

El Niño registrado en especies arbóreas del bosque seco de la costa norte del Perú



Dr. Rodolfo Rodríguez
PROFESOR E INVESTIGADOR DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE PIURA (UDEP)

Doctor en Ingeniería con mención en Automatización, Control y Optimización de Procesos de la UDEP. Master en Ciencias con mención en ingeniería eléctrica por la Universidad de Colorado, Boulder, EE.UU. Catedrático en pre y posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UDEP. Investigador en ciencias del medio ambiente, meteorología, climatología y El Niño.



Dr. Antonio Mabres
PROFESOR PRINCIPAL
E INVESTIGADOR
DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE
PIURA (UDEP)



Blga. Elva Palacios
CANDIDATA A
POSGRADO EN EL
LABORATORIO DE
DENDROCRONOLOGÍA
DE LA UNIVERSIDAD
DE PIURA (UDEP)



Dr. Pablo Salazar
INVESTIGADOR EN
EL LABORATORIO DE
DENDROCRONOLOGÍA
DE LA UNIVERSIDAD
DE PIURA (UDEP)

INTRODUCCIÓN

Debido a la inercia térmica del océano Pacífico, la Temperatura Superficial del Mar (TSM) está muy relacionada con la temperatura del aire y con la precipitación (Bates et al., 2008). La corriente de Humboldt juega un papel importante al reducir la temperatura del mar y generar las condiciones secas que caracterizan las zonas áridas de la costa norte de Perú. La variabilidad climática estacional es tan estable, que es posible modelar la temperatura usando una ecuación sigmoidea y determinar los máximos y mínimos anuales (Rollenbeck et al., 2015). La estabilidad es un factor clave para la adaptación de las especies, y ha permitido el asentamiento de

especies arbóreas en la costa a lo largo de un gradiente climático que va desde la costa hasta las laderas de la sierra de Piura (Erdmann et al., 2008).

Las características climáticas de la costa peruana se ven alteradas durante la ocurrencia de un fenómeno El Niño (FEN). Este se caracteriza por variaciones interanuales de la TSM en el Pacífico Ecuatorial (este y centro), lo cual desencadena fuertes precipitaciones durante los meses de diciembre a marzo en la costa central y norte de Perú. Esta alteración del clima que experimenta la costa norte del Perú cuando ocurre el FEN tiene efectos importantes en los ecosistemas terrestres y marinos de esta región (Holmgren & Scheffer, 2001). El incremento de las precipitaciones en el desierto, semidesierto y el bosque seco de

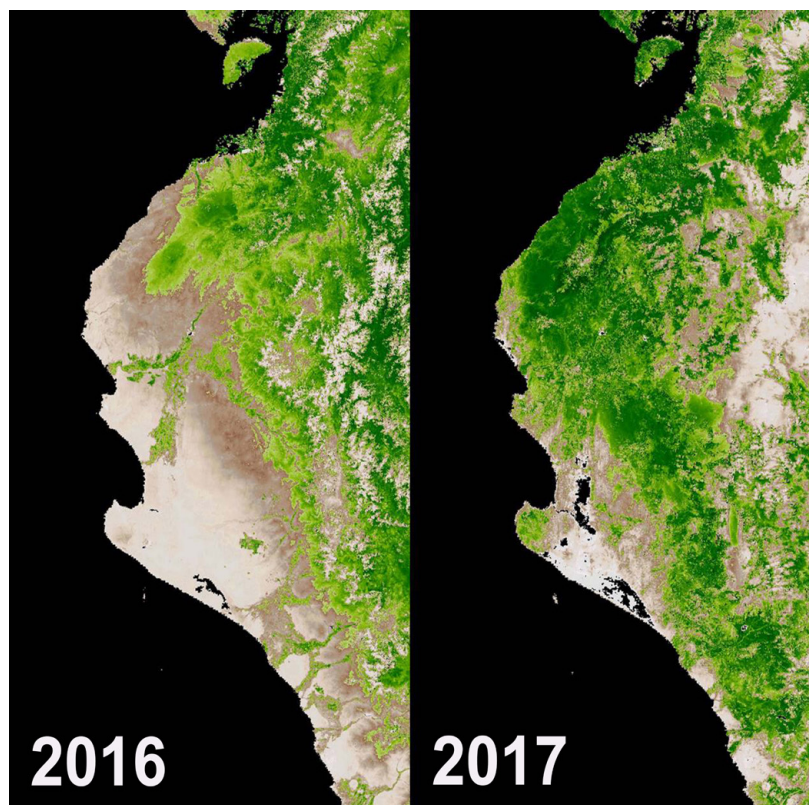


Figura 1. Imágenes satelitales de la cobertura vegetal de la costa norte del Perú, bajo condiciones normales (diciembre 2016) y bajo condiciones de El Niño costero (marzo 2017).

esta zona aumenta la cobertura vegetal, cambiando la estructura y dinámica del ecosistema (Figuras 1 y 2) (Squeo et al., 2007). Los árboles del bosque seco reverdecen e incrementan su tasa de crecimiento anual, sirviendo como fuentes de registro natural de la ocurrencia de tal fenómeno (Rodríguez et al., 2005).

PRIMERAS SERIES DENDROCRONOLÓGICAS OBTENIDAS CON ESPECIES DEL BOSQUE SECO

La dendrocronología es la ciencia que estudia las variaciones de las condiciones ambientales registradas en los anillos de crecimiento anual de los árboles (Mendivelso et al., 2016). Durante mucho tiempo se pensó que las especies tropicales no eran capaces de formar anillos debido a la ausencia de una estacionalidad marcada que forzase el cese del crecimiento (y la formación de parénquima terminal). Sin embargo, numerosos estudios de especies tropicales han demostrado la presencia de anillos en Sudamérica, África y Australia (López et al., 2013; Mbow et al., 2013). En el bosque seco de la costa norte del Perú existen varias especies arbóreas con potencial para estudios dendroclimáticos, entre ellas están Hualtaco (*Loxopterigium Huasango*), Palo Santo (*Bursera Graveolens*), Pasayo (*Eryoteca ruizii*) y

Algarrobo (*Prosopis* sp.). Algunas de estas especies, presentan raíces profundas que absorben el agua de la napa freática. Sin embargo, el crecimiento es marcadamente estacional y corresponde con los periodos húmedos de mayor precipitación (Rodríguez et al., 2005). Ante la ausencia de lluvias estas especies presentan defoliación, pero reverdecen tan pronto como el periodo lluvioso inicia generando un nuevo anillo de crecimiento anual cuyo ancho depende de la cantidad de lluvia. Midiendo el ancho de los anillos, desde la médula hasta la corteza, se genera una serie dendrocronológica que es confrontada con la lluvia total anual de la zona. Diferentes áreas de la ciencia, como la climatología, ecología o agronomía forestal, pueden usar esta información para inferir cambios en el ambiente y en la respuesta de la vegetación a la variación del clima.

Las primeras evidencias del registro del FEN en especies del bosque seco de la costa norte del Perú fueron encontradas en Palo Santo y Algarrobo (López et al., 2005; Rodríguez et al., 2005). Estos estudios fueron realizados en el Laboratorio de Dendrocronología de la Universidad de Piura a comienzos de la década de 2000. En estas series dendrocronológicas se encontró un claro registro de los eventos FEN, especialmente de aquellos de gran magnitud como 1982-83 y 1997-98, años en los cuales el ancho del anillo correspondiente era notablemente mayor. Estas series dendrocronológicas fueron confrontadas con parámetros de FEN, como



Figura 2. Cambio de la cobertura vegetal en el desierto y semidesierto de la región Piura durante el FEN.

lluvias anuales de la zona y el Índice de Oscilación del Sur, encontrándose alta correlación; además se confrontaron con otras series climáticas relacionadas al FEN (Takahashi & Martínez, 2017).

RECIENTES EVENTOS DE EL NIÑO REGISTRADO EN EL ANILLADO DE ALGARROBO

La variedad de los FEN sugiere una clasificación basada en la localización del valor máximo de la anomalía de TSM que se desarrolla a lo largo del Pacífico tropical. A partir de lo anterior, dos tipos de FEN se han determinado: El Niño del Pacífico Oriental (FEN Oriental) que tiene su máxima anomalía de la TSM en el Pacífico oriental y El Niño del Pacífico Central (FEN Central) que muestra su pico alrededor de la línea internacional de cambio fecha (180°) localizada en el Pacífico Central (Wang et al., 2017). Basado en esto se consideran FEN Orientales a los años 1982-83 y 1997-98 y FEN Centrales a los años 1968-69, 1977-78, 1986-87, 1991-92, 1994-95, 2002-3, 2004-5 y 2009-10 (Figura 3) (Tedeschi, 2017; Wang et al., 2017). El Niño 2015-2016 no se incluye dentro de esta clasificación ya que el incremento en la TSM estuvo repartido a lo largo de todo el Pacífico Ecuatorial (Tedeschi, 2017); y El Niño 2017 tampoco, ya que el aumento en la TSM se dio frente a la costa de Sudamérica y no en el resto del Pacífico Ecuatorial oriental o central (Takahashi, 2017).

La variabilidad de las anomalías en la TSM del océano Pacífico incide en la magnitud de las precipitaciones en la costa peruana, y es comúnmente usada para determinar la aparición e intensidad del FEN. Las poblaciones forestales de la costa norte presentan diferencias morfológicas, funcionales y estructurales (Palacios et al., 2011), asociadas a las condiciones geográficas, topográficas y climáticas de la región. Por lo tanto, tales anomalías en la TSM deberían reflejarse en las series dendrocronológicas de las poblaciones forestales de la costa. Un reciente estudio realizado en tres poblaciones de Algarrobo a lo largo del gradiente climático muestra el efecto del FEN y la variabilidad del impacto en la región. La población costera de La Rinconada (ubicada en la provincia de Paita) presenta una mayor variabilidad en el crecimiento radial, mientras que la población continental de Ignacio Távara (ubicada en la provincia de Morropón) solo presenta anillos de crecimiento intensos en años de precipitación extrema como el FEN de 1983 o 1998 (Salazar et al., 2018). Las tres poblaciones (Rinconada, Piura e Ignacio Távara) responden a las precipitaciones causadas por el FEN Oriental que también se ven registradas en las anomalías positivas en la TSM de las regiones Niño 1+2 y Paita (Figura 3). Los FEN Centrales se registran con mayor intensidad en la zona occidental y central del océano Pacífico, registrándose así más FEN Centrales en la región Niño 4 y menos en la región Niño 3. Estos eventos se ven ligeramente registrados en el índice de crecimiento de anillos, sobre todo en la población costera de Rinconada. Sin embargo, podemos afirmar

que no existe todavía un indicador único que relacione la temperatura del mar y el crecimiento del bosque, así como no existe un indicador único que defina la intensidad y frecuencia del FEN.

PERSPECTIVAS FUTURAS DE EL NIÑO SOBRE EL CRECIMIENTO DEL BOSQUE

Las condiciones climáticas a lo largo de la costa peruana se han vuelto cada vez más limitantes para la vegetación en la última década, periodo caracterizado por sequías, aumentos en temperatura y lluvias escasas (C. Wang et al., 2017). Se espera que el incremento gradual de la temperatura del mar provocado por el Cambio Climático genere un aumento en la frecuencia

e intensidad del FEN (Bates et al., 2008; G. Wang et al., 2017). Aunque el aumento de la disponibilidad de agua traerá consigo periodos de mayor crecimiento, la inestabilidad climática puede reducir la ventaja adaptativa de las principales especies forestales y cambiar la dinámica ecológica de las especies que lo componen. Es por esto que el calentamiento del océano a futuro es una amenaza para el crecimiento de los bosques de *P. pallida* (Salazar et al., 2018).

Es necesario aumentar nuestro conocimiento en el estudio del bosque seco y el efecto del clima sobre los procesos de germinación, regeneración y crecimiento del bosque. Afortunadamente, la historia del algarrobo en Perú se remonta a la época pre-incaica, y la obtención de datos dendrocronológicos a partir de muestras arqueológicas podría ampliar y esclarecer el presente y futuro climático de la costa peruana (Ghezzi et al., 2002).

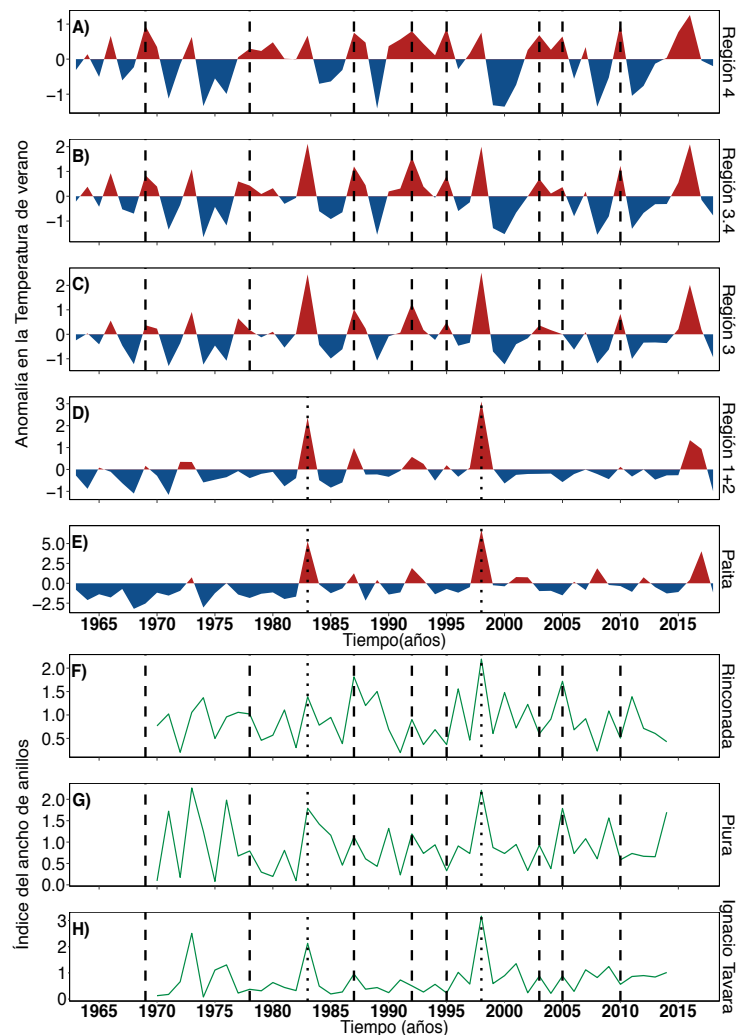


Figura 3. Las gráficas A), B), C), D) y E) presentan las anomalías en la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en los meses de verano (enero, febrero y marzo) para las regiones Niño 4, Niño 3.4, Niño 3 y Niño 1+2 del Pacífico Ecuatorial y la estación climática de Paita. En color rojo se aprecian las anomalías positivas y en azul las negativas en referencia a la temperatura media entre los años 1981-2010. Las líneas punteadas representan los FEN Orientales (1982-83 y 1997-98) y las interlineadas a los FEN Centrales (1968-69, 1977-78, 1986-87, 1991-92, 1994-95, 2002-3, 2004-5 y 2009-10). Las gráficas F), G) y H) muestran el índice del ancho de anillos para cada población evaluada. Siendo Rinconada la más cercana a la costa e Ignacio Távara la más continental.

REFERENCIAS

- Bates, B. C., Kundzewicz, Z. W., Wu, S., & Palutikof, J. P. (2008). *Climate change and Water*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change Secretariat.
- Erdmann, W., Schulz, N., Richter, M., & Rodríguez, E. F. (2008). Efectos del fenómeno del Niño 1997-1998 en la vegetación del desierto de Sechura, Región Paita hasta el año 2008. *Arnaldoa*, 15(1), 63–86. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ghezzi, I., Towner, R. H., Winters, R., & Rodríguez, R. (2002). Dendroarchaeology at Chankillo. *Society for American Archaeology 67th. Annual Meeting*. Denver, Colorado.
- Holmgren, M., & Scheffer, M. (2001). El Niño as a window of opportunity for the restoration of degraded arid ecosystems. *Ecosystems*, 4(2), 151–159. <https://doi.org/10.1007/s100210000065>
- López, L., Villalba, R., & Bravo, F. (2013). Cumulative diameter growth and biological rotation age for seven tree species in the Cerrado biogeographical province of Bolivia. *Forest Ecology and Management*, 292, 49–55. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.12.011>
- López, Sabate, Gracia, & Rodríguez. (2005). Wood anatomy, description of annual rings, and responses to ENSO events of *Prosopis pallida* H. B. K., a widespread woody plant of arid and semi-arid lands of Latin America. *Journal of Arid Environments*, 61, 541–554. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2004.10.008>
- Mbow, C., Chhin, S., Sambou, B., & Skole, D. (2013). Potential of dendrochronology to assess annual rates of biomass productivity in savanna trees of West Africa. *Dendrochronologia*, 31(1), 41–51. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2012.06.001>
- Mendivelso, H. A., Camarero, J. J., & Gutiérrez, E. (2016). Dendrocronología en bosques neotropicales secos: métodos, avances y aplicaciones. *Ecosistemas: Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 25(2), 66–75.
- Palacios, R., Burghardt, A., Frías-Hernández, J., Olalde-Portugal, V., Grados, N., Alban, L., & Martínez-de la Vega, O. (2011). Comparative study (AFLP and morphology) of three species of *Prosopis* of the Section Algarobia: *P. juliflora*, *P. pallida*, and *P. limensis*. Evidence for resolution of the “*P. pallida*–*P. juliflora* complex.” *Plant Systematics and Evolution*, 298(1), 165–171. <https://doi.org/10.1007/s00606-011-0535-y>
- Rodríguez, R., Mabres, A., Luckman, B., Evans, M., Masiokas, M., & Ektvedt, T. M. (2005). “El Niño” events recorded in dry-forest species of the lowlands of northwest Peru. *Dendrochronologia*, 22(3), 181–186. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2005.05.002>
- Rollenbeck, R., Bayer, F., Münchow, J., Richter, M., Rodríguez, R., & Atarama, N. (2015). Climatic cycles and gradients of the El Niño core region in North Peru. *Advances in Meteorology*, 2015, 10. <https://doi.org/10.1155/2015/750181>
- Salazar, P. C., Navarro-Cerrillo, R. M., Ancajima, E., Duque Lazo, J., Rodríguez, R., Ghezzi, I., & Mabres, A. (2018). Effect of climate and ENSO events on *Prosopis pallida* forests along a climatic gradient. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, (April), 165–177. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpy014>
- Squeo, F. A., Holmgren, M., Jimenez, M., Alban, L., Reyes, J., & Gutierrez, J. R. (2007). Tree establishment along an ENSO experimental gradient in the Atacama desert. *Journal of Vegetation Science*, 18(2), 195–202. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2007.tb02530.x>
- Takahashi, K. (2017). Fenómeno El Niño: “Global” vs “Costero.” *Avances En La Ciencia Del El Niño: Colección de Artículos de Divulgación Científica 2017*, 4(4), 4–7.
- Takahashi, K., & Martínez, A. G. (2017). The very strong coastal El Niño in 1925 in the far-eastern Pacific. *Climate Dynamics*, 0(0), 1–27. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3702-1>
- Tedeschi, R. G. (2017). Diferentes tipos de El Niño y su influencia sobre América del Sur. *Boletín Técnico Instituto Geofísico Del Perú*, 4(2), 2–7.
- Wang, C., Deser, C., Yu, J., Dinezio, P., & Clement, A. (2017). El Niño and Southern Oscillation (ENSO): A Review. In P. W. Glynn, D. P. Manzello, & I. C. Enochs (Eds.), *Coral Reefs of the Eastern Tropical Pacific* (Vol. 8, pp. 85–106). Dordrecht: Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-7499-4>
- Wang, G., Cai, W., Gan, B., Wu, L., Santoso, A., Lin, X., ... McPhaden, M. J. (2017). Continued increase of extreme El Niño frequency long after 1.5 °C warming stabilization. *Nature Climate Change*, (July), 1–6. <https://doi.org/10.1038/nclimate3351>