATSG	VALARE	L	TZGAL
Agosto	VALARE	TZGAL	ATSGO	TLIMC
Septiembre	ATSGO	TLIMC	VALARE	TZGAL
Octubre	ATSGO	VALARE	L	-

En el 71% de los meses tratados aquí aparece directamente L como predictor de orden menor que ATSGO y VALARE que son los principales del conjunto. En los meses que L no interviene directamente como predictor lo hace TZGAL a través de la baroclinicidad, de tal manera que en el 100% de los meses interviene L como predictor. La tabla 3 muestra el nivel de incidencia de cada uno de los predictores anuales en los caudales de los ríos andinos.

Tabla 3: Caudales de ríos andinos explicados por predictores (ambos anuales).

Ríos/predictores	ATSGO	TLIMC	VALARE	TZGAL	L
JACHAL	X	X	X		
SAN JUAN	X	X	X		
MENDOZA	X	X			
ATUEL	X	X	X		
COLORADO	X	X	X		
NEUQUEN	X	X		X	
LIMAY	X			X	

Se ve que L anual no es una variable de peso principal en las precipitaciones y caudales de ríos andinos, sin embargo está interconectada entre ellas en casi todos los meses tratados (menos agosto). Por otra parte L es una variable explicitada en las ecuaciones físicas de los modelos, de tal manera que una posición más austral de L restringe la caída de precipitaciones y viceversa, tal como lo muestra Nuñez (2007) en la resolución de escala regional del modelo del Centro Hadley (HadCM3). Esto impacta en el comportamientos de los ríos andinos de la manera que explicita la tabla 4.

Tabla 4: Significación estadística al 5% entre la posición mensual de L con los caudales anuales de ríos andinos. Los signos negativos indican que a posiciones más australes de L existe una respuesta negativa en los ríos.

Ríos/mes	F	M	A	M	J	J	A
JACHAL						-	
SAN JUAN	+					-	
MENDOZA	+					-	-
ATUEL						-	
COLORADO				-		-	-
NEUQUEN				-	-	-	-
LIMAY				-			

Del algoritmo 1 de Smagorinsky (1963) surge que en un proceso de calentamiento global tanto el Jet Subtropical como la posición latitudinal del anticiclón subtropical (L) se correrían hacia latitudes más elevadas generando las disminuciones de precipitaciones en la región central de Chile y caudales de ríos andinos.

$$T_g \ddot{O} = H/R (\ddot{A}T/\ddot{A}Z)/(\ddot{A}T/\ddot{A} \ddot{O}) \quad (1)$$

Donde, $T_g \ddot{O}$ = Tangente de la posición latitudinal del eje del Jet Subtropical o L; H = Altura promedio del nivel de 500 hPa; R=Radio de la Tierra; $\ddot{A}T/\ddot{A}Z$ =Gradiente medio de temperatura con la altura; $\ddot{A}T/\ddot{A} \ddot{O}$ = Gradiente medio de temperatura con la latitud (\ddot{O}) o baroclinicidad.

Las figuras 5 A,B,C están mostrando al comportamiento temporal de los principales predictores que operan sobre la región durante 74 años (1931-2004). Este período ha sido tomado como referencia entre otras cosas por la calidad de las mediciones realizadas, a veces principal fuente de error en las interpretaciones de tendencias en el largo plazo. En la figura 5 A la temperatura costera del O.Pacífico tropical (TLIMC) muestra un cambio importante de temperatura interdecadal (Minetti et al., 2003) debido principalmente a la presencia de los eventos El Niño más intensos del Siglo XX, los de 1982-83 y 1979. La actividad anticiclónica (ATSGO) ha mostrado escasa tendencia positiva en el período, mientras que las condiciones australes representadas por la temperatura del mar austral representada por (TZGAL) y la intensidad del flujo zonal del Oeste muestran tendencias opuestas importantes. El calentamiento del mar austral y periferia antártica ha sido reconocido en investigaciones anteriores por (IPCC, 2001; Jones and Allan, 1998; entre otros). Este efecto estaría minimizando a la baroclinicidad de latitudes medias y con ello la disminución de la actividad frontal y precipitaciones sobre la región del Comahue, principalmente sobre el río Limay, según se ve en la figura 2. La variabilidad intensidad del flujo del Oeste en Patagonia como inversa a la observada en la región central de Chile ha sido mostrada por Minetti y otros (1984) y su tendencia decreciente es desfavorable para las precipitaciones orográficas de la Cordillera Sur, pero positiva (favorable) a las precipitaciones en la Cordillera Central. Los efectos negativos en la precipitación con flujos intensos del Oeste en latitudes altas y débiles en latitudes medias se han observado en el período seco de la Cordillera Central alrededor de 1970. Una respuesta de la sociedad en su sector científico-tecnológico sobre el problema ha sido la creación del IANIGLA-CONICET. En el caso particular de L, este ha mostrado en el período reciente una significativa tendencia hacia latitudes altas del orden de 1.5°, cerca de 166 Km/70 años. Esta importante relación lineal entre el calentamiento global y las tendencias que muestran los diferentes L estimados por diversos autores en plazos de medio siglo o más cortos, han motivado esta investigación.

La figura 6 A muestra en el más largo plazo que L ha tenido un comportamiento inverso desde comienzos del Siglo XX a mediados del mismo cuando el calentamiento global estaba en curso pero no con la intensidad actual, posterior a 1970 (IPCC, 2001). Diferente ha sido el comportamiento de la intensidad de la circulación del Oeste, decreciente en todo su rango temporal y que justifica en alguna medida el aumento de

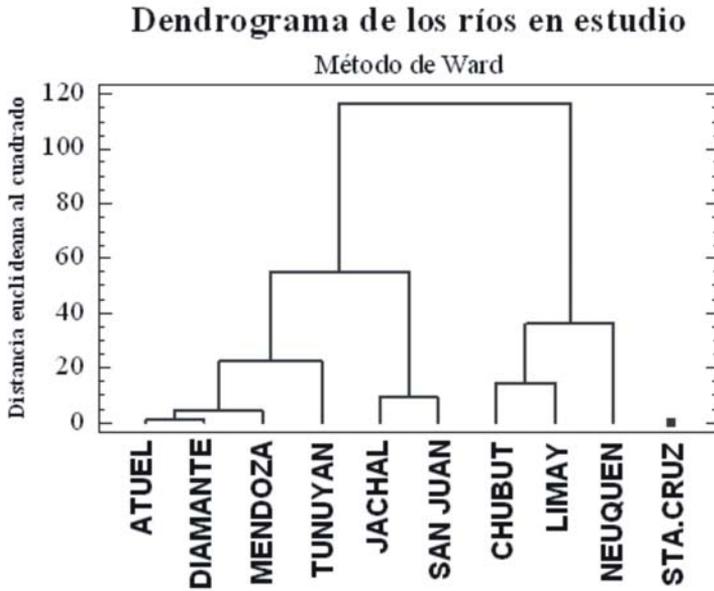


Figura 4 A: Discriminación espacio temporal de la variabilidad interanual de ríos andinos. Se destacan como series independientes a los ríos San Juan y Limay.

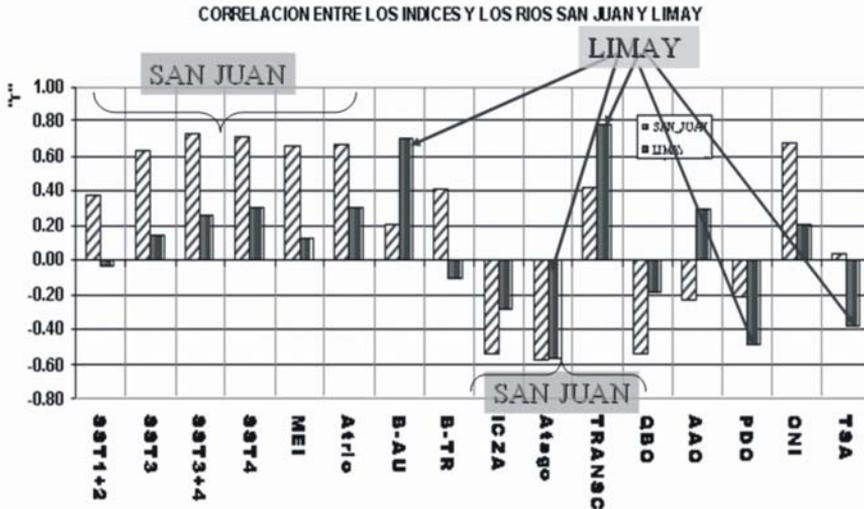
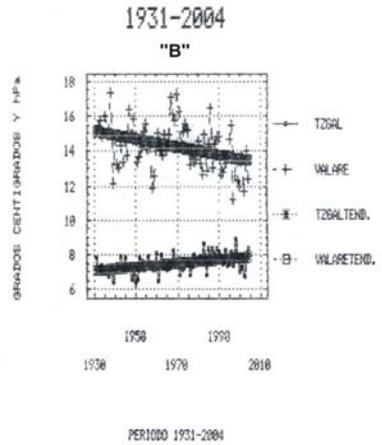
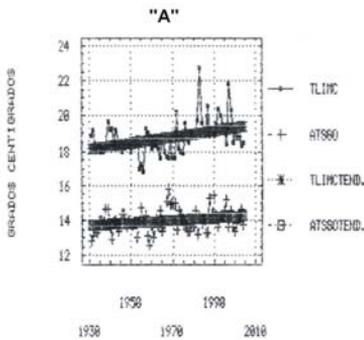


Figura 4 B: Correlación entre el caudal de los ríos San Juan y Limay con índices atmosféricos y oceánicos.

TLIMC Y ATSGO AÑO CON TENDENCIAS PERIODO 1931-2004



L A#O Y TENDENCIA PERIODO 1931-2004

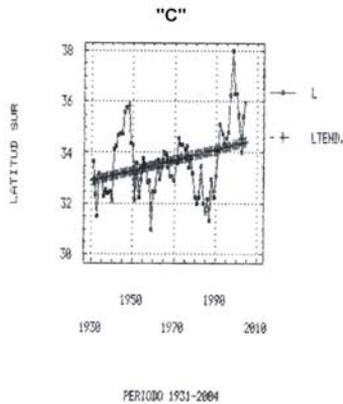


Figura 5 A, B, C: Comportamientos temporales anuales de los principales predictores de la precipitación en la región y tendencias, periodo 1931-2004.

las precipitaciones a sotavento de los Oeste en la llanura Argentina (Minetti et al., 2004). La figura 6B muestra que en los 104 años, L anual ha tenido una escasa tendencia hacia latitudes altas del orden de $0.3^{\circ}/104$ años (\tilde{N}), o sea de 33 Km, casi despreciable. Si cambiamos de escala a valores mensuales las tendencias en 104 años son mayores que las anuales en los períodos Abril-Septiembre con inversión en Junio. Esta excepción muestra que en los estudios de CC no solo se debe pensar en gran escala regional, sino también temporal. La presencia de fluctuaciones de alta y media frecuencia en las series de las variables pueden llevar a conclusiones equivocadas como la mostrada. En este caso Mayo ha sido el mes más sensible a los cambios largos y como esta depende en forma importante de TZGAL o la baroclinicidad, la respuesta del río Limay es inmediata.

Conclusiones

Se han detectado importantes cambios en la posición latitudinal del anticiclón subtropical del O.Pacífico Sur sobre la costa de Chile. Si bien durante el actual proceso de calentamiento global la tendencia a posicionarse L en latitudes más altas es evidente, no lo es en la primer mitad del siglo pasado cuando ya estaba operando dicho calentamiento. Durante las tres últimas décadas del siglo pasado las tendencias de los ríos cordilleranos del Norte mostraban una inversión hacia mayores caudales y esto no es explicado por un posicionamiento hacia latitudes más altas de L, pero sí por una disminución de la intensidad del flujo del Oeste en latitudes altas, inverso en latitudes medias. El mayor cambio latitudinal de L se observó en Mayo con unos 120 Km más al Sur en 104 años y el menor en Junio donde la presencia de fluctuaciones medias en la serie genera una tendencia débilmente invertida.

Bibliografía

- ACEITUNO, P., 1988: On the functioning of the Southern Oscillation in the South American Sector, Part I, Surface Climate. *Mon. Wea. Rev.* vol. 116, 505-524.
- DAS, S.C., 1956: Statistical analysis of Australian pressure data. *Australian Journal of Physics* 9: 394-399.
- HENDERSON-SELLERS, A. Y K. MCGUFFIE, 1990: *Introducción a los Modelos Climáticos*. Ed. Omega, 231 pgs.
- HOFFMANN, J.A.J., 1992: The continental atmospheric pressure and precipitation regime of South America. *Erdkunde* 46, 40-51. Alemania.
- IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001: *Climate Change 2001-Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I,II and III. 397 pgs.
- JONES, P.D. AND R.J. ALLAN, 1998: *Climate Change and Long-Term Climate Variability*. Chapter 9, *Meteorology of the Southern Hemisphere*. 337-363. AMS.
- KALNAY, E., K.C.MO, AND J.PAEGLE, 1986: Large amplitude, short-scale stationary Rossby waves in the Southern Hemisphere: Observations and mechanistic experiments to determine their origin. *J. Atmos. Sci.* 43, 252-275.
- KIDSON, E., 1925: Some periods in Australian weather. *Commonwealth Bureau of Meteorology Australia, Bulletin* N° 17.
- KODAMA, Y.M. , 1992: Large scale common features of subtropical precipitation zones (the Baiu frontal zone, the SPCZ and the SACZ), Part I: Characteristics of subtropical frontal zones. *J. Meteor. Soc. Japan*, 70, 813-836.
- LUND, I.A., 1969: Map classification by statistical methods. *J. Appl. Meteorol.* 2, 56-65.
- MINETTI, J.L. Y W.M.VARGAS, 1983: Comportamiento del borde anticiclónico subtropical en Sudamérica-I Parte. *Meteorológica* vol. XIV, N° 1-2, 645-656. Bs.As.
- MINETTI, J.L., 1984: La componente de circulación zonal y las precipitaciones en la región Central Andina. 12va Reunión de la AAGG.
- MINETTI, J.L. Y W.M. VARGAS, 1990a: Comportamiento del borde anticiclónico subtropical en Sudamérica-II Parte. *Rev. Geofísica* N° 33, 179-190. IPGH-OEA. México.
- MINETTI, J.L., W.M.VARGAS YA.GPOBLETE, 1990b: La perturbación en la circulación zonal que originaría el subcontinente sudamericano. *Rev. Geofísica* 33, 161-178. OEA-IPGH México.
- MINETTI, J.L., W.M.VARGAS Y A.GPOBLETE, 1993: Comportamiento intraestacional e interanual del borde oriental del anticiclón del Pacífico Sur. *Rev. Geofísica* 38, 79-89. IPGH-OEA, México.
- MINETTI, J.L., W.M.VARGAS AND A.G.POBLETE, 2003: Eastern equatorial pacific SST variability related with the temperature of Lima (Perú). *Recent Res. Devel. Meteorol.*, 2, 1-19. Kerala, India.
- MINETTI, J.L., W.M.VARGAS, A.GPOBLE, L.R.ACUÑA AND G.CASAGRANDE, 2004: Non-Linear trends and low frequency oscillation in annual precipitation over Argentina and Chile, 1931-1999. *Atmósfera* 16, 119-135. México.

- MINETTI, J.L., W.M.VARGAS, A.G.POBLETE Y E.A.MENDOZA, 2007a: Posición latitudinal del anticiclón del Pacífico Sur (L) y su impacto en cambios de larga escala del derrame anual de ríos en argentina. xxi congreso nacional del agua. s.m. de tucumán.
- MINETTI, J.L., W.M.VARGAS, A.G.POBLETE Y E.A.MENDOZA, 2007b: La posición latitudinal del anticiclón del Pacífico Sur (L). *Rev. de Geografía* N° 11. En Prensa. Univ.Nac. de San Juan.
- MINETTI, J.L., 2007: Vigilancia Climatológica. Laboratorio Climatológico Sudamericano.
- NUÑEZ, M. N, 2007: Cambio climático y el Clima esperado para la Argentina. *Mundo Agro-Tecnología y sustentabilidad*. Bs.As.
- PITTOCK, A.B. , 1971: Rainfall and the general circulation. *Proceeding of the International Conferencia on Weather Modification*, Canberra 6-11 September. *Ame. Met. Soc.*, 330-338.
- PITTOCK, A.B. 1973: Global meridional interactions in stratosfere and troposphere. *Quaterly Journal of the Royal Met. Soc.* 99, 424-437.
- PITTOCK, A.B., 1980: Modelos de variación climática. Sección primera. *Precipitación 1931-60. Meteorológica* vol. XI, N° 1, 73-97. CAM. Bs.As.
- POBLETE, A.G., J.L.MINETTI Y W.M.VARGAS, 2005: Teleconexiones entre índices de circulación atmosférica oceánica, con los derrames anuales de los ríos de Cuyo y Comahue. *IX Congreso Argentino de Meteorología*. CAM.
- SCHWERDTFEGER, W Y C.VASINO, 1954: Variación secular de las precipitaciones en el Este y Centro de la República Argentina. *Meteoros Año IV*, N° 3, 174-193. SMN.
- SMAGORINSKY, J., 1963: General circulation experiment with primitive equation. *Mon.Wea.Rev.* 91, 99-164.