
Rol de la Precipitación en la Cuenca del Río Guararé (Costa Pacífica de Panamá), 1981 – 2020

Abrego-Bonilla, Jessie

University of Arkansas
Fayetteville - Arkansas, Estados Unidos
jabregob@uark.edu

Guccione, Margaret

University of Arkansas
Fayetteville - Arkansas, Estados Unidos
guccione@uark.edu

Abstract

Rivers are ecosystems that host a variety of species and contribute to the growth of the communities that develop along their banks. However, global climate and its variations significantly affect these water ecosystems. In particular, the El Niño/Southern Oscillation (ENSO) phenomenon directly impacts rivers due to changes in the distribution of precipitation caused by variations in the surface temperature of the Pacific Ocean. The Azuero Peninsula, part of the Dry Arc of Panama and located on the Pacific Coast, is known for its climatic variability, particularly susceptible to the effects of the El Niño phenomenon, which causes droughts and floods. Through quantifying climatic effects in the Guararé River basin, significant changes in precipitation patterns can be observed over forty years (1981 – 2020) and their distribution according to the ENSO classifications. To measure the impacts of precipitation on the flow of the Guararé River, the variability in precipitation has been calculated using geostatistical techniques and Geographic Information Systems (GIS) tools. The results show significant variability in precipitation, according to elevation and proximity to the sea, as well as areas most susceptible to drought and others to flooding. This first-of-its-kind analysis paves the way for disaster forecasting in the Guararé River basin, helping communities develop climate change resilience plans.

Keywords: Precipitation, ENSO, Climate Change, Azuero, GIS.

Resumen

Los ríos son ecosistemas que albergan una variedad especies y contribuyen al crecimiento de las comunidades que se desarrollan a lo largo de sus riberas; sin embargo, estos ecosistemas hídricos son afectados por el clima global. En particular, el fenómeno de El Niño/Oscilación del Sur (ENSO) tiene un impacto directo en los ríos, debido a los cambios en la distribución de la precipitación provocados por las variaciones en la temperatura de la superficie del Océano Pacífico. La Península de Azuero es conocida por su variabilidad climática particularmente susceptible a los efectos del fenómeno de El Niño, que provoca sequías e inundaciones. La cuantificación de los efectos climáticos en la cuenca del Río Guararé muestra los cambios significativos en los patrones de precipitación en cuarenta años (1981 – 2020) y su distribución de acuerdo con las clasificaciones del ENSO. Para medir los impactos de la precipitación sobre el caudal del Río Guararé, se calculó la variabilidad en la precipitación utilizando técnicas geoestadísticas y herramientas de Sistemas de Información Geográfica (GIS). Los resultados muestran una variabilidad en la precipitación, de acuerdo con la elevación y la proximidad al mar, así como también las áreas más susceptibles a la sequía y otras a las inundaciones. Este análisis, primero en su tipo, allana el camino para el pronóstico de desastres en la cuenca del Río Guararé, ayudando a las comunidades a desarrollar planes de resiliencia ante el cambio climático.

Palabras claves: Precipitación, ENSO, Cambio Climático, Azuero, GIS.

1. INTRODUCCIÓN

Panamá posee altas tasas de precipitación por estar localizada en la región tropical: 233.8 billones de metros cúbicos por año, el volumen más alto registrado en Centroamérica. Parte de esta precipitación es capturada por 52 cuencas hidrográficas con cerca de 500 ríos primarios y secundarios. Del total de la precipitación, solo el 25.8% está disponible para actividades económicas y tan solo el 0.32% es utilizado para consumo humano [1]. La mayor demanda de este recurso se presenta en la Costa Pacífica, donde la densidad de población es más alta, y las actividades que requieren uso del agua se presentan en mayor número [2]. En las últimas décadas, debido a los eventos climáticos y las actividades antropológicas, el acceso al agua se ha reducido y el manejo de este recurso requiere una evaluación para mejorar su almacenamiento y distribución.

El clima a gran escala influye en la distribución de la precipitación, incluyendo los eventos que se presentan de manera cíclica cada año. El Fenómeno del Niño (ENSO, por sus siglas en inglés) es un evento climático que altera el ciclo hidrológico en las regiones de la Costa Pacífica Tropical del continente americano por las anomalías en la temperatura de la superficie

del mar que interactúan con los vientos alisios y producen cambios significativos en los patrones climáticos que impactan la distribución de la precipitación en las zonas costeras [3][4]. Durante el Fenómeno del Niño en la Costa Pacífica, las temperaturas aumentan, el volumen de precipitación disminuye, por lo cual la descarga de los ríos disminuye. Por otro lado, durante el Fenómeno de La Niña, las temperaturas disminuyen, la precipitación y la descarga de los ríos aumenta [5][6][7].

La Península de Azuero, localizada en la saliente sur de Panamá, forma parte del Arco Seco y se caracteriza por poseer un clima tropical de sabana con un promedio de precipitación anual de 1,054 mm. Las principales actividades económicas de esta zona son la agricultura y ganadería para el consumo nacional y para exportación [8]. Esta península enfrenta las consecuencias del Fenómeno del Niño, con largos periodos de sequía que impactan de manera significativa las cuencas hidrográficas y en estas, el flujo de los ríos, con severas consecuencias para las actividades antropológicas. Particularmente, la Cuenca entre los Ríos La Villa y Tonosí cuyo río principal es el Río Guararé, depende en gran medida del recurso hídrico para sus actividades y que se ven afectadas de acuerdo con el tipo de ENSO que enfrente la península. Los recursos hídricos del Río Guararé son cruciales para el desarrollo de cultivos de maíz, tomate, melón, sandía y cebolla. Un significativo porcentaje de estos cultivos, el 24%, están destinados a la exportación hacia Europa y los Estados Unidos [9]. Esto impulsa conocer los efectos globales del cambio climático sobre la cuenca del Río Guararé en los patrones de precipitación en los últimos cuarenta años.

2. MÉTODO

A. Análisis de los Datos de Precipitación y Descarga del Río Guararé.

La evaluación de precipitación de la Cuenca del Río Guararé se realizó utilizando data colectada en las estaciones meteorológicas administradas por el Instituto de Hidrología y Meteorología de Panamá para cuatro décadas, desde 1981 hasta 2020. La selección de las estaciones meteorológicas se realizó basada en la elevación de cada estación desde el punto más alto hasta el punto más bajo (cerca de la costa), como franjas de terreno para toda la cuenca, siendo escogidas las estaciones 126-010: Valle Rico (173 m.s.n.m.), 126-012: El Cañafístulo (140 m.s.n.m.) y 126-002: Pocrí (70 m.s.n.m.) (Fig. 1).

Los datos de precipitación fueron clasificados por estación y por evento de ENSO. La precipitación mensual fue calculada con la suma de los milímetros diarios de precipitación por mes y por estación. En cuanto a las estaciones, la clasificación se hizo de acuerdo a: estación seca, de Enero a Marzo; y estación lluviosa, de Abril a Diciembre [10][11]. En cuanto a la clasificación por evento de ENSO, se consideró el Índice Oceánico Niño (ONI, por sus siglas en inglés) del Centro de Predicción Climática del Servicio Nacional del Clima

de los Estados Unidos. Esta clasificación utiliza los índices de temperatura de la superficie del océano para definir los eventos como El Niño (identificado con el color naranja), una temporada Neutral (identificado con el color verde) y La Niña (identificado con el color azul).

Guarare River Watershed, Azuero, Panama.

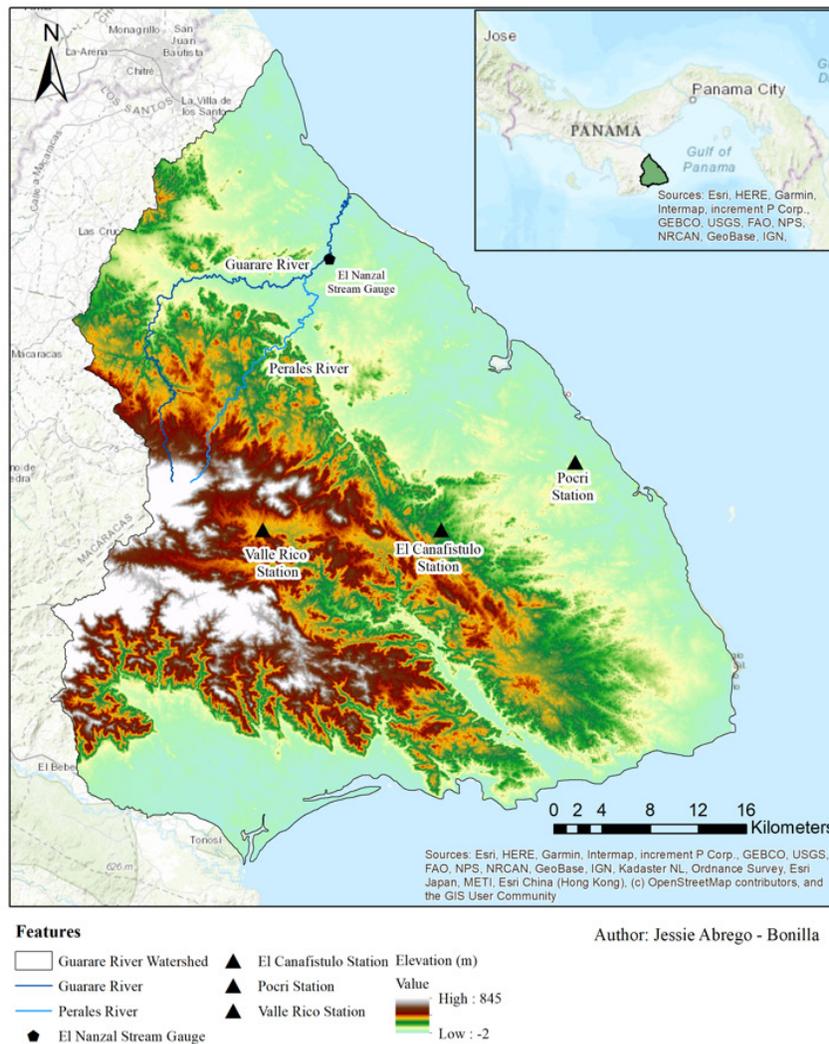


Fig. 1 Cuenca del Río Guararé: Elevación y Estaciones Meteorológicas

B. Método de Interpolación de Kriging utilizando modelado GIS.

Los datos utilizados para analizar los patrones de precipitación en la cuenca del Río Guararé fueron obtenidos desde estaciones meteorológicas con ubicaciones específicas. Por lo cual, se utilizó un método de interpolación geográfica que pudiese mostrar los cambios en la precipitación de acuerdo con la elevación e identificar las áreas en las cuales la

precipitación tiene mayor influencia sobre la descarga del Río. A través del Método de Interpolación de Kriging podemos predecir los valores de las variables en ubicaciones en las que no hay muestras de datos utilizando datos tomados en ubicaciones con características seleccionadas y definidas similares a las ubicaciones en las que se obtuvieron las muestras de datos [12]. La selección del método de interpolación espacial está basada en la Primera Ley de la Geografía que establece que existe una correlación entre las variaciones a lo largo de la distancia espacial [13][14]. De acuerdo con Meng et. Al (2013), para mejorar la predicción de los patrones de precipitación mediante una aproximación espacial realista de la elevación y precipitación en toda la cuenca, se utiliza el Método de Interpolación de Kriging a través de una Modelo de Elevación Digital (DEM) de la Cuenca del Río Guarare [12].

3. RESULTADOS

A partir del Método de Interpolación de Kriging utilizando modelado GIS con base en el análisis de los datos de precipitación en la Cuenca del Río Guararé, se obtuvo los patrones de precipitación para la Cuenca del Río Guararé de acuerdo con las estaciones seca y lluviosa, y de acuerdo con el Fenómeno del Niño, periodo Neutral y La Niña. Los resultados son contundentes en mostrar los efectos de ENSO con mayor intensidad sobre las zonas costeras en comparación con los resultados para las zonas de mayor elevación en la Cuenca.

De manera similar, se puede observar que los patrones de precipitación durante el Fenómeno del Niño y los años neutrales son similares entre sí e inversos a los patrones mostrados durante el Fenómeno de La Niña.

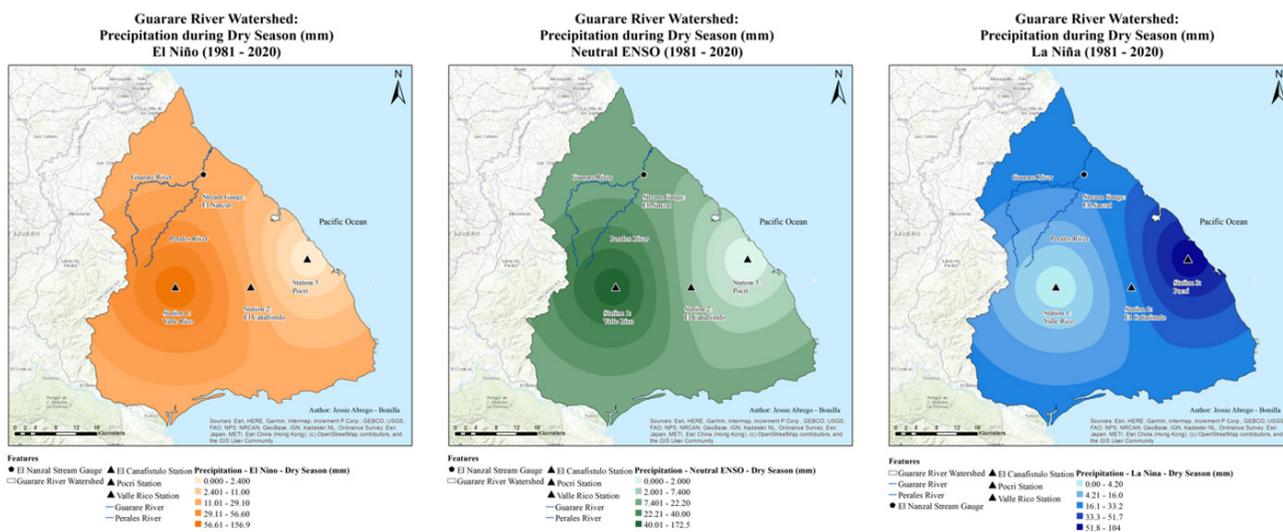


Fig. 2 Patrones de Precipitación durante la Estación Seca en la Cuenca del Río Guararé: a) Durante El Niño, b) Durante periodo Neutral, c) Durante La Niña.

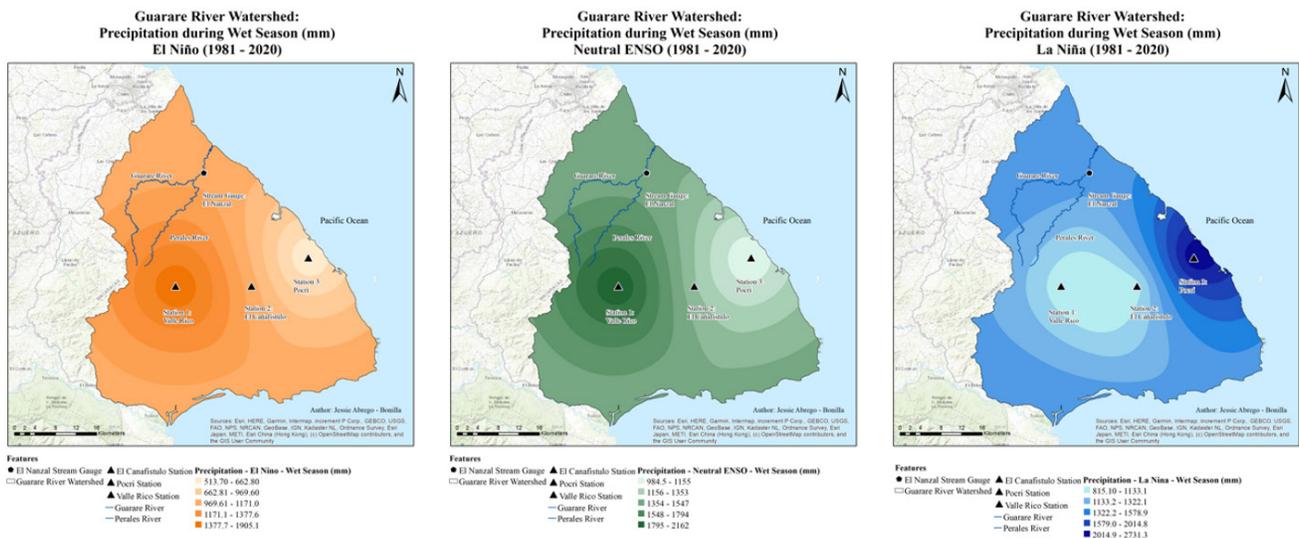


Fig. 3 Patrones de Precipitación durante la Estación Lluviosa en la Cuenca del Río Guararé: a) Durante El Niño, b) Durante periodo Neutral, c) Durante La Niña.

El rol de la precipitación en la descarga del Río Guararé se muestra en los hidrogramas a continuación:

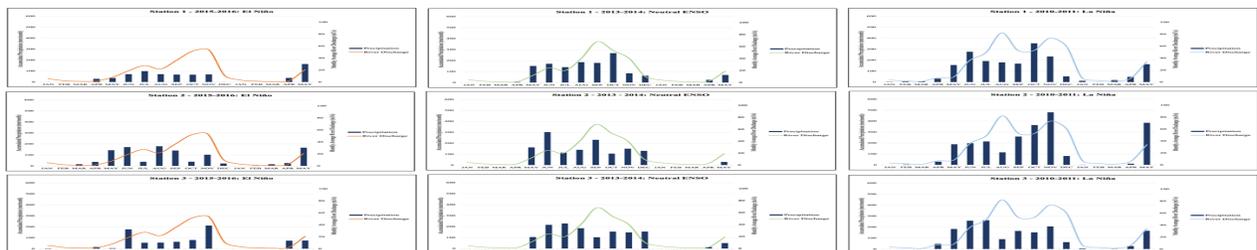


Fig. 4 Hidrogramas de Comparación entre la descarga del Río Guararé y los patrones de precipitación en las estaciones meteorológicas seleccionadas durante eventos diferentes de ENSO.

4. CONCLUSIONES

El Fenómeno del Niño ejerce una influencia significativa en los patrones de precipitación, los cuales varían de acuerdo con el tipo de evento ENSO. Particularmente, sus efectos más marcados son visibles sobre las zonas costeras. Por otra parte, los hidrogramas muestran el rol de la precipitación sobre el Río Guararé: ante una disminución en el volumen de la precipitación, una disminución en la descarga del Río. Para los años con evento de El Niño, es visible la participación de un tercer actor en el ciclo del agua que sustenta el caudal del

Río: las aguas subterráneas. Son las aguas subterráneas, el enfoque para investigaciones futuras sobre la misma cuenca.

REFERENCIAS

- [1] Comité de Alto Nivel de Seguridad Hídrica. (2016). Plan Nacional de Seguridad Hídrica 2015-2050. In Gobierno de la República de Panamá. <http://www.conagua.gob.pa/images/documentos/Plan/PRIMER-PLAN-NACIONAL-DE-SEGURIDAD-HIDRICA-DE-LA-REPUBLICA-DE-PANAMA.pdf>
- [2] Bennett, V. (2017). Agua Para Todos: In The Politics of Water. <https://doi.org/10.2307/j.ctt5hjn9.12>
- [3] Philander, S. G. (1983). El Niño Southern Oscillation Phenomena. *Nature*, 302. <https://doi.org/0028-0836>
- [4] Philander, S. G. (1999). A review of tropical ocean-atmosphere interactions. In *Tellus, Series B: Chemical and Physical Meteorology* (Vol. 51, Issue 1 SPEC. ISS., pp. 71–90). Blackwell Munksgaard. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0889.1999.00007.x>
- [5] Corredor-Acosta, A., Acosta, A., Gaspar, P., & Calmettes, B. (2011). Variation in the Surface Currents in the Panama Bight During El Niño and La Niña Events From 1993 To 2007. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 40, 33–56. <https://doi.org/10.25268/BIMC.INVEMAR.2011.40.0.127>
- [6] Estoque, M. A., Luque, J., Chandeck - Monteza, M., & Garcia, J. (1985). Effects Of El Nino on Panama Rainfall. *International Geophysics - Mexico*, 24(3), 355–381.
- [7] Olmedo, B. (2015). Estado Actual de las Condiciones el Oceano Pacifico y su Posible Evolucion durante el año 2015-2016. http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/lanina/enso_evolutionstatu
- [8] Castillo, J., & Patiño, A. (2012). Diagnóstico y propuesta de desarrollo sostenible del Arco seco de Panama,2012. <https://docplayer.es/48305299-Informe-final-diagnostico-y-propuesta-de-desarrollo-sostenible-del-arco-seco-de-panama-registro-no-vip-preparado-por.html>
- [9] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de la Contraloría General (Panamá). (2011). Informe Metodológico del VII Censo Nacional Agropecuario de Panamá.
- [10] ANAM. (2011). Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos de la República de Panamá 2010-2030. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/pan118989anx.pdf>
- [11] Ruiz De Leon, I. (2012). Linea Base: Diagnóstico Biofísico, socioeconómico y potencial energético de la Cuenca Hidrografica entre los rios Tonosi y La Villa - Guarare (#126).
- [12] Meng, Q., Liu, Z., & Borders, B. E. (2013). Assessment of regression kriging for spatial interpolation - Comparisons of seven GIS interpolation methods. *Cartography and Geographic Information Science*, 40(1), 28–39. <https://doi.org/10.1080/15230406.2013.762138>
- [13] Miller, H. J., & Miller, H. J. (2018). Tobler' s First Law and Spatial Analysis. *Annals of the Association of American Geographers*, 94(2), 284–289.
- [14] Tobler, W. R. (1970). A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region. *Economic Geography*, 46, 234. <https://doi.org/10.2307/143141>

AUTORIZACIÓN Y LICENCIA CC

Los autores autorizan a APANAC XIX a publicar el artículo en las actas de la conferencia en Acceso Abierto (Open Access) en diversos formatos digitales (PDF, HTML, EPUB) e integrarlos en diversas plataformas online como repositorios y bases de datos bajo la licencia CC:

Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

Ni APANAC XIX ni los editores son responsables ni del contenido ni de las implicaciones de lo expresado en el artículo.