

Validación de la presión en Santiago como índice para estimar la actividad del anticiclón del Pacífico Sur

Arnobio German Poblete*

Paola Belén Monrroy **

Recibido en diciembre de 2016; aceptado en septiembre de 2017

Abstract

The rainfall pattern in the Arid Andes depends on the passage of frontal systems, surface depressions, troughs and cut-off lows, to name but a few, added to the orographic forcing imposed by the mountain range. Their activity is conditioned by dynamic-hemispheric factors the most outstanding of which are the Sea Surface Temperatures (SST) in the area of the El Niño 3+4, the Anticyclone of the Southeast Pacific Subtropical Ocean (ASPSO), the latitudinal displacement of the Pacific Anticyclone (LPPA) and the Pacific Decadal Oscillation (PDO), among others. The activity of this anticyclone affects the snowfall in the Arid Andes, significantly reducing it. To quantify it, various institutions (NCEP-NCAR, Bureau of Meteorology de Australia and others) and research workers have attempted to build indexes for its estimation, giving it numerical values by using methods produced by gridded data, the application of multivariate statistical techniques and others. However, no homogeneous series have been obtained to evaluate the long-term influence of the anticyclone.

An index, known as Índice de Presión del Pacífico Sur (IPPS), Index of the South Pacific Pressure, elaborated by the Meteorological Service of Chile [Dirección Meteorológica de Chile (DMC)], has allowed estimating the annual surface pressure since 1971 as the first main component of the mean atmospheric surface pressures from eight stations located within the sphere of influence of the anticyclone.

The facts above and the uncertainties generated by the prolonged drought in the period 2010-2014 create the need of some operating index that allows direct monitoring of the ASPSO and is used as a diagnostics and seasonal predictor.

This article proposes an easily accessible Index based on the atmospheric pressure measured in Santiago de Chile (PSGO) to estimate the ASPSO activity by applying correlation analysis and NCEP-NCAR reanalysis. This index includes extended homogeneous temporal series exceeding 100 years, which is the threshold to conduct studies on the Climatic Change.

.....
* Doctor en Geografía, Av. Rioja 111° norte, San Juan, CP. 5400, Argentina, agpoblete@gmail.com

** Diseñadora Gráfica, B° D.F. Sarmiento S2 mbk 7 1°A. Rawson, San Juan, CP. 5425, Argentina, monrroypaola2@gmail.com

The use of the PSGO for the seasonal analysis of the relationship between the anticyclone and the snowfall allows obtaining results that are quite similar to those obtained with the IPPS.

Key words: Anticyclone, Snow, Displacement, Index, Atmospheric Pressure.

Resumen

El régimen de precipitación en los Andes áridos depende del paso de sistemas frontales, depresiones en superficie, vaguadas y bajas segregadas, entre otros, a lo que se suma el forzamiento orográfico que impone la cordillera. La actividad de los mismos está condicionada por factores dinámicos- hemisféricos, destacándose: las TSM en el área Niño 3+4, el Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur Oriental (ASPSO), el desplazamiento latitudinal del mismo (DLAP) y la Oscilación Decadal Pacífica (ODP), entre otros.

La actividad de dicho anticiclón incide reduciendo significativamente la caída de nieve en los Andes áridos. Para cuantificarla diversas instituciones (NCEP-NCAR, Bureau of Meteorology de Australia y otras) e investigadores, han intentado construir índices que la estimen asignándole un valor numérico utilizando métodos a partir de datos grillados, la aplicación de técnicas estadísticas multivariantes y otros, pero no han logrado series homogéneas a los efectos de evaluar su influencia en el largo plazo.

La Dirección Meteorológica de Chile (DMC) ha elaborado un índice llamado IPPS (Índice de Presión del Pacífico Sur), que estima la presión superficial anual desde 1971, como primer componente principal de las presiones atmosféricas superficiales medias de ocho estaciones, situadas dentro del dominio de influencia del anticiclón.

Por lo expuesto, y ante la incertidumbre producida por la prolongada sequía en el periodo 2010-2014, motiva contar con un índice operativo que permita una vigilancia directa del ASPSO para ser utilizado como diagnosticador y predictor estacional.

Este artículo propone un índice basado en la presión atmosférica de Santiago de Chile (PSGO) para estimar la actividad del ASPSO aplicando análisis de correlación y el *Reanalysis* del NCEP-NCAR, cuya disponibilidad es de fácil acceso contando además con series temporales homogéneas extensas que superan los 100 años, límite mínimo para realizar estudios sobre el cambio climático.

Mediante el empleo de PSGO en el análisis estacional de la relación con la caída de nieve, se logran resultados muy semejantes a los obtenidos con el IPPS.

Palabras claves: anticiclón, nieve, desplazamiento, índice, presión atmosférica.

Introducción

El régimen de precipitación en los Andes áridos está regido, principalmente por el paso de sistemas frontales, depresiones en superficie, vaguadas y bajas segregadas,

entre otros, a lo que se suma el forzamiento orográfico que impone la cordillera (Viale 2010). La actividad de los mismos depende de factores de la larga escala, entre los que se destacan: las Temperaturas Superficiales del Mar (TSM) en el área Niño 3+4, la actividad del Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur Oriental (ASPSO) (Figuras 3a y 3b), el Desplazamiento Latitudinal (DLAP) del mismo y la Oscilación Decadal Pacífica (ODP), entre otros.

La actividad de dicho anticiclón incide reduciendo significativamente la caída de nieve en los Andes áridos (Figura 5) estimada en este artículo por los derrames anuales del río San Juan (DJUA, Figura 2) (Poblete y Hryciw 2015).

Para cuantificar el ASPSO diversas instituciones de investigación climática e investigadores, han intentado construir índices que lo estimen, asignándole un valor numérico, tales como NCEP (National Center for Environmental Prediction), NCAR (National Center for Atmospheric Research), (Kalnay *et al.* 1996); (Kistler *et al.* 2001), National Climate Centre (NCC) del Australian Bureau of Meteorology, utilizando diversos métodos tales como los provenientes de datos grillados, la aplicación de componentes principales a registros de estaciones meteorológicas ubicadas en la costa de Chile y otros, pero no han logrado series homogéneas a los efectos de evaluar su influencia en las precipitaciones regionales y el largo plazo (Kidson 1925 entre 1890-1923; Das 1956 entre 1909-1953), (Pittock 1971, 1973 y 1980), (Smagorinsky 1963), entre otros, asociando su influencia en las precipitaciones regionales (Minetti y Vargas 1998); (Rusticucci y Penalba 2000), (Minetti *et al.* 2004). En el área de estudio los intentos de utilizar al ASPSO para explicar la variabilidad interanual del clima fueron realizados por: Pittock (1980), Minetti y *et al.* (1982), Radicella *et al.* (1989) y Minetti y Vargas (1990). En la mayoría de los casos, los períodos investigados para discernir sobre los impactos de las posiciones e intensidad del ASPSO, con otras variables climáticas han incluido pocas décadas y sin embargo han obtenido conclusiones inherentes al cambio climático global, lo que resulta contradictorio respecto de la definición del mismo.

La Dirección Meteorológica de Chile (DMC) ha elaborado un índice llamado IPPS (Índice de Presión del Pacífico Sur), que estima la presión superficial anual del ASPSO desde 1971 hasta la actualidad como primer componente principal de las presiones superficiales medias de ocho estaciones situadas dentro del dominio del anticiclón (Figura 4): Arica (18.3° S, 70.3° W), Iquique (20.5° S, 70.2° W), Antofagasta (23.4° S, 70.4°) Santiago de Chile (33.5° S, 70.7° W), Concepción (36.9° S, 73.0° W), Juan Fernández (33.7° S, 79.0° W) y Semana Santa Isla (27.2° S, 109.4° W). Los problemas con la disponibilidad de datos para algunas de estas estaciones impidieron el cálculo del mismo para el período anterior a 1970 (Quintana y Aceituno 2002). En otro artículo los autores demostraron (Poblete *et al.* 2013), que también el desplazamiento hacia el sur del Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur (DLAP) tiene una conexión negativa que contribuye en la disminución de la caída de nieve en los Andes áridos.

De lo expuesto y por la incertidumbre producida por la prolongada sequía en el periodo 2010-2014, motiva contar con un índice operativo que permita una vigilancia directa del ASPSO y de esa manera ser utilizado como diagnosticador y predictor estacional.



Figura 1. Ubicación de Santiago de Chile.

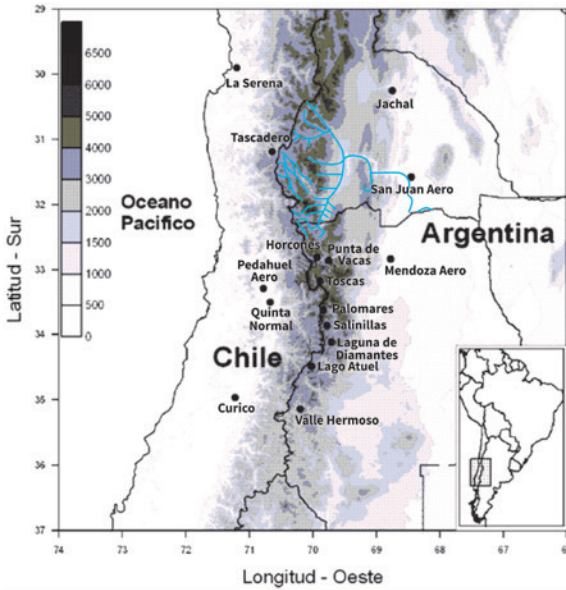


Figura 2. Ubicación de medición de precipitaciones en el área de estudio y del río San Juan (DJUA en azul). Índice que representa la caída de nieve en la temporada correspondiente.

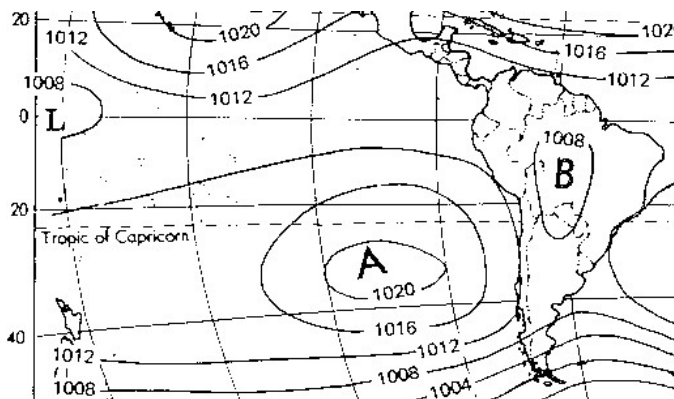


Figura 3a. Posición media del Anticiclón Subtropical Pacífico (ASPSO) en enero. Adaptado de Langley D. (1970). Meteorología.

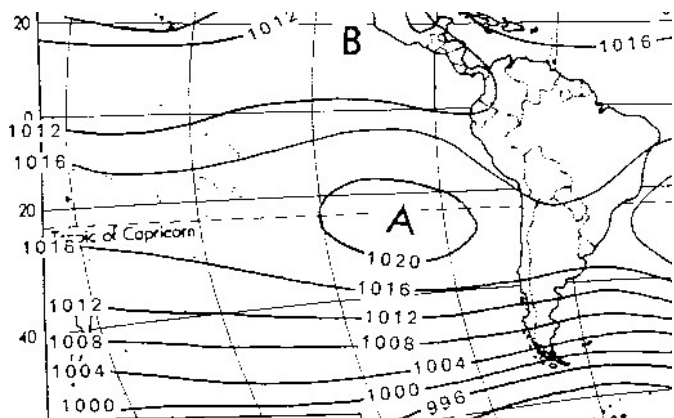


Figura 3b. Posición media del Anticiclón Subtropical Pacífico (ASPSO) en julio. Adaptado de Langley D. (1970). Meteorología.

Este artículo propone un índice basado en la presión atmosférica de Santiago de Chile (PSGO) (Figura 1) para estimar la actividad del ASPSO aplicando análisis de correlación y el *Reanalysis* del NCEP-NCAR cuya disponibilidad es de fácil acceso contando además con series temporales homogéneas extensas que superan los 100 años, límite mínimo para realizar estudios sobre el cambio climático.

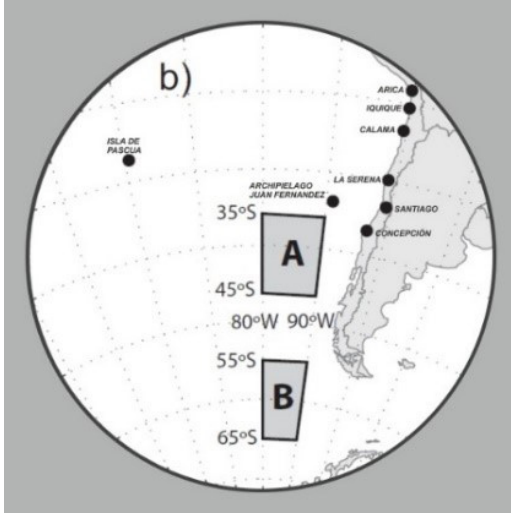


Figura 4. Estaciones en las cuales, la DMC utilizó la medición de su presión atmosférica superficial para calcular el IPPS. Las regiones A y B, son las áreas con las que se calculó, mediante sus diferencias estandarizadas, el gradiente meridional de la misma, entre las latitudes medias y altas.
 Fuente: Quintana y Aceituno (2002).

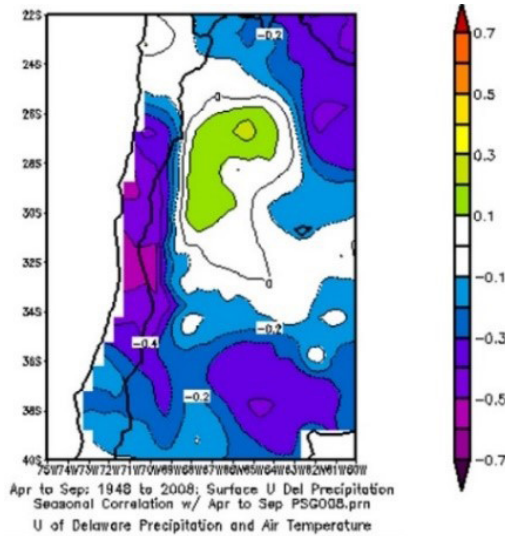


Figura 5. Isocorrelatas entre la presión atmosférica superficial en Santiago, como representativa del ASPSO y la precipitación de abril-septiembre en los Andes áridos y Chile Central. Obsérvese las significativa correlata inversa ($p < 0.001$).

En los meses de verano, el cinturón de altas presiones de latitudes subtropicales se desplaza hacia el sur de su posición media (Figura 3a). Mientras que en el periodo invernal la situación meteorológica se invierte (Figura 3b) originando: a) en la vertiente Atlántica, el desplazamiento de los centros de alta presión a latitudes más bajas es acompañado por una retracción hacia el norte de la Zona de Convergencia Intertropical, un aumento de la presión atmosférica sobre el subtropical, y la consiguiente disminución de la precipitación en la vertiente oriental de los Andes al norte de los 35° S; b) la banda dominante de vientos del oeste se desplaza a menores latitudes sobre la costa pacífica iniciándose el período más húmedo, en los Andes áridos y norte de la Patagonia. De esta manera la influencia Pacífica sobre la Cordillera de los Andes es máxima en invierno, en el entorno de abril-septiembre, cobrando protagonismo el ASPSO, que influye directamente en el límite sur del desierto de Atacama-Puna, cuyo régimen de variabilidad ha sido descrito como de alta "climo-sensibilidad" por las oscilaciones espaciales-temporales de la posición del anticiclón subtropical del Océano Pacífico Sur, afectado por el Cambio Climático Global (CCG), como fue mostrado por Smagorinsky (1963) en las primeras ecuaciones de su modelo numérico de circulación, expresando que la posición latitudinal del Jet y anticiclón subtropical estarían condicionados por la baroclinicidad en latitudes medias, y ésta a su vez por el CCG, favoreciendo un desplazamiento del mismo hacia latitudes altas en una hipótesis de calentamiento global.

Datos y métodos

Los datos utilizados en este trabajo fueron aportados por la DMC y por el *Reanalysis* del NCEP-NCAR en este caso, para poder realizar las isocorrelatas con la malla del mismo, se sube un archivo ASCII (American Standard Code for Information Interchange) con las presiones mensuales de Santiago de Chile en columnas, al sitio <https://www.esrl.noaa.gov/html/>; obteniendo como resultado los mapas que muestran las zonas delimitadas por las isolíneas de las correlatas entre ambos; calculadas con el índice de Pearson.

Los métodos estadísticos utilizadas fueron:

Variable estandarizada

$$z_i = \frac{x_i - \bar{X}}{S} \quad (1)$$

Donde:

z_i =variable estandarizada

x_i =valor original

\bar{X} = media los x_i

S = desviación estándar

Análisis de correlación

Para el estudio de la relación entre las series se aplicó el coeficiente producto-momento de Pearson, cuyo algoritmo es:

$$r = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})}{s_x} \frac{(y_i - \bar{y})}{s_y} \quad (2)$$

Donde:

n = número de datos

x_i = es el dato en la posición i , con \bar{x}, \bar{y} medias de las dos series

s_x, s_y = desviaciones estándar de las variables x e y .

Oscilando entre: -1 (correlación perfecta inversa), 0 (sin correlación) y 1 (correlación perfecta) la significación de los valores intermedios se estima por medio de un test "t" de Student <<http://www.socscistatistics.com/pvalues/pearsondistribution.aspx/>>.

Para determinar la significación de r en un nivel de confianza α , se utiliza el valor de p (p-value). En este caso se plantea una prueba de hipótesis donde la H_0 postula que no hay correlación entre las variables consideradas. Dicho valor de p oscila entre 0 y 1 e indica la probabilidad para un nivel de significación (α) de rechazar o aceptar la misma. Se compara el valor de p con el nivel de significación (α) para decidir si debe rechazar la hipótesis nula (H_0):

- Si el valor $p \leq \alpha$, se rechaza H_0
- Si el valor $p > \alpha$, no se rechaza H_0

En este artículo se utilizaron los niveles de significación del 1% ($\alpha=0.01$) y 5% ($\alpha=0.05$), por ejemplo si el valor de p es $p \leq 0.05$, se rechaza H_0 . Es decir que la correlación es significativa a ese nivel.

Ajuste polinómico por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO):

Se lo emplea para el suavizado de las series de tiempo:

Se obtiene el polinomio de grado n :

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n \quad (3)$$

Donde y es la variable dependiente, x la independiente y los a_i son los coeficientes a determinar mediante las siguientes ecuaciones normales:

$$\begin{aligned}
 na_0 + (\sum x_i)a_1 + (\sum x_i^2)a_2 + \dots + (\sum x_i^n)a_n &= \sum y_i \\
 (\sum x_i)a_0 + (\sum x_i^2)a_1 + (\sum x_i^3)a_2 + \dots + (\sum x_i^{n+1})a_n &= \sum y_i x_i \\
 &\dots\dots\dots \\
 (\sum x_i^n)a_0 + (\sum x_i^{n+1})a_1 + (\sum x_i^{n+2})a_2 + \dots + (\sum x_i^{2n})a_n &= \sum x_i^n y_i
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

(Draper and Smith 1998)

Resultado y discusión

Para validar el uso del PSGO como índice que estima la actividad del ASPSO se compara su variabilidad con la del IPPS, en el periodo abril-septiembre cuando se produce la mayor precipitación de nieve, luego mediante el Reanalysis se analiza la distribución areal de las isocorrelatas.

	PSGO-AS	PSGO-ANUAL
IPPS-ANU	0.67	0.59
IPPA-AS	0.66	0.57

Tabla 1. Correlaciones entre PSGO e IPPS en los periodos en estudio: PSGO-AS, e IPPS-AS en el lapso abril-septiembre, PSGO-ANUAL e IPPS- ANU para el anual.

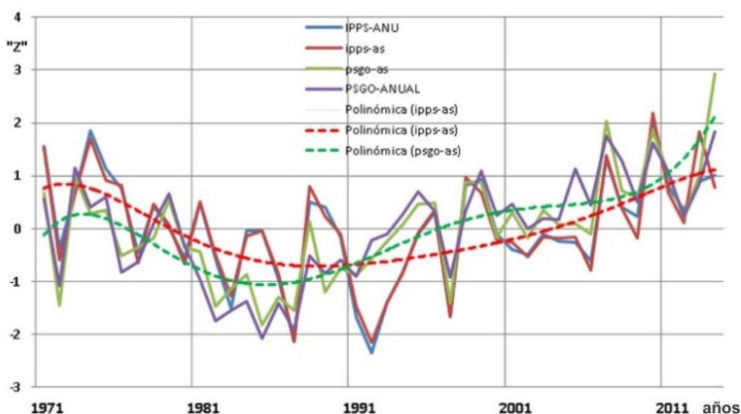


Figura 6. Correlación entre las presiones medias mensuales del ASPSO (medido con IPPS) y el DJUA . Rojo = significativo al 5% ($p < 0.05$).

La Tabla 1 muestra las correlaciones entre PSGO e IPPS, para los periodos abril-septiembre y anual. Se observa que todas son estadísticamente significativas al 1% (es decir el valor de $p < 0.01$). Lo que indica que PSGO es compatible con el IPPS y por lo tanto también puede ser usado para estimar el comportamiento del ASPSO.

Para corroborar lo anterior se analiza la variabilidad interanual de los periodos anual y abril-septiembre de ambos, en el intervalo 1971 (cuando se elabora el IPPS) y 2015. Observándose en la Figura 6 una óptima coherencia, tanto en las altas como en las bajas frecuencias.

Como el derrame del río San Juan (DJUA) representa la cantidad de nieve caída en el periodo abril-septiembre de la temporada correspondiente, se calculan las correlatas entre la presión atmosférica superficial media mensual y la de dicho periodo, representada por el índice IPPS con los derrames mensuales y el periodo completo. Se verifica (Figura 7) que todos los meses invernales tienen una correlación inversa significativa, destacándose julio y septiembre $r = -0.60$ ($p < 0.01$) significativo al 1%. También se destaca la del promedio del periodo completo ($r = -0.60$). Resultados que validan a dicho índice como un buen estimador de la nieve caída en los Andes áridos.

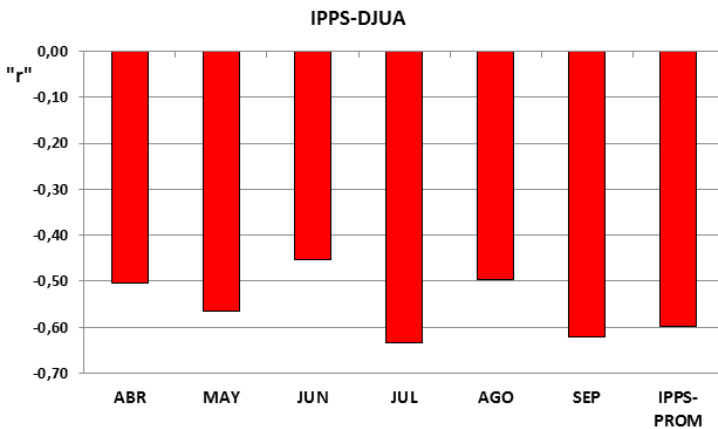


Figura 7. Correlación entre las presiones medias mensuales del ASPSO (medido con IPPS) y el DJUA. Rojo = significativo al 5% ($p < 0.05$).

Sin embargo su construcción resulta compleja puesto que se debe contar con las presiones de las ocho localidades (Figura 4) a las que se realiza un análisis de componentes principales resultando el IPPS como el componente que explica la mayor cantidad de varianza. Por

el contario el PSGO solo necesita la presión atmosférica medida en la estación Quinta Normal, ubicada en Santiago de Chile (Figura 1).

La óptima correlación demostrada entre PSGO y el IPPS, que representa una superficie costera extensa (Figura 4), valida al primero para realizar análisis espaciales, es decir, determinar su área de cobertura geográfica mediante el *Reanalysis* del NCEP-NCAR estimando su correlación con la grilla de presiones atmosféricas presentes en la zona oceánica en donde se ubica el ASPSO.

Teniendo en cuenta estos resultados se realiza el análisis espacial de las correlatas para cada uno de los meses invernales y el periodo completo.

La distribución espacial de las isocorrelatas en el periodo abril-septiembre entre PSGO y la presión atmosférica a nivel del mar en el área que ocupa el ASPSO, (Figura 8) se observa una alta asociación ($r > 0.70$, $p < 0.001$) entre los 10° y 25° de latitud Sur y los 85° y 110° de longitud Oeste, incluida en una superficie mayor que se inicia a los 5° latitud Norte. Extendiéndose desde la costa mar adentro en dirección este-oeste con una inflexión dirigida hacia el noroeste, incluyendo en su parte sur a Santiago. El área descrita está contenida en una superficie más extensa que abarca gran parte del Océano Pacífico Sur, delimitada por isocorrelatas de $r > 0.50$ y $r > 0.40$ que aunque resultan bajas, son significativas por sus respectivos valores de p , teniendo en cuenta además, que la asociación entre estas variables explica entre el 40 y el 50% de la misma, y dado que en clima los procesos son multicausales, sobre todo los inherentes a la teleconexión.

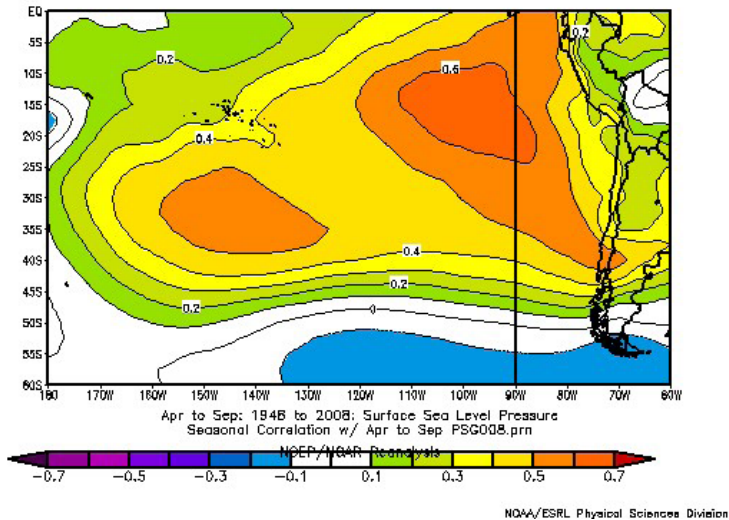


Figura 8. Correlación entre la Presión Atmosférica Media en el periodo abril-septiembre en Santiago y la Presión a Nivel del Mar estimada por el Reanalysis. Fuente: Reanalysis NCEP-NCAR.

Todas ellas confirman la validez del índice construido con PSGO para estimar la posición media e intensidad del anticiclón en el periodo de mayor precipitación de nieve.

Para corroborar lo anterior se analizó el comportamiento mensual del índice, y se lo asoció con los meses que producen la mayor cantidad de nevadas, con montos considerables: junio, julio y agosto.

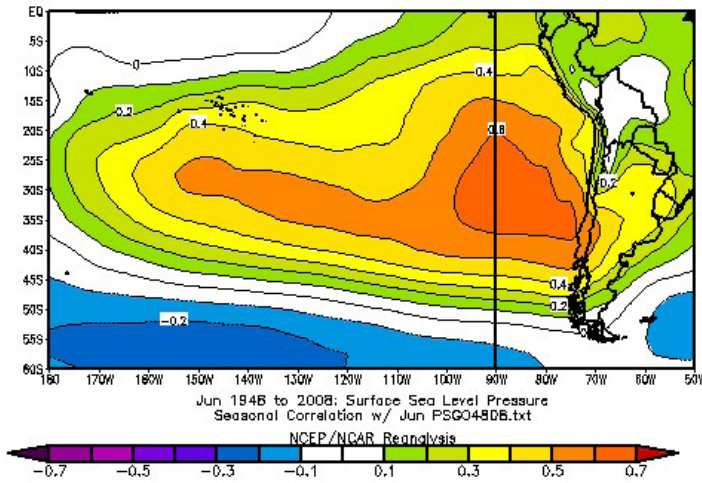


Figura 9. Correlación entre la presión atmosférica del mes de junio en Santiago, y la misma a nivel del mar estimada por el Reanalysis. Fuente: Reanalysis NCEP-NCAR.

Para el mes de junio la isocorrelata espacial entre PSGO y la Presión Atmosférica a Nivel del Mar (PANM) fue significativa superando los 0.70 ($p < 0.001$) (Figura 9), y ocupa un área irregular adyacente a Santiago de Chile, que lo incluye, en el marco de las coordenadas 22° y 40° latitud Sur y 72° y 98° longitud Oeste, formando parte de una más extensa con correlatas $r > 0.50$ ($p < 0.01$) que cubre una zona ocupada frecuentemente por el anticiclón y se extiende hasta los 155° de longitud Oeste. Obsérvese que hay una superficie con correlatas $r > 0.40$ ($p < 0.05$) que cubre prácticamente todo el Océano Pacífico Sur.

Las isocorrelatas de presión espaciales en el mes de julio entre PSGO y la PANM es muy significativa, ya que alcanzó el $r = 0.80$ ($p < 0.001$) (Figura 10) hecho que es muy relevante dada la importancia que tiene este mes, (Figura 7), esta isocorrelata abarca un sector del ASPSO que como se mostró resulta importante como inhibidor de los procesos generadores de precipitación de nieve. Se extiende en una superficie que alcanza aproximadamente la latitud

de del desierto de Atacama incluida en un área de menor significación estadística pero de mayor superficie, puesto que se prolonga hacia el norte ensanchándose abruptamente hasta la costa peruana con correlatas superiores a $r = 0.50$ ($p < 0.01$) y hacia el sur cubriendo el centro de Chile y Comahue. Las asociaciones $r > 0.40$ ($p < 0.05$) al igual que en los casos anteriores abarcó casi todo el Océano Pacífico Sur Oriental.

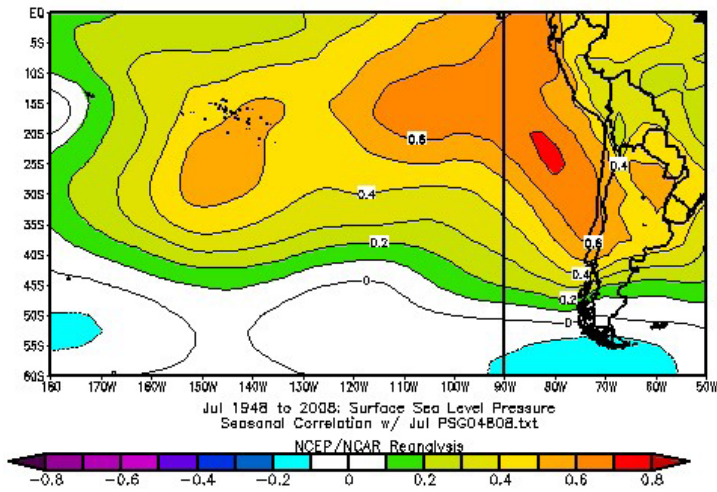


Figura 10. Isocorrelatas entre la presión atmosférica del mes de julio en Santiago y la PANM estimada por el Reanalysis. Fuente: Reanalysis NCEP-NCAR.

La continuidad de las isocorrelatas encontradas en los meses mayo, junio y julio, también se verifican en el mes de agosto (Figura 11), pero en áreas más restringidas y con configuraciones discontinuas, siendo más significativa $r > 0.60$ ($p < 0.01$) la adyacente a la costa, que a su vez cubre el área de Chile Central. Se destaca la asociación inversa significativa $r > -0.40$ ($p < 0.05$) con la zona de las bajas subpolares, como se visualiza en las proximidades de Tierra del Fuego.

Habiendo validado puntual y arealmente la pertinencia de estimar la actividad del ASPSO, mediante el uso de la presión atmosférica medida en Santiago de Chile, se ratifica su correcta implementación utilizándolo como índice para asociar al ASPSO con la caída de nieve estimada por medio del DJUA. Por lo que se realiza el mismo análisis estacional empleando el IPPS (Figura 7) con PSGO (Figura 12) logrando resultados muy semejantes en especial para los meses de julio y periodo completo.

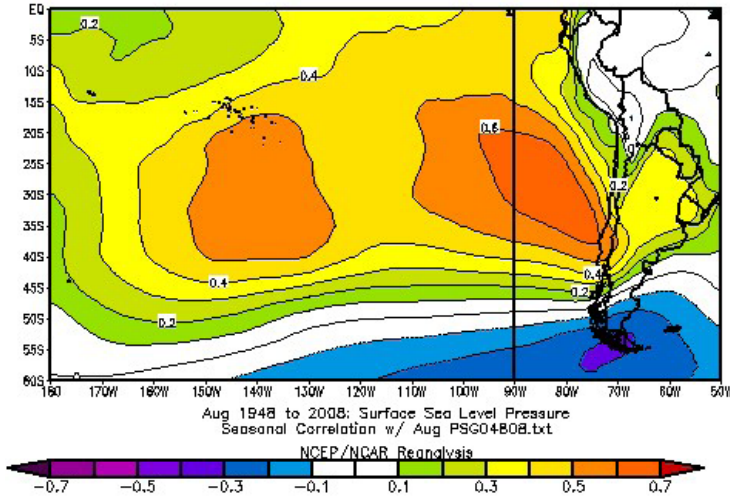


Figura 11. Isocorrelatas entre la presión atmosférica del mes de agosto en Santiago y la presión a nivel del mar estimada por el Reanalysis. Fuente: NCEP-NCAR.

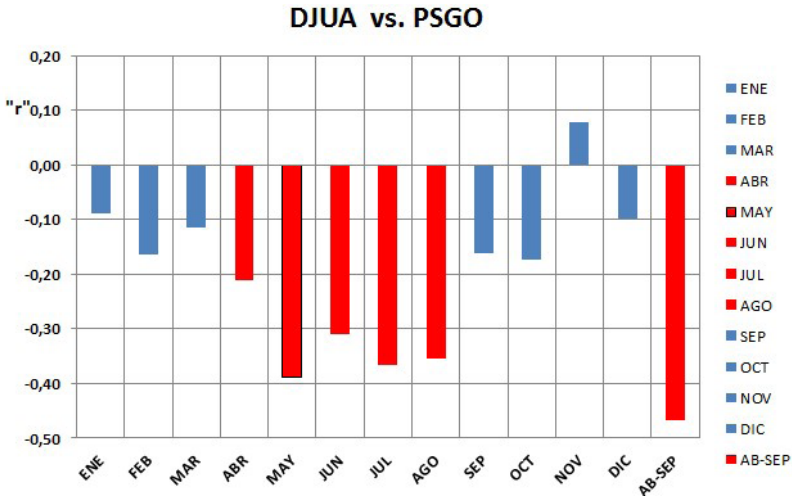


Figura 12. Correlación entre las presiones medias mensuales del ASPSO (medido con PSGO) y el DJUA. Rojo = significativo al 5% ($p < 0.05$).

Conclusiones

Se concluye que PSGO constituye un índice adecuado para estimar la actividad del ASPSO, por las siguientes razones:

1. Las correlación entre PSGO e IPPS, para los periodos abril-septiembre y anual son estadísticamente significativas al 1% ($p < 0.01$).
2. El análisis de la variabilidad interanual de ambos en los periodos anual y de mayor caída de nieve, en el intervalo 1971 y 2015 muestra una óptima coherencia, tanto en las altas como en las bajas frecuencias.
3. La validación geográfica del índice propuesto mediante el *Reanalysis* del NCEP-NCAR, se obtiene de la correlación con las presiones atmosféricas grilladas en el área oceánica en donde se ubica el ASPSO, tanto en el periodo abril-septiembre como en los meses cuando la caída de nieve es más intensa: junio, julio y agosto. Con las áreas delimitadas por isocorrelatas altamente significativas en todos los lapsos analizados. Entre los que se destaca el mes de julio por su muy alta correlación $r > 0.80$ ($p < 0.001$) lo que es relevante, puesto que este mes es determinante para estimar el monto total de las nevadas en los Andes áridos.
4. Mediante el empleo de PSGO en el análisis estacional de la relación entre DJUA, se logran resultados muy semejantes a los obtenidos con el IPPS, en especial para los meses de julio y periodo completo.

Dada la sustancial diferencia entre el cálculo del IPPS, respecto de la inmediata lectura de un registro de presión atmosférica, justifica la implementación de PSGO como estimador del ASPSO. Lo mismo se pueden afirmar en comparación cuando se valúa al anticiclón con datos grillados generados por los Modelos de Circulación General (MCG), tarea que sobrelleva una mayor complejidad.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de San Juan, por sus aportes económicos en el desarrollo de este trabajo y "Análisis de las condiciones de borde, factores y agentes oceánicos de circulación atmosférica regional y de la cupla Océano Atmósfera que inciden en las nevadas de Los Andes áridos". Res. 1531-R-16/CS-UNSJ. Al Instituto de Investigaciones Hidráulicas (IDIH) de la Universidad Nacional de San Juan por facilitar el lugar de trabajo.

Bibliografía

Draper and Smith, 1998. *Applied Regression Analysis*, 3rd Edition, Ed. Wiley, pp. 736, New York.

- Das, 1956. "Statistical analysis of Australian pressure data". *Australian Journal of Physics*, no. 9, pp. 394-399.
- Kalnay, Kanamitsu, Kistler, Collins, Deaven, Gandin, Iredell, Saha, White, Woollen, Zhu, Chelliah, Ebisuzaki, Higgins, Janowiak, Mo, Ropellewski, Wang, Leetnaa, Reynolds, Jenne and Joseph, 1996. "The NCEP/NCAR 40-year Reanalysis project", *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77:437-471.
- Kidson, 1925. "Some periods in Australian weather". Commonwealth Bureau of Meteorology Australia, Bulletin no. 17.
- Kistler, Kalnay, Collins, Saha, White, Woollen, Chelliah, Ebisuzaki, Kanamitsu, Kousky, Vanden dool, Jenne and Fiorino, 2001. "The Hadley Circulation" 258 The NCEP/NCAR 50-year Reanalysis: Monthly means CD-ROM and documentation. *Bulletin of the American Meteorological Society*, no. 82:247-267.
- Minetti, Menegazzo, Radicella, y Sal Paz, 1982. "La actividad anticiclónica y las precipitaciones en Chile y en la zona cordillerana central andina", *Revista Geofísica*, núm. 16, pp. 145-157, IPGH-OEA, México.
- Minetti y Vargas, 1998. "Trends and Jumps in the annual precipitation in South America", south of the 15° S. *Atmósfera* 11, pp. 205-223, México.
- Minetti y Vargas, 1990. "Comportamiento del borde anticiclónico subtropical en Sudamérica-II Parte". *Revista Geofísica*, núm. 33, pp. 179-190, IPGH-OEA, México.
- Minetti y Mendoza, 2004. "Inventario de las sequías regionales en Argentina y Chile. Informe Técnico del Laboratorio Climatológico Sudamericano", Fundación Caldenius, San Miguel de Tucumán.
- Pittock, 1971. "Rainfall and the general circulation". Proceeding of the International Conference on Weather Modification, Canberra 6-11 September. *American Meteorological Society*, pp. 330-338.
- Pittock, 1973. "Global meridional interactions in stratosphere and troposphere", *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, no. 99, pp. 424-437.
- Pittock, 1980. "Modelos de variación climática en la Argentina y Chile". Sección Primera, Precipitación 1931-60. *Meteorológica*, vol. XI, núm. 1, 73-97. CAM. Bs.As.
- Poblete, Iranzo y Aguiar, 2013. "Análisis Espacio-Temporal del posible impacto del corrimiento de la Posición Latitudinal del Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur", *Revista Universitaria de Geografía*. Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina vol. 22, pp. 129-146.
- Poblete y Hryciw, 2015. "Validación de la Presión Atmosférica Medida en Santiago de Chile como Índice para estimar el comportamiento del anticiclón del Pacífico sur oriental", enviado a la *Revista Cuadernos de Geografía*, Bogotá, Colombia.
- Quintana y Aceituno, 2002. *Changes in the rainfall regime along the extratropical west coast of South America (Chile): 30-43° S*, Departamento de Geofísica, Universidad de Chile, Blanco Encalada, Santiago, Chile.
- Radicella, Minetti, Saavedra y Valdivia, 1989. "Estudio hidroclimatológico de zonas áridas y semiáridas de Latinoamérica", *Revista Geofísica*, núm. 30, pp. 19-30, IPGH-OEA, México.

- Rusticucci y Penalba, 2000. "Interdecadal changes in the precipitation seasonal cycle over Southern South America and their relationship with surface temperature". *Climate Research*, no. 16, pp.1-15.
- Smagorinsky, 1963. "General circulation experiment with primitive equation", *Monthly Weather Review*, no. 91, pp. 99-164.
- Viale, 2010. "Características de las precipitaciones orográficas de invierno sobre los Andes subtropicales centrales", Universidad de Buenos Aires Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, tesis presentada para optar por el título de Doctor de la Universidad de Buenos Aires en al área Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, pp. 143-146.