

Reconociendo fuentes de humedad durante los eventos de precipitación extrema en el norte del Perú

James Apaéstegui y Carol Romero
Instituto Geofísico del Perú

INTRODUCCIÓN

El Fenómeno El Niño (FEN) ha sido asociado desde sus orígenes a las alteraciones en la circulación océano - atmósfera en la región ecuatorial, con efectos remotos a escala global debido a sus teleconexiones atmosféricas (Sulca et al., 2017; Garreaud R.D., 2018; entre otros). En el Perú, históricamente, la región Piura ha mostrado particular susceptibilidad a los impactos de la ocurrencia del evento El Niño, independiente del tipo de manifestación del mismo: Global o Costero (Takahashi, 2017a y 2017b).

En tal sentido, una serie de esfuerzos se han realizado en los últimos años para entender la física asociada a la ocurrencia e impactos de eventos extremos de precipitación en la región norte del país (Woodman & Takahashi, 2014; Lavado y Espinoza et al., 2014; entre otros). No obstante, una pregunta aún no respondida es si existe trasvase de humedad que sustenta la ocurrencia de eventos extremos o cuánto de la humedad, que proviene de la Amazonía, aporta a las lluvias extremas en el norte del país.

Para responder a este tipo de interrogantes, se plantea entender la dinámica de las lluvias a través de un trazador geoquímico, el isótopo de oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$). Este ha sido validado como una herramienta útil para trazar fuentes de humedad y, por este motivo, tiene diferentes aplicaciones en estudios hidroclimáticos. La calibración de los datos isotópicos no solo nos ayudará a entender la dinámica atmosférica actual, sino que también servirá de base para estudios paleoclimáticos, debido a que esta señal está contenida en registros biológicos (Ej.: Anillos de árboles) o geológicos (Ej.: Espeleotemas). Es importante resaltar que el estudio del paleoclima incrementaría el conocimiento que tenemos sobre los eventos extremos y la estadística de la recurrencia en la región de Piura.

DATOS Y MÉTODOS

Para entender la dinámica del fraccionamiento isotópico en la región de estudio, se utilizó una red de monitoreo

meteorológico operada por la Universidad de Piura (UDEP), la cual considera un gradiente altitudinal representativo de la señal química de las lluvias en la región Piura. Asimismo, se utilizaron estaciones independientes en la Amazonía (LMI-PALEOTRACES) (ver Fig.1 y 2). Esto consistió en instalar colectores de agua de lluvia para monitoreo y posterior análisis isotópico de las mismas en laboratorio. Los colectores se construyeron a fines del año 2015 siguiendo el protocolo brindado por la Agencia Nacional de Energía Atómica para el análisis de isótopos como trazadores ambientales (IAEA, 1992).

Las muestras de lluvia se colectaron cada 15 días y se analizaron en el Laboratorio de Isótopos Estables del Instituto de Geociencias de la Universidad de Sao Paulo gracias al apoyo del Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo (IRD, por sus siglas en francés). La señal geoquímica y los parámetros meteorológicos fueron correlacionados para el periodo de trabajo (Nov 2015 – Ene 2018). Por otra parte, se realizó también el análisis de retrotrayectorias de los vientos usando el Modelo Hysplit (*Hybrid single particle lagrangian Integrated Trajectory Model*) en tres niveles de la atmósfera y se cuantificaron los posibles aportes de humedad que sustentan la señal geoquímica a través de modelos de regresión lineal.

Finalmente, para complementar el análisis, se usó data isotópica mensual generada por el IRD – SENAMHI durante el periodo 2002-2011 para 3 puntos adicionales de muestreo en la región.

RESULTADOS PRELIMINARES

El análisis de la señal isotópica en el gradiente altitudinal de monitoreo nos indica a través de la línea meteorológica local ($\delta^{18}\text{O}$ vs $\delta^2\text{D}$), que no existen dispersiones abruptas que muestren procesos de evaporación u otros que: 1) promuevan el fraccionamiento cinético y 2) nos impidan usar la información como trazador de procesos en el ciclo hidrológico (Fig. 2).

Es importante mencionar que la figura 2, la cual muestra una comparación entre los valores isotópicos del verano

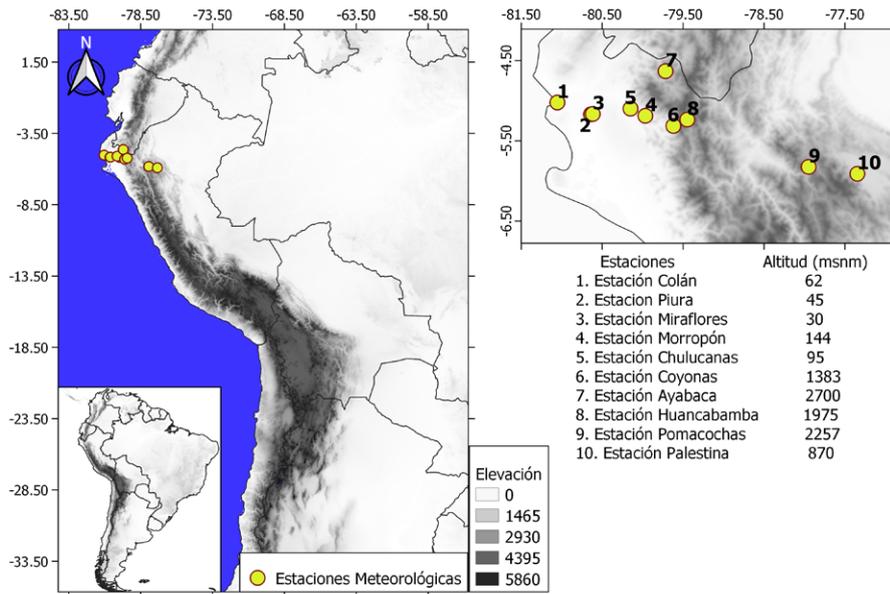


Figura 1. Localización de las estaciones de Monitoreo Isotópico.

2016 y el evento El Niño costero de 2017, los cambios en la variabilidad de la información isotópica. Esto posiblemente asociado a los procesos convectivos que sustentan las precipitaciones extremas, dichos procesos promueven el fraccionamiento isotópico otorgando una mayor variabilidad a los resultados como se observa durante el año 2017.

En condiciones climáticas promedio, el fraccionamiento isotópico en la estación Piura oscila entre los valores de -4 y 0‰ (VSMOW), mientras que durante los eventos de precipitación extrema asociada al fenómeno El Niño Costero 2017 las señales isotópicas oscilan entre valores de -15 y 0‰ (VSMOW).

Cuando se observa la dispersión a través del gráfico de cajas (Fig. 3) se puede encontrar que las mayores variabilidades de los datos se encuentran entre las estaciones de Coyoñas y Pomacochas. Si consideramos que esta región coincide con las menores altitudes de la cordillera y asumimos que existe el trasvase de humedad

desde el océano Atlántico, dicha dispersión sugiere que la región media occidental de los Andes es la región donde ocurre el proceso de mezcla de las masas de humedad. Dicha interpretación es acorde con las evidencias del evento del año 2017, en el cual se indica que el mayor incremento de las precipitaciones se dio en la cuenca media, y esto condujo el desborde de los ríos aguas abajo, además de otros impactos negativos para la sociedad.

De manera complementaria, la señal isotópica de la región Piura durante el evento del 2017 es tan negativa como la señal media de la Amazonía. Este rango de fraccionamiento en una región tan próxima a la fuente de humedad, no puede explicarse por fenómenos de convección local, lo cual sugiere la influencia de fuentes de humedad remota relacionada a la migración latitudinal de la ITCZ (Takahashi et al., 2017b) o al aporte de humedad Amazónica.

Del análisis de las retrotrayectorias de los vientos se puede evaluar las frecuencias de los mismos provenientes de

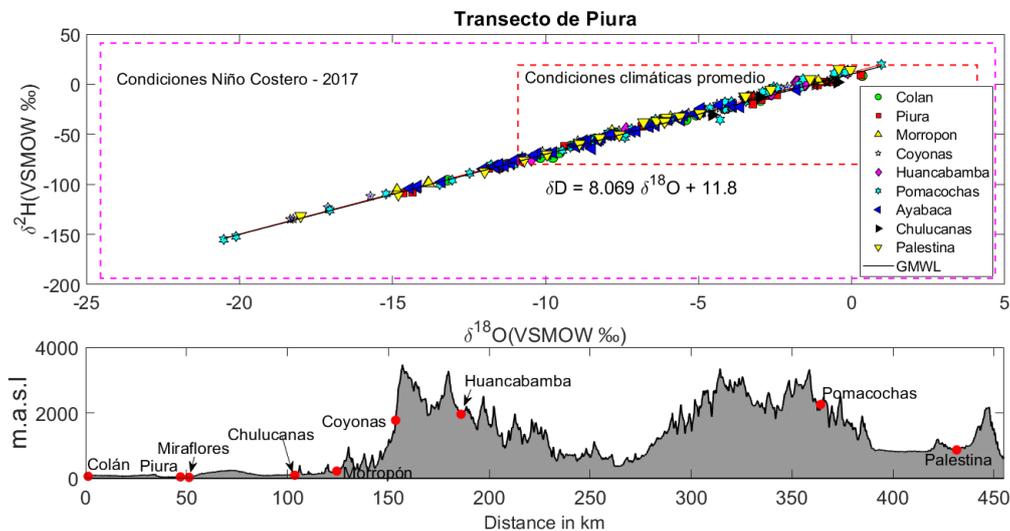


Figura 2. Arriba: Línea Meteorológica global y local ($\delta^{18}O$ vs δD). Abajo: Localización de las estaciones en el contexto topográfico de la cordillera de los Andes.

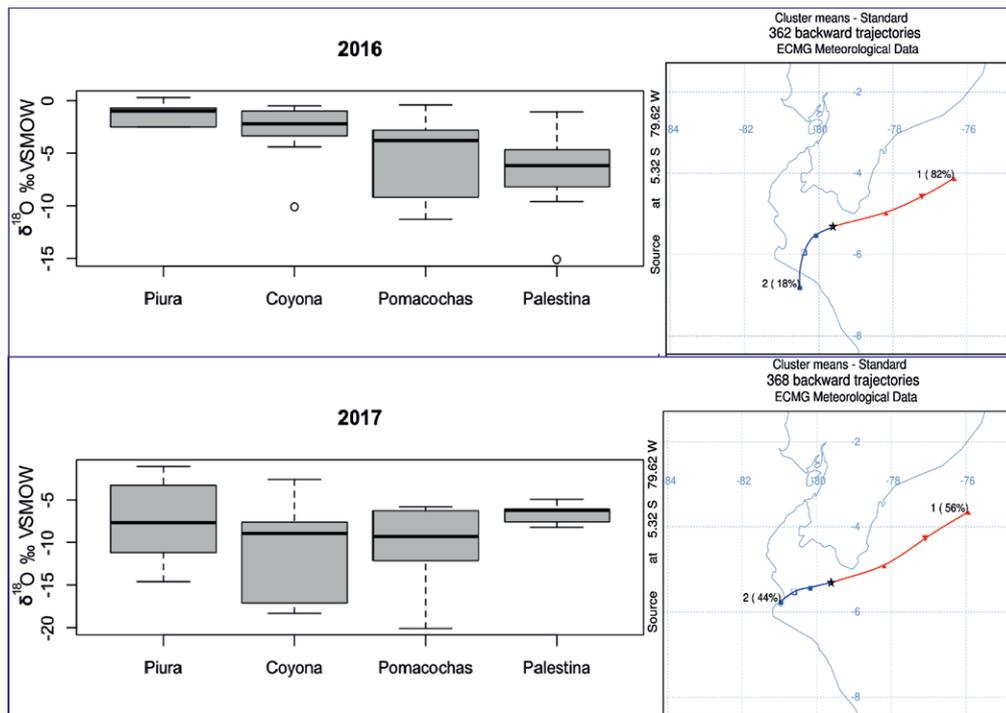


Figura 3. Derecha: Diagrama de cajas de datos isotópicos para las estaciones de Piura, Coyona, Pomacochas y Palestina. Izquierda: Cálculo de porcentajes de retro trayectorias de vientos para el verano 2016 y 2017 respectivamente.

diferentes orígenes (Pacífico - Atlántico) para los periodos de tiempo de monitoreo (DEF 2016 -2017).

Durante el 2016, el modelo Hysplit, basado en datos de ERA – interim, propone que el 82% de los vientos provienen del origen Amazónico, mientras que el 18% complementario proviene del océano Pacífico. En tanto que para el 2017, las retro trayectorias proponen un 56% de los vientos tienen orígenes en la Amazonía y un 46% del océano Pacífico.

Cuando se pretende hacer el balance geoquímico, ponderando las señales isotópicas con los porcentajes de retro trayectorias, encontramos resultados divergentes a los obtenidos en base al balance geoquímico original, donde se proponen diferentes contribuciones. Para lo cual, se infiere que la principal limitante del experimento radica en la resolución espacial del modelo utilizado.

En tal sentido, se espera hacer el mismo balance usando información de downscaling dinámico realizado para la región Piura por el Laboratorio de Dinámica de Fluidos Geofísicos Computacional del IGP (Montes et al., 2016), a fin de corroborar las hipótesis y contribuir con un indicador que pueda ser usado para estudios paleoclimáticos, así como para elaborar sistemas de alerta temprana frente a eventos extremos en la costa norte peruana.

REFERENCIAS

Garreaud, R. D. (2018). A plausible atmospheric trigger for the 2017 coastal El Niño. *International Journal of Climatology*, 38(January 2017), e1296–e1302. <https://doi.org/10.1002/joc.5426>.

IAEA. (1992). Statistical treatment of data on environmental isotopes in precipitation. *Int Atomic Energy Agency Tech Rep Ser*. Retrieved from <http://scholar.google.com/schola>

r?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Statistical+Treatment+of+Data+on+Environmental+Isotopes+in+Precipitation#0.

Lavado, W., & Espinoza, J. (2014). IMPACTOS DE EL NIÑO Y LA NIÑA EN LAS LLUVIAS DEL PERÚ (1965-2007) Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y Universidad Nacional Agraria La Molina, Instituto Geofísico del Perú y Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 29(2), 171–182. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862014000200003>.

Montes, I., K. Mosquera, M.R. Luna, H. Gilt, D. Gazen, R. Woodman. (2016). Sistema computacional de alto rendimiento para la simulación de fluidos geofísicos HPC-Linux-Clúster, Boletín Técnico “Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño”, Instituto Geofísico del Perú, marzo, 3, 3.

Sulca, J., Takahashi, K., Espinoza, J. C., Vuille, M., & Lavado-Casimiro, W. (2017). Impacts of different ENSO flavors and tropical Pacific convection variability (ITCZ, SPCZ) on austral summer rainfall in South America, with a focus on Peru. *International Journal of Climatology*. <https://doi.org/10.1002/joc.5185>.

Takahashi, K. (2017a). Fenómeno El Niño: “Global” vs “Costero”, Boletín Técnico “Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño”, Instituto Geofísico del Perú, abril, 4, 4.

Takahashi, K. (2017b). Física del Fenómeno El Niño “Costero”, Boletín Técnico “Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño”, Instituto Geofísico del Perú, octubre, 4, 10.

Woodmann, R. y Takahashi K. 2014. ¿Por qué no llueve en la costa del Perú (salvo durante El Niño)? Boletín Técnico “Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño”, Vol. 1, N°6, 4–7.