



Boletín de la Sociedad Geológica del Perú

journal homepage: www.sgp.org.pe ISSN 0079-1091

Cambio Climático – Estabilidad de los Sistemas Hídricos ante Eventos Meteorológicos en el Norte de Chile

Carlos Toro Troncoso, Rosmery Liz Arotaipe, Bryan Cortés Anjos, Isaac Rodríguez Cárceles, Dr. José Luque Marín.

RESUMEN

En los últimos años, el cambio climático en el norte de Chile ha causado diversos eventos meteorológicos que han provocado importantes desastres naturales, los cuales afectaron diferentes ciudades y en algunas ocasiones, cobraron vidas humanas. Si bien, el cambio climático es un evento que ha desencadenado una serie de fenómenos climáticos a lo largo del mundo, en el norte de Chile, reconocido por ser unos de los lugares más desérticos del globo, ha provocado precipitaciones extremadamente anómalas, tales como las ocurridas en 2001, 2012, 2015 y 2019. Nuestro estudio está enfocado en dilucidar el comportamiento que tienen los sistemas hídricos en las cuencas principales del norte grande mediante el análisis estadístico de parámetros hidrológicos, hidrogeológicos y meteorológicos, en respuesta a los eventos climáticos que azotan el norte de Chile, y en particular con el ciclo ENOS.

Palabras Clave: Cambio climático, precipitaciones, parámetros hidrológicos, ENOS.

ABSTRACT

In recent years, climate change in northern Chile has caused several meteorological events that have caused major natural disasters, which hit different cities and, on some occasions, claimed human lives. Although climate change is an event that has triggered a series of climatic phenomena throughout the world, in the north of Chile, recognized for being one of the most desert places on the globe, it has caused extremely anomalous precipitations, such as those that occurred in 2001, 2012, 2015 and 2019. Our study is focused on elucidating the

behavior of the water systems of the different basins through statistical analysis of hydrological, hydrogeological and meteorological parameters, in response to the climatic events that hit the north of Chile, and particularly the ENSO cycle.

Keywords: Climate change, rainfall, hydrological parameters, ENSO.

DESARROLLO

Las áreas de estudio definidas corresponden a las Cuencas Altiplánicas, Cuenca de la Pampa del Tamarugal, Río Loa y Río Copiapó, ubicadas entre la Región de Arica y Parinacota y la Región de Atacama. Los datos de caudales y precipitaciones se obtuvieron desde el sitio web de la Dirección General de Aguas (DGA).

En primera instancia, se descargaron los datos de todas las estaciones que tuvieran registros posteriores al año 2000. En segundo lugar, las estaciones fueron clasificadas según la temporalidad de los registros y la ubicación espacial. Además, se obtuvieron los datos del Índice Climático El Niño 3.4 a partir del sitio web de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) para el período de estudio (2000 – 2020). Posteriormente, los datos de caudales fueron sometidos a un análisis factorial. Se realizaron también gráficos para analizar el comportamiento de los sistemas hídricos y su relación con el fenómeno ENOS.

CUENCAS ALTIPLÁNICAS, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA

El análisis multivariado de caudales se realizó con los datos obtenidos de las estaciones Río Caquena

en vertedero y Río Colpagua en Desembocadura entre los años 2000 a 2020. Los eventos que presentan dispersión respecto al background pertenecen a febrero de 2001, febrero de 2011, marzo de 2011, febrero de 2012 y febrero de 2019 (Figura 1). En el análisis factorial por dos componentes

no rotados se obtuvo una varianza de 0,871 del primer factor y 0,129 del segundo factor. Al realizar la rotación varimax, el primer factor posee mayor influencia en el río Caquena con un valor de 0.914, no así el río Colpagua, el cual presenta un valor de 0.406 para dicho factor.

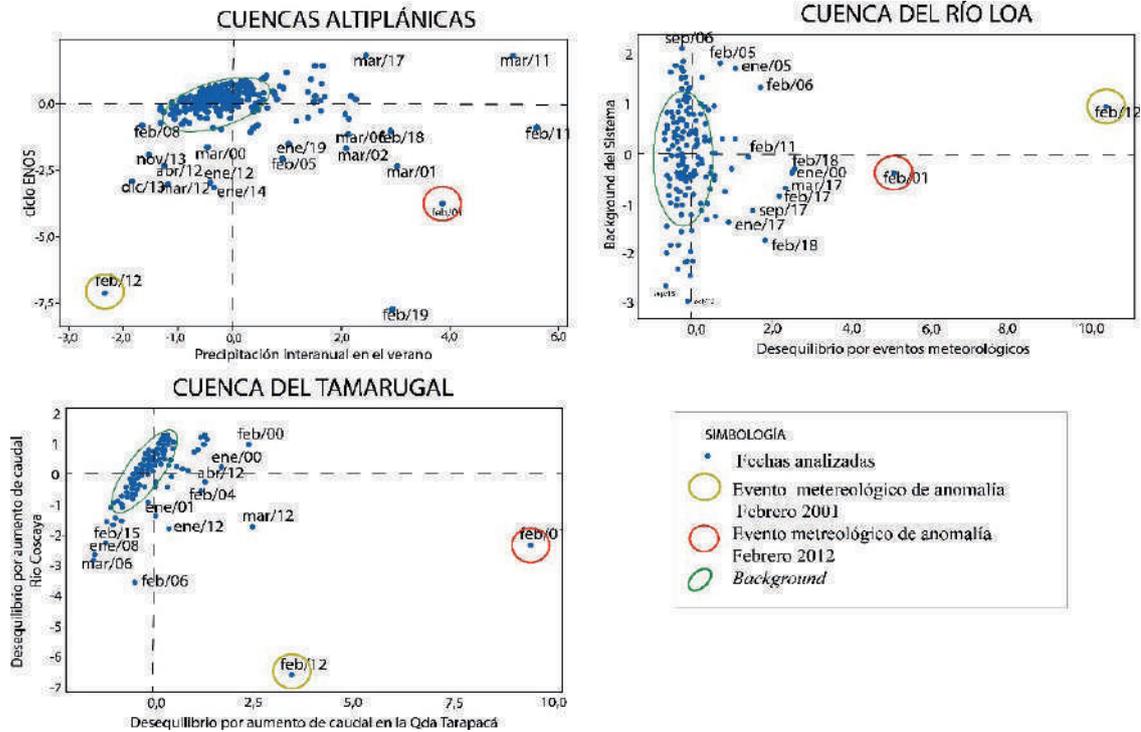


Figura 1. Análisis factorial por componentes rotados (rotación Varimax), de las cuencas estudiadas del Norte Grande de Chile. Se destacan los eventos de desequilibrio del sistema hídrico.

CUENCA DE LA PAMPA DEL TAMARUGAL, REGIÓN DE TARAPACÁ

Se utilizaron los datos de las estaciones de Quebrada Tarapacá y Río Coscaya, para el período 2000 – 2017. Al solo utilizarse dos variables, cada factor se corresponde con cada una de las estaciones mencionadas, con cargas de valor 0,901 (Factor 1) y -0,434 (Factor 2) para la Quebrada

Tarapacá, y de 0,434 (Factor 1) y -0,901 (Factor 2) para el Río Coscaya.

Se destacan los eventos de febrero de 2001, y febrero y marzo de 2012 (Figura 1). Estos resultados fueron contrastados con el gráfico de doble eje (Figura 2) para observar el comportamiento general de los caudales y precipitaciones, y relacionar los eventos al fenómeno ENOS.

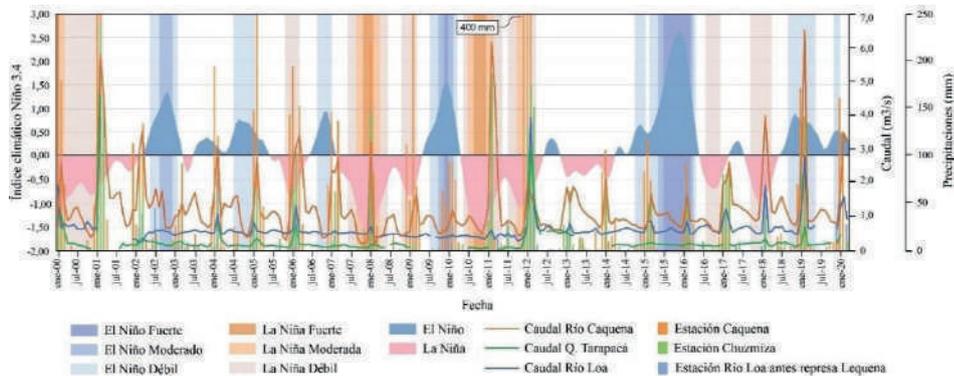


Figura 2. El gráfico incluye los datos temporales del Índice climático Niño 3.4 y de estaciones de precipitación y caudal en las cuencas Altiplánicas, Pampa del Tamarugal y Río Loa, para el período enero 2000 – marzo 2020.

CONCLUSIONES

En el caso de las Cuencas Altiplánicas, el primer factor se relaciona con los eventos de 2001 y 2011, asociándose a las lluvias estivales influenciadas por vientos del Este que ocurren sobre el Altiplano (Invierno Boliviano).

En tanto, el segundo factor está relacionado a los eventos de intensas lluvias de 2012 y 2019, lo cual se relaciona con anomalías de vientos zonales causadas por el calentamiento de la troposfera en los ciclos cálidos del ENOS, debido al aumento de temperatura en la superficie del mar en el Pacífico (Garreaud & Aceituno, 2001; Garreaud et al., 2003).

En la Cuenca de la Pampa del Tamarugal, los factores estarían asociados directamente a las variables utilizadas, dada la escasez de datos en el área de estudio. El evento de 2001 afecta de manera significativa el caudal de la Quebrada Tarapacá, representada por el primer factor, mientras el de 2012 afecta a ambas estaciones. Así, un aumento en los valores del primer factor se traduce en un aumento del caudal registrado en la Quebrada Tarapacá, mientras una disminución del segundo factor se traduce en un aumento en los caudales registrados para el Río Coscaya.

Es importante resaltar que la gran mayoría de los puntos desplazados se corresponden con los meses más cálidos, manteniéndose dentro del grupo background los períodos asociados a estaciones más frías. Asimismo, los eventos mencionados (verano de 2001 y 2012) ocurrieron mientras La Niña estaba presente.

Para la cuenca del Río Loa, el primer factor se concluye como un desequilibrio en el sistema producido por precipitaciones, las cuales están altamente condicionadas al Invierno Boliviano. Este desequilibrio proporciona un gran aumento en el caudal demostrado por los peaks alcanzados para cada estación en las fechas mencionadas.

Las estaciones ubicadas en el Río Loa tienen una mayor afectación a este factor (un valor de 0,883) en comparación al río San Pedro (0,048). Se sugiere entonces que el Río Loa es un sistema que se ve altamente afectado por las lluvias estivales, mientras que su tributario río San Pedro no tiene grandes variaciones de caudal frente a estos eventos.

Se concluye que existen dos eventos de aumento

extremo de caudal en las tres regiones del Norte Grande, ocurridos en febrero de 2001 y 2012. Debido a que ambos eventos suceden en verano, se sugiere que se deberían a las precipitaciones estivales típicas del Altiplano. Además, ambos eventos podrían estar relacionados con La Niña, vínculo que ha sido estudiado por varios autores (Garreaud & Aceituno, 2001; Garreaud et al., 2003; Houston, 2006; y Garreaud, 2009).

En el caso del Río Copiapó, los dos principales factores fueron definidos como: (1) Desequilibrio por recarga sector Río Pulido (Factor 1, influencia del 42,7%) y (2) Desequilibrio por recarga sector Río Jorquera (Factor 2, influencia del 27,6%). Se señala que las precipitaciones no provocan una respuesta inmediata del sistema, sino que es más tardía, y se produce por el derretimiento de las coberturas nivales que dejan estos eventos (Toro, 2018). Se destaca que el mayor desequilibrio pudo haber sido generado por el evento ocurrido en mayo del 2016, el cual dejó grandes extensiones de nieve (Toro, 2018), llegando a un máximo de recarga por derretimiento en enero del 2017.

Las lluvias ocurridas entre el 12 y 13 de mayo del 2017 serían un fenómeno derivado de los Westerlies, el cual provocó lluvias a lo largo de toda la cuenca con escasa extensión de coberturas nivales en las cabeceras. En tanto, el evento de mayo del 2016 es producto de la Humedad Extratropical SE, la cual dejó extensas coberturas nivales en cordillera (Toro, 2018). En el caso de las precipitaciones de marzo y junio del 2015, estos serían eventos asociados a El Niño, los cuales no generaron un desequilibrio importante.

REFERENCIAS

- Garreaud, R. D. y Aceituno, P. (2001). Interannual Rainfall Variability over the South America Altiplano. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/125988>
- Garreaud, R. D., Vuille, M. y Clement, A. C. (2003). The climate of the Altiplano: observed current conditions and mechanisms of past changes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 194, 5 – 22. [http://dx.doi.org/10.1016/S0031-0182\(03\)00269-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0031-0182(03)00269-4)
- Garreaud, R. D. (2009). The Andes climate and weather. *Advances in Geosciences*, 22, 3 – 11. <http://dx.doi.org/10.5194/adgeo-22-3-2009>
- Houston, J. (2006). Variability of Precipitation

in the Atacama Desert: Its Causes and Hydrological Impact. *International Journal of Climatology*, 26, 2181 – 2198. <http://dx.doi.org/10.1002/joc.1359> Toro, C. (2018). Evaluación de los mecanismos de recarga del acuífero del Río Huasco, Región de Atacama, Chile, asociado a los eventos meteorológicos ocurridos en el período 2015 – 2018 [Tesis de pregrado]. Universidad Católica del Norte.