

*Dossier: IV Congreso Internacional de Geografía Urbana. Reconstruyendo el debate sobre la ciudad y su entorno.*

## **Análisis de la teleconexión entre la mancha cálida (Hot Blob) y las precipitaciones en los Andes Áridos y su entorno.**

**Arnobio Germán Poblete<sup>1\*</sup> y María Agustina Albeiro Castro<sup>2\*\*</sup>**

<sup>1</sup> Instituto de Geografía Aplicada. Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes. Universidad Nacional de San Juan.

\* E-mail: [agpoblete@gmail.com](mailto:agpoblete@gmail.com)

<sup>2</sup> Instituto de Geografía Aplicada. Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes. Universidad Nacional de San Juan.

\*\* E-mail: [magustina.albeiro@gmail.com](mailto:magustina.albeiro@gmail.com)

Recibido: 31/10/2023; Aceptado: 30/11/2023; Publicado: 28/12/2023

### **Resumen**

La Hot Blob o Mancha Cálida es una zona de altas anomalías de la temperatura superficial del mar persistente en tiempo, sensible a cambios estacionales. Se localiza generalmente entre los 20° S – 40° S de latitud y 140° W – 160° W de longitud, al este de Nueva Zelanda. Desde inicios del siglo 20, se ha incrementado en intensidad, duración y frecuencia; debido al Cambio Climático Global. Investigaciones han demostrado que la anomalía cálida arriba mencionada, influye en las precipitaciones de Chile Central y los Andes Áridos. En este artículo, se investiga con herramientas estadísticas y dinámicas la naturaleza y magnitud de esa influencia tomando como índice a los derrames anuales del río San Juan y las precipitaciones de Santiago de Chile.

**Palabras clave:** Conexiones; Sequía; Hot blob.

### **Analysis of the teleconnection between the Hot Blob and precipitation in the Arid Andes and its surroundings.**

#### **Abstract**

The Hot Blob or Warm Spot is an area of high sea surface temperature anomalies that persist over time, sensitive to seasonal changes. It is generally located between 20° S – 40° S latitude and 140° W – 160° W longitude, east of New Zealand. Since the beginning of the 20th century, it has increased in intensity, duration, and frequency; due to Global Climate Change. Research has shown that the warm anomaly mentioned above influences rainfall in Central Chile and the Arid Andes. In this article, the nature and magnitude of this influence is investigated with statistical and dynamic tools, taking as an index the annual spills of the San Juan River and the precipitations of Santiago de Chile.

**Keywords:** Connections; Drought; Hot blob.

## 1. Introducción

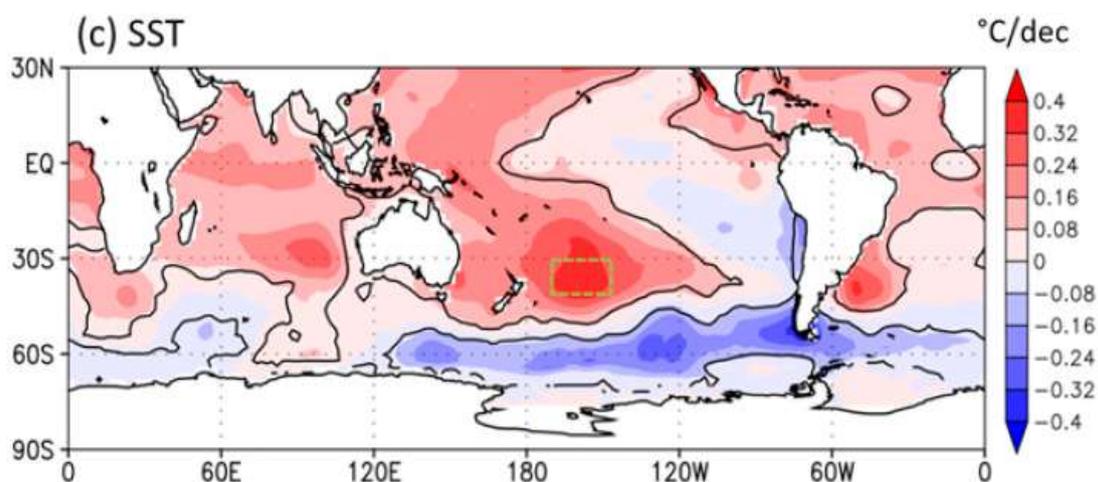
Recientemente Cheung y Frölicher (2020) han definido a las manchas calientes o “hot blob” (HB) como una zona de altas anomalías de la temperatura superficial del mar (SST) persistente en tiempo y, que además son aparente y relativamente independientes a cambios estacionales.

Los HB son fenómenos recurrentes en todas las cuencas oceánicas o costas con notables impactos en las pesquerías locales (Poblete & Albeiro, 2023).

Oliver *et al.* (2018) han reportado que, desde los inicios del siglo 20, los HB han incrementado en intensidad, duración y frecuencia debido a la actividad antropogénica (Poblete & Albeiro, 2023). Inclusive de acuerdo a Frölicher *et al.* (2018) se han duplicado desde la década de los 80's.

Los HB al este de Nueva Zelanda se localiza generalmente entre los 20° S – 40° S de latitud y 140° W – 160° W de longitud.

**Figura 1.** Temperatura superficial del mar (SST) en el Pacífico Sur Occidental (SSWP), en los meses de may-sep en el período 1979-2018.



Fuente: WMO.

Frecuentemente ocurre, pero en el año 2019, tuvo anomalías superiores a 5° C (Morton, 2019) y atrajo especies tropicales a su alrededor; este HB se presume puede ser causado por el sistema asociado al anticiclón subtropical del Pacífico Sur occidental (ASPSO).

Además, las precipitaciones en Chile Central y Andes Áridos, están fuertemente influenciadas por lo que suceda en el Océano Pacífico. La intensidad del ASPSO, la trayectoria de los ciclones extratropicales, los transportes de humedad desde el trópico (Jet Stream), los vientos en altura en muchos casos asociados a ríos atmosféricos o incluso las SST influyen de una u otra manera el régimen de precipitaciones nivales entre los meses de mayo a agosto (Poblete & Minetti, 2013; Poblete *et al.*, 2015; Poblete & Hryciw, 2016; Poblete *et al.*, 2016; Poblete & Monrrot, 2016; Poblete & Vera, 2017; Poblete *et al.*, 2017; Poblete & Minetti, 2017; Poblete & Albeiro, 2021; Poblete & Albarracín, 2022).

Investigaciones realizadas en Chile (Garreaud *et al.*, 2020) han mostrado que las anomalías cálidas han dominado la capa superior del Pacífico suroccidental durante las últimas dos a tres décadas.

Además, la mancha ha sido sindicada como una de las principales causas de la prolongada Megasequía en Chile Central y los Andes Áridos.

Debido a lo anterior, se considera que la HB, en el marco de la Megasequía 2010-2022, también influye en las precipitaciones de Chile Central y los Andes Áridos. En este artículo, se investiga con herramientas estadísticas y dinámicas la naturaleza y magnitud de esa influencia tomando como índice de estos a los derrames anuales del río San Juan (DJUA) y las precipitaciones en Santiago (PPSGO).

## 2. Materiales y métodos

La metodología empleada es la siguiente:

- *Variable Estandarizada*: mide la desviación de cada dato respecto de la media en unidades de desviación típica.

$$\text{La nueva variable: } z_i = \frac{x_i - \bar{X}}{S} \quad (1)$$

Con  $z_i$  la variable estandarizada obtenida de los  $N$  valores de  $x$  cuya media ( $\bar{X}$ ) y desviación típica ( $S$ ), tienen una vez tipificadas, una media =0 ( $\bar{Z} = 0$ ) y desviación típica =1 ( $S_z=1$ ). (Otnes, R.K., 1972).

Para verificar la normalidad de esta variable se aplica el test de Kolmogorov-Smirnov que se basa en la diferencia máxima entre la distribución acumulativa de la muestra y la distribución acumulada hipotética. Si el estadístico  $D$  es significativo, entonces debería rechazarse la hipótesis de que la distribución respectiva es normal con el siguiente resultado:  $D= 0.104$  ( $p=0.190$ ) que como no es significativo tanto para el 5% ( $p=0.05$ ) como para el 1% ( $p=0.01$ ). Se ratifica que la variable analizada tiene una distribución normal.

- *Coefficiente de correlación de Pearson*:

$$r = \frac{1}{n} \frac{\sum(x - \bar{X})(x - \bar{Y})}{S_x S_y} \quad (2)$$

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

### 1- Estadístico "t"

$$t = r \frac{\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \text{ con una distribución t con } n-2 \text{ grados de libertad} \quad (3)$$

### 2- Estimador "Z", con:

$$Z = \frac{z_r - \mu_z}{\sigma_z} \quad z_r = \frac{1}{2} \ln \frac{(1+r)}{(1-r)} \quad \mu_z = \frac{1}{2} \ln \frac{(1+\rho)}{(1-\rho)} \quad \sigma_z = \frac{1}{\sqrt{n-3}} \quad (4)$$

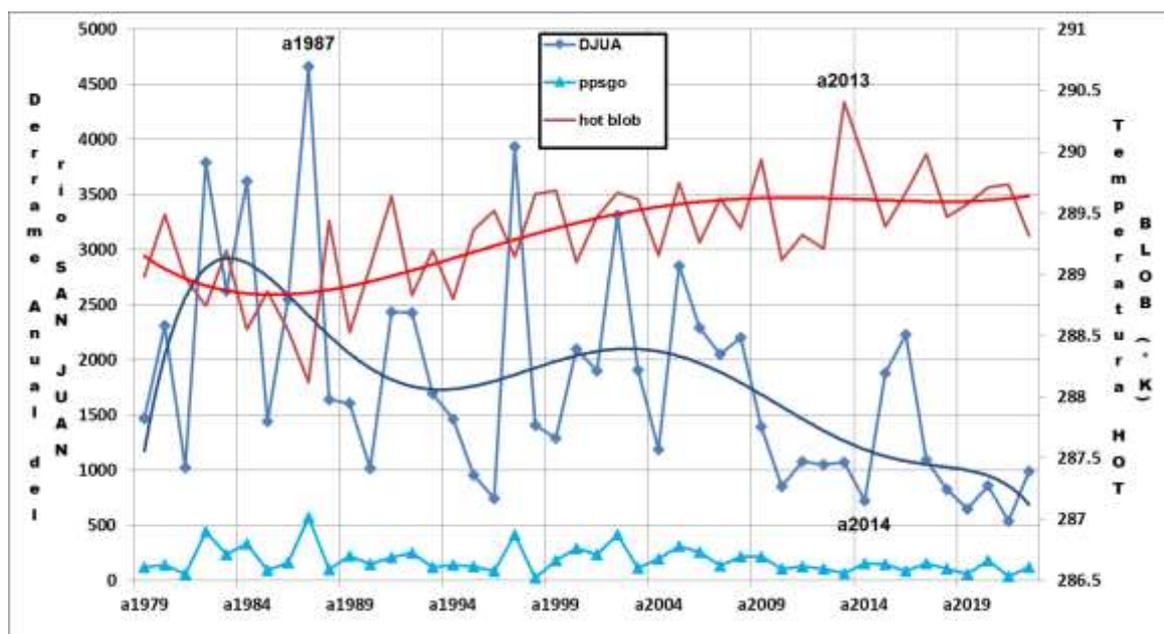
En una serie temporal se entiende por “tendencia” a la variación en el largo plazo de la variable considerada. Las lineales pueden variar dependiendo fuertemente del período en que se computan, WMO (1966). En este trabajo, para valorar si la misma es significativa estadísticamente se aplica el test de Spearman.

- *Reanalysis del NCEP/NCAR*: realiza correlaciones con los registros/estimaciones grilladas de las variables citadas en la figura 2, implementados por la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano –NOAA– (cuadrados de 4° de longitud y latitud). Por disponibilidad de datos de esta plataforma, se restringen los años en estudio entre 1948 y 2021.

### 3. Resultados

Se considera fundamental buscar la relación estadística entre la temperatura en el área de la Hot Blob, utilizando los datos grillados aportados por NCEP/NCAR con los derrames anuales del río San Juan y las precipitaciones de Santiago de Chile entre los meses de mayo a agosto desde 1979 a 2022.

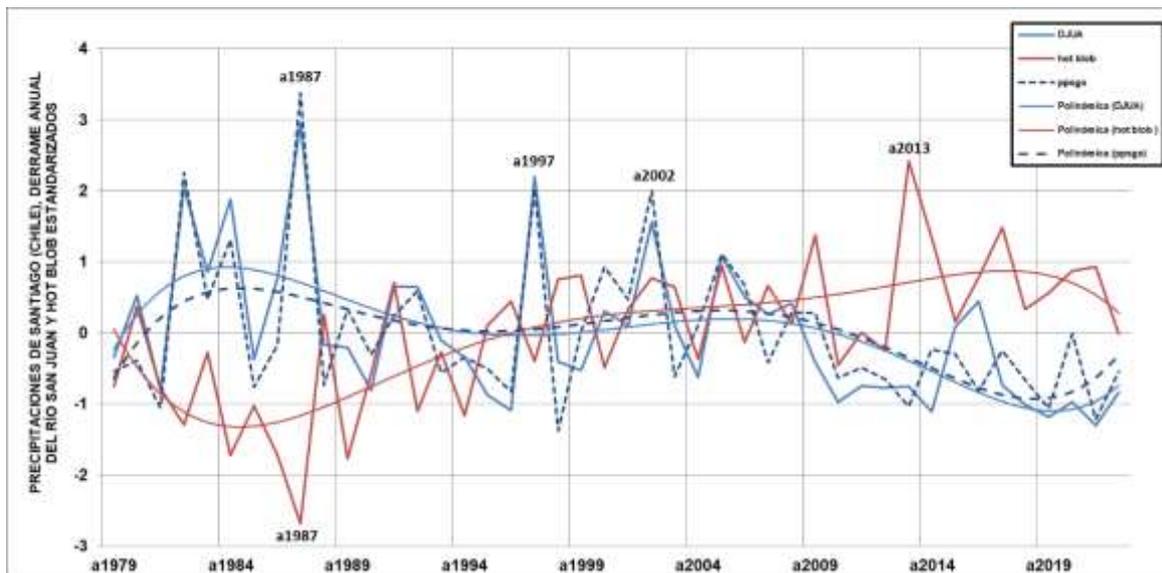
**Figura 2.** Variabilidad interanual de la Hot Blob, precipitaciones de Santiago de Chile y derrame anual del río San Juan, de los meses mayo-agosto desde 1979 a 2022.



Fuente: elaboración propia

La figura 2 muestra la variabilidad interanual de las mismas, verificándose que cuando la HB aumenta, las PPSGO y el DJUA disminuyen; es decir, que se identifica una relación inversa entre ambas.

**Figura 3.** Variabilidad interanual de la Hot Blob, precipitaciones de Santiago de Chile y derrame anual del río San Juan estandarizados, de los meses mayo-agosto desde 1979 a 2022.

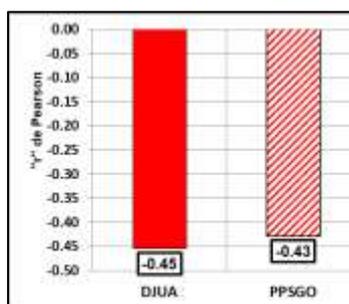


Fuente: elaboración propia

Para homogeneizar las variables en estudio, se las estandariza con el objeto de visualizar de manera más óptima sus variabilidades inversas (Figura 3).

En ambas figuras (2 y 3), se observa que la relación inversa existe entre las PPSGO y el DJUA con la HB, haciéndose más notoria en el inicio y final de la serie.

**Figura 4.** Correlación de Pearson entre la Hot Blob y las precipitaciones de Santiago de Chile, derrame anual del río San Juan y El Niño en el área 3+4.



Fuente: elaboración propia.

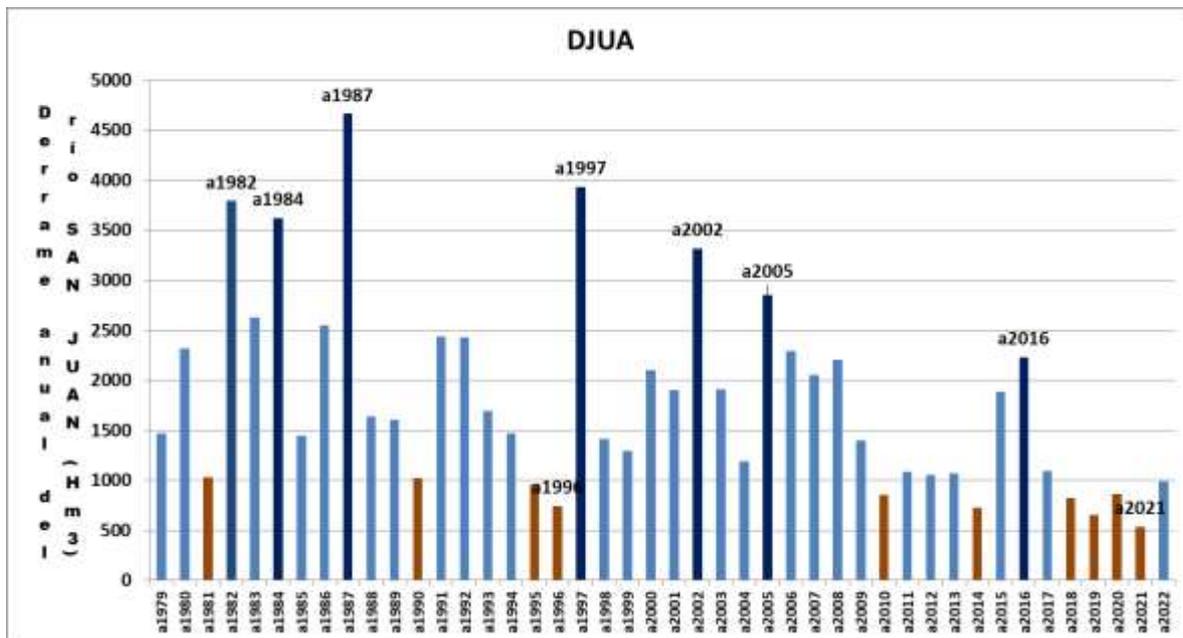
Para corroborar lo expuesto en las figuras 2 y 3, se aplica el índice de correlación de Pearson, que se muestra en la figura 4.

Siendo en ambos casos una relación inversa, con -0,45 entre el DJUA y la HB (significativa al 5%) y con PPSGO es de -0,43 (significativa al 5%); confirmándose cuantitativamente la teleconexión postulada.

### 3.1. Casos icónicos

Para validar espacialmente la relación inversa encontrada, se decide mostrar los casos más relevantes de dicha teleconexión, explicada a través del índice del DJUA, que es representativo de las precipitaciones de los Andes Áridos y su entorno (Poblete, 2023).

**Figura 5.** Casos icónicos (azul oscuro = muy húmedos; marrones = muy secos) del derrame anual del río San Juan desde 1979 a 2022.



Fuente: elaboración propia.

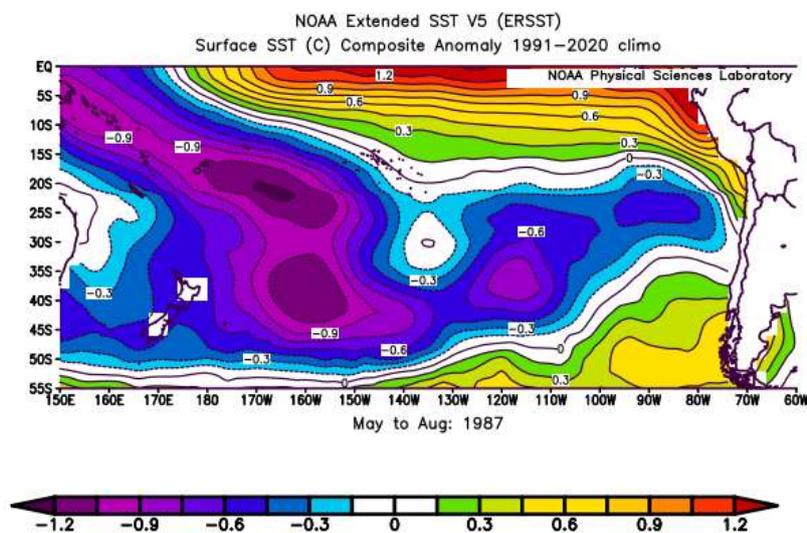
Se realiza la figura 5 con el objeto de mostrar los años con superávit y déficit para el DJUA, para verificar el comportamiento de la HB en los mismos.

Los años seleccionados por su relevancia respecto al derrame, son: 1981 – 1982 – 1987 – 1996 – 1997 – 2002 – 2005 – 2010 – 2016 – 2019 – 2021.

Con el objeto de mostrar de manera más clara y precisa la teleconexión entre las variables en estudio, se decide clasificarlas de acuerdo sean: mayores derrames, menores derrames o casos dudosos.

### 3.2. Mayores derrames

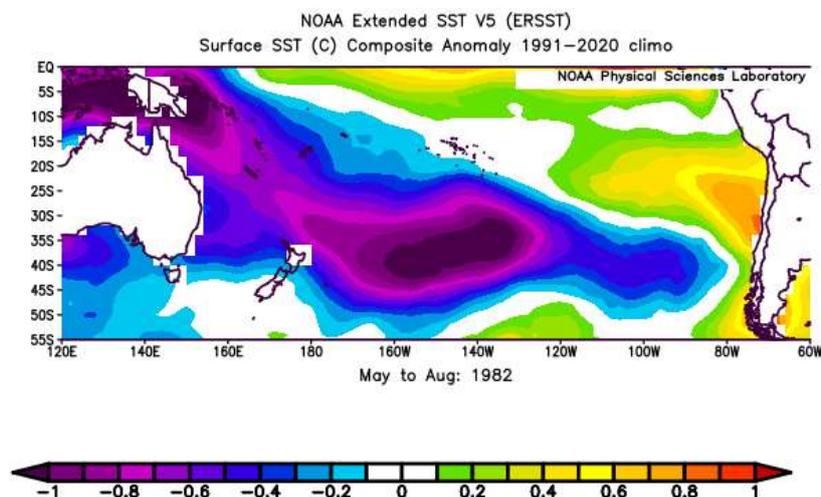
**Figura 6.** Anomalía de las SST del Pacífico Sur Occidental en el período may-ago del año 1987 con un derrame anual de 4664Hm<sup>3</sup>; el más húmedo del periodo analizado.



Fuente: elaboración propia en base a Reanalysis 1-2 (Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica -NOAA-).

En el año 1987, en el cual se registró el derrame más alto (4664Hm<sup>3</sup>) en el período analizado, se ratifica la asociación inversa entre la HB y el DJUA; puesto que las anomalías de las SST son notoriamente negativas en todo el Pacífico Suroccidental, y especialmente en el área donde se ubica generalmente la “Mancha Cálida”.

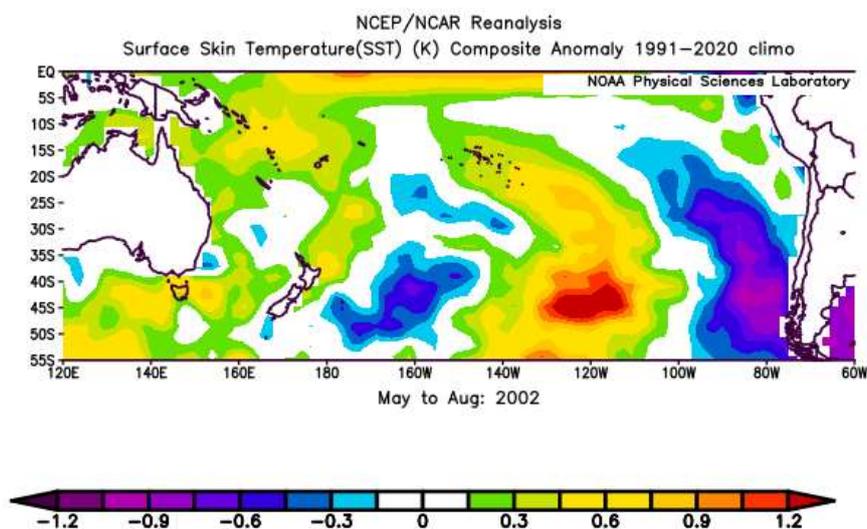
**Figura 7.** Año 1982 con un derrame anual de 3793Hm<sup>3</sup>; el 3° más húmedo del periodo analizado.



Fuente: elaboración propia en base a Reanalysis 1-2 (Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica -NOAA-).

En la figura 7, se observa el año 1982, enumerado como el 3° derrame más húmedo del período analizado muestra una anomalía negativa (-1) en el área frecuente de la HB, corroborando la asociación inversa expuesta.

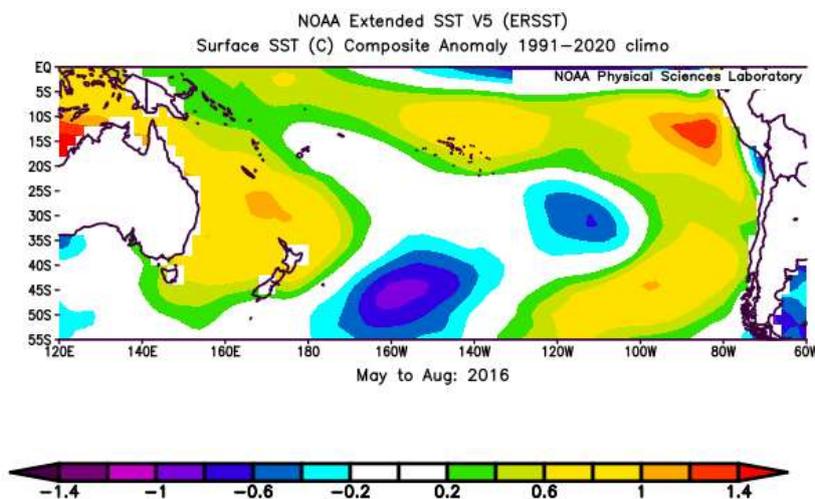
**Figura 8.** Año 2002 con un derrame anual de 3316Hm<sup>3</sup>; el 5° más húmedo del periodo analizado.



Fuente: elaboración propia en base a Reanalysis 1-2 (Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica -NOAA-).

En la figura 8 se observa un caso notorio de la relación entre una Mancha fría y el superávit de precipitaciones níveas registradas en ese año. Cabe destacar que en el período may-ago se registró un evento “Niño” moderado.

**Figura 9.** Año 2016 con un derrame anual de 2229Hm<sup>3</sup>; el más húmedo registrado en la Megasequía.

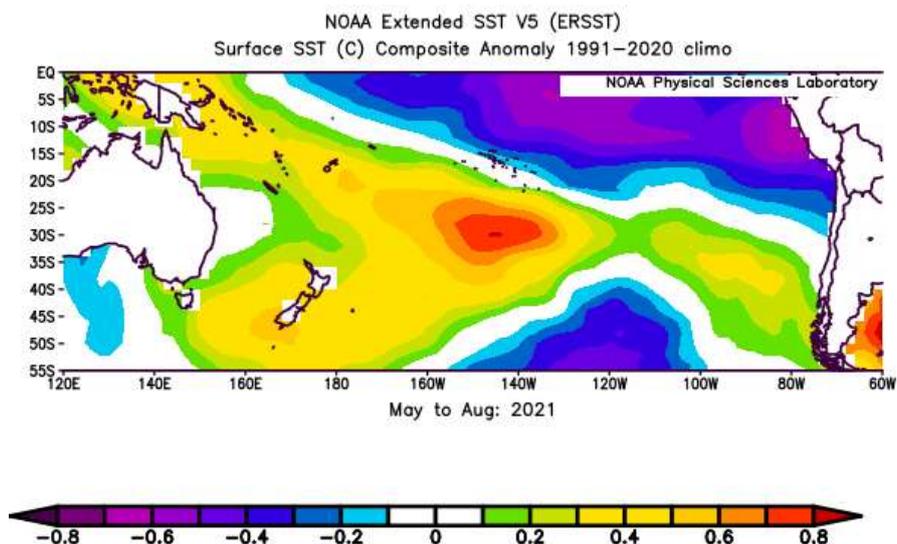


Fuente: elaboración propia en base a Reanalysis 1-2 (Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica -NOAA-).

En la figura 9, se ratifica la relación entre la HB y las precipitaciones de Chile Central y Cuyo, puesto que, en la ubicación habitual de la primera, se muestra una notoria anomalía negativa, reforzada por El Niño fuerte. Cabe destacar que este, se presenta en plena Megasequía.

### 3.3. Menores derrames

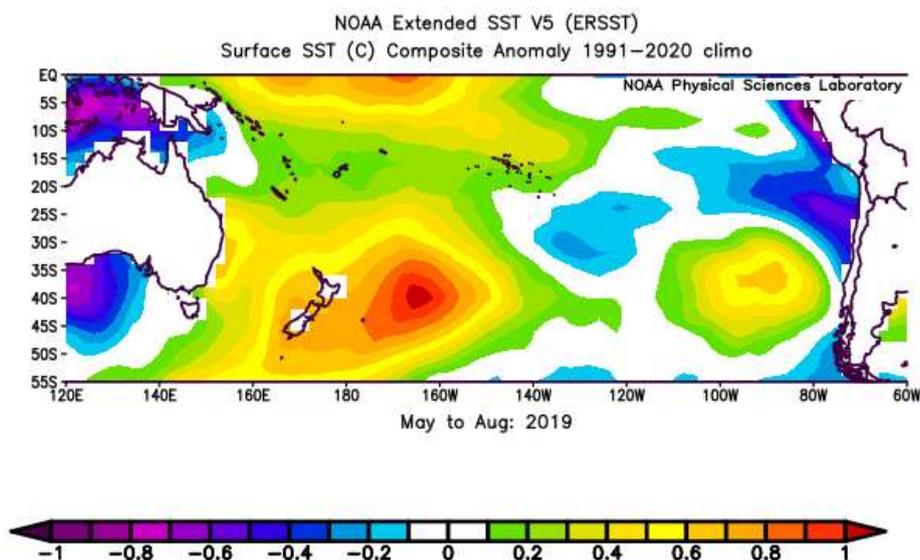
**Figura 10.** Año 2021 con un derrame anual de 536Hm<sup>3</sup>; el más seco del periodo analizado.



Fuente: elaboración propia en base a Reanalysis 1-2 (Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica -NOAA-).

El año más seco del período analizado es el 2021 (Figura 10), en el cual se manifiesta una anomalía positiva de las SST en el área de la HB; en el marco de una “Niña” que tuvo una duración de 3 años consecutivos (desde agosto de 2020 hasta enero de 2023) y la continuidad del período de Megasequía en los Andes Áridos y su entorno.

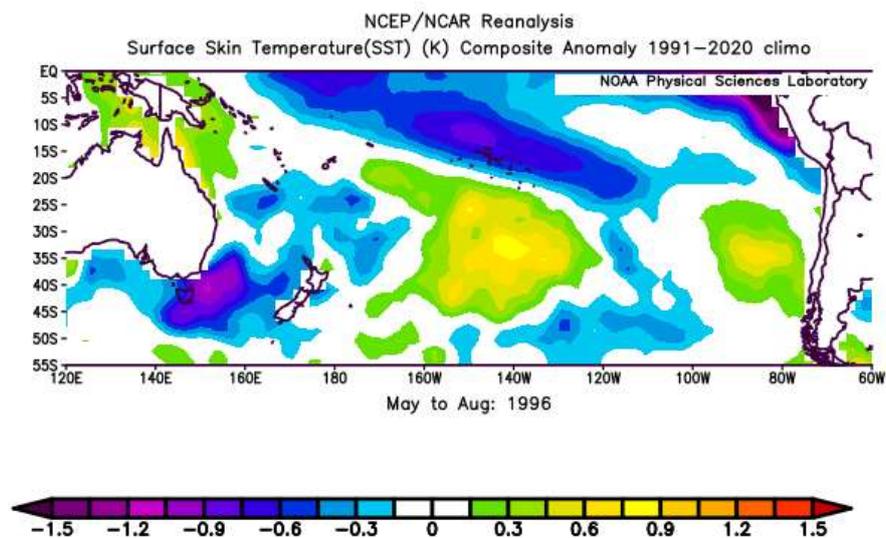
**Figura 11.** Año 2019 con un derrame anual de 650Hm<sup>3</sup>; el 2° más seco del periodo analizado.



Fuente: elaboración propia en base a Reanalysis 1-2 (Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica -NOAA-).

En el año 2019 (Figura 11), se revalida la asociación inversa descrita, puesto que se presenta como el 2° año más deficitario del DJUA, enmarcado en una relevante anomalía positiva de las SST en la posición geográfica más frecuente de la HB.

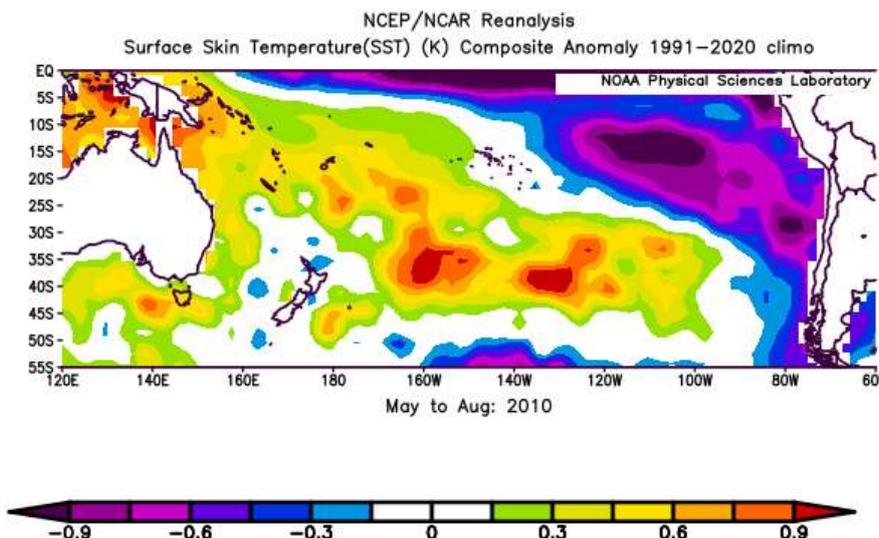
**Figura 12.** Año 1996 con un derrame anual de 743Hm<sup>3</sup>; el 4° más seco del periodo analizado.



Fuente: elaboración propia en base a Reanalysis 1-2 (Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica -NOAA-).

En la figura 12, se muestra el 4° año más seco del período en análisis. Hay una débil anomalía positiva en el centro del océano Pacífico, que ratificaría parcialmente lo postulado, debido a que las SST no son pronunciadamente cálidas.

**Figura 13.** Año 2010 con un derrame anual de 854Hm<sup>3</sup>; el inicio de la Megasequía.

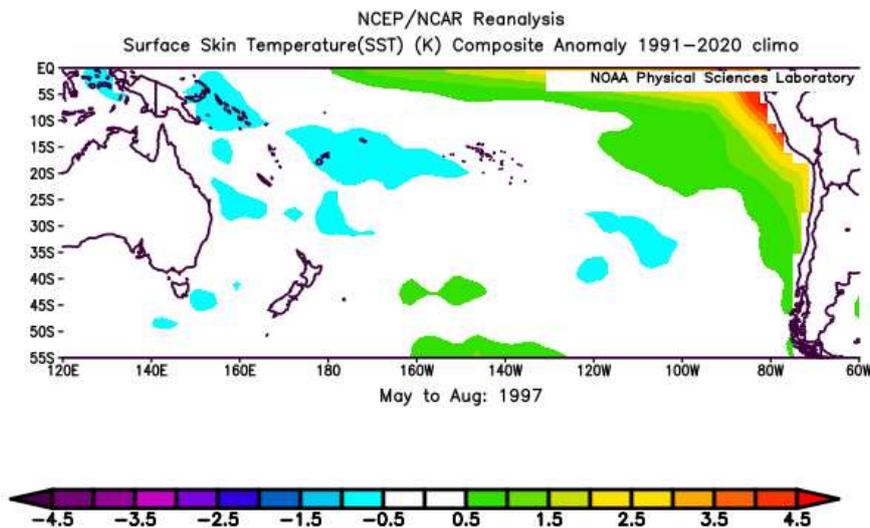


Fuente: elaboración propia en base a Reanalysis 1-2 (Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica -NOAA-).

En el inicio de la Megasequía en los Andes Áridos y su entorno (ver Figura 13), se verifica la relación directa existente entre la HB y el DJUA; debido a que la temperatura de las SST en la zona de la Mancha Cálida, está por encima de lo normal.

3.4. Casos dudosos

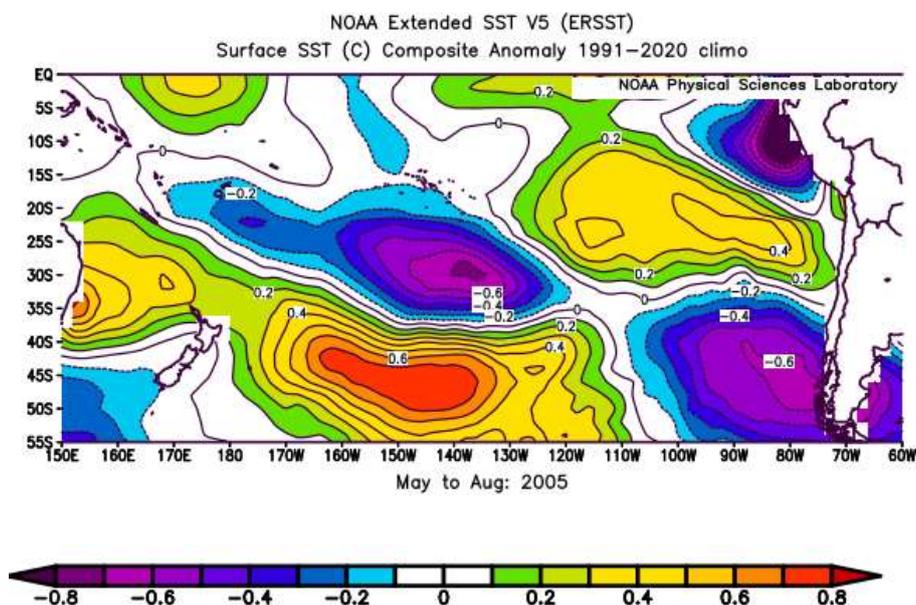
**Figura 14.** Año 1997 con un derrame anual de 3935Hm<sup>3</sup>; el 2º más húmedo del periodo analizado.



Fuente: elaboración propia en base a Reanalysis 1-2 (Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica -NOAA-).

En el año 1997, se observa que la HB no tuvo protagonismo como factor incidente en el DJUA, debido a que la anomalía es neutra en gran parte del océano Pacífico. En este año, se destaca la presencia de un evento “Niño” muy fuerte (NOAA), que en otro trabajo los autores demostraron que influye en el calentamiento/enfriamiento del Pacífico Sur Occidental (Poblete & Albeiro, 2022).

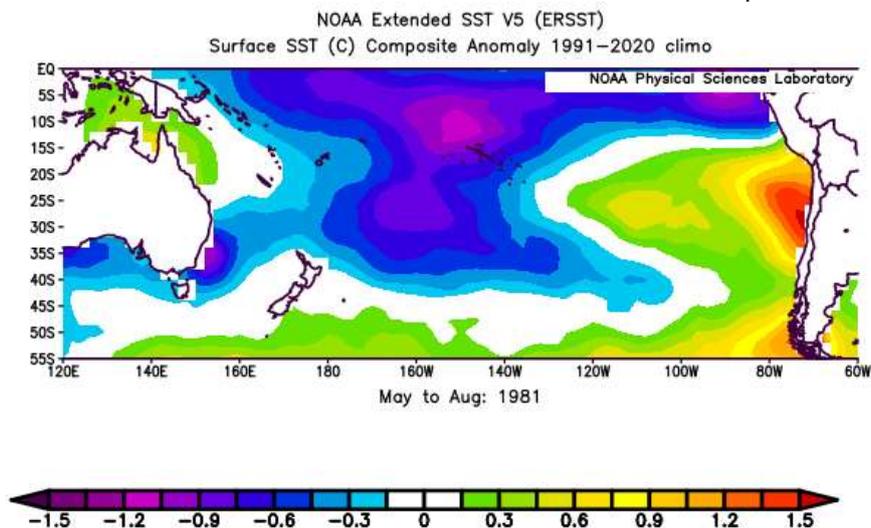
**Figura 15.** Anomalía de las SST del Pacífico Sur Occidental en los meses may-ago del año 2005, el 6° más húmedo del período analizado.



Fuente: elaboración propia en base a Reanalysis 1-2 (Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica -NOAA-).

En la figura 15, se observa que la Mancha Cálida está desplazada hacia el este de su posición habitual, por lo que no se puede inferir de manera certera que influyó en el DJUA de ese año. Puede haber influido el hecho de que, en esa temporada nival, la condición del ENSO fue neutra.

**Figura 16.** Año 1981 con un derrame anual de 1026Hm<sup>3</sup>; el 11° más seco del periodo analizado.



Fuente: elaboración propia en base a Reanalysis 1-2 (Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica -NOAA-).

En la figura 16 se observa que, en el año 1981, a pesar de que el DJUA fue deficitario, no se formó la Mancha Cálida. Resultando el único caso donde no hubo una correlación directa entre las variables analizadas.

#### 4. Conclusiones

Se encontró que existe una relación estadística inversa significativa al 5% entre la temperatura superficial del mar en el área de la Hot Blob con los derrames anuales del río San Juan ( $r = -0,45$ ) y las precipitaciones de Santiago de Chile ( $r = -0,43$ ) entre los meses de mayo a agosto desde 1979 a 2022.

Se validó espacialmente dicha teleconexión por medio del Reanalysis de NCEP/NCAR, para los años con superávit y déficit del DJUA.

En los años con mayores derrames (1987 – 1982 – 2002 – 2016), se ratifica la asociación inversa entre la HB y el DJUA, puesto que las anomalías de las SST son notoriamente negativas en el área donde se ubica generalmente la “Mancha Cálida”.

En los casos con precipitaciones nivales deficitarias (2021 – 2019 – 1996 – 2010) también se confirma dicha teleconexión, debido a que en el área de la HB se manifiestan anomalías positivas de las SST.

Sin embargo, se encontraron casos dudosos (1997 – 2005 – 1981) donde la relación superávit/déficit de las precipitaciones nivales, no coincidía con el estado de las SST deficitario/superavitario. De lo que se infiere, que hubo un protagonismo mayor de otros factores descriptos en la introducción.

Se verifica que luego del inicio de la Megasequía en los Andes Áridos, la mayoría de los casos corroboran lo encontrado estadísticamente; mientras que anteriormente, la HB no tiene tanto protagonismo.

En conclusión, se ratifica estadística y dinámicamente que existe una teleconexión inversa entre la HB y las precipitaciones nivales en los Andes Áridos, representadas por el DJUA y las PPSGO.

#### Referencias bibliográficas

BBC. Análisis: la “mancha cálida” del océano Pacífico y olas de calor en Chile – CodeXVerde <https://codexverde.cl/analisis-la-mancha-calida-del-océano-pacifico-y-olas-de-calor-en-chile/> 2/4

Brodeur, R. D., Auth, T. D. & Phillips, A. J. (2019). Major Shifts in Pelagic Micronekton and Macrozooplankton Community Structure in an Upwelling Ecosystem Related to an Unprecedented Marine Heatwave. *Front. Mar. Sci.* 6, 212.

Cheung, W.W.L., Frölicher, T.L. 2020. Marine heatwaves exacerbate climate change impacts for fisheries in the northeast Pacific. *Sci Rep* 10, 6678. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63650-z>

Frölicher, T. L., Fischer, E. M. & Gruber, N. (2018). Marine heatwaves under global warming. *Nature* 560, 360–364.

Garreaud, R. D., Boisier, J. P., Rondanelli, R., Montecinos, A., Sepúlveda, H. H., & Veloso-Aguila, D. (2020). The central Chile mega drought (2010–2018): a climate dynamics perspective. *International Journal of Climatology*, 40(1), 421-439.

Lian T, Chen D K, Tang Y M. (2017). Genesis of the 2014–2016 El Niño events. *Science China Earth Sciences*, 60: 1589–1600, doi: 10.1007/s11430-016-8315-5

Morton A. 2019. Hot blob: vast patch of warm water off New Zealand coast puzzles scientists. <https://www.theguardian.com/world/2019/dec/27/hot-blob-vast-and-unusual-patch-of-warm-water-off-new-zealand-coast-puzzles-scientists>

National Centers for Environmental Prediction/National Weather Service/NOAA/U.S. Department of Commerce. 1994, updated monthly. NCEP/NCAR Global Reanalysis Products, 1948-continuing. Research Data Archive at NOAA/PSL: /data/gridded/data.ncep.reanalysis.html.

Oliver, E. C. J. et al. (2018). Longer and more frequent marine heatwaves over the past century. *Nat. Commun.* 9, 1324.

Otnes, R. K. (1972). *Digital time series analysis*. John Wiley & Sons, ISBN: 0-471-65719-0.

Poblete, A. G. & Albeiro, M. A. (2023). Variabilidad interanual del recurso hídrico cordillerano desde el siglo XIX. Enviado a *Boletín de estudios Geográficos*.

Poblete, A. G., & Albarracín, A. V. (2022). ¿Por qué la PDO está correlacionada con la precipitación nival en los Andes Áridos? *Revista de Climatología*, 22.

Poblete, A. G., & Albeiro, M. A. (2021). Influencia del ENSO en los factores y agentes climáticos que inciden en las precipitaciones nivas de los Andes Áridos. *Estudios Socioterritoriales. Revista de Geografía*, (29), 078-078.

Poblete, A. G., & Hryciw, M. (2017). Origen y variabilidad del recurso hídrico de los principales oasis de la provincia de San Juan. *Boletín de Estudios Geográficos*, (107), 9-20.

Poblete, A. G., & Hryciw, M. C. (2016). Variabilidad de las bajas y altas frecuencias de los principales factores que inciden en las precipitaciones nivas en los Andes Áridos. *Revista Geográfica*, (157), 51-72.

Poblete, A. G., & Minetti, J. L. (2013). Variabilidad del clima asociados con la precipitación y caudales de ríos en los Andes áridos-Sudamérica.

Poblete, A. G., & Minetti, J. L. (2017). Influye el calentamiento global en la disminución de las nevadas en los Andes Áridos. *Revista Universitaria de Geografía*, 26(1), 11-29.

Poblete, A. G., & Monrroy, P. B. (2016). Validación de la presión en Santiago como índice para estimar la actividad del anticiclón del Pacífico Sur. *Revista Geofísica*, (66), 25-41.

Poblete, A. G., & Vera, M. J. (2017). Cuantificación de la incidencia del ENSO en las nevadas de los Andes áridos de Sudamérica en el periodo 1909-2015. *Geografía digital*, 14(27), 1-15.

Poblete, A. G., Atencio, M. A., Monrroy, P. B., & Vera, M. J. (2017). Análisis de la temporada nival 2015 que interrumpió la sequía en Los Andes áridos iniciada en 2010. *Revista de Geografía*, 2017(21).

Poblete, A. G., Minetti, J. L., & Borbore, C. A. (2015). Posible impacto de la activación de la celda de Hadley en la actual sequía en los Andes Áridos. *Revista Universitaria de Geografía*, 24(1), 85-97.

Poblete, A., & Hryciw, M. C. (2016). El rol del Anticiclón Pacífico en la caída de nieve en los Andes Áridos. *Boletín Geográfico*, (38), 11-26.

World Meteorological Organization (WMO). Sitio web: <https://public.wmo.int/en>



Esta obra se encuentra bajo Licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0. Internacional. Reconocimiento - Permite copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas siempre y cuando reconozca y cite al autor original. No Comercial – Esta obra no puede ser utilizada con fines comerciales, a menos que se obtenga el permiso.