

AVANCE DE INVESTIGACIÓN

CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN EN LOS ANDES DURANTE EL NIÑO COSTERO DE 2017

Ricardo Zubieta¹, Fernando Prudencio¹ y Juan Sulca¹

RESUMEN

El desarrollo de la vegetación presente en los Andes del Perú está asociado al régimen interanual de las lluvias. Existe una interacción directa entre el clima y la vegetación. No obstante, los estudios de la vegetación de regiones de alta montaña son escasos. El objetivo de esta investigación es caracterizar el desarrollo de la vegetación durante el evento El Niño 2016-2017 usando herramientas de percepción remota. Para ello, se recopilaron datos del sensor MODIS del satélite Terra (producto MOD09A1, resolución espacial y temporal de 500 m y 8 días, respectivamente) durante el período 2002-2020 y se calculó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). Los resultados sugieren que las lluvias severas entre enero y marzo 2017 no condujeron a un incremento sostenido del NDVI en el sector oriental de los Andes, y, por tal, al desarrollo de la vegetación. Esto pudo ser debido a que la mayor parte de la lluvia se perdía por escorrentía durante eventos de lluvia extrema, ya que se considera que una lluvia más uniforme y distribuida durante el periodo de lluvia favorece el desarrollo de la vegetación.

Palabras clave: Lluvia, satélite, vegetación, El Niño, NDVI

AFILIACIÓN:

1. Instituto Geofísico del Perú (IGP), Lima, Perú.

Citar como: Zubieta, R., Prudencio, F., Sulca, J. (2021). Caracterización de la vegetación en los Andes durante El Niño costero del 2017. *Boletín científico El Niño, Instituto Geofísico del Perú*, Vol. 8 n.º 05, págs. 12-19.

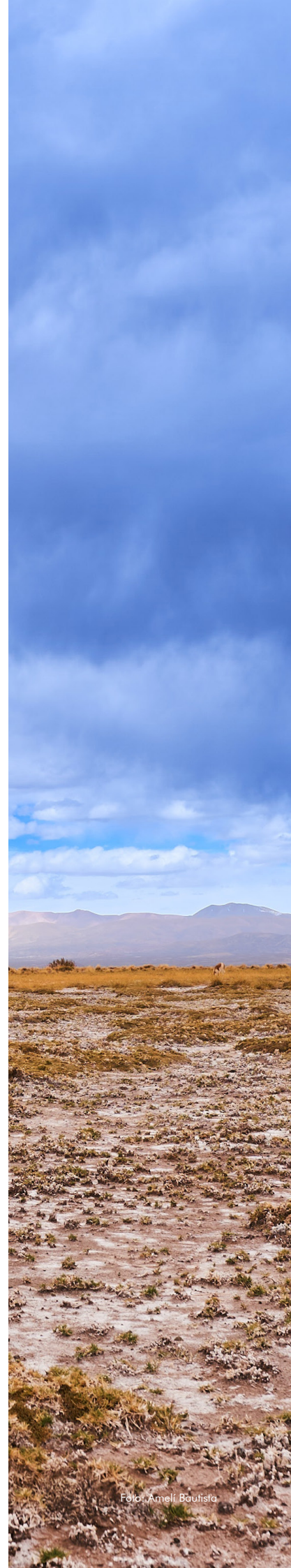
INTRODUCCIÓN

La variabilidad de las lluvias sobre los Andes peruanos depende parcialmente de los eventos de El Niño-Oscilación del Sur (Lavado y Espinoza, 2014). Los eventos El Niño identificados en el Pacífico oriental, generalmente, producen lluvias intensas en altitudes bajas de la vertiente del Pacífico (Lavado y Espinoza, 2014). Asimismo, se asociaría a menos lluvias y temperaturas más altas de lo normal en regiones encima de los 2000 m s. n. m. (Garreaud, 2009).

Adicionalmente, está documentado que el incremento de la temperatura superficial del mar en el Atlántico tropical y las condiciones en el Pacífico central, asociadas a los eventos El Niño, podrían generar condiciones atmosféricas anormales que pueden favorecer la ocurrencia de sequías extremas en los Andes centrales (Sulca et al., 2021). En general, estas condiciones secas apuntan a la disminución de los recursos hídricos en escalas local y regional, lo que conlleva a un menor desarrollo y degradación de la vegetación (Fernández et al., 2011).

La región andina experimentó, entre enero y marzo de 2017, una serie de eventos de lluvias extremas e inundaciones con cientos de víctimas humanas y miles de millones de dólares en pérdidas económicas (Son et al., 2017). Estas precipitaciones anómalas se caracterizaron por el calentamiento muy superficial (entre 20 y 40 m de profundidad) del mar en la costa norte del Perú, en comparación a otros eventos, y un rol limitado de ondas Kelvin ecuatoriales (ENFEN, 2017), lo que sugiere la interacción de varios factores ambientales y, aparentemente, con similitudes al evento ocurrido en el año 1925 (Takahashi y Martinez, 2017).

La variabilidad interanual de las lluvias está fuertemente asociada a la actividad vegetativa en algunas regiones de los Andes del Perú (Vega, 2019). Esto es debido a que la superficie terrestre (suelo y vegetación) depende directamente de las interacciones climáticas (p. ej., lluvia, evapotranspiración) (Suescún et al., 2017). No obstante, los estudios de la vegetación de regiones de alta montaña son escasos. En consecuencia, para gestionar los recursos forestales ante impactos climáticos, la vegetación debe ser monitoreada. La vegetación puede caracterizarse por su capacidad fotosintética (Asner et al., 2004). Para ello, un índice ampliamente utilizado, como indicador del verdor de la vegetación y su desarrollo, es el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, siglas en inglés) (Rouse et al., 1974). Ante el incremento de lluvias en la región andina durante el fenómeno El Niño costero 2017, existe incertidumbre acerca de su impacto en el desarrollo de la vegetación. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es caracterizar la vegetación mediante el NDVI en el periodo 2016-2017.



DESARROLLO

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde a la región andina del Perú, entre 1500 y 4000 m s. n. m. (Fig. 1). La cobertura vegetal predominante son los pastizales (desde 2500 a más de 4800 m s. n. m.), los cuales se utilizan comúnmente para el pastoreo (Oliveras et al., 2014). La precipitación promedio anual es menor a 1000 mm y presenta valores máximos entre enero y marzo, y sus mínimos entre junio y julio (Zubieta et al., 2019).

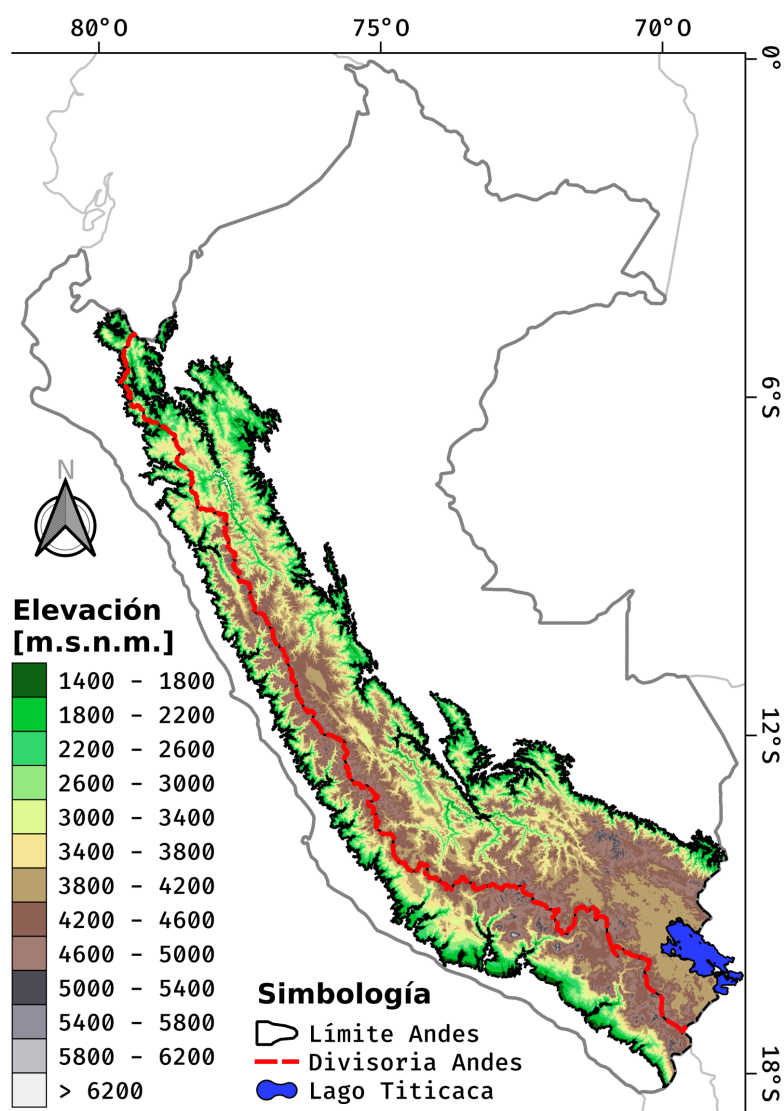


Figura 1. Mapa de ubicación de Andes peruanos, la zona de estudio propuesta se encuentra entre 1500 y 4000 m s. n. m. La línea roja indica el límite entre la vertiente del Pacífico y el Atlántico.

ÁREA DE ESTUDIO

Para evaluar las condiciones biofísicas de la vegetación, se recopilaron datos grillados del producto MOD09A1 (colección-006) del sensor MODIS-Terra para el período 2002-2020. Este producto es un compuesto de 8 días, a 500 m de resolución espacial, y contempla valores de reflectividad absoluta de superficie (Bandas 1-7). Para minimizar el ruido espectral en los datos MODIS, el cual es causado por la concentración de gases aerosoles y vapor de agua, los datos fueron sometidos previamente a un proceso de corrección atmosférica (Vermote et al., 2015).

MÉTODO

Las bandas 1 y 2 del producto MOD09A1 corresponden a las longitudes de onda del rojo (RED, 620-670 nm) e infrarrojo cercano (NIR, 841-876 nm), respectivamente. Estas bandas fueron usadas para calcular el NDVI (Rouse et al., 1974). El resultado de la estimación del NDVI (Ecuación 1) oscila entre -1 y 1 . Asimismo, estos datos fueron espacialmente filtrados a partir de la banda de calidad (StateQA) a fin de evitar que se vean sesgados por valores inferiores a 0.2 (sombras, nubes o cuerpos de agua).

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED}) \quad (1)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Regiones andinas orientales y occidentales por encima de 1400 m s. n. m. fueron analizadas por separado (Figs. 2 y 3, respectivamente). Por razones de comparación, la estimación de NDVI se realizó para la condición promedio 2002-2020 (Fig. 2a) y lo acontecido en el evento El Niño costero (Fig. 2b).

Durante un año promedio, a altitudes entre 1400 y 2000 m s. n. m. en la región oriental, se manifiesta el mayor desarrollo de la vegetación en bosques de montaña expresado en niveles altos de NDVI (~ 0.6 - 0.9). Asimismo, se observa una débil estacionalidad de estos valores (Fig. 2a). En contraste, entre 2000 y ~ 4000 m s. n. m. se observa un cambio más diferenciado de valores NDVI entre los periodos enero-junio (0.5 - 0.8) y julio-noviembre (0.2 - 0.5). Esto es consistente con la marcada diferenciación entre el periodo de lluvias y estiaje en los Andes peruanos (Espinoza et al., 2009), que impacta en el desarrollo de vegetación altoandina.

No obstante, para el periodo 2016-2017, el desarrollo de la vegetación no habría sido caracterizado por incrementos en niveles del NDVI a pesar de las lluvias intensas que ocasionaron inundaciones durante El Niño 2017 (Fig. 2b). Esto puede ser debido a la irregularidad de la lluvia (i. e., grandes cantidades de lluvia que precipitan en pocos días y se pierden por escorrentía (Zubieta et al., 2019). En efecto, la lluvia provista en láminas de riego más uniforme y distribuida sobre los pastizales mejora la absorción de nutrientes y así un mayor desarrollo foliar y radicular, traduciéndose en mayor crecimiento (Guevara et al., 2017; López y Once, 2018). Estos resultados evidencian que la irregularidad o la alta concentración de lluvia en pocos días durante El Niño costero de 2017 no favoreció a un mayor desarrollo de la vegetación.

Por otro lado, la vegetación altoandina por encima de 4000 m s. n. m. tiene un régimen estacional similar al de las precipitaciones. Por ejemplo, los niveles más bajos del índice NDVI coincide con el inicio de la temporada de lluvias (septiembre-noviembre) ($\sim 0.1-0.3$) y aumentan de enero a abril ($\sim 0.3-0.5$). Por lo contrario, entre 2000 y 3500 m s. n. m., el NDVI para 2016 se redujo drásticamente de ~ 0.7 a ~ 0.4 durante el inicio de la temporada de lluvias (Fig. 2b).

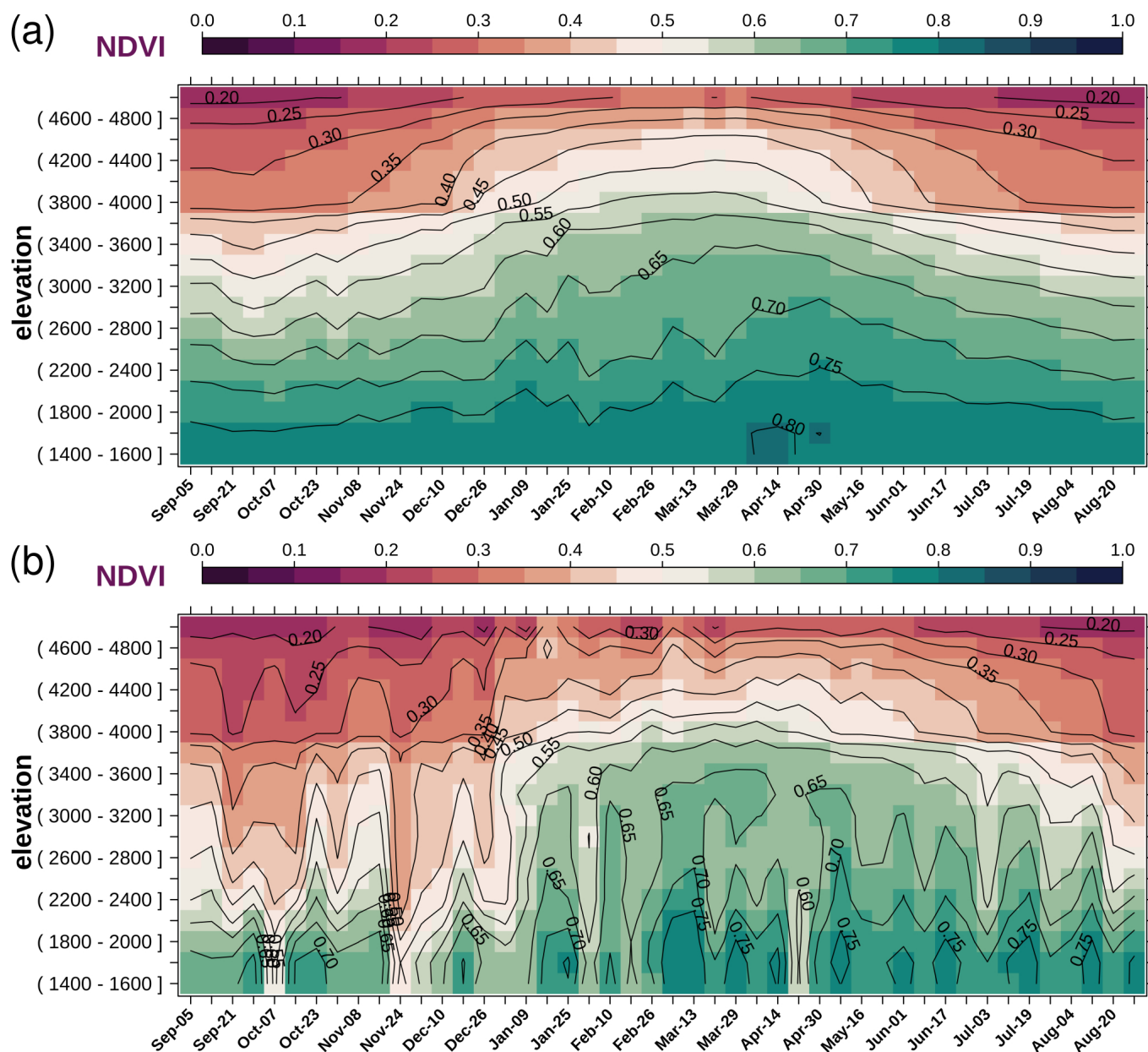


Figura 2. a) Variación promedio anual (2002-2020) de NDVI por intervalos de elevación. b) Variación promedio anual de NDVI para el periodo 2016-2017 para los Andes orientales.

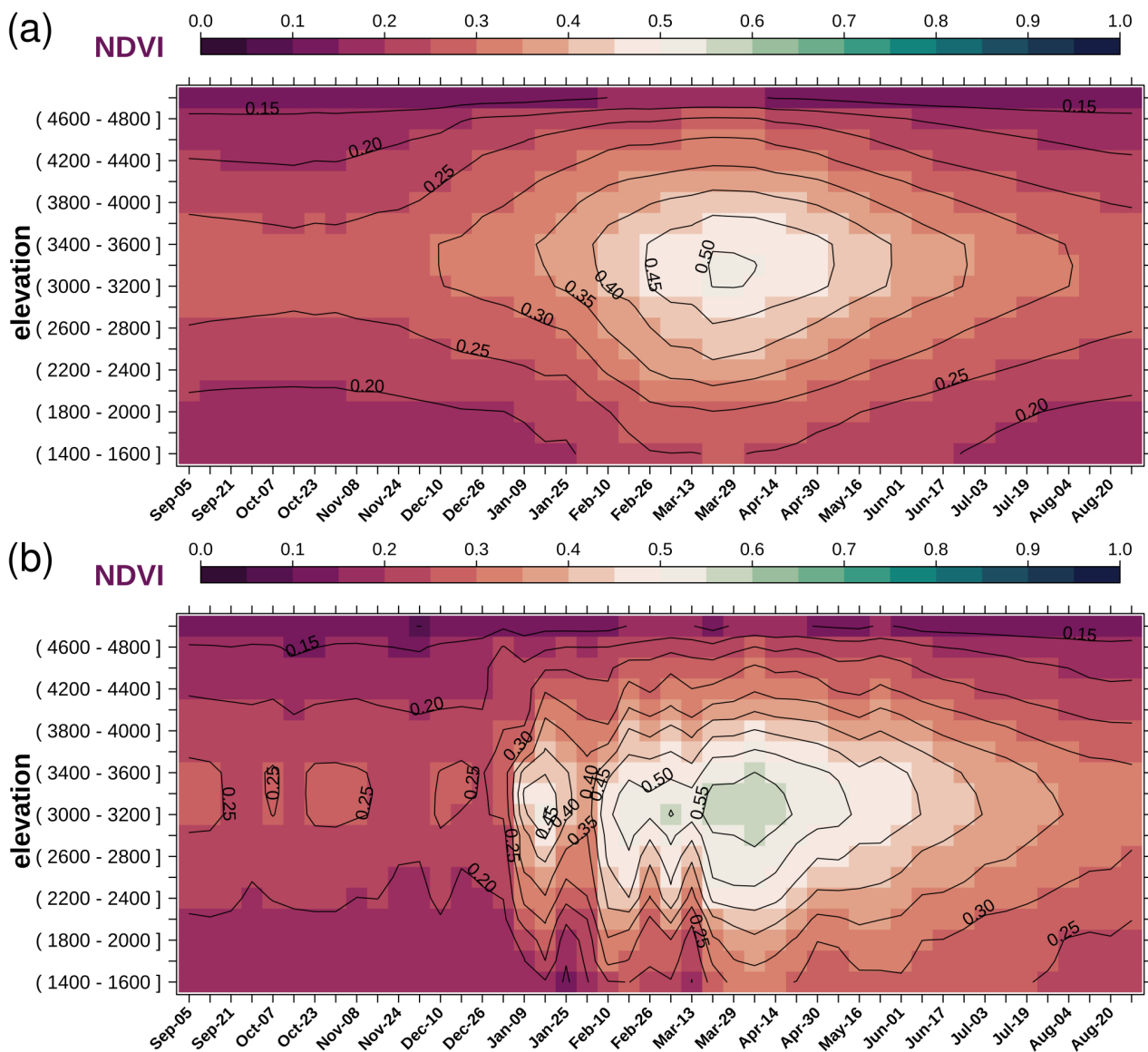


Figura 3. a) Variación promedio anual (2002-2020) de NDVI por intervalos de elevación. b) Variación promedio anual de NDVI para el periodo 2016-2017 para los Andes occidentales.

Finalmente, el NDVI en la región occidental, aquella que drena al océano Pacífico, presenta similitud entre las condiciones promedio 2000-2020 y las condiciones presentadas durante El Niño costero de 2017 (Figs. 3a, b). No obstante, entre enero y abril de 2017 se habría presentado un ligero aumento de niveles NDVI (0.4 a 0.5) alrededor de 3000 m s. n. m. Estos resultados nos sugieren un ligero impacto positivo de El Niño costero de 2017 en el desarrollo de la vegetación.

CONCLUSIONES PRELIMINARES

Se analizaron las condiciones físicas de la vegetación a partir del índice NDVI y datos del sensor MODIS-TERRA, para los Andes peruanos.

Las lluvias severas durante el evento El Niño costero de 2017 no condujeron a un incremento estacional en el índice de vegetación en el sector oriental de los Andes, y, por tal, al desarrollo de la vegetación. Esto puede ser debido a que la mayor parte del recurso se pierde por escorrentía, ya que se considera que la lluvia más uniforme y distribuida en el tiempo favorece la mejora de la absorción de nutrientes y el incremento del desarrollo de la vegetación (Guevara 2017; Lopez y Once; 2018).

REFERENCIAS

Asner, G.P., Nepstad, D., Cardinot, G., Ray, D. (2004). Drought stress and carbon uptake in an Amazon forest measured with spaceborne imaging spectroscopy, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(16), 6039–6044, doi:10.1073/pnas.0400168101.

ENFEN (2017). Informe Técnico Extraordinario N°001-2017/ENFEN EL NIÑO COSTERO 2017. Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño”.

Espinoza, J. C., Ronchail, J., Guyot, J. L., Cochonneau, G., Naziano, F., Lavado, W., ... Vauchel, P. (2009). Spatio-temporal rainfall variability in the Amazon Basin Countries (Brazil, Peru, Bolivia, Colombia and Ecuador). *International Journal Climatology*, 29:1574–1594. doi:10.1002/joc.1791

Garreaud, R. D. (2009). The Andes climate and weather, *Advances in Geosciences*, 22(22), 3-1

Guevara, R., Lopez, D., Once, M., Torres, M., Guevara, G., Nieto, P., Ayala, L. (2017). Comportamiento del pastizal como respuesta a la fertilización y el riego en ganaderías de la sierra ecuatoriana. *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*, [S.l.], v. 1, n. 2, mayo 2018. ISSN 2602-8220.

Lavado W, Espinoza J. C. (2014) Impact of El Niño and La Niña events on Rainfall in Peru. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.29, 171-182.

López D.A., Once M.A. (2018). Factores de agrotécnia y manejo del pastizal en la zona oriental del Azuay. *Trabajo para a la obtención del título de Médico Veterinario Zootecnista Universidad de Cuenca -Ecuador*.

Fernandes, K., Baethgen, W., Bernardes, S., Defries, R., Dewitt, D.G., Goddard, L.,... Uriarte, M. et al (2011). North tropical Atlantic influence on western Amazon fire season variability. *Geophysical Research Letters*, 38, L12701.

Oliveras, i., Girardin, C., Doughty, C.E., Cahuana, N. (2014). Andean grasslands are as productive as tropical cloud forests. *Environmental Research Letters*, 9 11501.

Rouse, J.W., R.H. Haas, J.A. Schell, and D.W. Deering. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. Volume I: Washington, D.C.*, pp. 309-317.

Son, R., Wang, SY.S., Tseng, W.L., Barreto, C., Becker, E., Yoon, J. (2020). Climate diagnostics of the extreme floods in Peru during early 2017. *Climate Dynamics*, 54, 935–945

Suescún, D., Villegas, J.C., León, J.D., León, J.D., Florez, C.P, Garcia, V., Correa-Londoño, G. (2017). Vegetation cover and rainfall seasonality impact nutrient loss via runoff and erosion in the Colombian Andes. *Regional Environmental Change*, 17, 827–839.

Sulca, J., Vuille, M., Timm, O.E., Dong, B., & Zubieta, R. (2021). Empirical-statistical downscaling of austral summer precipitation over South America during extreme El Niño episodes, with a focus on the central Andes of Peru and the equatorial Amazon basin. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 60, 65–85.

Takahashi, K., Martínez, A G. (2017) The very strong coastal El Niño in 1925 in the far-eastern Pacific. *Climate Dynamics*, 52, 7389–7415.

Vega, F. (2019). *Respuesta de la vegetación a diferentes escalas temporales de sequía en los Andes Peruanos*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú –SENAMHI. Dirección de Hidrología –DHI.

Vermote, E.F, Roger, J.C., Ray, J.P. (2015). *MODIS Surface Reflectance User's Guide Collection 6*. MODIS Land Surface Reflectance Science Computing Facility, 1.4, 16-20.

Zubieta, R., Saavedra, M., Espinoza, J. C., Ronchail, J., Sulca, J., Drapeau, G., et al. (2019). Assessing precipitation concentration in the Amazon Basin from different satellite-based data sets. *International Journal of Climatology*. 39(7), 3171–3187.