**Respuesta temporal de la vegetación a factores climáticos ligados a la temperatura superficial del mar**

Jheimy Pacheco1, Abel Solera2, Alex Avilés3

1Grupo Territorio y Geomática, Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador (IERSE), Universidad del Azuay, Av. 24 de mayo 7-77 y Hernán Malo, Cuenca 010204, Ecuador

2 Research Institute of Water and Environmental Engineering (IIAMA), Universitat Politècnica de València, 46022 Valencia, Spain

3Grupo de Evaluación de Riesgos Ambientales en Sistemas de Producción y Servicios (RISKEN), Departamento de Química Aplicada y Sistemas de Producción, Eco Campus Balzay, Universidad de Cuenca, Cuenca 010207, Ecuador. Carrera de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ciencias Químicas, Eco Campus Balzay, Universidad de Cuenca, Cuenca 010207, Ecuador

**Línea 6: Geomática y Tecnologías de la información geográfica como herramientas de representación, análisis y modelación del territorio.**

**RESUMEN**

La vegetación constituye un componente de gran valor ecológico en nuestro planeta, procesos como la regulación de la humedad y temperatura, el ciclo del agua y otros procesos biogeoquímicos dan cuenta de la importancia de las relaciones que mantiene la vegetación con el ambiente que le rodea [(Piao et al., 2020)](https://www.zotero.org/google-docs/?gweX0L). Varios estudios indican que el 20% de la superficie del planeta corresponde a vegetación y ésta a través de procesos como la fotosíntesis y transpiración puede modificar el sistema atmosférico de nuestro planeta y a su vez también verse afectada por cambios en el clima [(Peng, Shu Shi et al., 2014)](https://www.zotero.org/google-docs/?GbZMEZ). Por lo que conocer la respuesta de la vegetación ante factores climáticos constituye un insumo importante para estudiar el cambio global.

El sexto reporte del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) indica que los cambios en el clima aumentarán en todas las regiones del mundo durante las próximas décadas, con 1.5°C de calentamiento global los períodos cálidos serán más intensos y habrá mayores olas de calor. Estos cambios podrían alterar los patrones de precipitación y temperatura y como consecuencia, producir eventos climáticos extremos. Alrededor del mundo se han realizado investigaciones que dan cuenta de la estrecha relación que existe entre la dinámica de la vegetación y factores climáticos. Por ejemplo, se sabe que el crecimiento de la vegetación responde al clima cuando las variaciones que presenta el clima son mayores a la tolerancia de la vegetación. Existe por tanto, un tiempo en el que ocurre el evento climático y un tiempo de respuesta de la vegetación [(Hao et al., 2020)](https://www.zotero.org/google-docs/?6dL7YU), estos tiempos pueden diferir dependiendo del tipo de vegetación y de la zona de estudio, tal como se evidencia en investigaciones acerca del impacto de factores ligados a la temperatura superficial del mar (SST por sus siglas en inglés) sobre la vegetación [(Nieves et al., 2022; Zhao et al., 2020)](https://www.zotero.org/google-docs/?moX7Va).

El presente estudio, muestra los tiempos de respuesta de la vegetación de dos subcuencas andinas, Tomebamba y Machángara, frente a factores climáticos ligados al Océano Pacífico y Océano Atlántico.

Para evaluar los tiempos de respuesta de la vegetación se determinó el Índice de Condición de la Vegetación (VCI) [(Kogan, 1995)](https://www.zotero.org/google-docs/?hnatuy) a partir de imágenes satelitales MODIS. Un VCI bueno varía entre 40 y 100%, los valores bajos indican estrés. Los índices climáticos, se agruparon en SST Pacífico y SST Atlántico y se obtuvieron de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA). El tiempo de análisis correspondió al período comprendido entre 2001 y 2019.

El VCI se obtuvo, para la parte alta de las dos subcuencas (sobre los 3.000 m.s.n.m), de forma mensual para el período de tiempo indicado.

La SST del Pacífico consideró variables como las 4 regiones de El Niño, además de los índices del Niño Oceánico (ONI), Índice Trans Niño (TNI). Para la SST del Atlántico se incluyó el Índice del Atlántico Norte Tropical (TNA), Índice del Atlántico Sur Tropical (TSA), Oscilación multidecadal del Atlántico (AMO), Modo Meridional Atlántico (AMM), e Índice del Caribe (CAR).

Los índices VCI y clima se correlacionaron mediante correlación cruzada con retraso a fin de medir el grado de asociación entre dos datos de series temporales. En la correlación cruzada con retraso, una serie temporal se desplaza (retrasa o adelanta) en el tiempo en relación con la otra, y el coeficiente de correlación entre las dos se calcula en cada desplazamiento temporal. Cuando las dos series de tiempo están alineadas, el coeficiente de correlación es más alto y, a medida que aumenta el cambio de tiempo, la correlación disminuye (Shumway & Stoffer, 2017).

El VCI presentó en promedio un mejor valor para la subcuenca del Tomebamba. En esta subcuenca se presentaron eventos con un VCI por debajo del 40% en los años 2001, 2002, 2003, 2007, 2008, 2012 y 2014. Los resultados más significativos se presentaron en la subcuenca del Tomebamba entre el VCI y ONI, así como con los Niños 1+2, Niño 3, Niño 3.4. Aunque para la subcuenca del Machángara también se presentaron correlaciones con estos índices, los valores fueron superiores en la subcuenca del Tomebamba. Las correlaciones encontradas presentan un retraso temporal que varía entre 10 y 20 meses.

El VCI presenta retrasos respecto del índice climático con el que se correlaciona, tal como se indican en otros estudios realizados en la zona [(Ávila & Ballari, 2019; Nieves et al., 2022; Pacheco et al., 2022)](https://www.zotero.org/google-docs/?onV4Zc). Aunque las correlaciones reportadas son significativas no corresponden a valores altos, para mejorar el análisis podría incluirse otro método de correlación o ampliar la serie de tiempo, ya que al tratarse de variables climáticas las escalas temporales consideradas adecuadas son aquellas que se acercan a los 30 años de datos.

**Palabras clave:** VCI, vegetación, índices climáticos, correlación con retardo.

**Bibliografía**

[Ávila, R., & Ballari, D. (2019). A Bayesian Network Approach to Identity Climate Teleconnections within Homogeneous Precipitation Regions in Ecuador. *Conference on Information Technologies and Communication of Ecuador*, 21-35.](https://www.zotero.org/google-docs/?q6ThA5)

[Hao, Y., Hao, Z., Feng, S., Zhang, X., & Hao, F. (2020). Response of vegetation to El Niño-Southern Oscillation (ENSO) via compound dry and hot events in southern Africa. *Global and Planetary Change*, *195*(19), 103358. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2020.103358](https://www.zotero.org/google-docs/?q6ThA5)

[Kogan, F. N. (1995). Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. *Advances in Space Research*, *15*(11), 91-100. https://doi.org/10.1016/0273-1177(95)00079-T](https://www.zotero.org/google-docs/?q6ThA5)

[Nieves, A., Contreras, J., Pacheco, J., Urgilés, J., García, F., & Avilés, A. (2022). Assessment of drought time-frequency relationships with local atmospheric-land conditions and large-scale climatic factors in a tropical Andean basin. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, *26*(April). https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100760](https://www.zotero.org/google-docs/?q6ThA5)

[Pacheco, J., Solera, A., Avilés, A., & Tonón, M. D. (2022). Influence of ENSO on Droughts and Vegetation in a High Mountain Equatorial Climate Basin. *Atmosphere*, *13*(12). https://doi.org/10.3390/atmos13122123](https://www.zotero.org/google-docs/?q6ThA5)

[Peng, Shu Shi, Piao, Shilong, Zeng, Zhenzhong, Ciais, Philippe, Zhou, Liming, Li, Laurent Z.X., Myneni, Ranga B., Yin, Yi, & Zeng, Hui. (2014). Afforestation in China cools local land surface temperature. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *111*(8), 2915-2919. https://doi.org/10.1073/pnas.1315126111](https://www.zotero.org/google-docs/?q6ThA5)

[Piao, S., Wang, X., Park, T., Chen, C., Lian, X., He, Y., Bjerke, J. W., Chen, A., Ciais, P., Nemani, R. R., Myneni, R. B., Tømmervik, H., Nemani, R. R., & Myneni, R. B. (2020). Characteristics, drivers and feedbacks of global greening. *Nature Reviews Earth and Environment*, *1*(1), 14-27.](https://www.zotero.org/google-docs/?q6ThA5)

Shumway, R. H., & Stoffer, D. S. (2017). Time series analysis and its applications: With R examples. Springer.

[Zhao, J., Huang, S., Huang, Q., Wang, H., Leng, G., & Fang, W. (2020). Time-lagged response of vegetation dynamics to climatic and teleconnection factors. *Catena*, *189*(January), 104474. https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104474](https://www.zotero.org/google-docs/?q6ThA5)