

Influencia del ENSO en los factores y agentes climáticos que inciden en las precipitaciones níveas de los Andes Áridos

Influence of the ENSO on the climatic factors and agents that affect snowfall in the Arid Andes

Arnobio Germán Poblete

Doctor en Geografía. Director del Instituto de Geografía Aplicada. Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes. Universidad Nacional de San Juan. Mitre 317 oeste., (5402) San Juan, Argentina, agpoblete@gmail.com, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3165-5531>

María Agustina Albeiro Castro

Cursando el Profesorado en Geografía y Licenciatura en Geografía. Instituto de Geografía Aplicada. Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes. Universidad Nacional de San Juan. Mitre 317 oeste., (5402) San Juan, Argentina, magustina.albeiro@gmail.com, ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0657-9546>

Recibido: 7 de septiembre 2019 || Aprobado: 30 de octubre 2020

Resumen

La población de las regiones aledañas a los Andes Áridos, asocia al estado del evento ENSO (EN = componente oceánica; SO = componente atmosférica) con la cantidad de precipitaciones níveas, de manera directa. Dicho fenómeno es un evento natural de la variabilidad climática que se produce por la interacción entre el océano y la atmósfera en el Pacífico ecuatorial (SST), y las diferencias de presión en el occidental. Este trabajo tiene por objetivo dilucidar objetivamente y precisar cuantitativamente las aseveraciones respecto de la relación directa y considerada erróneamente como única entre las nevadas y el ENSO, en el periodo que se extiende entre abril-septiembre, analizando cómo modifica el mismo a cada uno de los factores y agentes atmosféricos, oceánicos y de la cupla océano-atmósfera. Además, se investiga la articulación de los mismos a partir del ‘disparo’ del ENSO, que genera un ‘efecto dominó’ de concatenaciones que potencian/debilitan las precipitaciones níveas.

Palabras clave: Andes Áridos; Nevadas; ENSO

Abstract

The population of the regions surrounding the Arid Andes associates the state of the ENSO event (EN = oceanic component; SO = atmospheric component) with the amount of snowfall, in a direct way. This phenomenon is a natural event of the climate variability produced by the interaction between the ocean and the atmosphere in the equatorial Pacific (SST), and the differences in pressure in the western Pacific. The aim of this paper is to objectively elucidate and quantitatively specify the claims regarding the direct and erroneously considered unique relationship among snowfall and ENSO in the period between April-September, analyzing how it modifies each of the atmospheric, oceanic and ocean-atmosphere factors and agents. In addition, the articulation of these factors is investigated based on the ‘triggering’ of ENSO, which generates a ‘domino effect’ of concatenations that enhance/weaken snowfall

Key words: Arid Andes; Snowfall; ENSO

Cita sugerida: Poblete, A.G. y Albeiro Castro, M.A. (2021). Influencia del ENSO en los factores y agentes climáticos que inciden en las precipitaciones níveas de los Andes Áridos. *Estudios Socioterritoriales. Revista de Geografía*, (29), 078. DOI: <https://doi.org/10.37838/unicen/est.28-078>



Este trabajo está bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

INTRODUCCIÓN

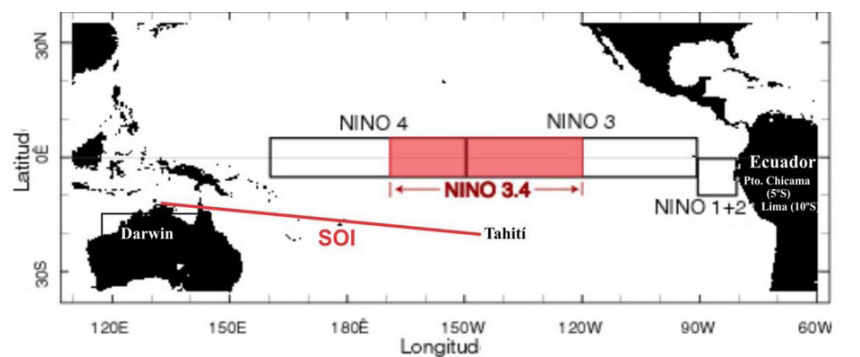
Los medios periodísticos, académicos y público en general de las regiones aledañas a los Andes Áridos, asocian el evento ENSO (*El Niño Southern Oscillation*) con la cantidad de precipitaciones nievales en dicha área de manera directa, es decir: “Niño = Nevada”, “Niña = No Nevada” (Rivera, 2018; Flamenco y De Ruyver, 2015; Heinzenknecht, 2011).

El fenómeno ENSO es un evento natural de la variabilidad climática que se produce por la interacción (cupla) entre el océano y la atmósfera en el Pacífico ecuatorial, en asociación con las diferencias de presión en el occidental.

El término “El Niño” se refiere a la componente oceánica (EN) definida como el calentamiento (fase cálida = Niño) o enfriamiento (fase fría = Niña) anormal de las aguas del Pacífico ecuatorial. Para valorarlo, se registra la temperatura superficial del mar (conocida en inglés como *Surface Sea Temperature* –SST–) en dicha área. Para ello se divide al mismo en cuatro regiones (Figura 1), las cuales son monitoreadas sistemáticamente para registrar y estimar su posible evolución (Trenberth, 1997).

Por otra parte, a la componente atmosférica se la denomina *Southern Oscillation* (Oscilación del Sur –SO–), resultante de las diferencias de anomalías de presión atmosférica entre Tahití y Puerto Darwin en Australia, que se cuantifica mediante el SOI (*Southern Oscillation Index*. NOAA) (Figura 1).

Figura 1. Regiones donde se registran las SST (EN) y las diferencias de presión atmosférica (SO), de *El Niño Southern Oscillation* (ENSO)



Fuente: elaboración personal

Los números de las regiones “Niño”: 1, 2, 3 y 4 (Figura 1), se corresponden con los rú-tulos asignados a las trayectorias de los buques que cruzaban las mismas. Los datos de estas permitieron que los registros históricos de “El Niño” se retrotrayeran en el tiempo hasta 1949, como se analiza en un estudio clásico de Rasmusson y Carpenter (1982). Siendo estas regiones, las siguientes:

- ≈ Niño 1+2 (0-10S, 90W-80W), tiene el área más pequeña y oriental de las regiones SST de El Niño, es contigua a la región costera de América del Sur (donde “El Niño” fue reconocido por primera vez por las poblaciones locales). Este índice tiende a tener la mayor variabilidad de todos.
- ≈ Niño 3 (5N-5S, 150W-90W), fue la primera área seleccionada para el monitoreo y pronóstico de El Niño, pero los investigadores, más tarde, identificaron que la región clave para valuar las interacciones océano-atmósfera del ENSO se encuentra más al oeste.

≈ Niño 3+4 (5N-5S, 170W-120W): sus anomalías, pueden ser consideradas como el promedio de las SST ecuatoriales del Pacífico, en las que se utilizan normalmente cinco meses significativos del mismo, y los fenómenos de El Niño/La Niña se definen cuando las SST 3+4 están por encima/debajo de +/- 0, 8° C (Australian Government, s/f), por un período de seis meses o más.

≈ Niño 4 (5N-5S, 160E-150W): valúa las anomalías de SST en el Pacífico ecuatorial central. Su área tiende a tener menos variación que las otras.

Por lo descripto, el Niño 3+4 y el ONI (*Ocean Niño Index*), elaborado por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA), se convirtieron en los más utilizados para la definición de los eventos cálidos y fríos (Ormaza-González, 2016; Quispe et al., 2015; Carrillo y Zambrano, 2012; Paolini, Felipe Blanch, Sureda Carbonell y Rosales, 2012; Trasmonte y Silva, 2008).

Además de los mencionados, se han construido otros índices, entre los que se destaca el MEI (*Multivariate ENSO Index*), por la cantidad de variables que se utilizan para su cálculo.

En la región de estudio, la asociación entre el ENSO y los derrames de los ríos cuyanos fue tratada por Poblete y Vera (2017), Poblete y Aguiar (2016), Boninsegna y Llop (2015), Poblete, Minetti e Iranzo (2013), Boninsegna y Villalba (2006), Compagnucci y Araneo (2005), Moreiras (2005), Compagnucci y Vargas (1998), Aceituno et al. (1992), entre otros; encontrando, en la mayoría de los casos, conexiones directas.

Algunos investigadores (Masiokas et al., 2006; Quintana, 2004) postulan que los factores hemisféricos conducen la variabilidad interanual observada en otras escalas menores, que se manifiestan en cambios rápidos o de alta frecuencia, como es el caso de las precipitaciones en los Andes Áridos y regiones lindantes, que en su mayoría son coherentes con las fases del ENSO (Aceituno et al., 1992).

Este trabajo tiene como propósito dilucidar objetivamente y precisar cuantitativamente las aseveraciones respecto de la relación directa, y considerada erróneamente como única (Poblete, Atencio y Vera, 2017), entre el ENSO y las nevadas en los Andes Áridos, en el periodo abril- septiembre; analizando cómo afecta a cada uno de los factores y agentes, tales como: presión al nivel del mar, vientos constantes del oeste y meridionales, el agua precipitable, la corriente en chorro, y otros, que constituyen las condiciones de borde (Figura 2) en el entorno de los Andes Áridos.

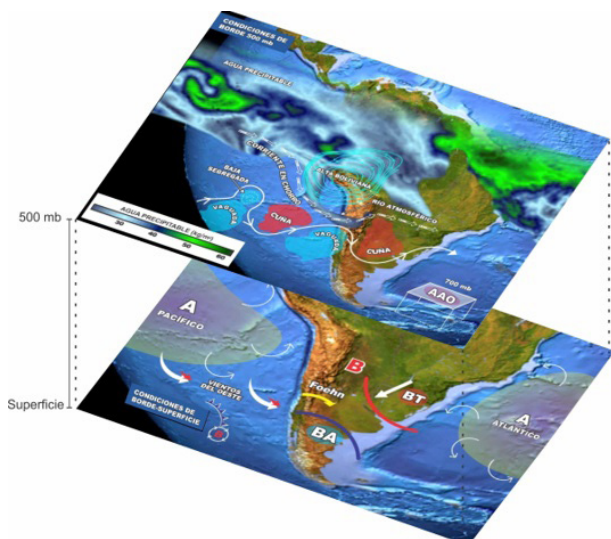


Figura 2. Inferior: Factores y agentes dinámicos en Superficie (Anticiclones Subtropicales del Pacífico Suroriental -ASPSO-; Vientos del Oeste; Bajas Circumpolares; Baroclinicidad Tropical, Austral y Viento Zonda), factores de la cupla océano-atmósfera (ENSO y PDO) y factores oceánicos (Corrientes Oceánicas de Humboldt, Malvinas y Brasil, TSA). Superior: Factores y agentes que operan en altura (250, 500 y 700 mb aprox.) Corriente en Chorro (Jet stream), Río Atmosférico, Cuñas, Vaguadas y Bajas Segregadas, Alta Boliviana, Oscilación Antártica (AAO)

Fuente: elaboración personal

A continuación se caracterizan brevemente (Escribá y Poblete, 2020) los factores y agentes descriptos en la Figura 2:

- ≈ Paso de sistemas frontales en superficie que por contacto y/o ascenso producen el enfriamiento del aire, pudiendo provocar nevadas en los Andes Áridos.
- ≈ Depresiones en superficie (bajas circumpolares provenientes del área subpolar, que advectan aire frío y en su flanco izquierdo generan un frente). Las mismas se desprenden debido a la ondulación de una onda de Rossby (Poblete y Minetti, 1989).
- ≈ Vaguadas, ‘valles fríos’ en altura, de baja presión que promueven el ascenso del aire desde el suelo. Muchas veces en su delantera se mueve un frente frío en superficie.
- ≈ Bajas segregadas, son depresiones frías en altura, que se desprenden de la delantera de una vaguada cuando esta se vuelve muy puntiaguda, activándose luego de manera independiente y promoviendo a su paso el ascenso de aire. Es la que más se asocia a tormentas invernales y de verano.
- ≈ *Jet Stream* o Corriente en chorro es un flujo en altura, que discurre en el nivel aproximado de los 200 a 300 mb, provocando un canal divergente y de esa manera induciendo el ascenso de aire desde la superficie. Cumple un rol fundamental en el transporte de agua precipitable desde regiones ecuatoriales y subtropicales hacia los Andes Áridos, proceso al que se llama Río Atmosférico.
- ≈ Forzamiento orográfico que impone la cordillera de los Andes haciendo que todos los procesos descriptos se potencien, modifiquen y en algunos casos se originen por la presencia de la misma. Sin ella, se produciría entre otros fenómenos, la ausencia de precipitación nívea. La asociación entre una alta presión en el centro de Chile y una baja en Cuyo, induciendo al aire a ascender a sotavento enfriándose, para luego descender a barlovento calentándose por compresión. Esto da lugar a un proceso termodinámico que origina el Zonda, pudiendo ser en altura o en superficie.

La actividad de los descriptos, depende de factores de la media y larga escala entre los que se destacan:

- ≈ Las temperaturas superficiales del mar (SST) en el área Niño 3+4: son integrantes del ENSO fenómeno producto de la cupla océano-atmósfera.
- ≈ La actividad del Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur (ASPSO): tiene su origen dinámico en la subsidencia provocada por el descenso del contralisio, propio de la Celda de Hadley, resultando seco y caliente. Constituye un sistema meteorológico que está posicionado casi de forma permanente frente a las costas de Chile a nivel de superficie. Contrariamente a lo mencionado acerca del “Niño”, resulta un factor negativo para la caída de nieve, entre otras influencias.
- ≈ El desplazamiento latitudinal del (ASPSO) al que se le llama LSAP: es importante tener en cuenta su corrimiento hacia el sur, ya que con ello provoca el desvío de los agentes precipitantes que provienen de las regiones subpolares.
- ≈ Oscilación Decadal Pacífica (PDO): es una variación del clima del Pacífico que alterna fases de calentamiento y de enfriamiento cada 20 o 30 años. Estos periodos se detectan midiendo las temperaturas oceánicas del Pacífico Norte (PN), desde el paralelo 20° N hacia el Polo. En su fase negativa, se encuentra una franja de agua más fría de lo normal en la parte Este del PN (costa de Estados Unidos) y una masa

de agua más caliente de lo normal en forma de herradura que conecta el PN con el Pacífico Oeste y el Sur. En su fase positiva, el primero se vuelve más frío y la banda este del mismo, se calienta. Su fase positiva/negativa, favorece/desfavorece la caída nival en los Andes Áridos.

- ≈ *Westerlies*: constituyen los vientos del oeste predominantes en la tropósfera media y superior. Su origen es producto de la variación vertical de presión con la latitud. Es decir que se generan por un gradiente de presión que es causado, en la mayoría de los casos, por la variabilidad de la temperatura.
- ≈ Alta presión en el centro de la Argentina: asociada a factores térmicos, que como consecuencia es más frecuente en invierno y de esta manera inhibe el gradiente de presión centro de Chile, Cuyo y, por ende, a los procesos Foehn.
- ≈ Fluctuación Subtropical Bidecadal (FSB): relacionada con el Jet de las Capas Bajas, y a la llamada convergencia subtropical, ubicada en los estados del sureste de Brasil, tiene una oscilación aproximada cada 20 años.
- ≈ Proceso Foehn (Zonda): originado por el ascenso de una parcela de aire a barlovento de una cordillera de magnitud, con un posterior vuelco a sotavento, cuyo trabajo de descenso es realizado por la gravedad, comprimiéndose al encontrar mayor presión atmosférica en su entorno a medida que baja. De esa manera se calienta termodinámicamente debido al ahorro de energía en forma de calor, producido por ambos procesos. Este aumento de temperatura, a su vez, induce un secamiento.
- ≈ Otros de menor significación.

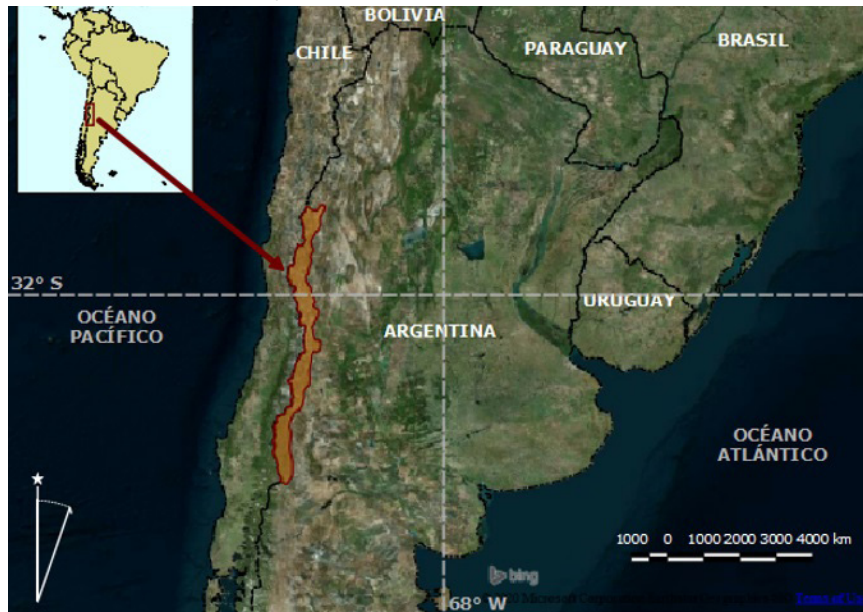
Como no se ha abordado en profundidad cuál es el impacto del ENSO sobre cada uno de los factores y agentes antedichos; se investiga la articulación de los mismos a partir del ‘disparo’ del ENSO, que genera un ‘efecto dominó’ de concatenaciones y *feedbacks*, que potencian/debilitan las precipitaciones nivas.

Son innumerables los artículos sobre el ENSO en todo el mundo (Ropelewski y Halpernt, 1986; Jevrejeva, Moore y Grinsted, 2003; Cabaniel, Rada, Blanco, Rodríguez-Morales y Escalera, 2005; Williams, Santoro, Smith y Latorre, 2008), sin embargo, la mayoría se refieren a su influencia sobre otras regiones distintas al área bajo estudio y sus teleconexiones con otros factores, ya sean atmosféricos, oceánicos y/o de la cupla océano-atmósfera. Pero son escasos los que se enfocan en la discriminación precisa de dicha asociación con las nevadas en los Andes Áridos, de las cuales depende el recurso hídrico que hace posible la existencia de los Oasis Cuyanos y las áreas agropecuarias de Chile Central.

DATOS Y MÉTODOS

Los datos de isocorrelaciones son productos obtenidos a partir del *software* Reanalysis del NCEP/NCAR (<https://reanalyses.org/>), en el período 1948–2015, para el lapso mayo–agosto en los Andes Áridos (Figura 3). Los puntos por los cuales se realiza la comparación son vértices de una cuadrícula de 4° de latitud y 4° de longitud.

Figura 3. Ubicación del área de estudio



Fuente: elaboración personal con base en Mapa Bing Aerial

Para realizar el análisis estadístico, se toma el coeficiente de correlación de Pearson:

$$(1) \quad r = \frac{1}{n} \frac{\sum (x - \bar{X})(y - \bar{Y})}{S_x S_y}$$

Siendo x e y las variables en análisis, \bar{X} e \bar{Y} sus medias, y S_x y S_y sus desviaciones típicas, respectivamente; y n el número de datos.

Si el r de Pearson no es extremo (-1; 1 o 0) se pueden usar las siguientes dójimas de hipótesis:

1. Estadístico “t”:

$$t = r \frac{\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

con una distribución t con $n-2$ grados de libertad

2. Estimador “Z”, con:

$$Z = \frac{z_r - \mu_z}{\sigma_z} \quad z_r = \frac{1}{2} \ln \frac{(1+r)}{(1-r)} \quad \mu_z = \frac{1}{2} \ln \frac{(1+\rho)}{(1-\rho)} \quad \sigma_z = \frac{1}{\sqrt{(n-3)}}$$

Donde:

n = N° de datos de la población

\ln = logaritmo natural

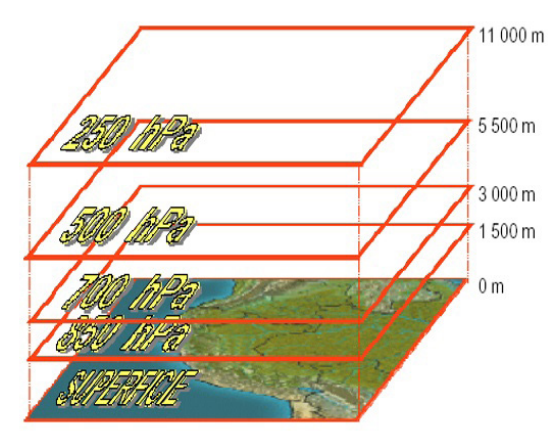
μ_z = muestra de la población

σ_z = desviación estándar de la muestra

El nivel de significación se calcula a través de la tabla de Ebdon (1983), teniendo en cuenta los grados de libertad ($n - 2$), que depende intrínsecamente de la cantidad total de datos en análisis.

El equivalente de la altura en metros se expresa como geopotencial, siendo este el nivel donde se encuentra una presión determinada (en hPa). La misma, disminuye en relación a su aumento en altitud (Figura 4). Para contar con una mayor precisión en las alturas expresadas en hPa a lo largo de la presente investigación.

Figura 4. Altura en metros de los geopotenciales (hPa)



Fuente: elaboración personal

≈ ONI (Índice de Niño Oceánico): es una medida de El Niño-Oscilación del Sur, y junto con otros índices, pueden confirmar si características consistentes con un fenómeno de la cupla océano-atmósfera, han estado presentes en ciertos períodos (NOAA-ONI).

≈ GPCP (*Global Precipitation Climatology Project*): es una base de datos cuadrículada de precipitación mensual, a nivel global. Se produce en dos pasos en los cuales se mezclan estimaciones multi-satelitales (MS) con mediciones pluviométricas. El análisis se encuentra disponible desde 1979 en

una cuadrícula de 2.5 x 2.5 grados de latitud/

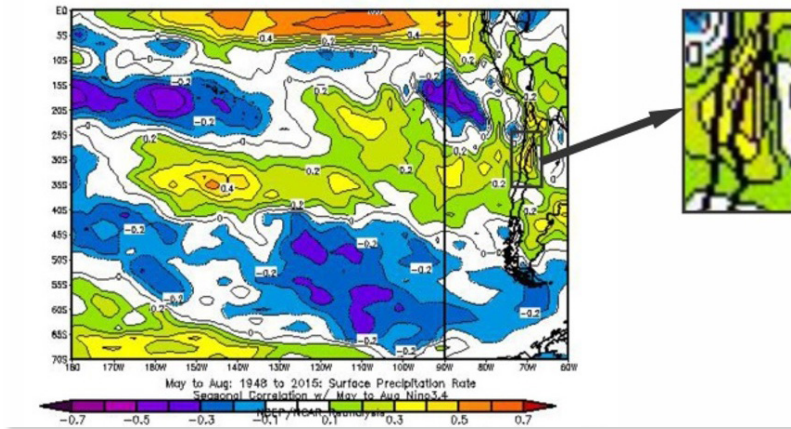
longitud. Primero, para cada celda de la cuadrícula con menos de 65% de agua, se calculan los promedios de las mediciones pluviométricas y las estimaciones MS, ponderando por el número de medidores. Después, se calcula el ratio entre los promedios ponderados de las mediciones y los promedios ponderados, controlando que el ratio máximo no sea mayor a dos para los promedios ponderados de las MS en el rango de [0,7] mm/d, 1.25 por encima de 17 mm/d, y reducido linealmente entre artefactos reprimidos. Cuando el ratio excede el límite, se calcula un ajuste aditivo topado en 1,7 mm/d en el promedio ponderado de las MS igual a cero, y linealmente reducido a cero en 7 mm/d. Esto se hace con el objetivo de tomar en cuenta que las MS pueden no considerar la precipitación leve. En cada celda, haya sido ajustada o no, la medición ajustada por MS resulta del producto de la MS y el ratio, sumándole el ajuste aditivo. Los errores aleatorios estimados, tanto para las mediciones pluviométricas como para las mediciones ajustadas por MS, se recalculan utilizando el promedio simple entre ambos, mismo que se utiliza como la estimación de la precipitación para ambos cálculos. Con este paso se busca prevenir la inconsistencia en resultados que puede darse cuando los errores aleatorios se calculan utilizando valores de precipitación que no se encuentran cerca el uno del otro. En un segundo paso, las mediciones pluviométricas ajustadas por MS se combinan por medio de un promedio ponderado, en donde los pesos se recalculan como el inverso de la varianza de los errores (estimados), para formar el producto final (IRI, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La fase cálida (“Niño”)/fría (“Niña”) del ENSO favorece/inhíbe las precipitaciones níveas en los Andes Áridos. Para confirmarlo, se elaboran las Figuras 5 y 6, donde se observa la correlación espacial de las SST N3+4 con el ratio de precipitación, mostrando una asociación de $r = 0,4$ (significativa al 1%) en los Andes Áridos, en el período 1948–2015.

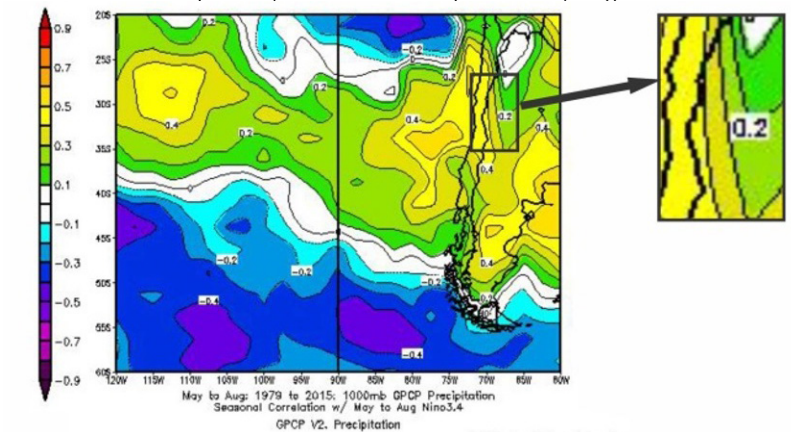
Lo anterior es corroborado por las isocorrelaciones entre las SST de abril a septiembre y los caudales del río San Juan entre octubre y marzo, observándose una muy significativa correlación con el área de El Niño 3+4, tal como se muestra en la Figura 7.

Figura 5. Isocorrelaciones entre el ratio de precipitación en superficie y El Niño 3+4 en el periodo mayo-agosto



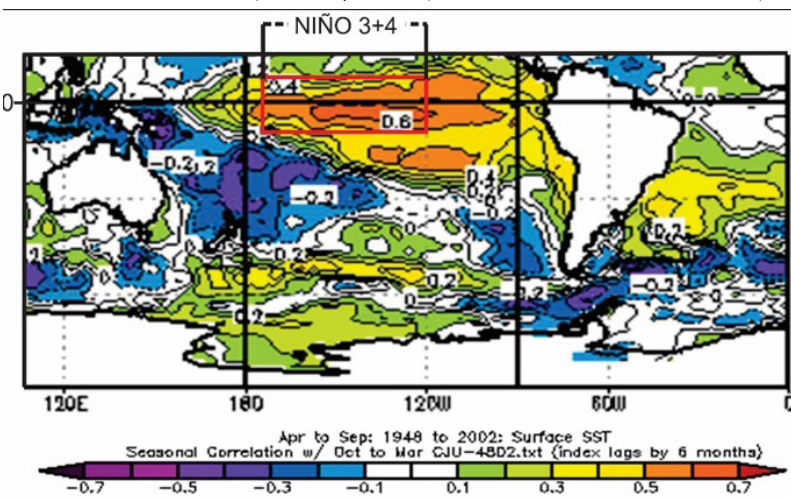
Fuente: adaptado de Reanalysis (<https://reanalyses.org/>)

Figura 6. Isocorrelaciones entre el ratio de precipitación (valuada por GPCP) en superficie y El Niño 3+4 en el periodo mayo-agosto



Fuente: adaptado de Reanalysis (<https://reanalyses.org/>)

Figura 7. Isocorrelaciones entre las SST (abril - septiembre) con los caudales del río San Juan (octubre - marzo)



Fuente: adaptado de Reanalysis (<https://reanalyses.org/>)

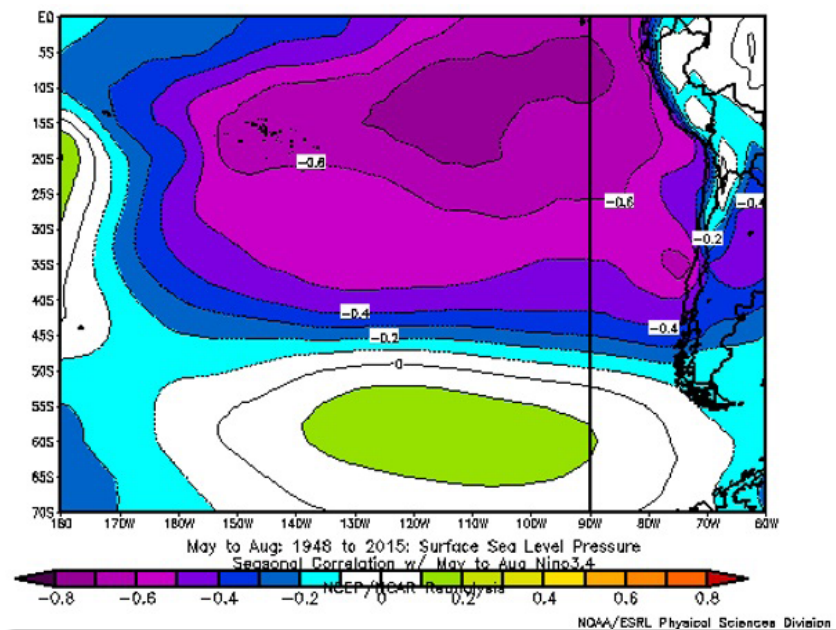
INFLUENCIA DE LA COMPONENTE OCEÁNICA DEL ENSO EN LOS FACTORES Y AGENTES QUE INCIDEN EN LAS PRECIPITACIONES NIVALES

A continuación, se analizan los factores y agentes que se potencian/debilitan, favoreciendo/inhibiendo las precipitaciones nivales en los Andes Áridos, con la presencia/ausencia de El Niño (EN), con el objeto de caracterizar su influencia; puesto que es considerado por los autores como un ‘disparador’ (Poblete et al., 2017) de aquellos.

» ANTICICLÓN SUR DEL PACÍFICO SUR ORIENTAL (ASPSO)

La Figura 8 muestra las isocorrelaciones entre el campo de presión atmosférica a nivel del mar con El Niño 3+4, para el periodo mayo-agosto. Se observa que es inversa, es decir, cuando las SST del Pacífico Ecuatorial aumentan (“Niño”) la presión en el Pacífico Sur disminuye (r de Pearson = -0,7; significativo al 1%), y viceversa. Lo que explicaría que en la fase cálida, al debilitarse el anticiclón, permite el advenimiento de los mecanismos precipitantes provenientes de las regiones subpolares, tales como: frentes asociados en general a bajas desprendidas del cinturón de depresiones que periferian la Antártida en superficie, vaguadas, bajas segregadas y otros (Figura 2–inferior). Sin embargo, en la fase fría (“Niña”) al estar las SST por debajo de lo normal, el anticiclón se potencia y se extiende, impidiendo la llegada de los citados mecanismos a los Andes Áridos. Esto justifica el rol preponderante negativo del ASPSO respecto de la ocurrencia de nevadas en área de estudio, durante la fase fría. En ambos casos (cálido/frío), esa relación se potencia en los extremos de precipitación (Poblete et al., 2017).

Figura 8. Isocorrelaciones entre la presión atmosférica a nivel del mar y El Niño 3+4 en el periodo mayo – agosto



Fuente: adaptado de Reanalysis (<https://reanalyses.org/>)

» GEOPOTENCIALES (850 MB – 700 MB – 500 MB)

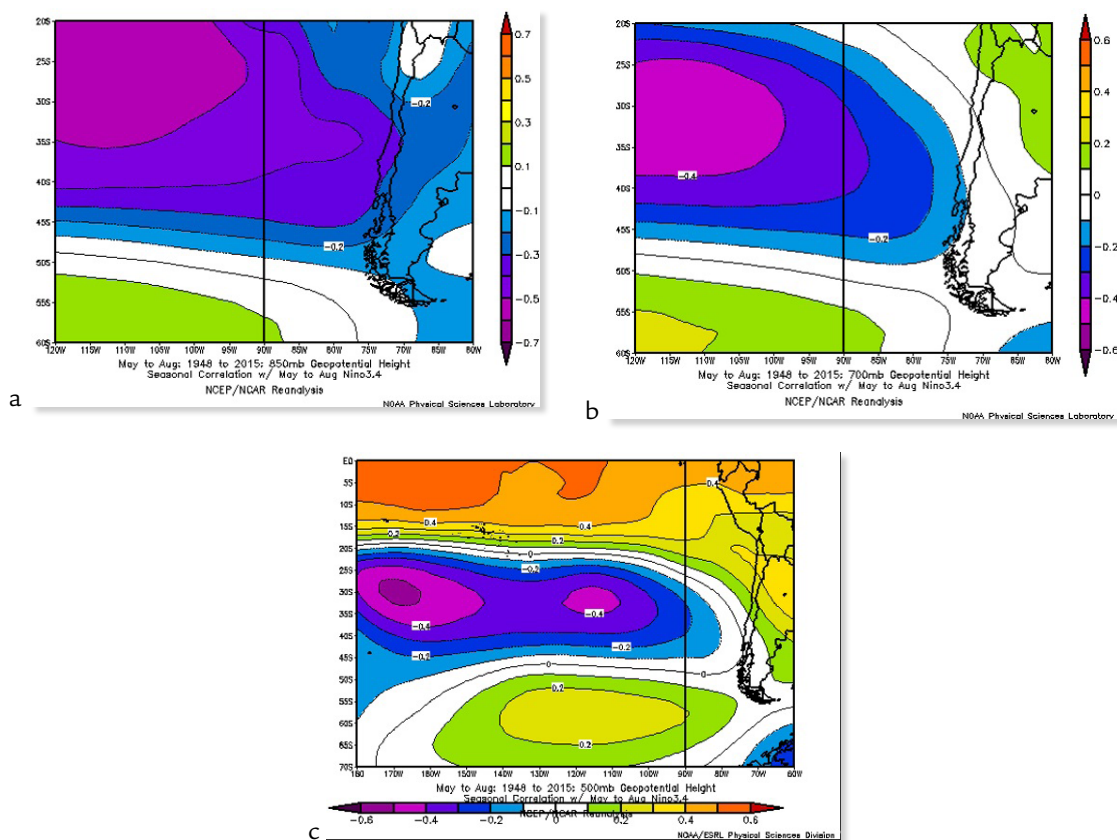
Habiendo demostrado la asociación inversa entre el ASPSO y la componente oceánica del ENSO, se investiga si se comporta de la misma manera en su desarrollo vertical.

El debilitamiento de la presión atmosférica en superficie descrito anteriormente, se

extiende en altura hasta los 3.000 metros, como se aprecia en las Figuras 9 a y b, representando así un verdadero succionador/expulsor de mecanismos precipitantes en la fase cálida/fría.

Sin embargo, el geopotencial de los 500 mb (Figura 9 c), solo desciende en un área central del océano, incluida en la que ocupa el ASPSO; favoreciendo en la misma el pasaje de los agentes que circulan en altura. No obstante, en el entorno de los Andes Áridos la correlación es directa y moderada (significativa al 5%), infiriendo que con la presencia de un evento “Niño” ocurre una despresurización del núcleo del ASPSO.

Figura 9. Isocorrelaciones entre el geopotencial de los 850 mb (a) / 700 mb (b) / 500 mb (c) y El Niño 3+4 en el periodo mayo-agosto



Fuente: elaborado con Reanalysis (<https://reanalyses.org/>)

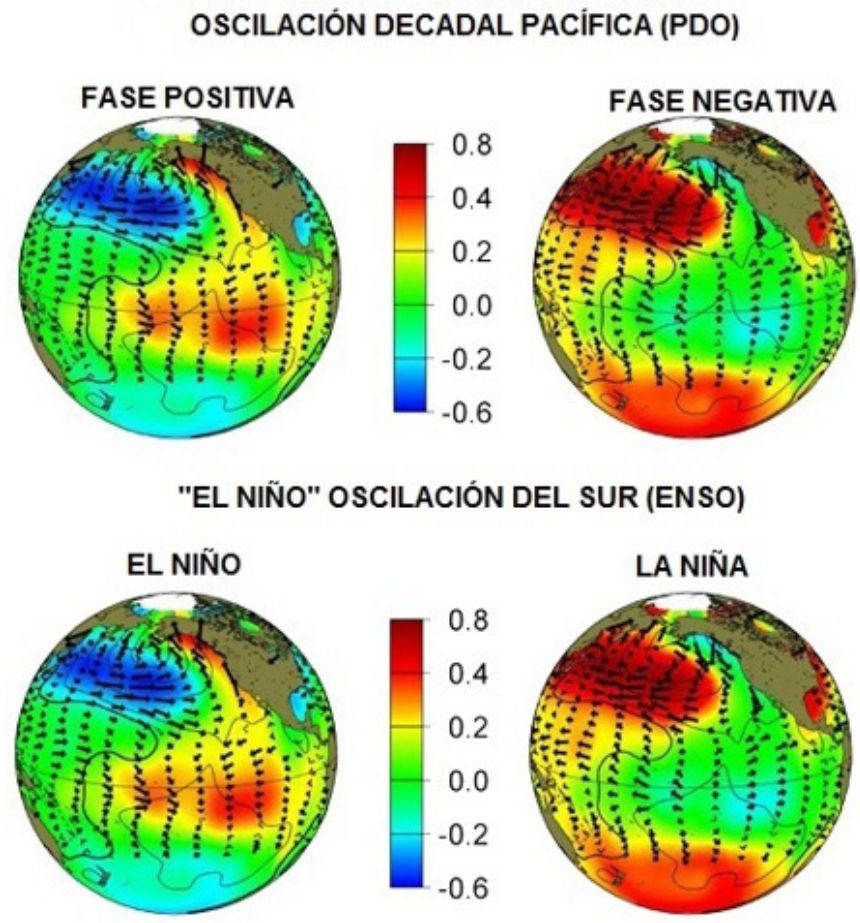
» *OSCILACIÓN DECADAL PACÍFICA (PDO)*

Es un índice que resulta de aplicar el método de Componentes Principales (Factores Empíricos Ortogonales –FEO–) a la anomalía mensual de temperatura del mar sobre el Océano Pacífico Norte, desde los 20° N hacia el Polo (Rayner et al., 2003).

Aplicando el índice de Pearson se encontró que El Niño 3+4 tiene una correlación directa significativa al 5% con la PDO ($r = 0,54$). Se comprueba que existe una coincidencia en las fases cálidas y frías de ambos.

De esta manera, la PDO al igual que El Niño, favorece las nevadas en su fase positiva y viceversa en la negativa, como plantean los autores Hare y Mantua (2000) (Figura 10).

Figura 10. Relación entre las fases positiva/negativa de la PDO con El Niño/La Niña del ENSO



Fuente: adaptado de Hare y Mantua (2000)

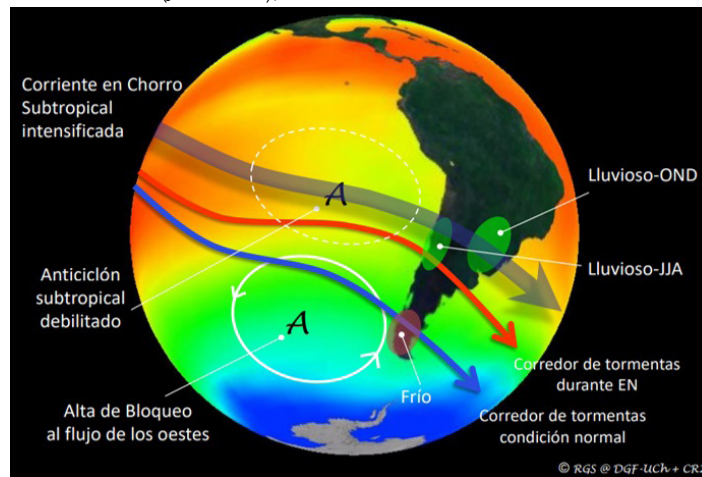
» CORRIENTE EN CHORRO SUBTROPICAL (JET STREAM)

Las corrientes en chorro son 'ríos de aire' de rápido movimiento que fluyen en la tropósfera superior, a lo largo de los límites entre las masas de aire globales. Como las temperaturas del océano influyen fuertemente en las masas de aire y los vientos globales, no es sorprendente que las corrientes en chorro se vean afectadas por los eventos ENSO (NOAA - Servicio Meteorológico Nacional de Estados Unidos).

La Figura 11 muestra el comportamiento de la Corriente en Chorro Subtropical durante la fase cálida de EN, configurada por ondulaciones débiles, con su flujo posicionado estacionariamente en el subtrópico; desplazando así, la trayectoria de las tormentas de sur (azul) a norte (rojo), posibilitando su impacto en los Andes Áridos en el período nival y favoreciendo las precipitaciones en dicha área.

De esta manera, simultáneamente El Niño convierte a la *Jet Stream* en otro factor que contribuye episódicamente de forma positiva a las nevadas, puesto que además debilitaría el ASPSO y bloquearía los *Westerlies*, que cuando se intensifican resultan negativos.

Figura 11. Principales impactos de la fase cálida de El Niño sobre la Corriente en Chorro Subtropical (Jet Stream), en el Cono Sur Sudamericano

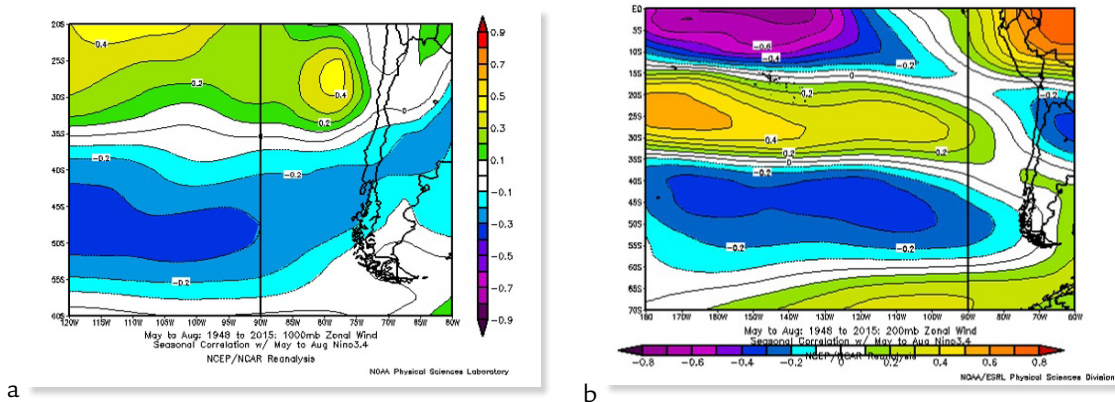


Fuente: Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile (2020)

» VIENTO ZONAL

Los vientos constantes del oeste con la presencia de una fase cálida se debilitan, ratificando su influencia negativa en la precipitación nival con un r de Pearson de $-0,57$ (Poblete y Aguiar, 2016). Para confirmar, se elabora la Figura 12 a, en la que se observa una isocorrelación inversa en su núcleo situado en el Pacífico Suroccidental (r de Pearson = $-0,3$; significativo al 1%) y de $r = -0,2$ (significativo al 5%) en su elongación hacia la trayectoria de los *Westerlies*; de esta manera, los revalidan como inhibidores de las nevadas en el contexto de un “Niño”.

Figura 12. Isocorrelaciones entre el viento zonal en los 1000 mb (a) / 200 mb (b) y El Niño 3+4 en el periodo mayo – agosto



Fuente: elaborado con Reanalysis (<https://reanalyses.org/>)

En la Figura 12 b, la SST positiva en el área “Niño 3+4” tiene franjas de isocorrelaciones con el viento zonal de los 200 mb: una inversa (r de Pearson = $-0,6$; significativo al 1%) que se dirige desde el Pacífico subecuatorial hasta el norte de los Andes Áridos, una directa (r de Pearson = $0,4$; significativo al 1%) en las latitudes medias en las que se intensifica, posibilitando el transporte de humedad desde el interior del océano hacia los Andes en esa franja latitudinal; y otra inversa (r de Pearson = $-0,3$; significativo al 1%) que alcanza la región austral de Chile; siendo notoria la inversión de la asociación de los vientos constantes del oeste incluso en la tropopausa.

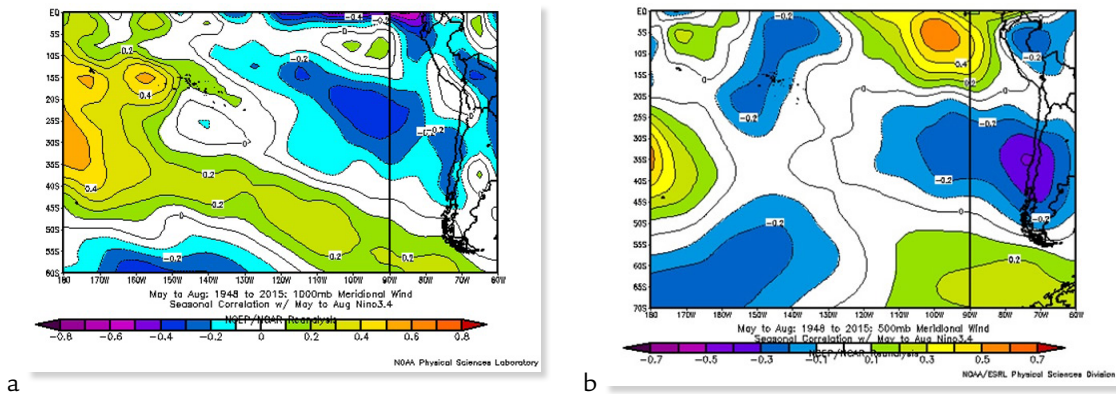
» VIENTO MERIDIONAL

El viento meridional en superficie (Figura 13 a) tiene una correlación inversa de -0,3 (significativa al 1%), envuelta en un área con -0,2 (significativa al 5%) que se extiende hacia el interior del océano Pacífico en dirección noroeste; sin embargo, se presenta una franja con su núcleo en los alrededores de Nueva Zelanda (r de Pearson = 0,6, significativo al 1%), extendiéndose hacia Tierra del Fuego, que podría estar relacionado con el enfriamiento de esa porción oceánica en la fase cálida, como se desarrollará posteriormente.

Mientras que, en los 500 mb (Figura 13 b) también mantiene una fuerte correlación inversa (r de Pearson = -0,5; significativo al 1%) con las SST del área N3+4 en la región de los Andes Áridos; no obstante, el núcleo positivo no se extiende en altura.

De lo anterior se infiere que la fase cálida los inhibe en ambos niveles, y con ello, a los movimientos advectivos fríos de origen continental.

Figura 13 Isocorrelaciones entre el viento meridional en superficie (a) / 500 mb (b) y El Niño 3+4 en el período mayo-agosto

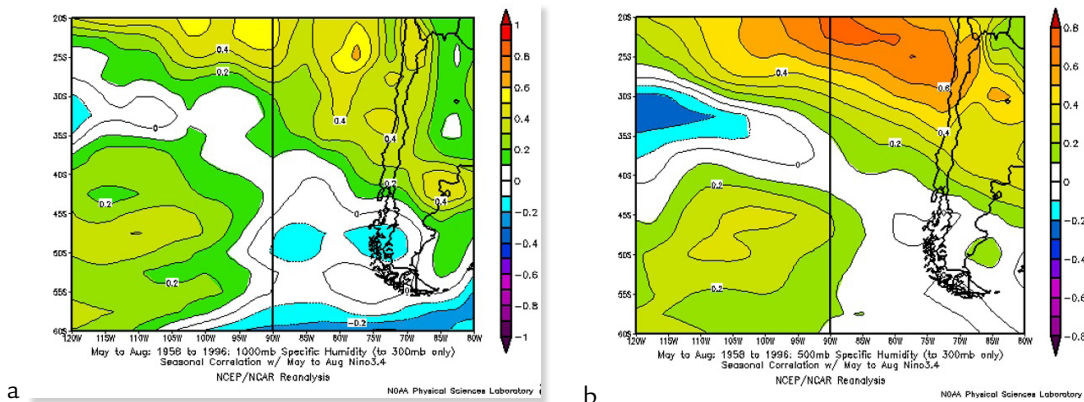


Fuente: elaborado con Reanalysis (<https://reanalyses.org/>)

» HUMEDAD ESPECÍFICA

Las Figuras 14 a y b muestran que El Niño 3+4 promueve el almacenamiento de humedad en la atmósfera en el área de estudio. Es notoria la asociación positiva (r de Pearson = 0,6; significativo al 1%) con la humedad específica en los 500 mb (Figura 14 b), nivel en donde generalmente se produce la precipitación nival en los Andes Áridos.

Figura 14. Isocorrelaciones entre la humedad específica en los 1000 mb (a) / 500 mb (b) y El Niño 3+4 en el periodo mayo-agosto



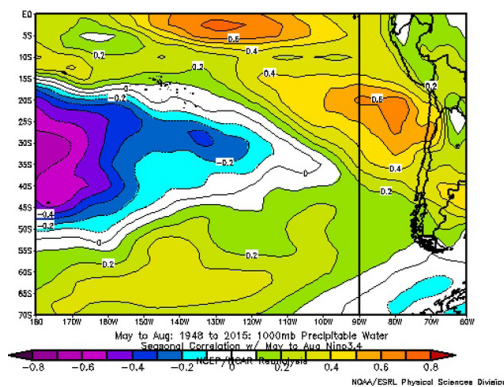
Fuente: elaborado con Reanalysis (<https://reanalyses.org/>)

» AGUA PRECIPITABLE Y RADIACIÓN SALIENTE DE ONDA LARGA (OLR)

En la Figura 15 a, se aprecia una muy significativa isocorrelación directa (r de Pearson = 0,6; significativo al 1%) entre la SST N3+4 y el agua precipitable en el océano adyacente al desierto de Atacama. Este hecho contribuye a la creencia popular “Niño–mayor precipitación” / “Niña–menor precipitación”, debido a que la condición necesaria para la misma es la disponibilidad de agua precipitable en la atmósfera, independientemente del eventual aporte de un río atmosférico. En octubre de 2015, se produjo un evento Niño con una anomalía de +2,4° C (valor muy superior a +0,8° C, que es el límite inferior de la fase cálida), generando una mayor disponibilidad de agua precipitable, y por lo tanto un considerable aumento de precipitaciones en el desierto de Atacama, provocando la aparición de raíces subterráneas que pudieron germinar y mantenerse en un entorno árido como los suspiros del mar (*Nolana paradoxa*) de tonos violetas y blancos, y añañucas de la cordillera (*Rhodophiala rhodolirion*) de color amarillo, que se han sumado a las flores habituales del lugar: garras de león (*Bomarea ovallei*) especie endémica de Chile de tonos rojizos, y *Calandrinia longiscapa*, que van del rojo, al púrpura y al blanco (Figura 15 b). La Figura 15 c, muestra las isocorrelaciones inversas (r de Pearson = -0,4; significativo al 1%) entre la OLR y la SST N3+4, confirmando la presencia de una persistente nubosidad; es decir que, un evento cálido propicia la condensación, asociada a la posible precipitación.

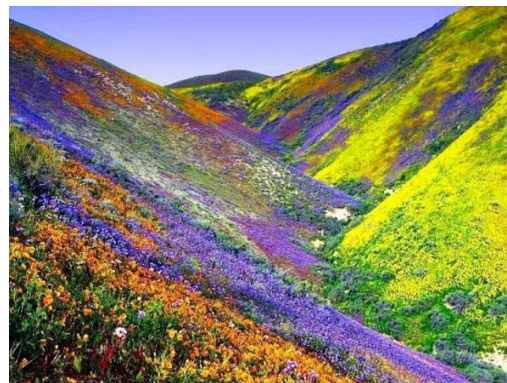
Figura 15. Isocorrelaciones entre el agua precipitable en superficie

a. / entre la OLR (Outgoing Longwave Radiation: Radiación Saliente en Onda Larga



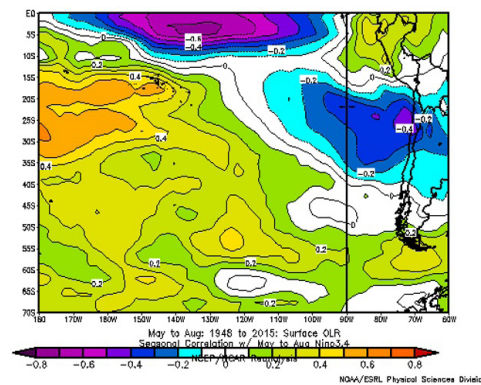
Fuente: elaborado con Reanalysis (<https://reanalyses.org/>)

b. Floramiento masivo en el desierto de Atacama debido a un fenómeno “Niño” - octubre de 2015



Fuente: Diario Digital El Periódico (2015)

c. El Niño 3+4 en el periodo mayo–agosto

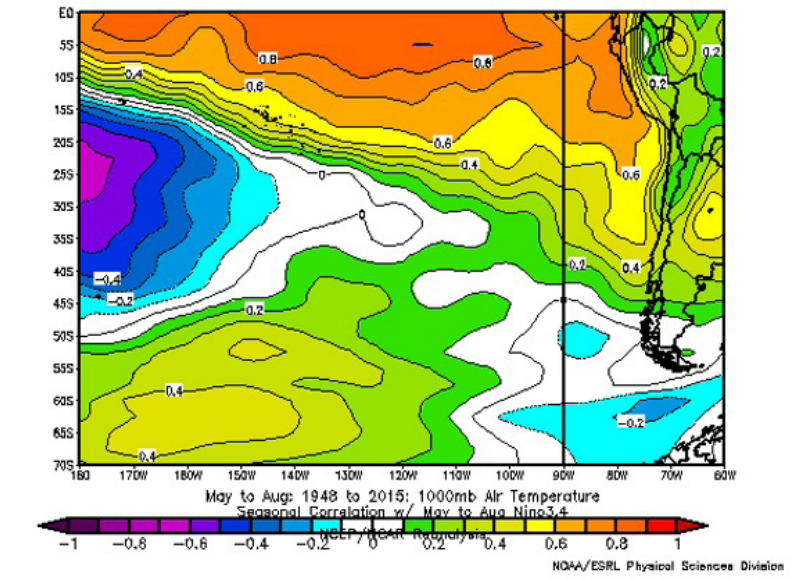


Fuente: elaborado con Reanalysis (<https://reanalyses.org/>)

» TEMPERATURA DEL AIRE EN SUPERFICIE

En la Figura 16 se observa la isocorrelación entre la temperatura del aire y la SST N3+4 resultando positivas y muy significativas (r de Pearson = 0,8; significativo al 1%) en el Pacífico ecuatorial, y en menor medida (r de Pearson = 0,2; significativo al 5%) en las costas de Chile Central y el entorno de los Andes Áridos. Facilitando la presencia de vapor de agua en el aire cálido cuando ocurre un “Niño” y viceversa en una “Niña”; y también explicaría en parte, la considerable disponibilidad de agua precipitable en dicha área, tal como se mostró en la Figura 15 a.

Figura 16. Isocorrelaciones entre la temperatura del aire en superficie y el Niño 3+4 en el periodo mayo-agosto



Fuente: elaborado con Reanalysis (<https://reanalyses.org/>)

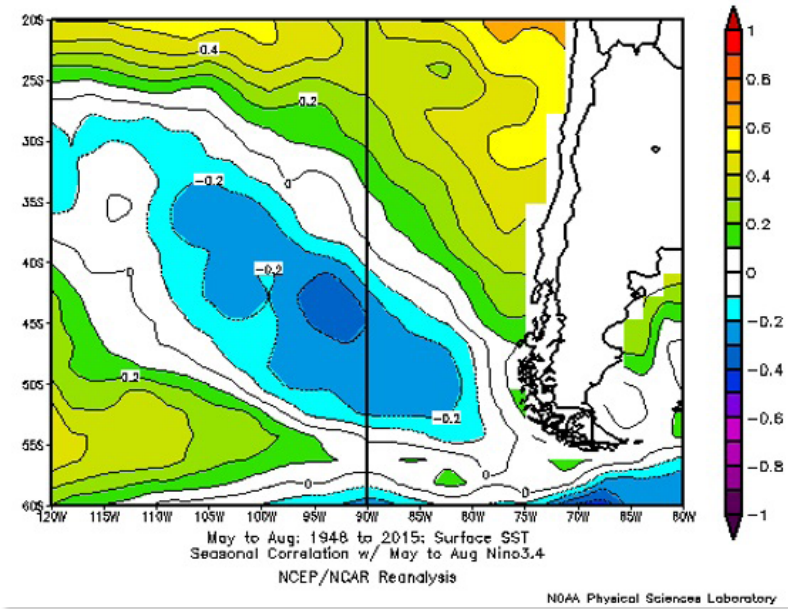
» TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR DEL PACÍFICO SUR OCCIDENTAL

En la Figura 17 se aprecia que en la costa chilena, donde fluye la corriente de Humboldt, hay una isocorrelación positiva (r de Pearson = 0,4; significativo al 1%) entre El Niño 3+4 y la SST; de lo que se infiere, que aquella tiene una temperatura por encima de lo normal, almacenando de esta manera mayor disponibilidad de humedad sobre el aire que se encuentra por encima de la corriente marina mencionada, y contribuyendo a la precipitación nival en los Andes Áridos; confirmando lo encontrado por Poblete y Aguiar (2016).

Según Garreaud et al. (2020), el calentamiento de las aguas del Pacífico en las costas neozelandesas genera una diferencia de presiones que desplaza hacia el sur las bajas desprendidas generadoras de procesos convectivos, cuyo origen está dado por una elongación muy pronunciada de las ondas de Rossby, que periferian la Antártida. Esto impide que se produzcan las precipitaciones pluviales del centro de Chile y las nivales en los Andes Áridos. De esta manera, lo considera al calentamiento como uno de los factores ‘disparadores’ de la megasequía que se instaló en Chile desde 2010; y además, de la media de todas las sequías históricas (Figura 18).

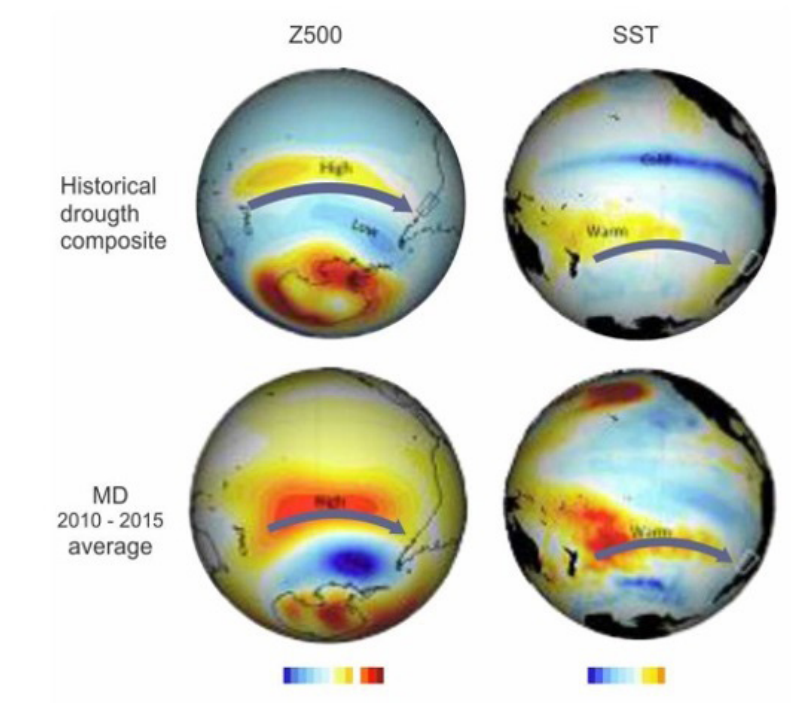
La Figura 19 muestra que durante un evento cálido las aguas que periferian Nueva Zelanda se enfrían (r de Pearson = -0,6; significativo al 5%), corroborando la influencia positiva de EN en las nevadas; puesto que inhibe el desplazamiento hacia el sur de los mecanismos precipitantes, permitiendo que accedan a Chile central y Andes Áridos.

Figura 17. Isocorrelaciones entre la temperatura superficial del mar y El Niño 3+4 en el periodo mayo-agosto



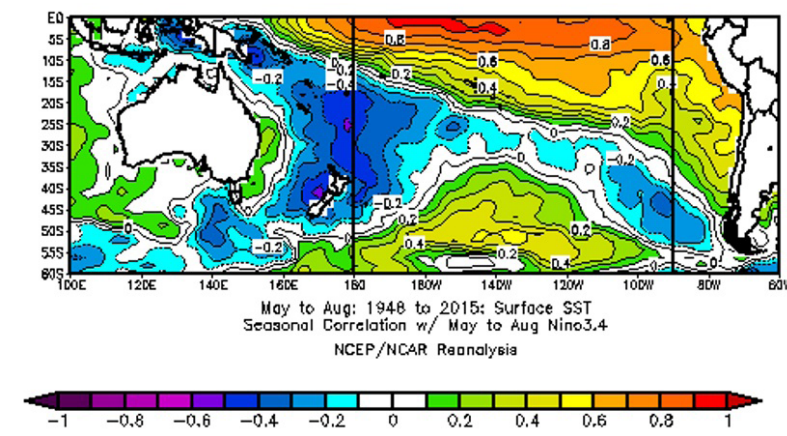
Fuente: elaborado con Reanalysis (<https://reanalyses.org/>)

Figura 18. Anomalía de la temperatura del océano y presión atmosférica en los 500 mb, que explican la sequía histórica (1915-2018) y la Megasequía de Chile central 2010-2015



Fuente: Garreaud et al. (2020)

Figura 19. Isocorrelaciones entre la temperatura superficial del mar y El Niño 3+4 en el período mayo-agosto



Fuente: elaborado con Reanalysis (<https://reanalyses.org/>)

Además de los factores y agentes analizados, existen otras oscilaciones que repercuten en las precipitaciones de Chile central y Andes Áridos: Oscilación Madden Jullien (MJO), Oscilación Antártica (AAO) y el Dipolo del Océano Índico (IOD); en ninguna de ellas se encontraron asociaciones significativas con los episodios cálidos/fríos debido a que en el primero (MJO) los índices que las miden están en distintas escalas (Cazatormentas, 2019); en el segundo (AAO), se estimó una correlación no significativa, con un r de Pearson = 0,12; y en el tercero (IOD), su teleconexión no se asocia a El Niño (de Diego, 2019).

CONCLUSIONES

Se confirma la correlación espacial entre las SST N3+4 con el ratio de precipitación en los Andes Áridos, haciendo uso de datos de Reanalysis.

Se discrimina dicha correlación de acuerdo a la incidencia de El Niño 3+4 sobre los factores y agentes que contribuyen a la generación de las precipitaciones nívicas:

- ≈ El campo de presión atmosférica a nivel del mar con El Niño 3+4 tiene una correlación inversa, es decir que en la fase cálida se debilita el ASPSO, permitiendo el advenimiento de los mecanismos precipitantes provenientes de las regiones subpolares. Mientras que, en la fase fría al estar las SST por debajo de lo normal, el anticiclón se intensifica y se extiende, impidiendo la llegada de aquellos a los Andes Áridos.
- ≈ Este debilitamiento/fortalecimiento durante la fase cálida/fría de la presión atmosférica en superficie, se observa también en altura hasta los 3.000 metros. Mientras que en los 500 mb, solo desciende en un área central incluida en la que ocupa el ASPSO; sin embargo, la correlación es directa y moderada en el entorno de los Andes Áridos.
- ≈ La PDO al igual que El Niño, favorece las nevadas en su fase positiva y viceversa en la negativa, puesto que presenta una asociación directa estadísticamente significativa con aquel.
- ≈ La Corriente en Chorro Subtropical durante la fase cálida de EN se presenta con ondulaciones débiles, favoreciendo el desplazamiento de la trayectoria de tormentas de sur a norte, posibilitando su impacto en los Andes Áridos en el período nival y favoreciendo así las precipitaciones.
- ≈ Los vientos constantes del oeste en superficie durante la fase cálida se debilitan, por lo que se ratifica que actúan como inhibidores de las nevadas. En los 200 mb, tienen

una franja de isocorrelación negativa que se dirige desde el Pacífico subecuatorial hasta el norte de los Andes Áridos; una directa en las latitudes medias, posibilitando el transporte de humedad desde el interior del océano hacia los Andes; y otra indirecta que alcanza la región austral de Chile, haciendo notoria su inversión incluso en la tropopausa.

- ≈ El viento meridional en superficie tiene una correlación inversa con las SST N3+4; sin embargo, se presenta una franja directa con su núcleo en los alrededores de Nueva Zelanda, que se extiende hacia Tierra del Fuego. Mientras que, en los 500 mb, mantiene una fuerte correlación inversa en la región de los Andes Áridos; no obstante, el núcleo positivo no se prolonga en altura como en superficie, inhibiendo la advección fría continental.
- ≈ El Niño 3+4 promueve el almacenamiento de humedad en la atmósfera en el área de estudio, confirmándose con la asociación positiva con la humedad específica en los 500 mb. Hecho que se refleja en una muy significativa correlación entre la SST N3+4 y el agua precipitable en el océano adyacente al desierto de Atacama; materializándose con la icónica fase cálida de 2015, cuando las abundantes precipitaciones lo transformaron en un extenso jardín.
- ≈ Se verifica una isocorrelación inversa entre la OLR y la SST N3+4, confirmando la presencia de una persistente nubosidad en el área de estudio, producto de una considerable disponibilidad de agua precipitable.
- ≈ Se comprueba la isocorrelación positiva entre El Niño 3+4 y la SST de la costa chilena; infiriendo que esta tiene una temperatura por encima de lo normal, propiciando un mayor almacenamiento de humedad y evaporación.
- ≈ Se corrobora que durante un evento cálido las aguas que periferian Nueva Zelanda se enfrían, por lo que las bajas desprendidas generadoras de procesos convectivos pueden impactar en el centro de Chile y Andes Áridos, influyendo positivamente en las nevadas.
- ≈ Con la Oscilación Madden Jullien, la Oscilación Antártica y el Dipolo del Océano Índico, no se encontraron asociaciones significativas con los episodios cálidos/fríos.

Por lo expuesto, se corrobora que El Niño, más que un único generador de nevadas, es un verdadero “disparador” de los factores y agentes que concatenados, se potencian/debilitan, favoreciendo/inhibiendo las precipitaciones nivales en el área de estudio.

Con lo expuesto en este artículo, se busca minimizar las posibles tergiversaciones y/o simplificaciones que existen con respecto al rol del ENSO en las nevadas en los Andes Áridos. Además, se aportan a la ciencia geográfica, metodologías y técnicas objetivas de uso corriente en los grandes centros climáticos internacionales como los mencionados en este trabajo, para ser aplicadas en sus investigaciones, que no necesariamente incluyan un enfoque climatológico específico.

AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto Análisis del Posible Impacto del Cambio Climático Global en los Recursos Hídricos, Ambiente y Confort Humano en las Regiones de Cuyo y Chile Central. CICIT-CA-UNSJ. Res. 591/20-CS-UNSJ por su respaldo económico; y al Instituto de Investigaciones Hidráulicas (IDIH) de la Facultad de Ingeniería de la UNSJ por el lugar de trabajo.

REFERENCIAS

- Aceituno, P.; Fuenzalida, H. y Rosenbluth, B. (1992). Clima a lo largo de la costa occidental extratropical de América del Sur. En H.A. Mooney, B. Kronberg y E.R. Fuentes (Eds.) *Earth Systems responses to global change*. Michigan: Academic Press.
- Australian Government (s/f). *Bureau of Meteorology (BoM) de Australia*. Recuperado de <http://www.bom.gov.au>
- Boninsegna, J. y Llop, A. (2015). *Impactos y vulnerabilidad al cambio climático de los principales ríos de Mendoza y San Juan a partir de la evolución de los glaciares cordilleranos: la economía del cambio climático en la Argentina*. CEPAL.
- Boninsegna, J. y Villalba, R. (2006). *Los condicionantes geográficos y climáticos. Documento marco sobre la oferta hídrica en los oasis de riego de Mendoza y San Juan*. Primer informe a la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.
- Cabaniel, G.; Rada, L.; Blanco, J.J.; Rodríguez-Morales, A.J. y Escalera, J.P. (2005). Impacto de los eventos de El Niño Southern Oscillation (ENSO) sobre la leishmaniosis cutánea en Sucre, Venezuela, a través del uso de información satelital, 1994-2003. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 22(1), 32-37.
- Carrillo, P. y Zambrano, E. (2012). Las estaciones costeras y la vigilancia de “El Niño” en el Ecuador. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 17, 155-161.
- Cazatormentas (2019). *La Oscilación de Madden Julian (MJO)*. Recuperado de <https://cazatormentas.com/la-oscilacion-de-madden-julian-madden-julian-oscillation-mjo/>
- Compagnucci, R.H. y Araneo, D.C. (2005). Identificación de áreas de homogeneidad estadística para los caudales de ríos andinos argentinos y su relación con la circulación atmosférica y la temperatura superficial del mar. *Revista Meteorológica*, 30(1-2), 41-53.
- de Diego, M. (2019). *Oscilaciones: el mundo en movimiento*. Servicio Meteorológico Nacional. Recuperado de <https://www.smn.gob.ar/revista-meteoros/oscilaciones-el-mundo-en-movimiento>
- Diario Digital El Periódico (2015). *Mira lo que hace un año de lluvias en el lugar más seco de la Tierra*. Recuperado de <https://www.elperiodico.com/es/sociedad/20151030/flores-de-sierto-atacama-lluvias-lugar-mas-seco-tierra-cambio-climatico-4630852>
- Ebdon, D. (1983). *Estadística para geógrafos*. España: Ed. Oikos- tau.
- Escribá, K.G. y Poblete, A.G. (2020). Caracterización estadística y dinámica del clima de Pampa El Leoncito y su entorno (Calingasta-San Juan). *Revista Geográfica digital*, 17(33), 29-43.
- Flamenco, E.A. y De Ruyver, R. (2015). La nieve en cordillera de cuyo, como un indicador climático continental del fenómeno Niño/Niña. *Congreso Nacional del Agua*. 25. CONAGUA, 15 al 19 de junio de 2015. Paraná, Entre Ríos. Argentina.
- Garreaud, R.D.; Boisier, J.P.; Rondanelli, R.; Montecinos, A.; Sepúlveda, H.H. y Veloso-Águila, D. (2020). La mega sequía de Chile central (2010-2018): una perspectiva de la dinámica del clima. *International Journal of Climatology*, 40(1), 421-439.
- Hare, S.R. y Mantua, N.J. (2000). Pruebas empíricas de los cambios de régimen en el Pacífico Norte en 1977 y 1989. *Progress in oceanography*, 47(2-4), 103-145.
- Heinzenknecht, G. (2011). *Informe final de actividades del consultor. Oficina de Riesgo Agropecuario. Proyecto “Riesgo y seguro agropecuario” - Etapa II*. Recuperado de <http://www.ora.gob.ar/informes/enso.pdf>

- Instituto Internacional de Investigación para el Clima y la Sociedad IRI (2015). *Factibilidad del uso de bases de datos climáticos para seguros de índice en América Latina*. Universidad de Colombia.
- Jevrejeva, S.; Moore, J.C. y Grinsted, A. (2003). Influencia de la Oscilación del Ártico y de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) en las condiciones del hielo en el Mar Báltico: La aproximación de las ondas. *Journal of Geophysical Research: Atmosferas*, 108(D21).
- Masiokas, M.H.; Villalba, R.; Luckman, B.H.; Le Quesne, C. y Aravena, J.C. (2006). *Variaciones de la capa de nieve en los Andes centrales de Argentina y Chile, 1951-2005: Influencias e implicaciones atmosféricas a gran escala para los recursos hídricos de la región*. American Meteorological Society.
- Moreiras, S.M. (2005). Efecto climático del ENSO asociado a la ocurrencia de deslizamientos en los Andes Centrales, provincia de Mendoza, Argentina. *SciELO*, 2(1), 53-59.
- National Oceanic and Atmospheric Administration -Organismo Nacional del Océano y la Atmósfera- (NOAA) (s/f a). *Índice de Oscilación del Sur (SOI)*. Recuperado de <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/soi/>
- National Oceanic and Atmospheric Administration -Organismo Nacional del Océano y la Atmósfera- (NOAA). *Índice del Niño Oceánico (ONI)*. Recuperado de <https://www.noaa.gov/>
- National Oceanic and Atmospheric Administration -Organismo Nacional del Océano y la Atmósfera- (NOAA) (s/f b). *Servicio Meteorológico Nacional de Estados Unidos. Jet Stream: una escuela en línea para el clima*. Recuperado de <https://www.weather.gov/jetstream/>
- Ormaza-González, F.I. (2016). Eventos oceanográficos de alta y baja frecuencia en El Océano Pacífico Ecuatorial Este. Evaluación de su seguimiento y predicción. *Revista Internacional de Investigación y Docencia (RIID)*, 1-7.
- Paolini, J.; Felipe Blanch, J.J.D.; Sureda Carbonell, B. y Rosales, J. (2012). Influencia del fenómeno El Niño-La Niña/Oscilación Sur (ENOS) y de la temperatura del Atlántico Norte en los caudales del río Caura, Guayana Venezolana. *Revista de climatología*, 12(12), 23-32.
- Poblete A.G. y Aguiar, L.A. (2016). Relación entre los factores de circulación atmosférica regional y de la cupla océano-atmósfera con los derrames extremos de los ríos San Juan y Mendoza. *Boletín de Estudios Geográficos*, (105).
- Poblete, A.G. y Vera, M.J. (2017). Cuantificación de la incidencia del ENSO en las nevadas de los Andes Áridos de Sudamérica en el periodo 1909-2015. *Revista Geográfica Digital*, 14(27), 1-15.
- Poblete, A.G.; Atencio, M.A. y Vera, M.J. (2017). Cuantificación de la incidencia del ENSO en las nevadas de los Andes Áridos de Sudamérica en el período 1909-2015. *Revista Geográfica Digital IGUNNE*, año 14(27).
- Poblete, A.G.; Minetti, J.L. e Iranzo, D.A. (2013). Condiciones de Borde Atmosféricas y Oceánicas que Intervienen en la Alimentación Nívea de los ríos Cuyanos. *Actas Congreso CONAGUA*.
- Poblete, A.G. y Minetti, J.L. (1989). *Informe Técnico Centro de Investigaciones de San Juan. Los mesoclimas de San Juan*. Primera parte, N° 11 del U.N.S.J.
- Quintana, J.M. (2004). *Factors affecting Central Chile rainfall variations at interdecadal scales* (in Spanish). M.S. Thesis. Departamento de Geofísica. Universidad de Chile.
- Quispe Calluari, C.; Tam Málaga, J.; Demarcq, H.; Romero Tadeo, C.; Espinoza Morri-

- berón, D.; Chamorro Gómez, A. y Oliveros Ramos, R. (2015). *El Índice Térmico Costero Peruano (ITCP)*. IMARPE.
- Rasmusson, E.M. y Carpenter, T.H. (1982). Las variaciones de la temperatura de la superficie de los mares tropicales y los campos de vientos de superficie asociados a la Oscilación del Sur/El Niño. *Monthly Weather Review*, 110(5), 354-384.
- Rayner, N.A.A.; Parker, D.E.; Horton, E.B.; Folland, C.K.; Alexander, L.V.; Rowell, D.P. y Kaplan, A. (2003). Análisis globales de la temperatura de la superficie del mar, el hielo marino y la temperatura del aire marino nocturno desde finales del siglo XIX. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 108(D14).
- Rivera, J. (2018). *La sequía provocada por “La Niña” en las montañas de Mendoza podría terminar*. Divulgación Científica. CONICET. Recuperado de <https://www.conicet.gov.ar/cientificos-advierten-que-la-sequia-provocada-por-la-nina-en-las-montanas-de-mendoza-podria-terminar/>
- Ropelewski, C.F. y Halpert, M.S. (1986). Patrones de precipitación y temperatura de América del Norte asociados con El Niño/Oscilación del Sur (ENSO). *Revisión mensual del tiempo (Monthly Weather Review)*, 114(12), 2352-2362.
- Trasmonte, G. y Silva, Y. (2008). *Evento La Niña: propuesta de definición y clasificación según las anomalías de temperatura de la superficie del mar en el área Niño 1+ 2*. IMARPE.
- Trenberth, K.E. (1997). Definición de El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78(12), 2771-2778.
- Williams, A.; Santoro, C.M.; Smith, M.A. y Latorre, C. (2008). El impacto de ENSO en el desierto de atacama y la zona árida de Australia: análisis exploratorios de series temporales arqueológicas. *Chungara*, 245-259.

OTRAS FUENTES

- Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Recuperado de <http://dgf.uchile.cl/>
- NOAA (2020). *National Oceanic and Atmospheric Administration*. Sitio web <http://www.noaa.gov/>
- Reanalysis del NCEP/ NCAR. Recuperado de <https://reanalyses.org/>

Arnobio Germán Poblete es Profesor en Enseñanza Media y Superior en Geografía. Profesor en Enseñanza Media y Superior en Matemática. Doctor en Geografía, Especialidad Climatología. Categorizado I (uno) para el régimen de Incentivos (fecha 05-05-2005). Es Director del Instituto de Geografía Aplicada. Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes. Universidad Nacional de San Juan. Desde 1987 dirige el Programa: “*Climatología de la Provincia de San Juan*”, que se desarrolla en el Instituto de Geografía Aplicada de la UNSJ. Institucionalizado por Res.: 009/98-CD-FFHA-UNSJ. WEB: <http://www.ffha.unsj.edu.ar/Climatologia/inicio.html>. En la actualidad dirige el proyecto: *Análisis del Posible Impacto del Cambio Climático Global en los Recursos Hídricos, Ambiente y Confort Humano en las Regiones de Cuyo y Chile Central*. Código 21/F. RES, 591/20-CS-UNSJ. Aprobado por evaluadores externos para Régimen de Incentivos. Desde el 01-01-2020 al 31-12-2021. Universidad de San Juan, Mitre 317 oeste, (5402) San Juan, Argentina, agpoblete@gmail.com, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3165-5531>

María Agustina Albeiro Castro es Ayudante de segunda con dedicación simple en el programa “*Climatología de la Provincia de San Juan*”. Actualmente cursando el tercer año del Profesorado en Geografía y Licenciatura en Geografía. Instituto de Geografía Apli-

cada. Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes. Universidad Nacional de San Juan.
Mitre 317 oeste, (5402) San Juan, Argentina, magustina.albeiro@gmail.com, ORCID
<https://orcid.org/0000-0003-0657-9546>