

¿Está relacionada la Mancha Cálida del Pacífico Sur-Occidental con el Cambio Climático Global? Un análisis en torno a la mega-sequía de los Andes Áridos y Chile Central

Is the South-West Pacific Warm Spot related to Global Climate Change? An analysis of the mega-drought of the Arid Andes and Central Chile

 <https://doi.org/10.48162/rev.40.047>

Arnobio Germán Poblete

Universidad Nacional de San Juan, Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes, Instituto de Geografía Aplicada
Argentina

 <https://orcid.org/0000-0002-3165-5531>

 agpoblete@gmail.com

María Agustina Albeiro Castro

Universidad Nacional de San Juan, Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes, Instituto de Geografía Aplicada
Argentina

 <https://orcid.org/0000-0003-0657-954>

 magustina.albeiro@gmail.com

Paola Belén Monrroy

Universidad Nacional de San Juan, Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes, Instituto de Geografía Aplicada
Argentina

 monrroypaola2@gmail.com

RESUMEN

La comunidad científica mundial ha identificado áreas con un calentamiento anómalo en diversas zonas del planeta; entre las que se encuentra la Hot Blob y/o “Mancha Cálida”. Diversos autores le asignan un rol determinante en el proceso de megasequía en los Andes Áridos.

Esta anomalía de la temperatura superficial del mar en el este de Nueva Zelanda, se ha ido calentando paulatinamente, sin embargo, se advierte que aproximadamente desde mediados de los 2000 se calentó con mayor velocidad. Al parecer la mano del hombre, como resultado de la actividad humana y la quema de combustibles fósiles, ha incidido en ella.

En este artículo, debido a que la relación entre la Hot Blob y el Cambio Climático Global, no es explícita objetivamente, se implementa la temperatura global como índice para valorar asociación entre aquel y la Mancha Cálida.

Palabras clave: anomalías, temperatura, Calentamiento Global

ABSTRACT

The global scientific community has identified areas with anomalous warming in various areas of the planet; among which is the Hot Blob and/or “Warm Spot”. Various authors assign it a determining role in the Megadrought process in the Arid Andes. This sea surface temperature anomaly in eastern New Zealand has been gradually warming, however, it should be noted that approximately since the mid-2000s it has warmed more rapidly. Apparently the hand of man, as a result of human activity and the burning of fossil fuels, has influenced it.

In this article, because the relationship between the Hot Blob and Global Climate Change is not objectively explicit, global temperature is implemented as an index to assess the association between it and the Warm Spot.

Keywords: Anomalies, temperature, Global Warming

INTRODUCCIÓN

La comunidad científica mundial (Cheung & Frölicher, 2020; Shi et. al, 2020; Brodeur et. al, 2019; Morton, 2019; Frölicher et. al, 2018; Lian et. al, 2017) ha identificado áreas con un calentamiento anómalo en diversas zonas del planeta (Figura 1). Las mismas, se encuentran: al oeste de Australia (1), en el Pacífico Norte (2, 3), en el Glaciar Ártico (5), en la confluencia entre la corriente cálida de Brasil y la fría de Malvinas (6), al sur del Desierto de Kalahari (7), y en el Pacífico

Subtropical Suroccidental (4). De ellas, en este trabajo se estudiará esta última, a la que han llamado Hot Blob (HB) y/o “Mancha Cálida”.

Daily Global 5km Satellite Sea Surface Temperature Anomaly (Version 3.1, released August 1, 2018, experimental product)

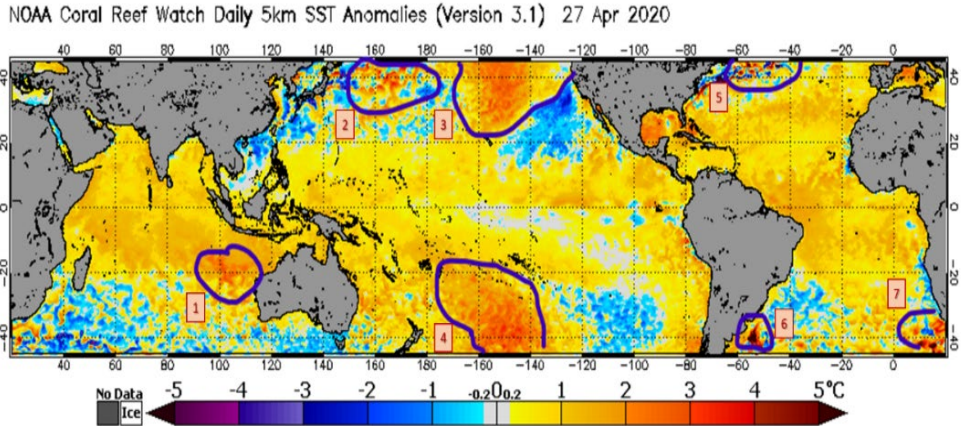


Figura 1. Principales Hot Blobs del mundo. Fuente: adaptado de Ormaza Gonzalez, 2020.

Diversos autores (Poblete & Minetti, 2013; Garreaud, 2015; Poblete et. al, 2015; Poblete & Hryciw, 2016; Garreaud et. al 2010; Poblete & Vera, 2017; Poblete et. al, 2017; Poblete & Minetti, 2017; Aliaga & Flores, 2020; Poblete & Albeiro, 2021; Poblete & Albarracín, 2022) han postulado que los principales factores que originan la Megasequía que afecta a los Andes Áridos son: La Niña, el anticiclón del Pacífico sur (ASPSO) potenciado, el geopotencial de los 500MB extendido, la corriente fría de Humboldt, los vientos constantes del oeste, y destacándose entre ellos, la Hot Blob o Mancha Cálida (Figura 2). Investigadores, le asignan un rol determinante en el proceso de megasequía en los Andes Áridos (Rivera et al., 2017; Masotti et al., 2018; Garreaud et. al., 2020), cuyas mayores precipitaciones líquidas (Chile Central) y sólidas (Andes Áridos), están fundamentalmente concentradas en el invierno austral (mayo-septiembre) y producidas principalmente por el advenimiento de los siguientes mecanismos precipitantes: frentes fríos (Falvey y Garreaud, 2007; Viale y Núñez, 2011), vaguadas, bajas segregadas y desprendidas, gotas frías provenientes de áreas subantárticas, entre

otros; dependientes del comportamiento de las Ondas de Rossby (Campetella, 2005; Araneo et. al, 2015).

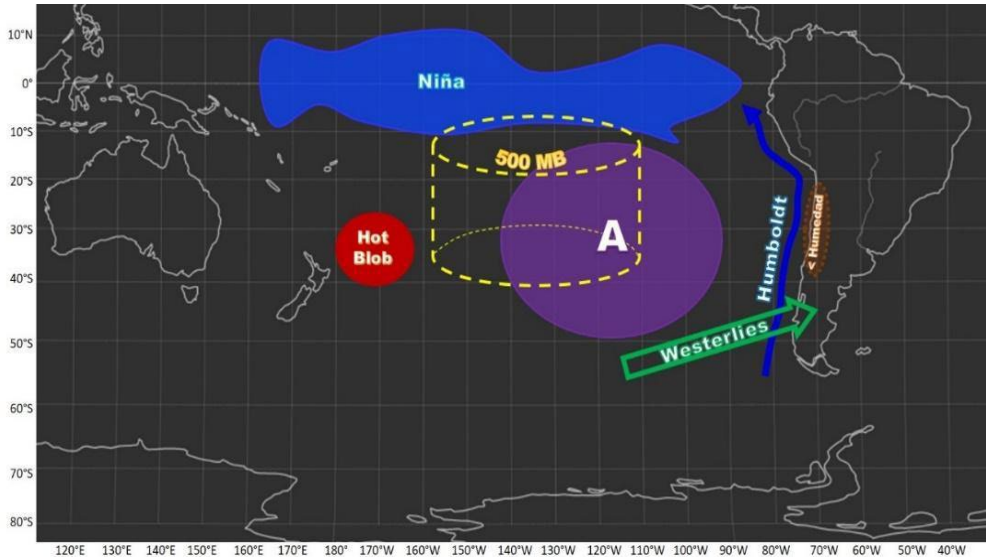


Figura 2. Principales factores que inciden en la Megasequía. Fuente: elaboración propia.

Como se dijo, la mancha cálida (Figura 3) es un sustancial y prolongado calentamiento del océano en el Pacífico subtropical suroccidental.

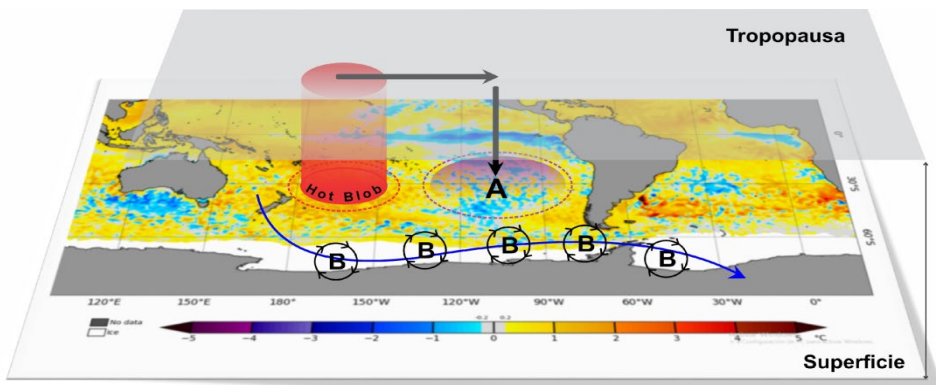


Figura 3. Estructura de la Hot Blob con anomalías de las temperaturas superficiales del mar (SST). Elaboración propia adaptada de Meteochile Blog (2021).

Influencia dinámica de la Mancha Cálida en las precipitaciones nivales en los Andes Áridos y pluviales en Chile Central

Esta condición más cálida induce un ascenso de aire que llega a la tropopausa, desviándose hacia el este formando una típica celda indirecta con elevación en la HB y un descenso en el área del ASPSO (A), aportándole masa y calentamiento adiabático (secamiento), que resulta en un incremento de la presión superficial del mismo, intensificándolo; junto a una caída de presiones en la periferia antártica (B). Ambos elementos desvían la trayectoria de tormentas hacia el extremo sur del continente, alejándolos de los Andes Áridos con la consecuente disminución de precipitaciones (Poblete & Albeiro, 2022).

Esta singularidad de las temperaturas superficiales del mar (SST) en la HB, según Garreaud y otros autores (Quintana y Aceituno 2012; Vera y Díaz, 2015; Masiokas et al., 2010; Boisier et al., 2016; 2018):

Fue identificada hace unos años, notándose que desde 1980 se ha ido calentando paulatinamente, sin embargo, indica que aproximadamente desde mediados de los 2000 se calentó con mayor velocidad. Al parecer la mano del hombre también está detrás de la 'Mancha Cálida', ya que la velocidad del calentamiento observado no se logra explicar del todo sólo mediante los mecanismos naturales, sino también, todo parece indicar que de alguna forma el cambio climático está actuando.

Aumentando la frecuencia duración e intensidad de las sequías regionales (Dai, 2011; 2013), inducido por los gases de efecto invernadero (GEI) como resultado de la actividad humana y la quema de combustibles fósiles (BBC, 2021). El origen del calentamiento de la HB no está claro, pero estudios recientes (CNN, 2021), atribuyen su aumento y calentamiento al Cambio Climático Global (CCG). Además, en este escenario de altas emisiones (A1; IPCC, 2019) "las proyecciones climáticas regionales basadas en modelos indican sistemáticamente una reducción de la precipitación media anual para la segunda mitad de este siglo" (Fuenzalida, H., Aceituno, P., Falvey, M., Garreaud, R., Rojas, M., y Sanchez, R. (2007). Study on

Climate Variability for Chile during the 21st century.), en el entorno de los Andes Áridos.

En estos estudios, no se explicita objetivamente la relación entre el CCG producido por el hombre y la HB; por lo cual, en este artículo, se busca demostrar si dichas afirmaciones son válidas; teniendo en cuenta que la temperatura global (TG) es un síntoma del CCG inducido por el hombre, se estudia objetivamente la asociación entre la TG y la HB.

DATOS Y MÉTODOS

La metodología empleada en este artículo de investigación se basó en los métodos de la estadística univariante corriente, para el análisis particularizado de datos, es la siguiente:

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

La nueva variable:

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

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*:

$$r = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})}{S_x S_y} \quad (2)$$

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

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

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*: el proyecto NCEP/NCAR Reanalysis 1 utiliza un sistema de análisis/pronóstico de última generación para realizar la asimilación de datos utilizando datos pasados desde 1948 hasta el presente. Un gran subconjunto de estos datos está disponible en PSL en su formato original de cuatro veces al día y como promedios diarios. Sin embargo, los datos de 1948-1957 son un poco diferentes en los datos cuadrículados regulares (no gaussianos). Esos datos se realizaron ocho veces al día en el modelo, porque las entradas utilizables en esa época estaban disponibles a las 3Z, 9Z, 15Z y 21Z, mientras que los datos 4x diarios estuvieron disponibles a las 0Z, 6Z, 12Z y 18Z. Estos últimos tiempos fueron pronosticados y el resultado combinado para esta era inicial es de 8 veces al día. El proceso de ingesta local tomó solo los valores pronosticados de 0Z, 6Z, 12Z y 18Z y, por lo tanto, solo esos se utilizaron para crear aquí las series de tiempo diarias y las medias mensuales; en cuadrados de

4° de longitud y latitud. Por disponibilidad de datos de esta plataforma, se restringen los años en estudio entre 1948 y 2021 (NCEP/NCAR, 2022).

- *Change Point Analysis*: este software es utilizado para detectar niveles de cambio en las series de datos. El cambio de nivel 1 es el primer cambio detectado y el que es más visible. Los cambios de nivel 2 se detectan en una segunda pasada a través de los datos. Puede existir cualquier número de niveles dependiendo del número de cambios encontrados. Las líneas rojas son límites de control que representan el rango máximo en el que se espera que varíen los valores suponiendo que no se hayan producido cambios. Los puntos fuera de los límites de control indican que se ha producido un cambio. Estos límites de control asumen que los valores provienen de la distribución normal. Girshick & Rubin, 1952.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para comprobar objetivamente la participación de la impronta humana en el Cambio Climático Global, que como se dijo, según varios autores impacta en la HB; se realiza una correlación espacial entre la TG, representativa del CCG, y las SST en el Pacífico Subtropical Suroccidental (PSW) en los meses de mayo a agosto desde 1948 hasta 2022.

La figura 5 muestra una correlación directa significativa al 1% ($r = 0,7$) entre las SST y la TG, en el área donde se localiza habitualmente la HB. Esto indicaría un aumento sustancial de la HB cuando la TG aumenta, debido a la asociación positiva entre las mismas.

Para analizar la variabilidad temporal de la influencia de la TG en la HB, se realiza una partición de la serie de la TG, aplicando el método de Change Point Analysis (CPA). Teniendo en cuenta los períodos de “descanso” y aceleración de aquella; y su impacto sobre la HB: es decir que, cuando está en “reposo” la inhibe; y cuando se incrementa rápidamente, la potencia.

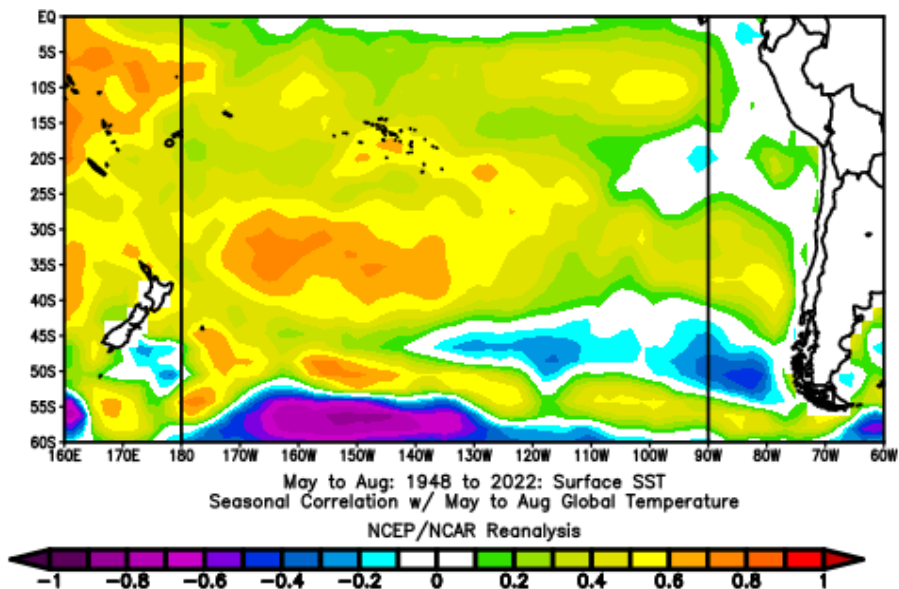


Figura 5. Isocorrelaciones entre la temperatura superficial del mar (SST) y la temperatura global (TG) en mayo – agosto, desde 1948 a 2022.

TABLA DE CAMBIOS SIGNIFICATIVOS DE LA TEMPERATURA GLOBAL

Nivel de confianza de los valores para ser incluidos en la tabla = 90%,
intervalo de confianza = 95%

Año	Intervalo de confianza	Nivel de confianza	Desde	Hasta	Nivel
a1977	(a1975, a1978)	100%	-0,04	0,19	4 ■
a1987	(a1985, a1990)	99%	0,19	0,37	3 ■
a2001	(a1999, a2001)	100%	0,37	0,64	3 ■
a2015	(a2015, a2015)	100%	0,64	0,93	3 ■

Figura 6. Puntos de cambio en la serie temporal de la temperatura global, detectado por la metodología CPA, desde 1948 a 2021, con dos líneas rojas horizontales como límites de control; con su tabla de significación.

En la serie de la TG, el CPA ha detectado una fuerte variabilidad en dos períodos (figura 6, página anterior):

- En el primero (1948 a 1976), ha oscilado sobre la línea de control inferior (nivel de confianza al 100%).
- Un segundo período desde 1977 a 2022, cuando la TG experimenta una aceleración escalonada y continua, sobrepasa la línea de control (nivel de confianza al 100%).

Para corroborar los saltos encontrados con la metodología CPA, se muestran las imágenes del Instituto Goddard de la NASA, en los meses de junio, julio y agosto (JJA) de dichos períodos.

El contraste entre la relación de los dos períodos se observa en las siguientes figuras. Estos mapas confirman la distribución espacial en todo el globo de las disimilitudes detectadas en la tendencia de la TG. En el primer periodo (Figura 7) se observa una Tierra mayormente fría, con excepción de algunos puntos cálidos. En el segundo (Figura 8), se aprecia una temperatura global por encima de lo normal en casi la totalidad del Planeta.

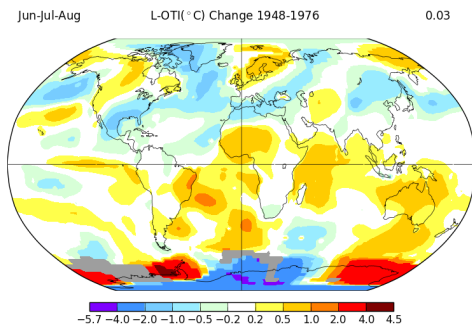


Figura 7. Tendencia de la temperatura global de JJA en el período 1948 – 1976.

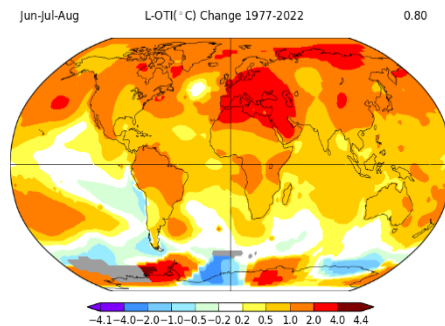


Figura 8. Tendencia de la temperatura global de JJA en el período 1977 – 2022.

Durante el período 1948 – 1976, se muestra una muy baja asociación ($r= 0,1$) entre la TG y las SST en el área donde se localiza la “Macha Cálida”. Se deduce que la TG no influyó en la formación de dicha anomalía (Figura 9).

Comportamiento de la Hot Blob en los períodos elegidos, teniendo en cuenta el “reposo” de la TG en el primero (1948-1976), y la aceleración de la misma en el segundo (1977-2022).

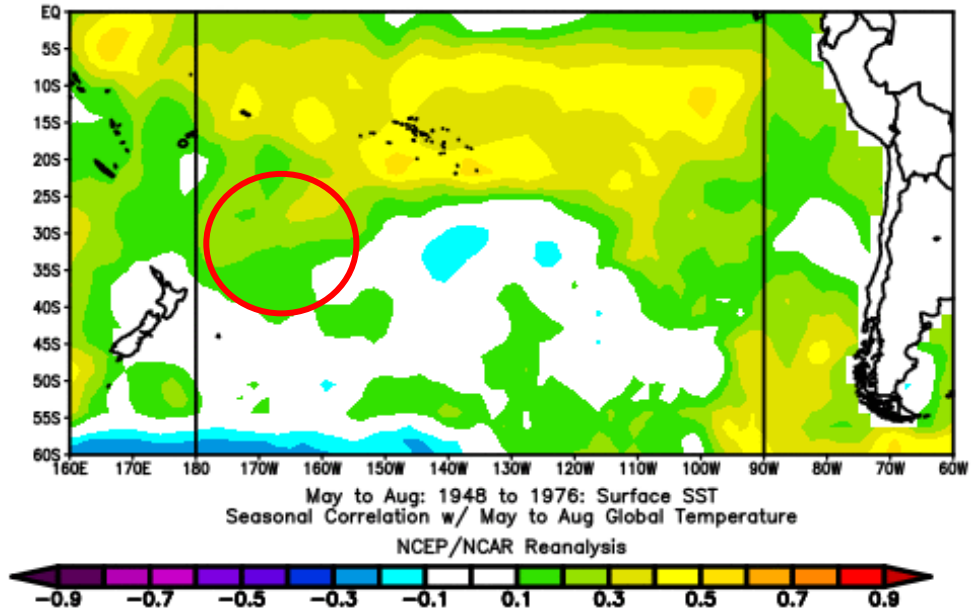


Figura 9. Correlación entre las SST y la TG en los meses de mayo a agosto, entre 1948 y 1976.

Sin embargo, durante el período comprendido entre los años 1977 y 2021 (Figura 10), se verifica una correlación muy significativa ($r=0,9$; que va en disminución conforme se aleja del núcleo, hasta llegar a $r=0,7$; ambos significativos al 5 %). Esto demuestra, que a medida que la TG aumenta, también lo hace la HB; por lo que se puede corroborar una relación directa entre ellas.

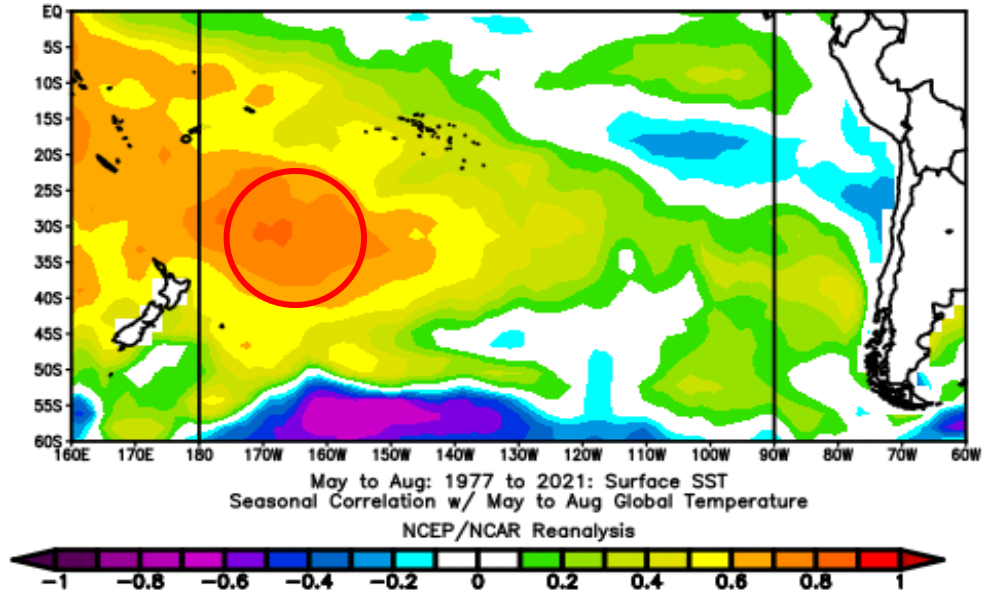


Figura 10. Isocorrelación entre las SST y la TG en los meses de mayo a agosto, entre 1977 y 2021.

Comportamiento de la Hot Blob 1977 y 2021

Coincidiendo con Bosier, J.P., R. Rondanelli, R. Garreaud, F. Muñoz, (2016) que afirman:

Como la mancha cálida es un sustancial y prolongado calentamiento del océano en el Pacífico subtropical suroccidental. Esta condición más cálida llega a la tropósfera como un cilindro produciendo un incremento de la presión superficial sobre gran parte del Pacífico subtropical intensificando el Anticiclón del Pacífico junto a una caída de presiones en la periferia antártica. Ambos elementos refuerzan la trayectoria de tormentas hacia el extremo del continente, alejándolos de los Andes Áridos y produciendo menores precipitaciones. Esta mancha cálida estaría originada por el aumento de la Temperatura Global debido a causas naturales y fundamentalmente al Cambio Climático antropogénico. (Bosier, J.P., R. Rondanelli, R. Garreaud, F. Muñoz, 2016)

La magnitud de la disminución de precipitación proyectada para el resto del siglo XXI presenta un amplio rango, incluyendo un escenario en que la condición media sea similar a la actual megasequía, la cual depende directamente del escenario de emisiones de gases de efecto invernadero es decir aumento de la temperatura global.

CONCLUSIONES

Existe una correlación directa significativa ($r = 0,7$, significativo al 5%) entre las SST y la TG, en el área donde se localiza habitualmente la HB. Esto indica un aumento sustancial de la HB cuando la TG aumenta. De lo que se deduce, que existe una impronta humana en los factores climáticos que coadyuvan en la formación de dicha Mancha Cálida.

Para corroborar lo anterior, se analiza la respuesta de la HB al comportamiento de la TG en el tiempo.

Aplicando la metodología CPA a la variabilidad de la TG, se detectan dos períodos claramente definidos: 1948-1976 con la TG en “reposo” y 1977-2022 cuando la TG se “acelera”.

Durante el primero, se verifica una muy baja asociación entre la TG y las SST en el área donde se localiza la “Mancha Cálida”; por lo tanto, se deduce que la TG no influyó en la formación de dicha anomalía.

Sin embargo, durante el segundo, se registra una correlación muy significativa entre ambas, demostrando que a medida que la TG aumenta, también lo hace la HB; por lo que se puede confirmar una relación directa entre ellas.

Demostrando así, que, además de causas naturales, la participación del Cambio Climático Global inducido por el hombre en la formación de la Hot Blob, es significativa.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Investigación de Plataformas Estratégicas (PIPE), dependiente de la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación, del Gobierno de la Provincia de San Juan, por sus aportes económicos (Res. 352-SECITI-2022. Anexo I).

BIBLIOGRAFÍA

Araneo, D. C., Rivera, J. A., & Villalba, R. (2015). Variabilidad intraestacional de las condiciones níveas en los Andes Centrales relacionadas con los cambios en el régimen hidrológico del río Atuel.

BBC (2021). "Blob": la preocupante masa de agua caliente cerca de Nueva Zelanda que está contribuyendo a la megasequía en Chile y Argentina. Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-58413771>

Boisier J, Rondanelli R, Garreaud R, Muñoz F. 2016. Anthropogenic and natural contributions to the Southeast Pacific precipitation decline and recent megadrought in central Chile, *Geophysical Research Letters*, 43: 413-421.

Boisier J, Alvarez-Garretón C, Cordero R, Damian A, Gallardo L, Garreaud R, Lambert F, Ramallo C, Rojas M, Rondanelli R. 2018. Anthropogenic drying in central-southern Chile evidenced by long term observations and climate model simulations. *Elem Sci Anth*, 6, 74. DOI: <http://doi.org/10.1525/elementa.328>

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.

Campetella, C. M. (2005). Influencia de la Cordillera de los Andes sobre las perturbaciones baroclínicas invernales (Doctoral dissertation, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales).

CNN. (2021). La 'mancha caliente del sur' en el océano Pacífico está causando una megasequia a miles de kilómetros en Chile. 04:34 ET (08:34 GMT) 27 Agosto, 2021

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>

Dai A. (2011). Drought under global warming: a review, *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 2: 45-65.

Dai A. (2013). Increasing drought under global warming in observations and models, *Nature Climate Change*, 3: 52-58.

Falvey, M., and R. Garreaud (2007). Wintertime Precipitation Episodes in Central Chile: Associated Meteorological Conditions and Orographic Influences. *J. Hydrometeor.*, 8, 171–193, <https://doi.org/10.1175/JHM562.1>

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

Fuenzalida, H., Aceituno, P., Falvey, M., Garreaud, R., Rojas, M., y Sanchez, R. (2007). Study on Climate Variability for Chile during the 21st century.

Garreaud, R. D. (2015). El Niño que nos dejó esperando. Departamento de Geofísica, Facultad de Cs. Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

Garreaud, R. D., Alvarez-Garreton, C., Barichivich, J., Boisier, J. P., Christie, D., Galleguillos, M., & Zambrano-Bigiarini, M. (2017). The 2010–2015 megadrought in central Chile: Impacts on regional hydroclimate and vegetation. *Hydrology and earth system sciences*, 21(12), 6307-6327.

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.

Girshick, M. A. & Rubin, H. (1952) "A Bayes approach to a quality control model". *The Annals of mathematical statistics*. pp. 114-125. 1952

IPCC, 2019: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press.

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: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11430-016-8315-5>

Masiokas, Mariano Hugo; Christie, D. A.; Le Quesne, C.; Pitte, Pedro Miguel; Ruiz, Lucas Ernesto; et al.; Reconstructing glacier mass balances in the Central Andes of Chile and Argentina using local and regional hydro-climatic data; Copernicus Publications; The Cryosphere Discussions; 9; 5; 9-2015; 4949-4980

Masiokas, Intra- to Multidecadal Variations of Snowpack and Streamflow Records in the Andes of Chile and Argentina between 30° and 37°S. June 2010. *Journal of Hydrometeorology* 11(3). <http://dx.doi.org/10.1175/2010JHM1191.1>

Masotti, I.M., Aparicio-Rizzo, P., Yevenes, M.A., Garreaud, R., Belmar, L. & Farías, L. (2018). *The influence of river discharge on nutrient export and phytoplankton biomass off the Central Chile Coast (33° – 37°S): Seasonal cycle and interannual variability*. Mar. Sci. 5:423. doi: <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00423>

Meteochile Blog (2021). Megasequía en Chile, temporada 12: La Mancha Cálida. Disponible en sitio web: <https://blog.meteochile.gob.cl/2021/09/02/megasequia-en-chile-temporada-12-la-mancha-calida/>

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

OTNES, Robert K. & ENOCHSON, Loren; Publication date 1972; ISBN 10 0471657190 ; ISBN 13 9780471657194 ; Binding Hardcover ; Number of pages 480.

Ormaza González, F. (2020). *The hot blob of the northeast Pacific: La Burbuja caliente del Pacífico Nor-Este*. Cámara de pesquería. Recuperado de <https://camaradepesqueria.ec/the-hot-blob-of-the-northeast-pacific-la-burbuja-caliente-del-pacifico-nor-este/>

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 Castro, M. A. (2022). Influencia del ENSO en los factores y agentes climáticos que inciden en las precipitaciones nivas de los Andes Áridos. *Estudios Socio territoriales. Revista De Geografía*, (29), 078. <https://doi.org/10.37838/unicen/est.29-209>

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. *Geográfica digital*, 14(27), 1-15.

Poblete, A. G., Atencio, M. A., Monroy, P. B., & Vera, M. J. ANALISIS DE LA TEMPORADA NIVAL 2015 QUE INTERRUPIÓ 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.

Quintana, J. M., & Aceituno, P. (2012). Changes in the rainfall regime along the extratropical west coast of South America (Chile): 30-43° S. *Atmósfera*, 25.

Reanalysis NCEP/NCAR (2022). Sitio web, disponible en: <https://rda.ucar.edu/datasets/d090000/#>

Rivera, J.A., O.C. Penalba, R. Villalba & D.C. Araneo (2017). Spatio-Temporal Patterns of the 2010–2015 Extreme Hydrological Drought across the Central Andes, Argentina.

Shi, J., Chen, Z., Ding, S. y Lu, Y. (2020). *Una gota caliente hacia el este de Nueva Zelanda en diciembre de 2019*. *Atmosphere*, 11 (12), 1267.

Vera C, Díaz L. (2015). Anthropogenic influence on summer precipitation trends over South America in CMIP5 models. *International Journal of Climatology* 35(10): 3172–3177. <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/joc.4153>.

Viale M., and M. N. Nuñez (2011). Climatology of Winter Orographic Precipitation over the Subtropical Central Andes and associated synoptic and regional characteristics. *Journal of Hydrometeorology*, Vol. 12, Nº4, 481-507

WMO (1966) WMO Technical Note 79. WMO No. 195, TP-10, Geneva.