

Variabilidad de las bajas y altas frecuencias de los principales factores que inciden en las precipitaciones níveas en los Andes Áridos

Arnobio Germán Poblete*
Mariela Carina Hryciw**

Recibido el 04 de diciembre de 2015; aceptado el 16 de junio de 2016

Abstract

The regions of Cuyo and Central Chile endured until 2014 the consequences of one of the most acute and extended droughts in Arid Andes. His snowy precipitation is conditioned on the large scale factors in order of importance are: SST in the Niño 3+4 area, Subtropical South Pacific Anticyclone Oriental, Decadal Oscillation Pacific, Latitudinal Subtropical Anticyclone Position of the of the South Pacific, Westerlies Gradient Pressure Transcordillerano, Baroclinicity Austral, Pressure Center Argentina, State Thermal Atlantic, Geopotential 500 mb and Southern Annular Mode.

In this work study the influence of temporal changes of these factors in the low and high frequency deepens on the long term variability of snowfalls in the Arid Andes, using methodologies specific statistics.

Key words: *snow, Arid Andes, Dynamic factors, changes in low and high frequency.*

Resumo

As regiões do Cuyo e Chile Central suportou até 2014 as consequências de uma das secas mais graves e generalizadas em Andes Áridos. Sua precipitação de neve está condicionada a fatores de grande escala na ordem de importância são: SST na área Niño 3+4, Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul Oriental, Oscilação Decadal do Pacífico, Posição Latitudinal do Anticiclone Subtropical do Sul do Pacífico, Westerlies, Gradiente de Pressão Transcordillerano, Baroclinicidade Austral, Centro de Pressão Argentina, Estado Térmico Atlântico, Geopotencial de 500 mb e Modo Anular da Sul.

* Profesor titular, Instituto de Geografía Aplicada, Universidad Nacional de San Juan, Av. Rioja 1110 -N-, 5400 San Juan, Argentina, correo electrónico: agpoblete@gmail.com

** Ayudante de investigación, Instituto de Geografía Aplicada, Universidad Nacional de San Juan, San Luis 649 -N-, 5413, San Juan, Argentina, correo electrónico: licmhryciw@gmail.com

Neste trabalho, estudar a influência da mudanças temporais desses fatores na baixa e alta frequência aprofunda sobre a variabilidade a longo prazo de quedas de neve no Andes Áridos, utilizando metodologías estadísticas específicas.

Palabras-clave: *neve, Andes Áridos, Factores Precipitantes, Mudanças em baixa e alta frequência.*

Resumen

Las regiones de Cuyo y Chile Central soportaron hasta 2014 las consecuencias de una de las sequías más agudas y extendidas en los Andes Áridos. Su precipitación nívica está condicionada en la gran escala por factores que por orden de importancia son: Temperaturas Superficiales del Mar en el área Niño 3+4, Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur Oriental, la Oscilación Decadal Pacífica, posición latitudinal del Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur (LSAP), Westerlies, Gradiente de Presión Transcordillerano, Baroclinicidad Austral, Presión en el Centro de Argentina, Estado Térmico del Atlántico, Geopotencial de los 500 mb y Southern Annular Mode.

En este trabajo se profundiza el estudio de la influencia de los cambios temporales de dichos factores en la baja y alta frecuencia, sobre la variabilidad a largo plazo de las precipitaciones nívicas en los Andes Áridos, aplicando metodologías estadísticas específicas.

Palabras clave: *nieve, Andes Áridos, factores precipitantes, cambios de baja y alta frecuencia.*

Introducción

Las nevadas en los Andes Áridos se producen debido a la interacción entre la circulación regional en superficie y altura que por acción de aquellos (los más altos de la cordillera argentino-chilena) generan vaguadas por efecto dinámico y orográfico a las que se agregan las bajas presiones que se desprenden del cinturón subpolar adveccionando frentes fríos en superficie que en la mayoría de los casos se ven obligados a ascender con el consiguiente enfriamiento adiabático y de esa manera, si hay suficiente humedad, alcanzar el nivel de condensación por altura generando nubosidad y posible precipitación, que en el caso de la nieve es la que se origina por encima de la temperatura de 0°C. En muchos casos este proceso puede desembocar en un descenso de la parcela de aire a sotavento calentándose termodinámicamente, denominado en la región como “Efecto Zonda”.

La última sequía en los Andes Áridos ha tenido una importancia muy relevante por sus consecuencias negativas sobre la actividad agropecuaria y consumo humano de las sociedades de Cuyo y Chile Central. Tuvo por característica el haberse iniciado en 2010, siendo las temporadas nivales subsiguientes unas de las más deficitarias hasta 2014; produciéndose una morigeración en 2015 (Figuras 2a, b y c).

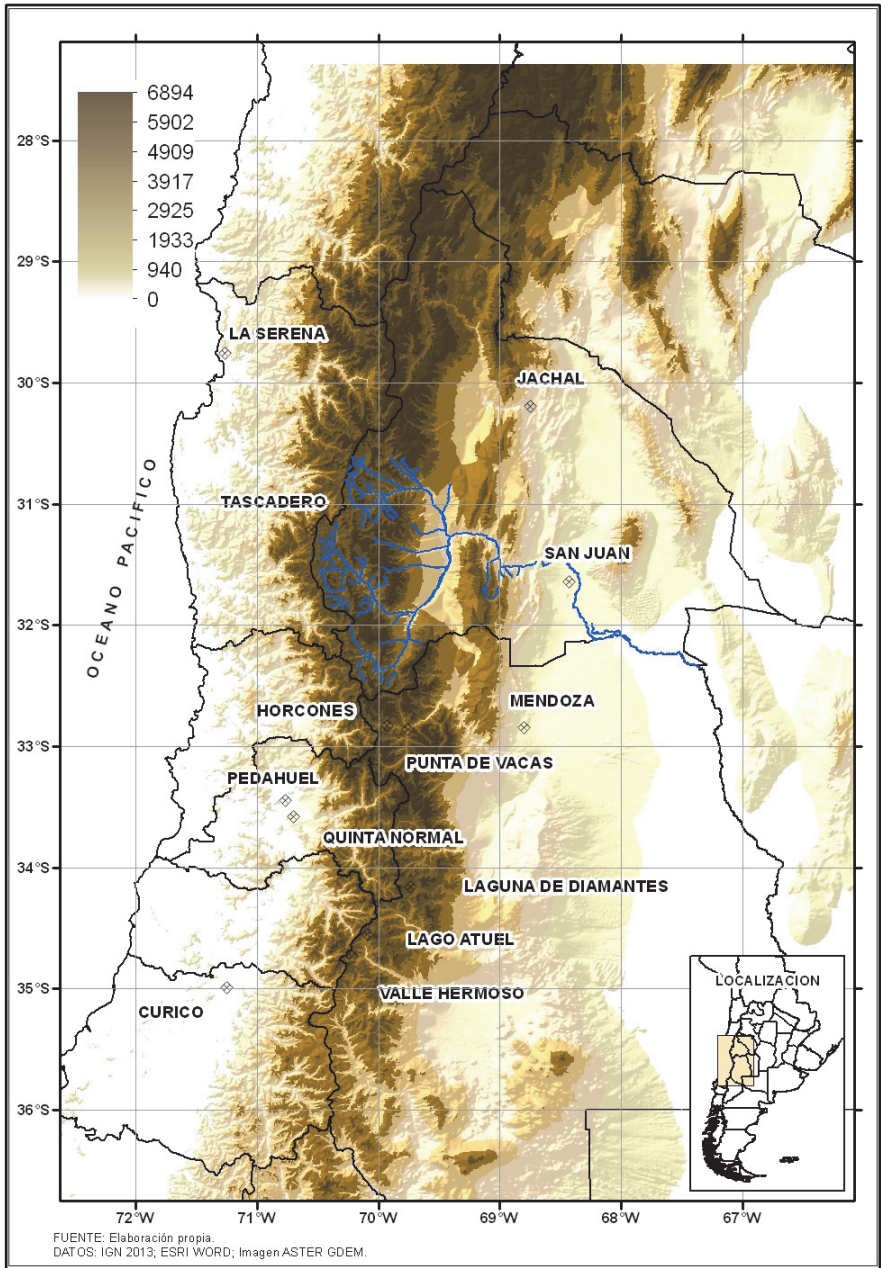


Figura 1. Ubicación del área de estudio y de los factores analizados en este trabajo. Elaboración propia.

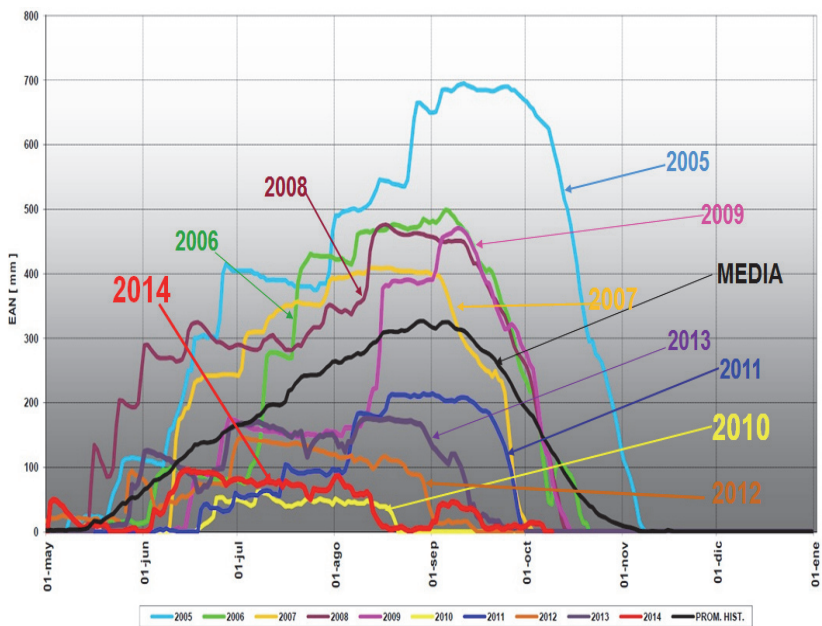


Figura 2a. Nevadas registradas por la DGI (Mendoza) en la estación Horcones, elegida por ser la más cercana a la cuenca imbrífera del río San Juan. Medidas como el equivalente de agua en nieve (mm).

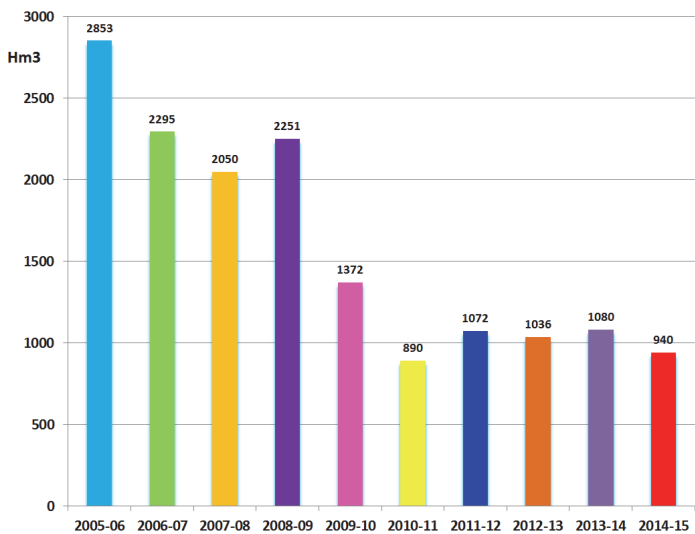


Figura 2b. Derrames anuales del río San Juan desde 2005 hasta 2014.

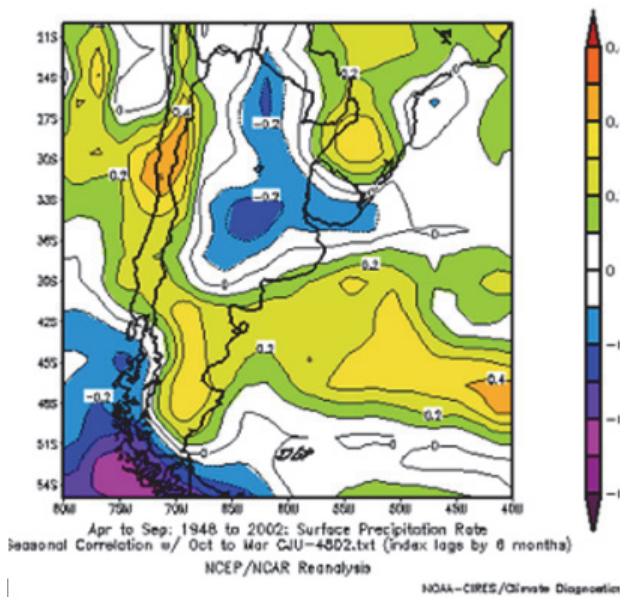


Figura 2c. Río San Juan como índice hidroclimático de los Andes Áridos. Se relaciona mediante el Reanalysis I la precipitación nival caída en el período abril-septiembre con los caudales en el lapso octubre-marzo. La escala muestra el valor del “r” de Pearson.

A pesar que los autores (Poblete *et al.*, 2012) han estudiado desde distintos enfoques este problema, creen necesario profundizar el comportamiento de los forzantes que condicionan la caída de nieve en el corto, mediano y fundamentalmente largo plazo.

El régimen hídrico en dicha área depende tanto de las condiciones de borde en las escalas planetaria, hemisférica y sinóptica; como de mecanismos precipitantes (paso desde el Océano Pacífico hacia el este de sistemas frontales en superficie, bajas segregadas y vaguadas en altura, entre otros) dependientes de dichas condiciones y modificados por el forzamiento orográfico de la cordillera al flujo zonal (Viale, 2010).

Dichas condiciones de borde están constituidas en orden de importancia por: las Temperaturas Superficiales del Mar (SST) en el área “Niño 3+4” (SSTN3+4), intensidad del Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur Oriental (ASPSO), Oscilación Decadal Pacífica (PDO), Posición Latitudinal del Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur (LSAP), los Vientos del Oeste (Westerlies), la Presión en el Centro de Argentina, Gradiente de Presión Transcordillerano (IT), Baroclinicidad Austral (BA), Presión en el Centro de Argentina (PCA), Estado Térmico del Atlántico (TIA), Geopotencial de los 500 mb (G500), Southern Annular Mode (SAM) y otros de menor significación.

Estos factores constituyen las condiciones de borde de gran escala, espacial y temporal, que conducen a la variabilidad interanual observada en varios fenómenos meteorológicos a escalas menores y que se manifiestan con cambios rápidos o de alta frecuencia, entre las que se encuentran las nevadas en los Andes Áridos que, generalmente, son coherentes con las fases del ENSO (El Niño Oscilación del Sur), (Aceituno P., 1992), (Poblete, 2015), (Masiokas *et al.*, 2006), (Quintana y Aceituno, 2011) y la actividad del ASPSO, que fue estudiada por Quintana y Aceituno (2011) en especial por la influencia negativa que ejerce sobre el régimen hídrico en Chile Central. La fluctuación de la PDO y su impacto sobre las precipitaciones en los Andes Áridos, fue investigada por Poblete (2014) y otros; encontrando, en la mayoría de los casos, conexiones directas. Sin embargo, no se ha abordado en profundidad la variabilidad interanual en la larga escala, teniendo en cuenta que el mismo no es el único factor determinante en las nevadas (Poblete *et al.*, 2015).

Este trabajo tiene como objetivo profundizar el análisis de la variabilidad temporal de la precipitación nival y sus principales forzantes en la larga escala, es decir, las bajas frecuencias que conducen a las de alta; aplicando metodologías estadísticas específicas con el propósito de caracterizar el escenario que indujo la situación de crisis hídrica aludida que impactó en las sociedades de Cuyo y Chile Central.

Datos y métodos

A causa de la insuficiencia de mediciones nivales que abarquen un período mayor que 100 años en los Andes Áridos, se emplean como índice a los derrames anuales del río San Juan (DJUA) (Figura 1) en el período 1909-2014 para estimarlas, puesto que representan lo sucedido en la temporada nival correspondiente. Esto se revalida mediante el Reanalysis y con la correspondencia entre temporada nival y derrames de los últimos años que muestran las Figuras 2a, b y c.

Los datos nombrados fueron aportados por el Departamento de Hidráulica de la Provincia de San Juan y la Secretaría de Recursos Hídricos de la Nación (2014).

Las SSTN3+4 fueron obtenidas del sitio <<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/>>, los del ASPSO recopilados de diversas fuentes tales como la Dirección Meteorológica de Chile, Laboratorio Climatológico Sudamericano sede NOAA y otras páginas disponibles en la web. Los de la PDO fueron aportados por del sitio <<http://jisao.washington.edu/pdo/>>.

Los principales métodos implementados para el análisis son:

- *El coeficiente de correlación de Pearson (r)* (Draper y Smith, 1998): es utilizado para cuantificar la asociación entre las variables DJUA, NIÑO 3+4, PSGO y PDO en el periodo abril-septiembre (AS) y las isocorrelaciones espaciales calculadas mediante Reanalysis del NCEP/NCAR.

- *Espectro de Tukey suavizado* (WMO, 1966): el análisis espectral realizado con el método de Tukey se implementa para la determinación de las ondas significativas en toda la serie de las variables antedichas, con el objeto de detectar periodicidades o cuasi-periodicidades necesarias para identificar ciclos con el posterior análisis de la coherencia espectral entre pares de variables.

Con el objeto de obtener una mayor resolución espectral en la detección de dichos ciclos se aplica el Método de Máxima Entropía (MEM) (Burg, 1975).

Con los resultados de ambos se aplica el análisis espectral cruzado con el propósito de determinar las ondas coherentes entre las variables en estudio y de esa manera inferir el comportamiento conjunto de las periodicidades o cuasi-periodicidades necesarias para prever su comportamiento futuro.

- *Ajuste polinómico por MCO (Mínimos Cuadrados Ordinarios)* (Draper y Smith, 1998): este se aplica con el fin de suavizar las series temporales y de esa manera identificar las ondas largas que subyacen conduciendo a las de mayor frecuencia.
- *Reanalysis del NCEP/NCAR*: se subieron, a su sitio, los datos de los caudales mensuales del DJUA en un archivo de texto (CJU-4812.txt) organizados como una tabla, con los años en la primera columna y los 12 meses en las siguientes. Se calcularon las correlaciones con los datos grillados y de esta manera se obtuvieron las isocorrelaciones que se muestran en la Figura 2c (NOAA, 2014).

Resultados y discusión

Antes de realizar el análisis de los cambios lentos en los factores, se cree conveniente justificar el uso del DJUA como índice que valúa la caída de nieve en la temporada correspondiente.

En la Figura 2a, se comparan las temporadas nivales en los Andes Áridos de los últimos diez años. Los de menor caída de nieve fueron 2010, 2014, 2012 y 2011 en el marco de una década deficitaria, salvo el 2005. En la Figura 2b se observan los DJUA, cuyos montos se corresponden con las temporadas nivales presentadas en la Figura 2a, ambas justifican el uso del mismo como índice nival, que se corrobora con el Reanalysis I presentado en la Figura 2c donde se muestra la correlación muy significativa entre los caudales del río San Juan entre octubre y marzo con la precipitación nival del período abril-septiembre en los Andes Áridos.

Análisis de la variabilidad temporal del índice que estima la caída de nieve (DJUA)

La Figura 3 muestra la variabilidad interanual de los DJUA estandarizados poniendo de manifiesto una gran irregularidad.

También se visualizan las rachas secas y los episodios húmedos, verificándose que las primeras tienen una mayor duración con un monto menor mientras que los superávits se presentan como esporádicos y con montos muy superiores a las anteriores, esta descripción justifica investigar si esos periodos húmedos/secos tienen alguna regularidad o periodicidad significativa.

En la Figura 4 se muestra el espectro de potencia de los DJUA que revela un ciclo cuasi-significativo de cuatro años, indicando la prevalencia de las altas frecuencias (entre 4 a 6 años). Sin embargo ninguna alcanza la significación estadística en el nivel del 95%. Para confirmar ese comportamiento se aplica el MEM (Figura 5) en el cual se identifican por orden de importancia los siguientes peak significativos: 3.8, 7, 5.4, 11 y 8; nótese que se confirma lo encontrado con el espectro de Tukey, detectándose además los de mayor frecuencia, 11 y más de 36 años.

Análisis de la variación temporal de los principales factores y agentes que intervienen en la caída de nieve

Antes de analizar las ondas prevalentes en las series temporales de los factores, se calculan sus correlaciones.

La Figura 6 muestra los resultados del análisis de correlación realizado para la serie 1909-2012. Se observa que en todos los casos las asociaciones son significativas, a un nivel de confianza del 95%; confirmándose las directas: DJUA con las SSTN3+4, y con la PDO; e inversa con el ASPSO. Se destaca la alta correlación inversa entre el ASPSO y las SSTN3+4 revelando que cuando el océano Pacífico ecuatorial está caliente el ASPSO se debilita y viceversa; lo mismo sucede con la PDO pero en menor medida, lo que coincide con la ya conocida asociación de ésta con el ENSO.

Conocidas estas asociaciones, se caracteriza estadísticamente desde un punto de vista temporal, a los principales factores que inciden en las nevadas, con el objeto de valuar con mayor precisión sus posibles periodicidades.

Temperaturas superficiales del mar (SST) en el área Niño 3+4

Con el mismo objetivo descrito para el DJUA se aplican dichas metodologías a las SSTN3+4.

En la Figura 7 se observa el espectro de potencia de Tukey de las SSTN3+4. Se aprecian ondas en las frecuencias de: 0.28 (aprox. 3 años) y 4-6 años que están muy cerca de la significación, bastante semejantes a las encontradas en el DJUA. Con el MEM (Figura 8) se identifican las siguientes ondas: 3.7, 5.5, 2.4 años que confirman lo encontrado con Tukey; sin embargo a diferencia del DJUA no hay ondas significativas en el rango de las de menor frecuencia, diferenciándose de esta manera de aquel.

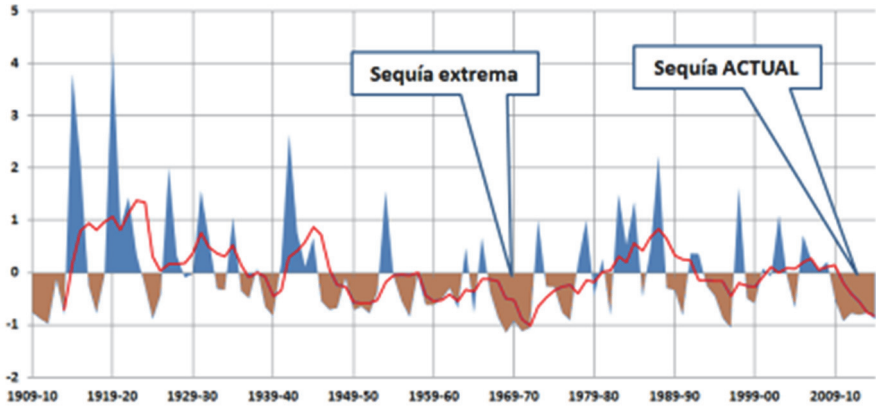


Figura 3. Derrames anuales del río San Juan estandarizados desde 1909 hasta 2014.

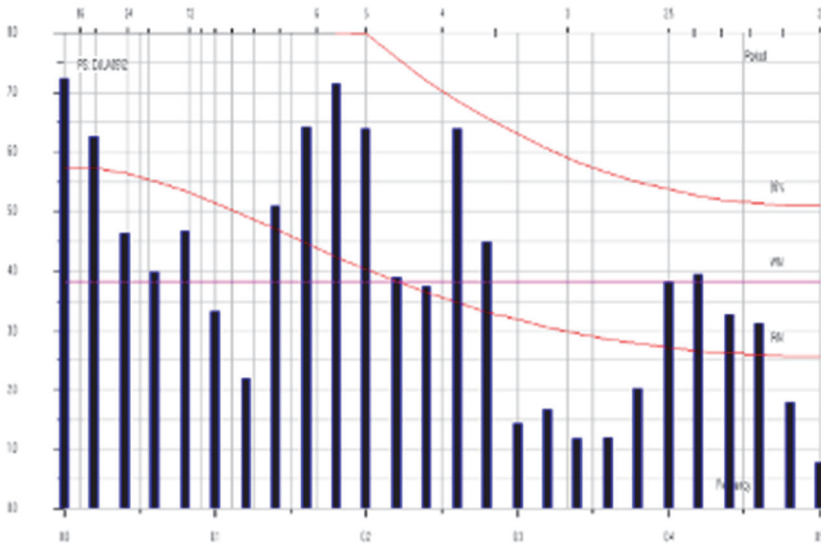


Figura 4. Espectro de potencia de Tukey de los derrames anuales del río San Juan. Con un nivel de significación del 5%.

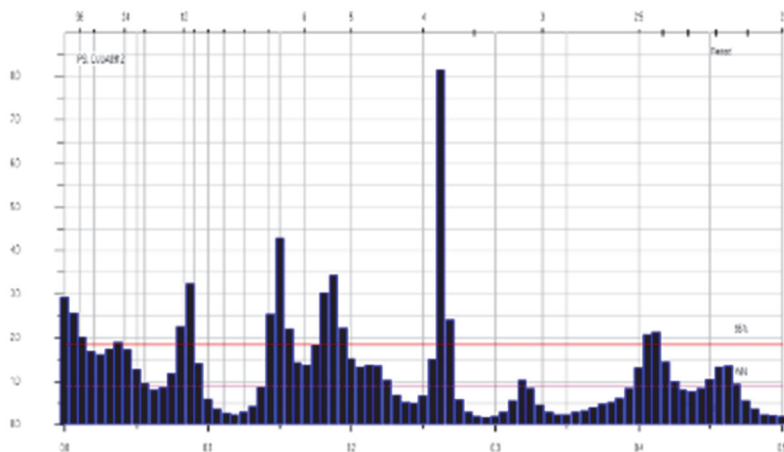


Figura 5. Espectro de máxima entropía de los derrames anuales del río San Juan. Con el nivel de significación del 5%.

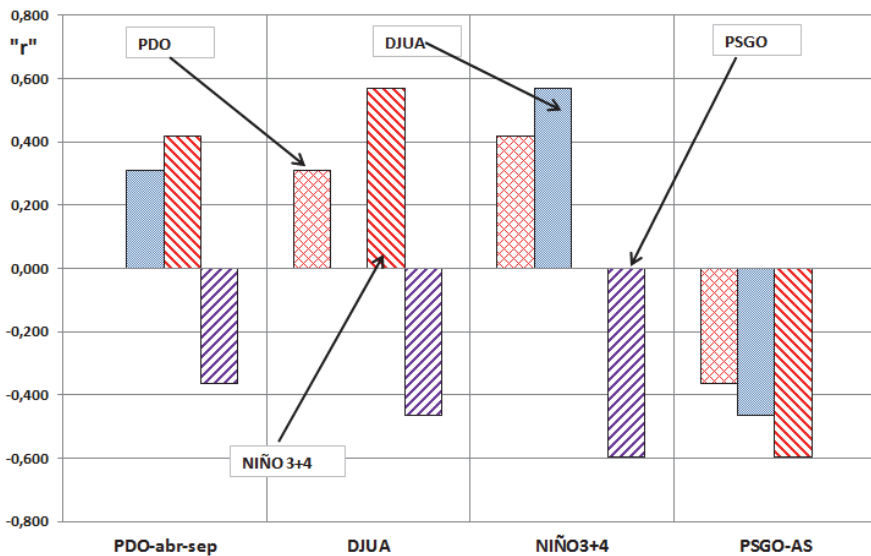


Figura 6. Correlación entre los factores e índice nival utilizado para las series 1909-2012. (rojo= significativo al 5% matriz de correlación entre los factores e índice nival utilizado para las series 1909-2012).

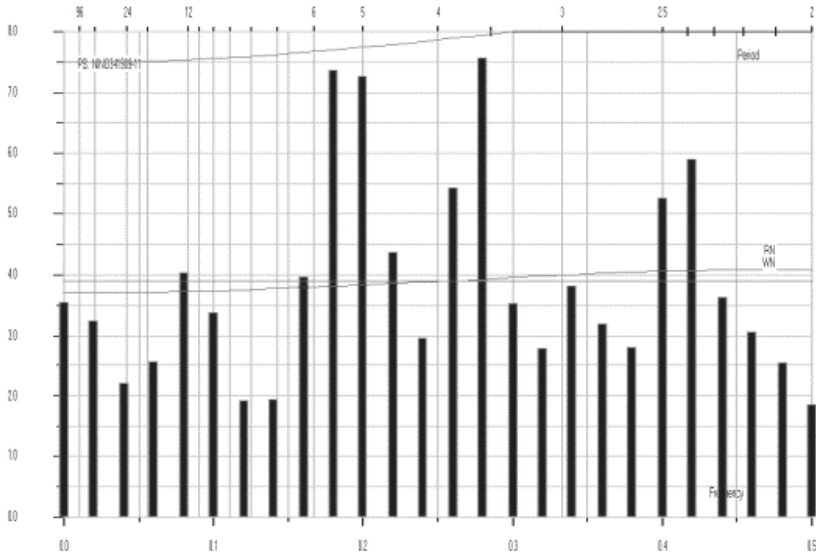


Figura 7. Espectro de potencia de Tukey de las SSTN3+4. Con el nivel de significación del 5%.

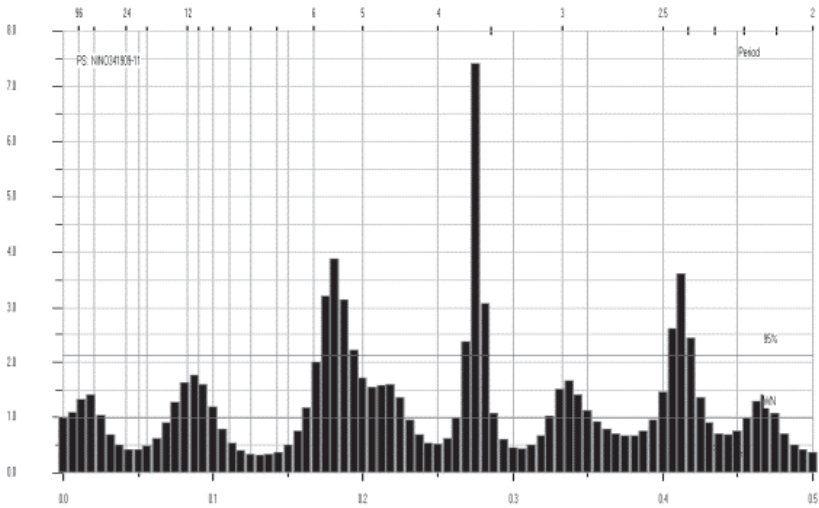


Figura 8. Espectro de máxima entropía de de las SSTN3+4. Con el nivel de significación del 5%.

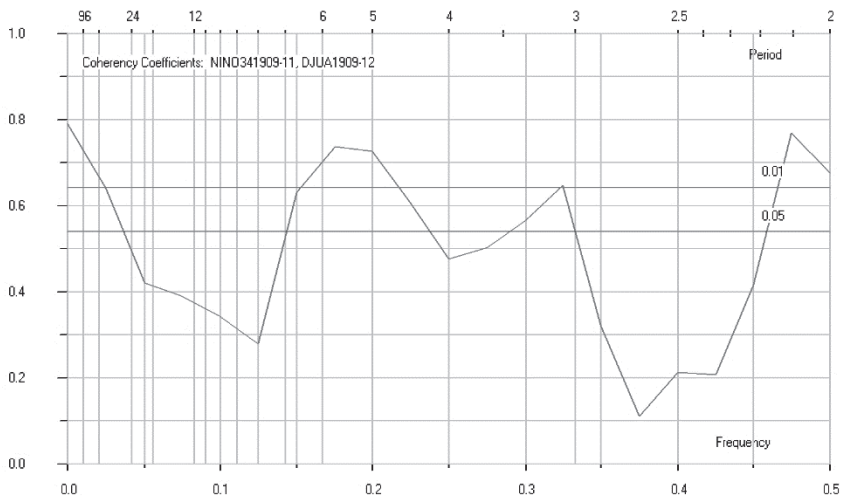


Figura 9. Coherencia espectral entre el DJUA y las SSTN3+4. Con el nivel designificación del 5%.

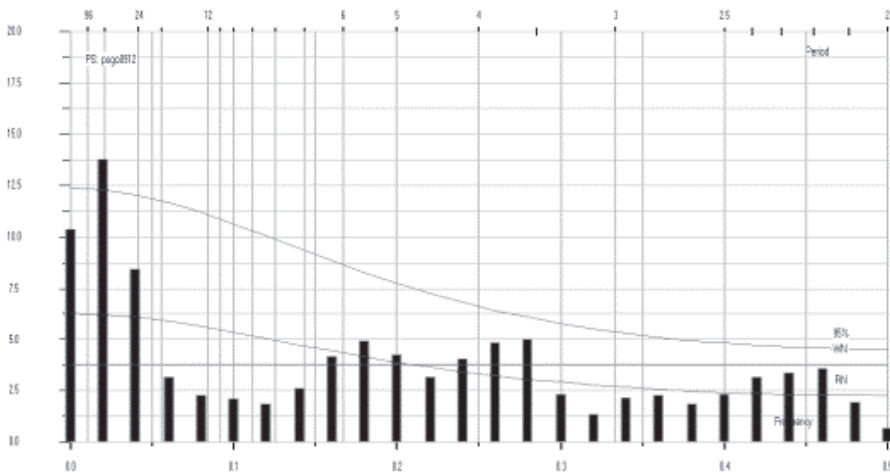


Figura 10. Espectro de potencia de Tukey del ASPSO. Con el nivel de significación del 5%.

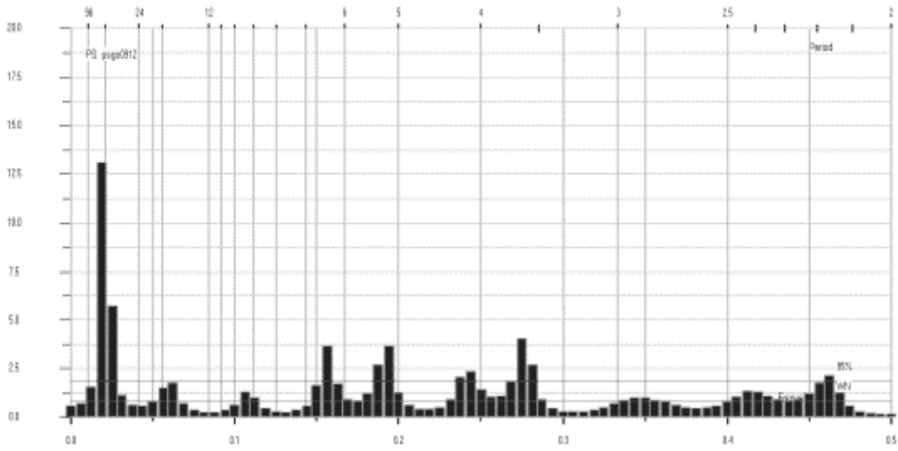


Figura 11. Espectro de máxima entropía del ASPSO. Con el nivel de significación del 5%.

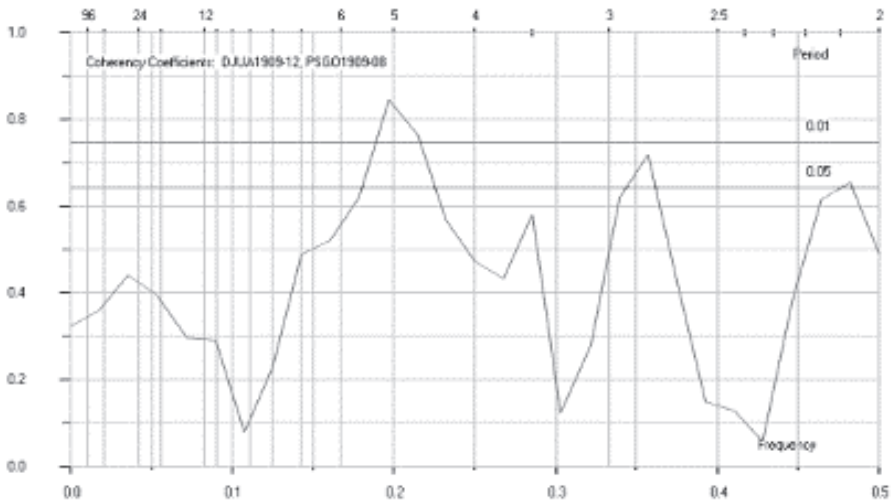


Figura 12. Coherencia espectral entre el DJUA y el ASPSO. Con el nivel de significación del 5%.

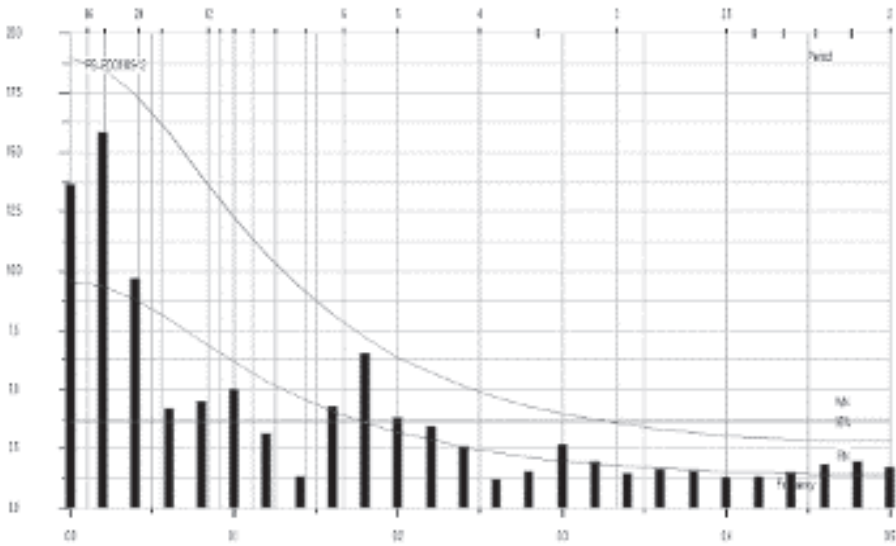


Figura 13. Espectro de potencia de Tukey de la PDO. Con el nivel de significación del 5%.

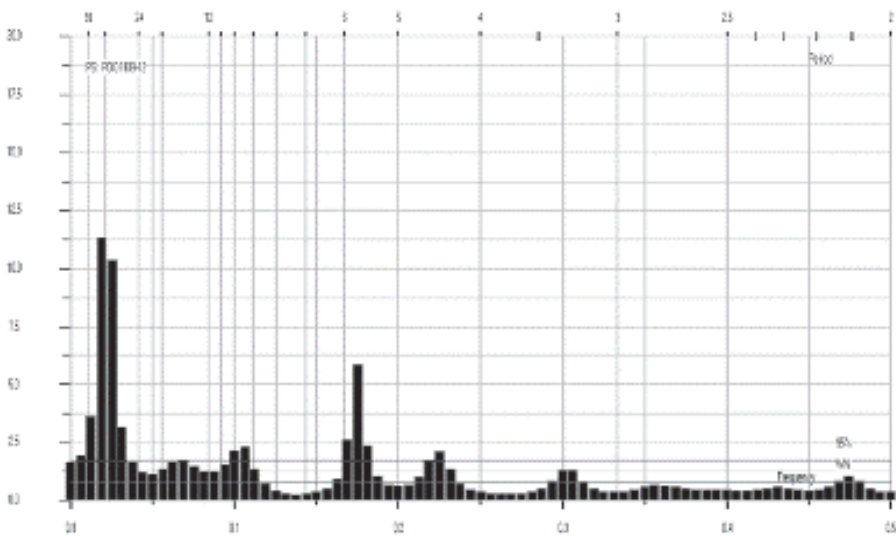


Figura 14. Espectro de máxima entropía de la PDO. Con el nivel de significación del 5%.

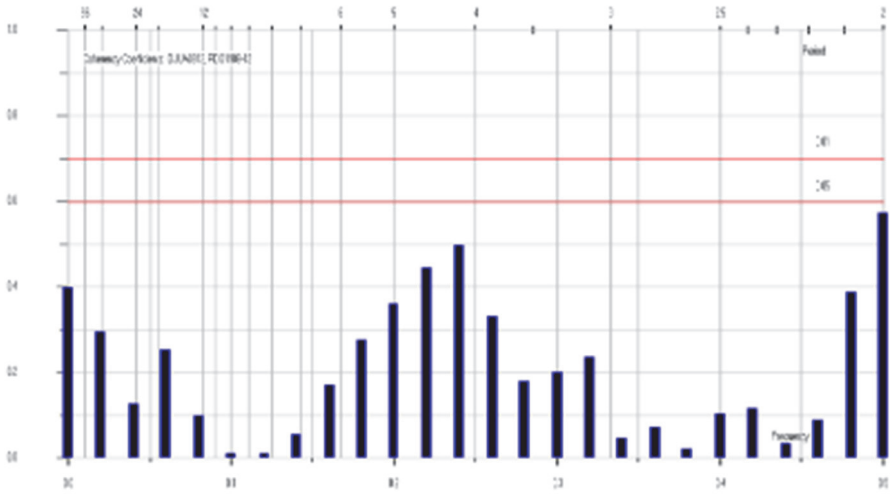


Figura 15. Coherencia espectral entre el DJUA y la PDO. Con el nivel de significación del 5%.

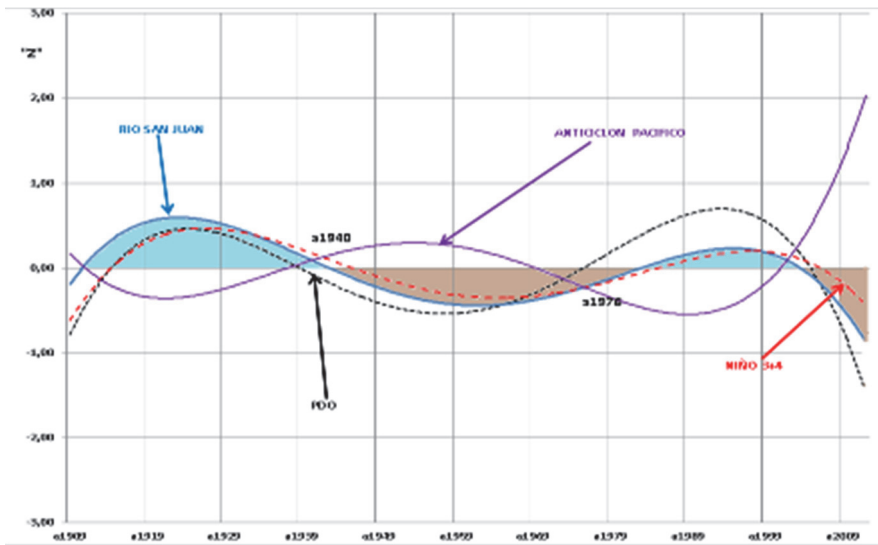


Figura 16. Ondas de baja frecuencia del índice y factores en estudio filtradas con un ajuste polinómico de quinto grado: DJUA (azul), SSTN3+4 (punteado rojo), ASPSO (morado), PDO (punteado negro).

Para confirmar lo encontrado con los espectros individuales se calcula la coherencia espectral entre el DJUA y las SSTN3+4. Se aprecia en la Figura 9 que son significativamente coherentes en las ondas que van entre 4.5 y 6.5 años. También en las ondas largas hay un rango de coherencias significativas.

Anticiclón de Pacífico Sur (ASPSO)

Este es el factor que influye más negativamente en la caída de nieve en los Andes Áridos, de ahí la importancia de conocer su comportamiento temporal.

La Figura 10 muestra el espectro de Tukey del ASPSO, se pueden identificar tres ondas significativas: una larga de unos 40 años y otras de mayor frecuencia de 5.5 y 3.6 años. Con la aplicación del MEM (Figura 11) se detectan por orden de significación las siguientes ondas: 50, 8, 5.2 y 3.7 años.

La Figura 12 determina la coherencia espectral entre el DJUA y el ASPSO, se verifica que es significativa en las ondas cercanas a los 5 años y en menor medida a los 3 años aproximadamente. En este caso también se comprueba la correspondencia entre ambos en las altas frecuencias, puesto que el DJUA no tiene una onda larga significativa como se encontró en el ASPSO. Sin embargo son incoherentes en las bajas frecuencias.

Oscilación Decadal Pacífica (PDO)

En la Figura 13 se observa el espectro de potencia de Tukey correspondiente a la PDO, que identifica tres períodos significativos: 40-50, 5.6 y 3.6 años, semejantes a los encontrados en el ASPSO.

Con la aplicación del MEM (Figura 14) se ratifica lo encontrado con Tukey manifestándose con mayor resolución las siguientes ondas: 50, 40, 5.8, 10 y 4.5 años, es decir un predominio de las ondas largas.

En la Figura 15 se analiza la coherencia espectral entre el DJUA y la PDO verificándose que no tienen ondas significativas asociadas, salvo algunas de alta frecuencia que se aproximan a los cuatro años.

Análisis de las ondas de baja frecuencia de los factores en estudio

Conocida la estructura espectral temporal de los factores y el índice nival, se realiza un análisis de sus oscilaciones en la baja frecuencia, para lo cual se aplica un filtro *low-pass* complementado con un ajuste polinómico.

En la Figura 16 se observa la variabilidad en longitudes de baja frecuencia del índice nival y factores en estudio. Para lograrlas se empleó un filtro “low-pass” complementado con un ajuste polinómico de quinto grado. Se observa que la misma confirma lo que se logró con la aplicación del análisis espectral de Tukey y MEM, es decir la coherencia en la larga escala: directa entre DJUA y el SSTN3+4 y la PDO; e inversa con el ASPSO. Manifestándose de manera muy clara el comportamiento

coherente de los mismos en los períodos húmedos (1909-1944), subhúmedos (1977-2001) y secos (1945-1976), (2001-2014).

Nótese que el último lapso seco se asemeja bastante al que incluyó el de extrema sequía que ocurrió entre 1968-1971 (véase Figura 3) (Poblete A.G., Iranzo D.A., 2012). Teniendo en cuenta que la variabilidad de los factores, en especial la PDO tienen una frecuencia nítidamente definida en el largo plazo, el período seco actual podría extenderse por varios años, como en esa época, con episodios aislados dado que tanto las SSTN3+4 como el ASPSO tienen oscilaciones significativas de más alta frecuencia (4-6 años).

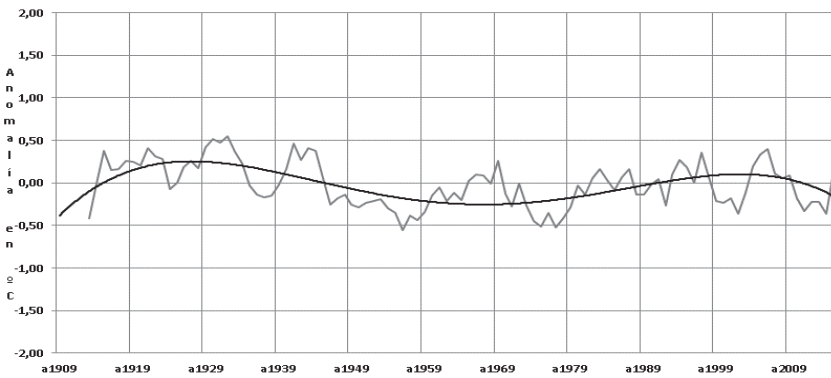


Figura 17. Oscilaciones de las frecuencias más altas de las SSTN3+4 encontradas con el análisis espectral conducidas por las ondas largas.

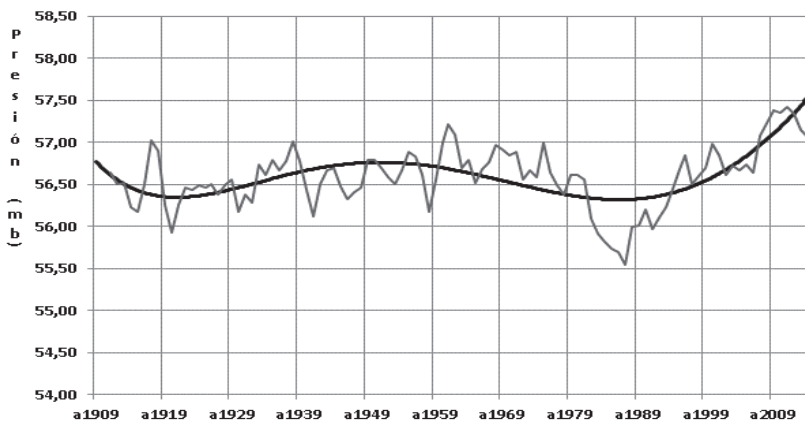


Figura 18. Oscilaciones de las frecuencias más altas del ASPSO encontradas con el análisis espectral conducidas por las ondas largas.

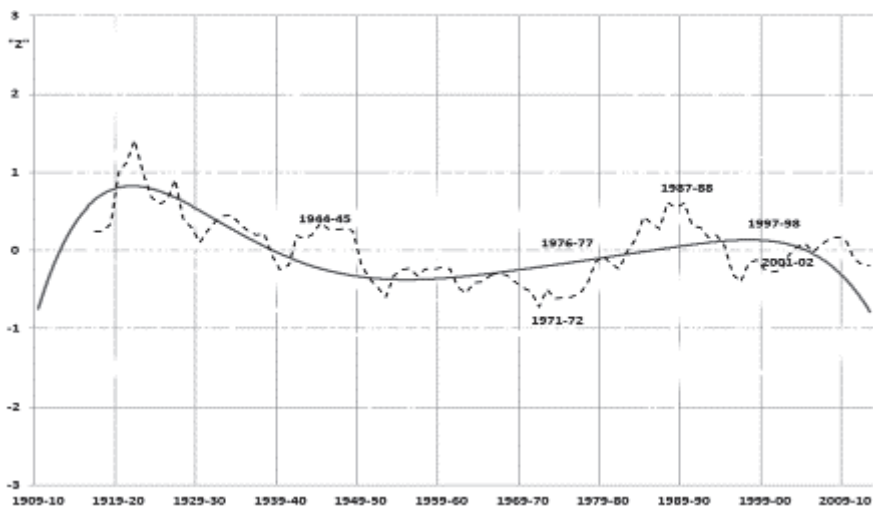


Figura 19. Oscilaciones de las altas frecuencias del DJUA encontradas con el análisis espectral conducidas por las ondas largas.

También se detectó con el análisis espectral una semejanza bastante notoria en las ondas largas entre el ASPSO y la PDO, con lapsos coincidentes en los períodos de 40-50, 5.6 y 3.6 años respectivamente, y en las altas frecuencias entre el DJUA y el SSTN3+4 que reafirma lo expresado en el párrafo anterior.

En las Figuras 17 y 18, las oscilaciones en alta frecuencia de las SSTN3+4 y ASPSO están conducidas por las de baja, confirmándose la probabilidad de ocurrencia de episodios asilados o esporádicos en ese rango de frecuencias (6 a 8 años), dentro del escenario a largo plazo representado en la Figura 3. No se incluye la PDO asumiendo que en esta dominan las ondas largas solamente.

Como corolario del análisis anterior se construye la Figura 19 que muestra el comportamiento temporal del DJUA discriminando a las ondas largas que conducen a las de más alta frecuencia, detectadas por el análisis espectral realizado. Obsérvese que en ese marco los episodios que se registran en las altas frecuencias son probables en el rango de los 6-8 años.

Conclusiones

De la comparación de las temporadas nivales en los Andes Áridos de los últimos diez años se verifica una correlación muy significativa entre los caudales del río San Juan del período octubre-marzo con la precipitación nival de abril-septiembre en ellos, validando su uso como índice nival a los derrames de dicho río. En su serie temporal se identifican rachas secas de mayor duración que los episodios húmedos, esporádicos pero con montos muy superiores.

Con la aplicación de los espectros de Tukey y de Máxima Entropía se reveló un ciclo cuasi-significativo de cuatro años en el río San Juan, predominando las altas frecuencias, identificándose con el segundo método los peak significativos de 3.8, 7, 5.4, 11 y 8.

Del análisis de la variación temporal de los principales factores se verifica que están correlacionados entre si significativamente a un nivel de confianza del 95 % confirmando que, cuando el océano Pacífico ecuatorial está caliente el Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur se debilita y viceversa; lo mismo sucede con la Oscilación Decadal Pacífica pero en menor medida.

Implementando los espectros citados, en las series temporales de los factores, se concluye que:

- En las Temperaturas Superficiales del Mar en el área Niño 3+4 se identifican ondas significativas en los periodos de: 3-4 a 6 años, muy semejantes a las encontradas en el río San Juan. Esto se confirmó con el cálculo de la coherencia espectral entre ambos.
- En el Anticiclón Pacífico Sur se identificaron tres ondas significativas, una larga de 40 años aproximadamente y otras de mayor frecuencia, 5.5 y 3.6 años. Su coherencia espectral con el río San Juan es significativa en las ondas cercanas a los cinco años y en menor medida a los tres años. Puesto que el río San Juan no tiene una onda larga significativa son incoherentes en las bajas frecuencias.
- En la Oscilación Decadal Pacífica se identificaron tres periodos significativos, 40-50, 5.6 y 3.6 años, semejantes a los encontrados en el Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur, es decir un predominio de las ondas largas. La coherencia espectral con el río San Juan no tiene ondas significativas asociadas.

Conocida la estructura espectral temporal de los factores y del índice nival, se realizó un análisis de sus oscilaciones conjuntas en la baja frecuencia con un filtro *low-pass* complementado con un ajuste polinómico permitió inferir que:

- Las coherencias en la larga escala son directas entre río San Juan, las Temperaturas Superficiales del Mar en el área Niño 3+4 y la Oscilación Decadal Pacífica; e inversa con el Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur. Se reveló claramente el comportamiento coherente entre los mismos en los periodos húmedos (1909-1944), subhúmedos (1977-2001) y secos (1945-1976), (2001-2014).
- La variabilidad de los factores, en especial la Oscilación Decadal Pacífica tienen una frecuencia nítidamente definida en el largo plazo, de lo que se desprende que el periodo seco (2010-2014) podría extenderse por varios años pero con episodios aislados dado que tanto las Temperaturas Superficiales del Mar en el área Niño

3+4 como el Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur Oriental tienen oscilaciones significativas de más alta frecuencia (4-6 años).

- Las oscilaciones significativas en alta frecuencia de las Temperaturas Superficiales del Mar en el área Niño 3+4 y el Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur Oriental están conducidas por las de baja frecuencia, confirmándose la probabilidad de ocurrencia de episodios aislados o esporádicos en ese rango, es decir entre los seis y ocho años.

Agradecimientos

Se agradece a la Universidad Nacional de San Juan y la ANCYT, PICTO-UNSJ-2009-0150-BID, 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 Atmosfera que Inciden en las nevadas de los Andes Áridos”, periodo 2016-2017, CICITCA-UNSJ.

Bibliografía

- Anderson, B. “The Cool Phase of the PDO and Possible Impacts”, <<http://www.acuweather.com/en/weather-blogs/anderson/the-cool-phase-of-the-pdo-and-possible-impacts/57249>>, 2011.
- Box, G.E.P.; Jenkins, G.; Reinsel, C. “Time Series Analysis: Forecasting and Control”, Ed. Wiley 4th Edition, New York, 2008, 784 p.
- Burg, P., “Maximum Entropy Spectral Analysis”, PhD thesis, Stanford University, 1975.
- Compagnucci, R.A.; Vargas, W.M. “Inter-annual variability of the cuyu rivers stream flow in the argentineanandean mountains and enso events”, *International journal of climatology*, 18:1593-1609, 1998. Contacto: digital@bl.fcen.uba.ar
- Draper Norman R., Smith, Harry, 1998. *Applied Regression Analysis*, 3rd Edition, Ed. Wiley, New York, 736 p.
- Kwon, MinHo; Kim, Hera; Yeh, Sang-Wook (2013). “Changes in ENSO-related PDO due to global warming”, EGU General Assembly 2013, held 7-12 April, in Vienna, Austria.
- Longley, R.W., 1973. *Tratado ilustrado de meteorología*. Ed. Bell., Buenos Aires.
- Masiokas, M.H.; Villalba, R.; Luckman, B.H.; Le Quesne, C.; Aravena, J.C., (2006). “Snowpack variations in the Central Andes of Argentina and Chile. 1951-2005: Large-scale atmospheric influences and implications for water resources in the region”, *Journal of Climate*, 19:6334-6352.
- Minetti, Juan; L., Poblete; Arnobio, G.; Vargas, W.M. y Ovejero, D.P. “El calentamiento Global (Cg) y la Circulación de Hadley (Ch) en el Hemisferio Sur”, enviado para publicar a *Theory and Applied Climatology*, 72:29-40.

- Moreiras, S.M. (2005). "Climatic effect of ENSO associated with landslide occurrence in the Central Andes, Mendoza Province, Argentina", *Landslides* 2:53-59.
- Núñez, J.D.; Rivera, R.; Oyarzún; J.L. Arumí (2013). "Corrigendum to Influence of Pacific Ocean multidecadal variability on the distributional properties of hydrological variables in north-central Chile", *Journal of Hydrology*, 512:227-240.
- Poblete A.G., Iranzo D.A., Minetti J.L., "Condiciones de borde atmosféricas y oceánicas que intervienen en la alimentación nival de los ríos Cuyanos", aprobado para ser presentado en el congreso CONAGUA 2013 a realizarse en San Juan, en octubre de 2013.
- Poblete A.G. e Iranzo, D.A. "Análisis de los factores de circulación atmosférica regional y cupla océano-atmósfera que generaron el período nival más seco del siglo XX en los Andes Centrales de Argentina y Chile", IX Jornadas Nacionales de Geografía Física, Bahía Blanca, 19-21 de abril de 2012.
- Poblete A.M.; Minetti. J.L.; Escudero S. "Cambios abruptos en la posición latitudinal del Borde Oriental del Anticiclón del Pacífico Sur", aprobado para ser presentado en el congreso CONAGUA 2013, realizado en San Juan, octubre de 2013.
- Quintana J.M. y Aceituno P. (2012) "Changes in the rainfall regime along the extratropical west coast of South America (Chile)" 30-43°S, *Atmósfera* 25(1):1-22, México.
- Rodionov, S.N. (2004). "A sequential algorithm for testing climate regime shifts", *Geophys. Res. Lett.*, 31.
- Siegel, S.; Castellan, N. (1988). "Nonparametric Statistics for the Behaviour", *Science*, Ed. Trillas, Madrid.
- Stoica, P.; Moses R. (2004). "Spectral Analysis of Signals", Prentice Hall, New Jersey.
- Viale, M. "Características de las precipitaciones orográficas de invierno sobre los andes subtropicales centrales", tesis presentada para optar por el título de doctor, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Universidad de Buenos Aires, 2010.
- WMO-World. "Meteorological Organization Climate Change", Technical Note, 79, Geneve, 1966.