

ALUVIONES EN EL NORTE DE CHILE

Su relación con el fenómeno de **El Niño** y su proyección hacia fines del siglo XXI

• **Cristina Ortega**
Doctora en Ciencias Mención Geología

Los eventos de lluvias intensas, así como también los extensos periodos de sequía, están entre los impactos más críticos asociados a El Niño - Oscilación del Sur y al cambio climático global, especialmente en las regiones donde el agua es un recurso escaso.

¿Qué es El Niño - Oscilación del Sur?

El Niño - Oscilación del Sur (ENOS), como bien dice en su nombre, es una oscilación océano-climática que controla la variabilidad interanual de las precipitaciones en las regiones tropicales y subtropicales del borde occidental de Sudamérica. El fenómeno de El Niño corresponde a la fase cálida de ENOS, el cual se caracteriza por el aumento de la temperatura superficial promedio de la región oriental del océano Pacífico Ecuatorial producto del debilitamiento de los vientos Alisios, los que a su vez se debilitan producto del aumento de la temperatura superficial del océano. Producto de esta retroalimentación positiva, el aumento de la temperatura de la superficie del océano alcanza la costa de Ecuador y el norte de Perú, generando condiciones atmosféricas que favorecen el aumento de las lluvias en esa zona durante el verano del hemisferio sur [1] (Figura 1)

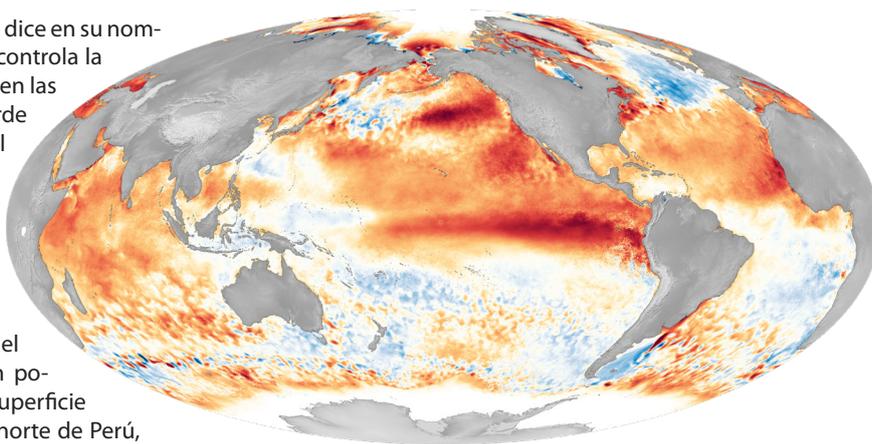


Figura 1

Mapa que muestra las temperaturas superficiales anómalas en el océano Pacífico durante El Niño 2015/2016, el más fuerte registrado hasta hoy en día. En rojo, temperaturas más cálidas que el promedio, y en azul, temperaturas más frías que el promedio. Se observa como la influencia directa del calentamiento en parte de la costa Sudamericana. (Fuente NOAA).

Pero ¿Cómo se conecta el fenómeno de El Niño con la ocurrencia de lluvias extremas en el norte de Chile?

Las lluvias en el norte de Chile dependen fuertemente del arribo de tormentas que viajan desde las latitudes medias durante invierno y primavera. Mientras más al norte es menos frecuente que las lluvias alcancen esas latitudes, lo que se traduce en el gradiente de precipitaciones caracterizado por un promedio de agua caída de 110 mm en La Serena y 1 mm entre Antofagasta y Arica (Figura 2).

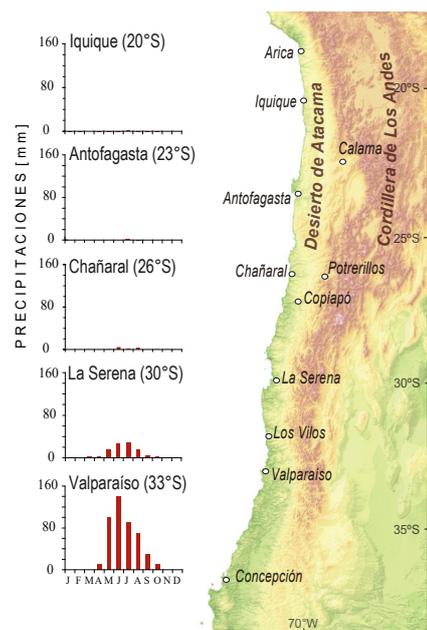


Figura 2

Gradiente latitudinal y estacionalidad de las precipitaciones entre Valparaíso e Iquique.

Durante el fenómeno de El Niño, los eventos extremos de lluvia ocurren asociados a una mayor frecuencia y persistencia de un centro de altas presiones que se localiza en el oeste de la Península Antártica. Este centro de altas presiones se comporta como una verdadera muralla que desvía la trayectoria de las tormentas hacia el centro y norte de Chile, y es una característica distintiva de un patrón atmosférico que conecta el trópico con el extratropico llamado Teleconexión Pacífico - América del Sur (patrón PSA) [2,3,4].

Esta teleconexión es una respuesta de la tropósfera al calentamiento del área ecuatorial del Pacífico central debido a El Niño y a la convección atmosférica que allí se produce [5] (Figura 3).

Este patrón de teleconexión estuvo presente varios días antes y durante el aluvión del 25 de marzo de 2015, considerado uno de los eventos extremos de lluvia más destructivos del último tiempo. Esta tormenta afectó más de 80.000 km² de la región de Atacama,

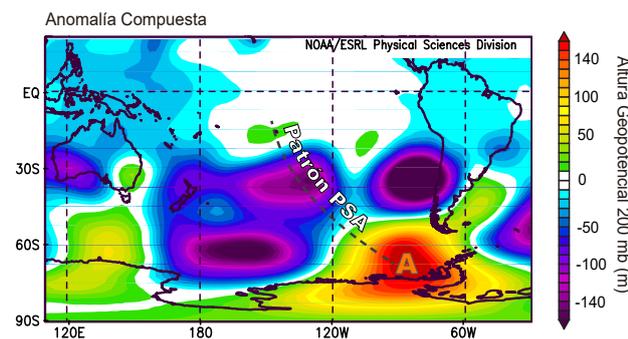


Figura 3

Patrón de teleconexión tropical-extratropical PSA presente en la mayoría de los eventos extremos de lluvia del norte de Chile.

causando violentos flujos de detrito y barro que devastaron ciudades, tales como Chañaral y Copiapó, dejando 31 muertos, 16 desaparecidos y más de 16.000 personas afectadas [6,5,8,9] (Figura 4).

Al este del Desierto de Atacama, la Cordillera de los Andes también es afectada por eventos de lluvia intensa estival durante el llamado Invierno Altiplánico, cuando un centro de altas presiones llamado Alta Boliviana, se localiza sobre Bolivia o inusualmente más al sur favoreciendo el transporte de aire húmedo y tibio desde la Amazonía. Este flujo cargado de agua al encontrarse con la Cordillera de Los Andes, por convección genera lluvias que suelen intensificarse durante el fenómeno de La Niña, la fase fría de ENOS [10].

El estudio de crónicas y el análisis de datos meteorológicos del pasado han permitido identificar que desde el año 1900 han ocurrido 54 eventos de lluvia intensa que generaron inundaciones y/o flujos de detrito y barro que afectaron a diversas localidades entre Chañaral y La Serena. La mayoría de estos eventos ocurrieron durante los meses de otoño e invierno. Mientras que solo cuatro eventos se habrían originado en la alta cordillera durante el periodo estival asociados al Invierno Altiplánico y al derretimiento de nieve en la alta cordillera, generando consecuencias en las ciudades. Esto no significa que los aluviones durante el verano sean tan infrecuentes o menos peligrosos, sino que no han impactado reiteradamente a la sociedad producto de su lejanía con la población [5] (Figura 5)

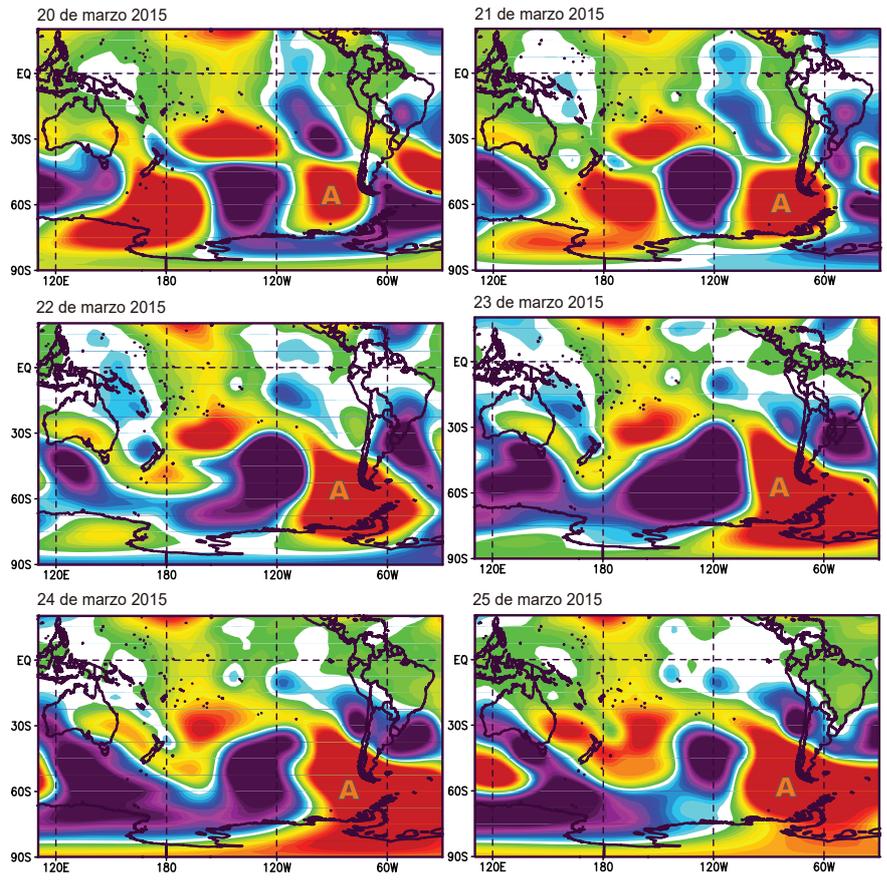


Figura 4 Patrón de teleconexión tropical-extratropical PSA antes y durante el evento de lluvia extrema ocurrida en Atacama en marzo del 2015.

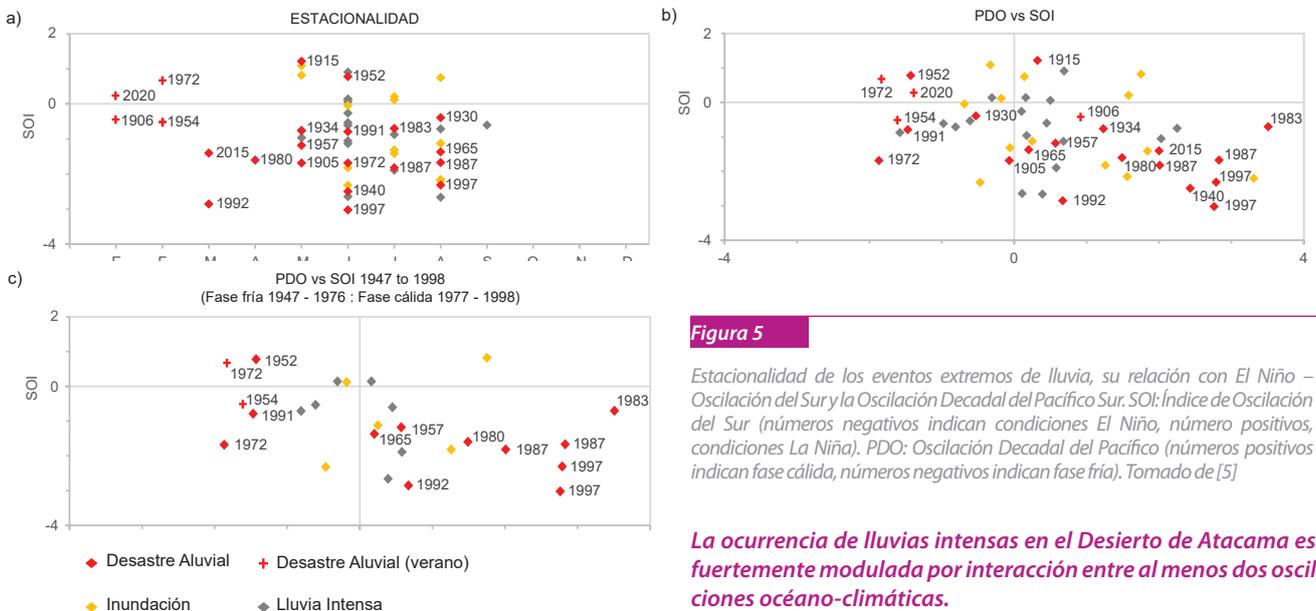


Figura 5 Estacionalidad de los eventos extremos de lluvia, su relación con El Niño - Oscilación del Sur y la Oscilación Decadal del Pacífico Sur. SOI: Índice de Oscilación del Sur (números negativos indican condiciones El Niño, número positivos, condiciones La Niña). PDO: Oscilación Decadal del Pacífico (números positivos indican fase cálida, números negativos indican fase fría). Tomado de [5]

La ocurrencia de lluvias intensas en el Desierto de Atacama está fuertemente modulada por interacción entre al menos dos oscilaciones océano-climáticas.

Los datos, además de mostrar que la mayoría (76,5%) de los eventos ocurrieron bajo condiciones El Niño, también indican que la frecuencia de estos eventos es mayor durante la fase cálida de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO), la cual corresponde a una oscilación océano-atmosférica similar a ENOS, pero que posee periodos de 15 a 25 años y de 50 a 70 años. Esto permite proponer que la ocurrencia de lluvias intensas en el Norte de Chile está fuertemente modulada por la interacción entre al menos estas dos oscilaciones océano-climáticas [5].

¿Qué nos espera al terminar el siglo XXI?

Si revisamos las precipitaciones de la ciudad de La Serena, la cual dispone de información desde el año 1869, podemos ver claramente la tendencia a la desertificación que está viviendo la región de Coquimbo. Si, además comparamos esta tendencia con la ocurrencia de lluvias extremas, podemos ver que los aluviones han ocurrido y siguen ocurriendo independientemente de esta tendencia (Figura 6)[5].

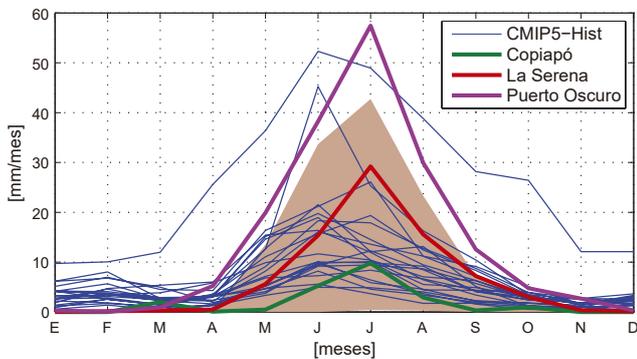


Figura 6

Modelos CMIP5 y su representatividad de la estacionalidad de las precipitaciones en la región de Coquimbo. Tomado de [5]

El análisis para el largo plazo de las precipitaciones en esta región se realizó basado en los datos de la estación meteorológica de La Serena y su comparación con modelos de simulación climática CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5) [11]. La simulación contempla el periodo desde el año 1850 hasta el 2005, forzado por las concentraciones de gases invernadero, erupciones volcánicas y actividad solar, mientras que las proyecciones futuras siguen el escenario climático RCP8.5 (Representative Concentration Pathway 8.5). Este escenario corresponde a un escenario de emisiones como el actual, que termina con concentraciones atmosféricas de CO₂ por sobre los 900 ppm en el año 2100 lo que equivale a un forzamiento radiativo de 8.5 W/m². Además, se utilizaron 24 modelos climáticos, de los 40 disponibles en CMIP5, que reprodujeron la estacionalidad de las precipitaciones (Figura 6).

Las proyecciones hacia fines del siglo XXI (Fig. 7) muestran que la tendencia de la desertificación es un fenómeno que continuará. Se estima que durante cada década del siglo XIX habrá en promedio un 3% menos de agua caída, y hacia el año 2100 se espera un 15 a 30% menos de agua caída en la región de Coquimbo [5].

Para poder interpretar qué pasará con los eventos extremos de lluvia, es necesario recurrir a las estadísticas históricas y a las proporcionadas por los modelos climáticos de proyección. A escala diaria, los días lluviosos en esta región semiárida representan solo el 4% de los días del año y este valor se proyecta que dis-

minuya a un 2% al finalizar el siglo XXI. Sin embargo, para los días lluviosos, el percentil 99 durante el periodo entre los años 1961 y 1990 corresponde a 60 mm de agua caída diaria, mientras que se proyecta que el percentil 99 durante el periodo entre los años 2070 y 2099 aumentara a 69 mm de agua caída diaria (Figura 8). Es decir, la región se volverá cada vez más seca, pero los eventos de lluvia extrema serán más intensos [5].

Este escenario climático es consistente con el ensanchamiento de la Celda de Hadley y la expansión hacia los polos de las zonas subtropicales semiáridas, producto del calentamiento global. A este escenario se superponen los eventos de lluvias extremas que seguirán impactando el norte de Chile, fuertemente modulados por al menos dos oscilaciones océano-climáticas: ENOS a escala interanual y la PDO a escala inter y multidecenal. Por lo tanto, es imperativo tomar medidas de ordenamiento territorial y de mitigación que funcionen a largo plazo para evitar o disminuir los desastres socio-naturales como el ocurrido en marzo del 2015 en Atacama [5].

Referencias

[1] Cane, J.M. et al., *Revista de Geofísica*, Vol. 1, 0293744 (2005) p216-234.
 [1] Curtis, S. et al., *Journal of Geophysical Research*, Vol. 108 (D4) (2003), p4153.
 [2] Ruttant, J. et al., *International Journal of Climatology* Vol. 11 (1991), p67-76.
 [3] Mo, K. C., et al., *Monthly Weather Review*, Vol. 126 (1998), p1581-1596.
 [4] Ortega, C. et al., *Quaternary Research*, Vol.78 (2012), p513-527.
 [5] Ortega, C. et al., *Global and Planetary Change*, Vol. 175 (2019), p226-237.
 [6] Barret, B.S. et al., *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, Vol.121 (2016), p4563-4580.
 [7] Bozkurt, D. et al., *Monthly Weather Review*, Vol.144 (2016), p4441-4460.
 [8] Wilcox, A.C. et al., *Geophysical Research Letters*, Vol.43 (2016), p8035-8043
 [9] Vargas, G. et al, Editorial Social Ediciones (2018)
 [10] Garreaud, R. et al., *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Vol.194 (2003), p5-22.
 [11] Taylor, K.E. et al., *Bulletin of American Meteorological Society*, Vol.93 (2012), p485-498

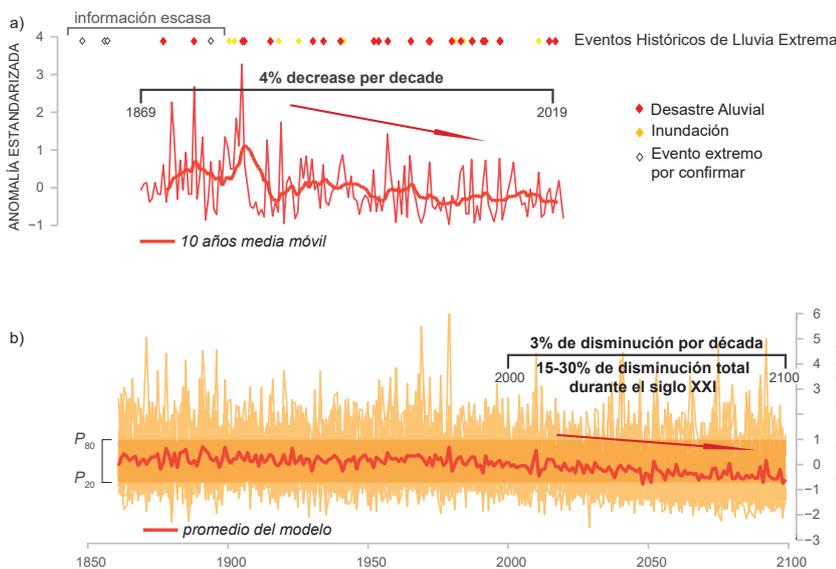


Figura 7

a) Tendencia de las precipitaciones anuales históricas en La Serena y su relación con la ocurrencia de eventos históricos de lluvia extrema. b) Tendencia de las precipitaciones anuales en la región de Coquimbo hacia finales del siglo XXI. Tomado de [5]

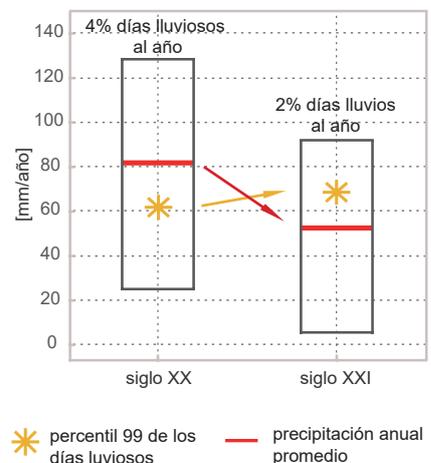


Figura 8

Estadísticas de las precipitaciones proyectadas por CMIP5. Tomado de [5].