

## **ONDAS DE FRÍO REGISTRADAS EN INVIERNO DE 2010: NECESIDAD DE UNA PERSPECTIVA REGIONAL INTEGRADA PARA LA CLIMATOLOGÍA LATINOAMERICANA**

Hugo Romero A.<sup>1</sup>  
Magaly Mendonça<sup>2</sup>

### **RESUMEN**

Se presentan los alcances y características de las ondas de frío que afectaron al continente sudamericano los meses de julio y agosto de 2010 causando numerosas pérdidas de vida, daños económicos e interrupciones en las comunicaciones y abastecimiento de energía. Se analizan las causas de macroescala que se conjugaron para la ocurrencia de estos eventos, identificando las condiciones presentadas por el Índice de Oscilación del Sur, asociado a la ocurrencia del Fenómeno La Niña; la Oscilación Decadal del Pacífico, que explica el predominio de las aguas frías en la superficie del mar y la Oscilación Antártica o Modo Sur Anular, que favorece la presencia anómala de masas de aire frío sobre el continente. La trayectoria de las masas de aire complementan el análisis espacial de situaciones geográficas que requieren crecientemente visiones integradas entre los países de la región.

**Palabras Clave:** Ondas de frío; Oscilación del Sur; La Niña; Oscilación Decadal del Pacífico; Oscilación Antártica

### **RESUMO**

São apresentadas as trajetórias e características das ondas de frio que afetaram o continente sul americano nos meses de julho e agosto de 2010 causando numerosas perdas de vida, danos econômicos e interrupções nas comunicações e abastecimento de energia. São analisadas as causas de macroescala que se conjugaram para a ocorrência destes eventos, identificando as condições apresentadas pelo Índice de Oscilação Sul,

---

<sup>1</sup> Departamento de Geografía de la Universidad de Chile- Santiago de Chile. E-mail: hromero@uchile.cl

<sup>2</sup> Departamento de Geociencias de la Universidad Federal de Santa Catarina- Florianópolis, Brasil. E-mail: magaclimatologica@gmail.com

Proyectos Fondecyt (Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología de Chile) 1080080 y 1100657.

**Ondas de frío registradas en invierno de 2010: necesidad de una perspectiva regional integrada para la climatología latinoamericana.**

Hugo Romero A.

Magaly Mendonça.

---

associado à ocorrência de La Niña; a Oscilação Decadal do Pacífico, que explica o predomínio das águas frias na superfície do mar e a Oscilação Antártica ou Modo Sul Anular, que favorece a presença anômala de massas de ar frio sobre o continente. As trajetórias das massas de ar complementam a análise espacial de situações geográficas que requerem crescentemente visões integradas entre os países da região.

**Palabras chave:** Ondas de frio, Oscilação Sul, La Niña, Oscilação Decadal do Pacífico, Oscilação Antártica.

---

## **INTRODUCCIÓN**

Durante los meses de Julio y Agosto, Sudamérica fue afectada por ondas de frío, que provocaron la muerte de cientos de personas y altas pérdidas económicas, además de perturbar severamente el desarrollo de las actividades habituales de las ciudades y los campos. Las ondas de frío corresponden a tipos de tiempo que representan variabilidades de gran escala espacial y corto plazo temporal, que cubren por tres o más días los territorios de América del Sur, provocando un brusco y persistente descenso de temperaturas que acentúan los días de frío típicos del invierno de las zonas australes templadas y que transportan masas de aire de baja temperatura relativa hasta zonas tropicales y ecuatoriales.

Las ondas de frío se producen regularmente, pero las de mayor magnitud y alcance espacial se deben a la sinergia de un conjunto de procesos de macroescala: Fase Positiva de la Oscilación del Sur, Fase Fría de la Oscilación Decadal del Pacífico, Fenómeno La Niña y Fase Positiva de la Oscilación Antártica.

Las ondas de frío abarcan a grandes porciones de la atmósfera y difieren de las heladas o enfriamientos locales, cuyo origen es esencialmente radiativo, comprometiendo las capas límites atmosféricas. El comportamiento atmosférico ligado a las ondas de frío incluye presiones atmosféricas anormalmente altas, cielos despejados, reducción o sustitución de las precipitaciones líquidas, períodos de heladas y temperaturas anormalmente bajas

Los efectos incluyen pérdidas notables en la calidad de vida de las personas, aislamiento de pueblos y ciudades, interrupción del transporte y comunicaciones, muertes y enfermedades causadas por hipotermia, enfermedades respiratorias y debido a inadecuados sistemas de calefacción, pérdidas de ganados y cultivos y crisis energética, gatillada por las mayores necesidades de calefacción.

Las ondas de frío corresponden a episodios climáticos extremos y como tales, el incremento en su frecuencia y severidad se asocian a cambios climáticos de mediano plazo, de carácter anual o multianual, que caracterizan la variabilidad de los climas sudamericanos y que se expresan como aparentes teleconexiones entre diversas regiones y lugares. El Fenómeno El Niño, asociado a anomalías positivas del índice de Oscilación del Sur y a altas temperaturas superficiales del mar produce lluvias abundantes en Chile Central y en muchos lugares del subcontinente, pero al mismo

## **Ondas de frío registradas en invierno de 2010: necesidad de una perspectiva regional integrada para la climatología latinoamericana.**

Hugo Romero A.  
Magaly Mendonça.

tiempo es responsable de sequías persistentes en los altiplanos andinos y el Noreste de Brasil. Los años fríos de la Niña, por el contrario, producen sequías o reducciones significativas de las lluvias en Chile Central y lluvias abundantes en el altiplano y en Brasil.

El estudio de este tipo de eventos y de su manifestación como riesgos o catástrofes requiere un enfoque regional integrado y una colaboración sistemática entre los geógrafos latinoamericanos. Los análisis meteorológicos se realizan siempre a escala de los países, asumiendo que los cambios y variabilidades climáticas corresponden a fenómenos discretos regidos por la geopolítica convencional. Con ello se dejan de apreciar las teleconexiones y relaciones espaciales escalares, que constituyen aspectos fundamentales de la climatología geográfica contemporánea.

### **CARACTERÍSTICAS DE LAS ONDAS DE FRÍO REGISTRADAS EN SUDAMÉRICA.**

Las ondas de frío registradas en julio y agosto de 2010 han sido comparadas con las ocurridas en 1955, que también abarcaron una extensa zona y estuvieron asociadas a un sistema de alta presión continental, que superó los 1040 hPa. En dicho año, el frío afectó a gran parte del territorio brasileño, inclusive el Centro-Oeste y Norte del país. En Cuiabá (Estado de Mato Grosso), la temperatura mínima llegó a 4,3°C y en Manaus se registraron 18,5°C. Nevó abundantemente en las sierras de Rio Grande do Sul y de Santa Catarina, que son las regiones más australes de Brasil.

El 31 de julio de 1955, las temperaturas mínimas llegaron a -8,4°C en Guarapuava (Estado de Paraná) y a -5°C en Curitiba, capital del mismo Estado. En la madrugada siguiente, Porto Alegre (capital de Rio Grande do Sul, el Estado más meridional de Brasil), amaneció con -1,2°C y Bom Jesus registró -9,8°C, una mínima record entre las estaciones climatológicas de dicho Estado. La helada del evento de 1955 destruyó gran parte de los cultivos de las regiones afectadas y se asoció a un evento La Niña intensa en el Pacífico durante la fase negativa de la ODP (Oscilación Decadal del Pacífico), que se extendió entre 1947 y 1976.

En Brasil se han registrado Ondas de Frío también en 1957, 1965, 1975, 1984, 1988, 1991, 1994, 1996, 1999, 2000 y 2004, asociadas a la ocurrencia de eventos La Niña o con anomalías negativas de temperaturas del mar en la costa de América del Sur.

## **Ondas de frío registradas en invierno de 2010: necesidad de una perspectiva regional integrada para la climatología latinoamericana.**

Hugo Romero A.  
Magaly Mendonça.

---

Los tres primeros y los tres últimos años de la serie de ondas frías han ocurrido en las fases frías de la Oscilación Decadal del Pacífico (ODP), que corresponde a variaciones en la temperatura del mar entre latitudes tropicales y extratropicales, cuya duración supera los cambios interanuales causados por los fenómenos El Niño-La Niña. Los eventos de 1984 y 1996 ocurrieron en una fase caliente de la ODP y asociadas a un mínimo solar.

Respecto a la onda de frío de 2010, el 12 de julio se registró la mayor nevazón ocurrida en los últimos 30 años en Aysén, alcanzando la nieve a 70 cm de altura en Coyhaique, la ciudad capital de una de las regiones más australes de Chile y a un metro y medio en Balmaceda, que se ubica al Este de Coyhaique. Las temperaturas regionales descendieron a  $-15^{\circ}\text{C}$  y numerosos pueblos permanecieron aislados por varios días.

El 15 de julio la onda de frío se había extendido por el continente y se registraban temperaturas muy bajas en el centro de Argentina, donde hubo  $-9,4^{\circ}\text{C}$  en Villa Reynolds en la Provincia de Buenos Aires, al mismo tiempo que grandes regiones de ese país y Uruguay quedaron bajo la nieve, produciéndose un caos en el abastecimiento de energía.

En el Sur de Brasil, en Urapema, en el Planalto de Santa Catarina, se registraron  $-6,7^{\circ}\text{C}$  y en San Joaquín  $-7,7^{\circ}\text{C}$ ; en Río Grande do Sul,  $-4,9^{\circ}\text{C}$  en Cambara del Sur y temperaturas inferiores a  $5^{\circ}\text{C}$  en Porto Alegre y Florianópolis. En el Centro Oeste se registraron  $4,7^{\circ}\text{C}$  en Campo Grande, Mato Grosso y  $10^{\circ}\text{C}$  en Vilhena, Rondonia, que corresponden a estaciones tropicales de altas temperaturas em forma permanente.

En Iquitos, Amazonía peruana, se registraron temperaturas bajas em torno a los  $14,2^{\circ}\text{C}$  el día 18 y  $15,5^{\circ}\text{C}$  el 19 de Julio y en otros lugares tan solo alcanzaron a  $9^{\circ}\text{C}$ . En la sierra andina peruana, la temperatura llegó a descender a  $-25^{\circ}\text{C}$ .

Ciudades ecuatoriales brasileñas, como São Gabriel da Cachoeira, en la frontera entre Brasil y Colombia y Venezuela, registraron el 19 de julio una mínima de  $16,4^{\circ}\text{C}$ . En Boa Vista, la capital del Estado de Roraima, ubicado en el extremo norte de Brasil, se alcanzó una mínima de  $20,9^{\circ}\text{C}$ .

Se registraron personas muertas en Brasil, Bolivia, Argentina, Perú, Chile, Paraguay y Uruguay. En Bolivia, el país más pobre de la región, se contaron 23 muertos, especialmente por hipotermia, la mayoría de los cuales eran indigentes que

## **Ondas de frío registradas en invierno de 2010: necesidad de una perspectiva regional integrada para la climatología latinoamericana.**

Hugo Romero A.

Magaly Mendonça.

residían en el Departamento (Estado) de Santa Cruz. En Perú, el gobierno contabilizó 104 personas muertas, debido a efectos del frío, con casos de neumonía y otras enfermedades respiratorias, aunque no se indica cuántas personas murieron por hipotermia. En Argentina, en el mismo período, 13 personas murieron de hipotermia y otras 33 por intoxicación por monóxido de carbono, debido al uso de calefactores en mal estado. En Paraguay se registraron cinco muertes y en Chile dos, causadas por hipotermia.

Millares de cabezas de ganado murieron en Brasil, Paraguay y Chile. En Chile se decretó emergencia agrícola en tres regiones del sur del país

Una nueva onda de frío afectó al continente a contar del 2 de agosto, pero esta vez se extendió solamente por la vertiente atlántica. Ese día, fueron registrados  $-2,7^{\circ}\text{C}$  en Cambará do Sul (Río Grande do Sul),  $-2,5^{\circ}\text{C}$  en São Joaquim (Santa Catarina) y  $2,1^{\circ}\text{C}$  en el municipio paranaense de General Carneiro. Se registraron heladas en la madrugada en 15 estaciones meteorológicas de la región Sur del Brasil.

El día 3 de agosto, las ciudades gauchas (Río Grande do Sul, RS) y catarinenses (Santa Catarina, SC) registraron las menores temperaturas del país: Cambará do Sul (RS)  $-2,3^{\circ}\text{C}$ , Urubici (SC)  $-2^{\circ}\text{C}$ ; Bagé (RS)  $-1,5^{\circ}\text{C}$ ; Sant'Ana do Livramento (RS)  $-1^{\circ}\text{C}$ ; Bom Jesus (SC)  $-1^{\circ}\text{C}$ ; São Joaquim (SC)  $0,1^{\circ}\text{C}$ ; Santa Maria (RS)  $0,2^{\circ}\text{C}$ .

## **CAUSAS DE LAS ONDAS DE FRÍO**

La Oscilación del Sur y la Presencia del Fenómeno La Niña: Desde 1951 que no se registraban anomalías de temperaturas superficiales del mar tan bajas como las que han acompañado al Fenómeno La Niña que se ha desarrollado en las costas del Pacífico Sudeste desde Marzo de 2010 y que se espera que terminen el primer semestre de 2011 (DGF, 2010 y 2011). La figura 1 muestra las variaciones del Índice de Oscilación del Sur, calculado como la diferencia normalizada entre la presión atmosférica a nivel del mar registrada en las estaciones de Tahiti y Darwin (Australia), que representan los bordes occidentales y orientales de la cuenca del Pacífico Sur (multiplicada por 10 o índice de Troup). Desde Marzo de 2010 se registra la fase más positiva que se ha observado desde 2005, lo que explica el desarrollo de vientos del Sureste, el traslado de las aguas frías de la Corriente de Humboldt hacia latitudes subtropicales y la ocurrencia de La Niña, bajo la cual se registraron las ondas frías de 2010.

**Ondas de frío registradas en invierno de 2010: necesidad de una perspectiva regional integrada para la climatología latinoamericana.**

Hugo Romero A.  
Magaly Mendonça.

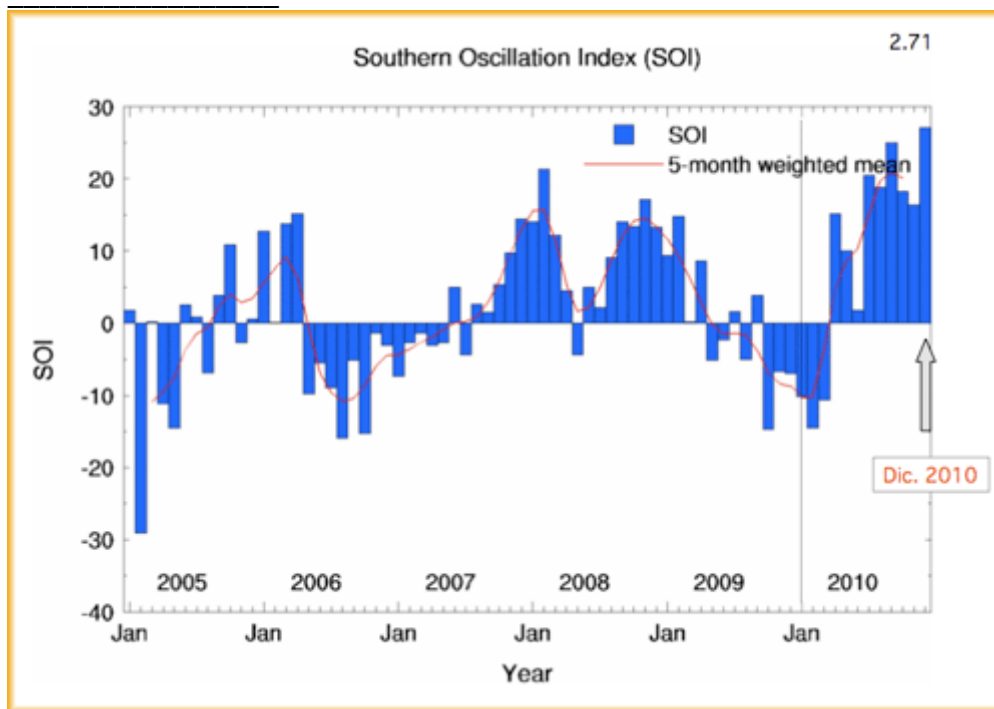


Figura 1: Índice de Oscilación del Sur entre enero de 2005 y diciembre de 2010.  
Fuentes: *Bureau of Meteorology – Australia; Boletín Climático de Chile, Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile, enero 2011.*

La Oscilación Decadal del Pacífico (ODP): Se trata de un cambio en los patrones de temperatura del Océano Pacífico del Norte (que también se reconoce en el Pacífico Sur), que ocurre en ciclos de 20 a 30 años. La fase positiva o cálida (fría o negativa) se registra cuando las anomalías en las temperaturas superficiales del mar en el Pacífico del NW (o del SW en el Pacífico Sur) son negativas (positivas) mientras que las anomalías de la superficie del mar del Pacífico Ecuatorial Oriental son positivas (negativas) (Holbrook and Maxwell, 2002; Pacific Decadal Oscillation and the Impact on Precipitation, 2002; Mantua et al., 1997). Aunque deriva de datos de temperatura superficial del mar, el índice ODP se correlaciona altamente con muchos registros climáticos y ecológicos del Pacífico del Norte y del Noroeste, incluyendo presión a nivel del mar, temperatura y precipitaciones en la tierra y el mar.

## Ondas de frío registradas en invierno de 2010: necesidad de una perspectiva regional integrada para la climatología latinoamericana.

Hugo Romero A.  
Magaly Mendonça.

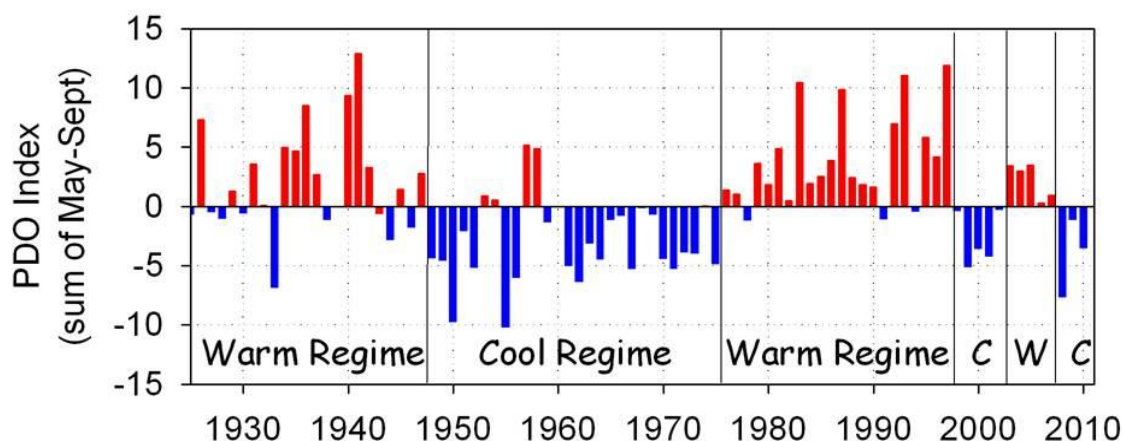


Figura 2. Serie de tiempo de los cambios en la Oscilación Decadal del Pacífico entre 1925 y 2010. Los valores están promediados entre marzo y septiembre. Las barras rojas indican cambios positivos (cálidos) y las azules cambios negativos (fríos). El año 2008 fue el más negativo desde 1956.

Fuente: <http://www.nwfsc.noaa.gov/research/divisions/fed/oeip/ca-do.cfm>

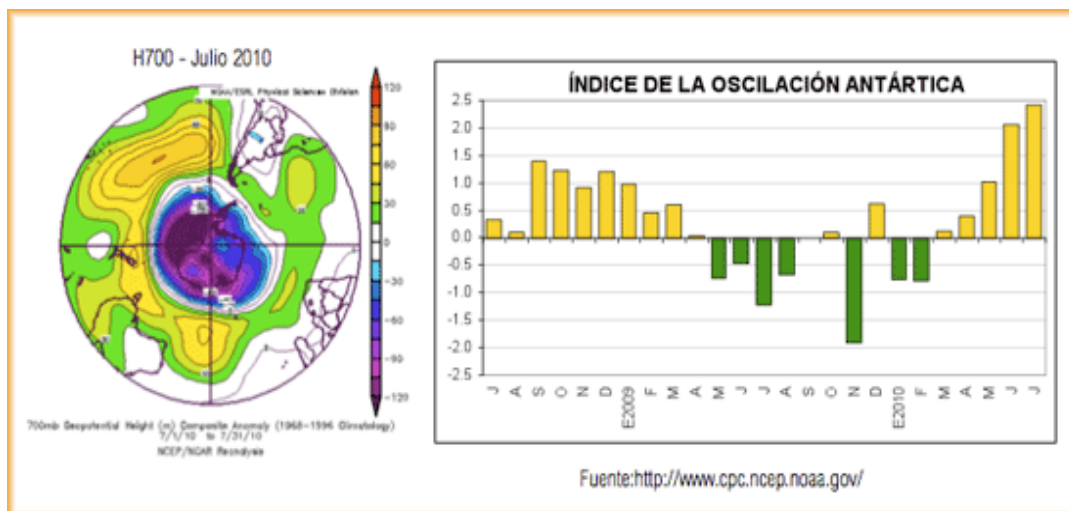
## EL ÍNDICE DE OSCILACIÓN ANTÁRTICA

También se denomina Modo Anular del Sur (SAM o Southern Anular Mode) y corresponde a la diferencia estandarizada de la presión atmosférica zonal a nivel del mar entre las latitudes 40 y 65°S. Los patrones de presión atmosférica asociados a la SAM son anulares en torno a un gran centro de bajas presiones centrado en el Polo Sur y que se elevan hacia anillos de alta presión ubicados a latitudes medias. Cuando el SAM es alto se producen importantes anomalías de los vientos zonales (Oestes) que aumentan sus velocidades en una amplia banda alrededor de los 55°S. Una elevación del Índice de la Oscilación Antártica provoca condiciones anormalmente secas en el sur de Sudamérica, Australia y Sudáfrica, al mismo tiempo que los frentes vientos zonales aumentan el aislamiento de la Antártica, reduciendo el intercambio de calor con los trópicos y provocando un enfriamiento de este continente y los mares que la rodean, originando las masas de aire que afectan que son responsables por las ondas de frío. La figura 3 ilustra en su sección izquierda sobre la distribución anular de las presiones atmosféricas en julio de 2010 y en su sección derecha, sobre el comportamiento del Índice entre julio de 2008 y 2010, apreciándose su elevación sistemática este último año.



## Ondas de frío registradas en invierno de 2010: necesidad de una perspectiva regional integrada para la climatología latinoamericana.

Hugo Romero A.  
Magaly Mendonça.



### LA TRAYECTORIA DE LAS MASAS DE AIRE

Las trayectorias de desplazamiento de las masas de aire, durante la primera Onda de Frío se presenta en la figura 4. Las masas de aire frío, cruzaron la Patagonia chilena los días 10 y 11 de julio, desplazándose por el sur de Brasil, tornándose estacionarias en el sudeste el día 15 y moviéndose hacia el océano Atlántico el 16. El centro de altas presiones atmosféricas y su retaguardia cruzó los Andes el día 12 con 1040 hPa, trasladándose por Argentina hasta el día 17, con un centro de 1044hPa. El día 18 se desplazó por el Atlántico con centro de 1038 hPa, manteniendo una rama con la isóbara de 1028 hPa que alcanzó el norte de América del Sur.

Respecto a la onda fría del mes de agosto de 2010, se trató también de un sistema frío de alta presión (1040hPa), que avanzó desde la Antártica hasta ubicarse próximo a la provincia de Buenos Aires. Sin embargo, esta vez encontró bloqueado el acceso hacia el Océano Pacífico por centros de altas presiones que se extendían a todo lo largo de la costa chilena, como se observa en la figura 5.

**Ondas de frío registradas en invierno de 2010: necesidad de una perspectiva regional integrada para la climatología latinoamericana.**

Hugo Romero A.  
Magaly Mendonça.

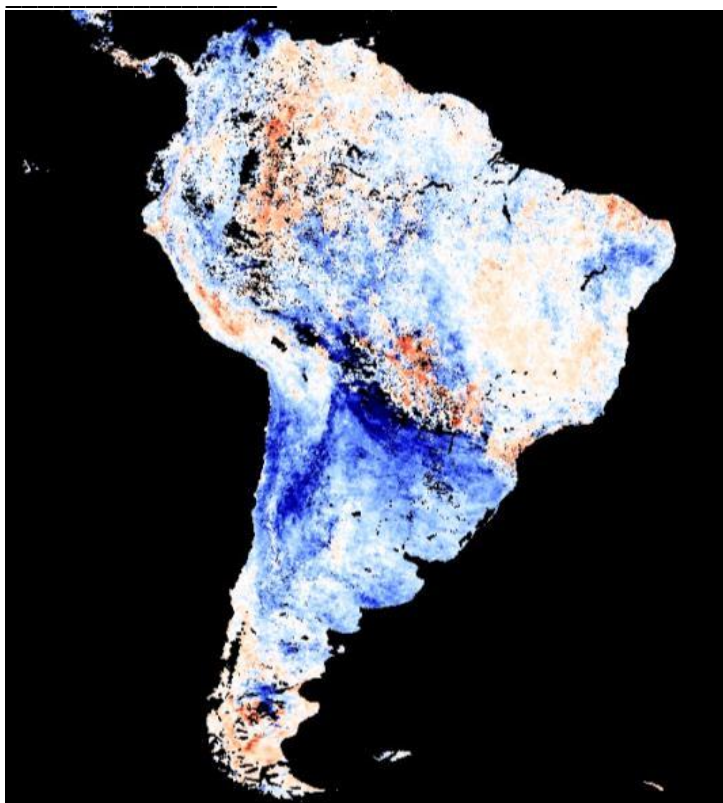


Figura 4. Desplazamiento de los sistemas atmosféricos centrales y localización de las anomalías negativas de temperatura registradas em América del Sur entre 12 e 19 de julio de 2010, comparadas con las medias del período 2000-2008, según NASA.

## **Ondas de frío registradas en invierno de 2010: necesidad de una perspectiva regional integrada para la climatología latinoamericana.**

Hugo Romero A.  
Magaly Mendonça.

---

### **CONCLUSIONES:**

Las ondas de frío registran una cierta regularidad en su ocurrencia durante las últimas décadas y deben considerarse parte del sistema de variabilidades climáticas, que deben formar parte de los sistemas de mitigación y adaptación social a los cambios ambientales. No es posible que un fenómeno natural relativamente frecuente se traduzca en pérdidas de vidas humanas y daños económicos que más bien demuestran un profundo desconocimiento de estas condiciones extremas. La climatología sudamericana necesita avanzar en estudios integrados entre los diversos países del continente, con la finalidad de comprender los efectos regionales y locales de factores de macroescala, tales como las fases positivas del Índice de Oscilación del Sur, de la Oscilación Decadal del Pacífico y de la Oscilación Antártica, que explica la magnitud y extensión de las ondas de frío observadas el año 2010.

Dado que todos los índices mencionados dependen de la temperatura superficial del mar, es posible contar con predicciones de mediano plazo que permiten anticipar con mayor certeza las probabilidades de ocurrencia de las ondas frías, cuya recurrencia geográfica debería ser considerada en los instrumentos de ordenación del territorio, en la construcción de infraestructuras y, especialmente, en el aumento de los niveles de aislamiento de las viviendas frente a las fluctuaciones extremas de temperaturas. A ello se debería agregar la preparación de los centros de salud pública para atender las emergencias médicas y el contar con adecuados y seguros sistemas de calefacción.

**Ondas de frío registradas en invierno de 2010: necesidad de una perspectiva regional integrada para la climatología latinoamericana.**

Hugo Romero A.  
Magaly Mendonça.

---

**BIBLIOGRAFÍA**

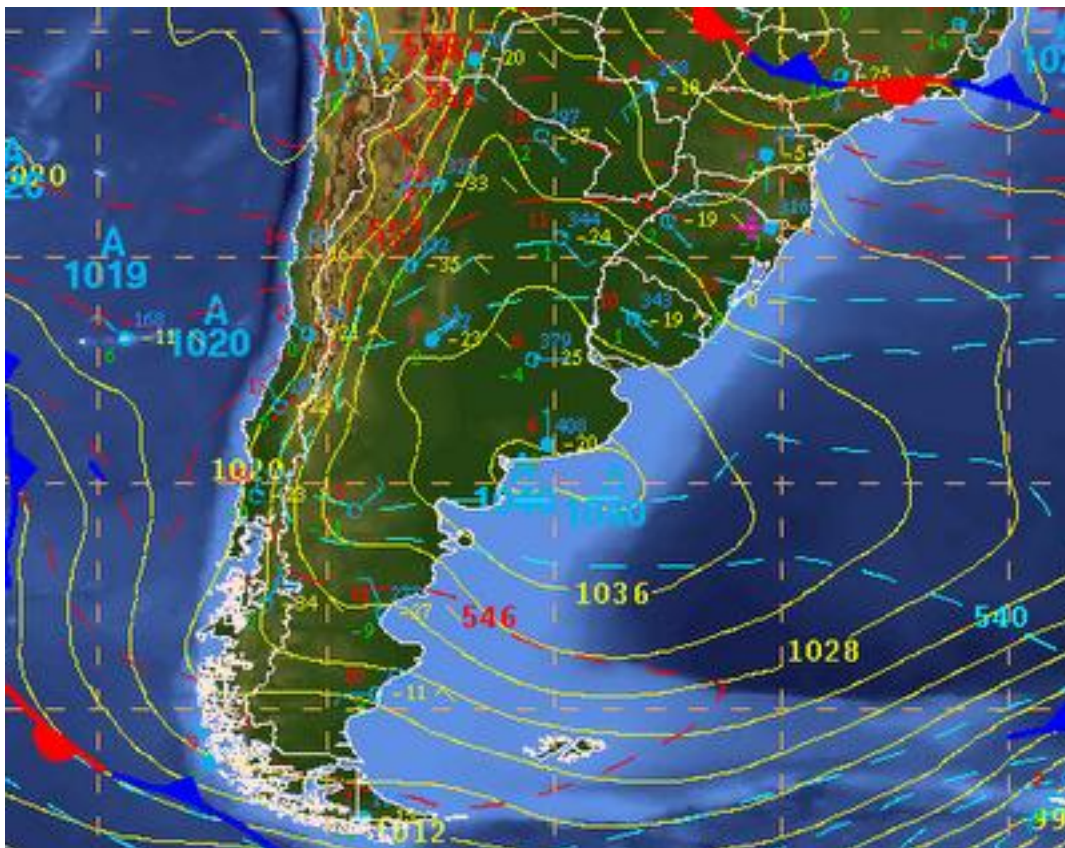
Maxwell, K. and Holbrook, V., 2002, Pacific Decadal Oscillation and Arizona Precipitation, Western Region Technical Attachment N°02-08, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)  
[http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/outreach/proceedings/cdw27\\_proceedings/vholbrook\\_2002.pdf](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/outreach/proceedings/cdw27_proceedings/vholbrook_2002.pdf);

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2002, Pacific Decadal Oscillation and the Impact on Precipitation.  
<http://www.nwfsc.noaa.gov/research/divisions/fed/oeip/ca-pdo.cfm>

The Southern Annular Mode. [http://stratus.astr.ucl.ac.be/textbook/chapter5\\_node6.html](http://stratus.astr.ucl.ac.be/textbook/chapter5_node6.html)  
Mantua, N.J.; Hare, S.R.; Zhang, Y.; Wallace, J.M and Francis, R.C. , 1997. A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. Bulletin of the American Meteorological Society, 78 pp. 1069-1079.

Gong, D. and Wang, S, Definition of Antarctic Oscillation Index. 1999. En: [http://www.atmos.colostate.edu/ao/other\\_papers/Gong\\_Wang\\_GRL1999.pdf](http://www.atmos.colostate.edu/ao/other_papers/Gong_Wang_GRL1999.pdf)

Uribe, A., 2007, Cambios en el régimen de temperatura en la Península Antártica: Mecanismos Asociados. Proyecto para optar al grado de magister en Meteorología y Climatología. Universidad de Chile, Departamento de Geofísica.



**Ondas de frío registradas en invierno de 2010: necesidad de una perspectiva regional integrada para la climatología latinoamericana.**

Hugo Romero A.  
Magaly Mendonça.

---

Holbrook and Maxwel, 2002 [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/outreach/proceedings/cdw27\\_proceedings/vholbrook\\_2002.pdf](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/outreach/proceedings/cdw27_proceedings/vholbrook_2002.pdf);

[http://www.atmos.colostate.edu/ao/other\\_papers/Gong\\_Wang\\_GRL1999.pdf](http://www.atmos.colostate.edu/ao/other_papers/Gong_Wang_GRL1999.pdf)