

Variabilidad estacional en la cuenca Chancay-Lambayeque: desafíos y oportunidades en la gestión de los recursos hídricos

Seasonal variability in the Chancay-Lambayeque basin: challenges and opportunities in water resources management

Margarita-Lidia Llontop-Silva^{1*}  y David Correa-Chilón² 

1 Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (UNPGR), Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Lambayeque, Perú
2 Instituto del Mar del Perú (Imarpe), Laboratorio Costero Santa Rosa. Santa Rosa, Perú



Citar como: Llontop-Silva, M. L. y Correa-Chilón, D. (2023). «Variabilidad estacional en la cuenca Chancay-Lambayeque: desafíos y oportunidades en la gestión de los recursos hídricos». *South Sustainability*, 4(2) e087. DOI: 10.21142/SS-0402-2023-e087

Artículo recibido: 5/11/2023
Revisado por pares
Artículo aprobado: 21/12/2023

El presente manuscrito fue seleccionado y presentado en el evento «Diálogos académicos: aportes de la ciencia a nuestro desafío climático, 5.ª ed.» (julio de 2023), organizado por el Ministerio del Ambiente (Minam) y el Grupo Impulsor de Acción Climática de la Academia.



©Los autores, 2023. Publicado por la Universidad Científica del Sur (Lima, Perú)

*E-mail de correspondencia:
mllontops@unprg.edu.pe

RESUMEN

El evento El Niño afecta regularmente el norte del Perú, causando fuertes lluvias y daños económicos en provincias como Lambayeque. La cuenca Chancay-Lambayeque sufre incrementos en el caudal del río, especialmente en Lambayeque. Este estudio se enfoca en la variabilidad estacional de los caudales registrados en la bocatoma Raca Rumi, en la cuenca Chancay-Lambayeque, de 1998 a 2014, hasta determinar que durante los meses de verano y otoño se observan caudales más altos, lo que coincide con la temporada de lluvias. Esta variabilidad plantea desafíos (riesgo de inundaciones, deslizamientos, mantenimiento de infraestructuras en riesgo) y oportunidades (almacenamiento de agua, enfocar la investigación científica en esta temática) que debe ser considerados para la gestión de los recursos hídricos en el norte peruano.

Palabras clave: periodos de retorno, Raca Rumi, cuenca Chancay-Lambayeque

ABSTRACT

The El Niño event regularly affects northern Peru, causing heavy rains and economic damage in provinces such as Lambayeque. The Chancay-Lambayeque basin is affected by an increase in river flow, particularly in Lambayeque. This study focuses on the seasonal variability of the flows recorded in the Raca Rumi inlet in the Chancay-Lambayeque basin, between 1998 and 2014, and determines that, during the summer and autumn months, higher flows are observed, coinciding with the rainy season. This variability poses both challenges (flood risk, possible landslides, difficulties in the maintenance of infrastructure) and opportunities (water storage, the focusing of scientific research) that should be considered in the management of water resources in northern Peru.

Keywords: return periods, Raca Rumi, Chancay-Lambayeque basin



Introducción

Las provincias del norte del Perú enfrentan recurrentemente al evento El Niño, que se caracteriza por la ocurrencia de altas precipitaciones, que impactan directamente en los departamentos de La Libertad, Cajamarca, Lambayeque, Piura y Tumbes. Esto genera altas precipitaciones, que afectan la infraestructura hidráulica, las zonas agrícolas, las viviendas, las vías de comunicación y los servicios básicos en las localidades, y ocasiona pérdidas económicas considerables entre los pobladores y los diversos sectores socioeconómicos (OPS, 2000).

Según la Agencia Andina (2023), las pérdidas económicas que implicó el evento de 1982-1983 de El Niño ascendieron a USD 3283 millones, equivalentes al 11,6 % del producto bruto interno (PBI) anual de 1983. El evento de 1997-1998 fue uno de los más fuertes registrados en la historia y causó daños estimados en USD 3500 millones en el Perú, equivalentes al 6,2% del PIB anual de 1998. El evento de 2017 también tuvo un impacto significativo en el Perú.



Figura 1. Localización de la bocatoma Raca Rumi en la cuenca Chancay-Lambayeque.

Nota. Elaborado en Google Earth9 Pro.

La cuenca Chancay-Lambayeque está ubicada en el norte del Perú, en los departamentos de Lambayeque y Cajamarca; geográficamente, se encuentra entre los 6º 20'S y 6º 56'S (latitud), y 78º 38'W y 80º 00'W (longitud). La cuenca pertenece a la vertiente del Pacífico, es de régimen irregular, con una longitud de 170 km, desde sus nacientes hasta el mar; en su recorrido recibe aportes eventuales de los ríos Cañada, San Lorenzo, Cirato y Cumbil. La cuenca Chancay-Lambayeque abarca las provincias de Santa Cruz, parte de Chota, San Miguel y Hualgayoc, Ferreñafe, parte de Chiclayo y Lambayeque. Se divide en *cuenca baja*: desde la desembocadura del río Chancay, hasta el sector del Repartidor de la Puntilla; *cuenca media*: desde el Repartidor de la Puntilla hasta el sector de Cirato; y *cuenca alta*: desde Cirato hasta el límite Este de la cuenca, en la bocatoma Raca Rumi.

Se han realizado varios esfuerzos por mitigar los impactos de los eventos El Niño en la cuenca Chancay-Lambayeque, entre los que destacan el estudio geoambiental realizado en 2006 por Núñez Juárez et

al. (2006) y el estudio del tratamiento de cauce del río para el control de inundaciones en la cuenca Chancay-Lambayeque (ANA, 2010). En ambos trabajos se analizaron periodos de estiaje (caudal mínimo) y periodos de avenidas ordinarias y extraordinarias (caudales máximos) asociados a la cuenca Chancay-Lambayeque.

Arriola y Bejarano (2013) compararon métodos basados en la superposición de componentes de socavación para pilares del puente Reque (Lambayeque), utilizando el modelo numérico HEC-RAS y otras herramientas numéricas. Concluyeron que la interacción entre la estructura del puente y el río provoca fallas en la estructura del puente Reque, debido a la obstrucción del flujo, y produce en sus bases (pilares y pilotes) un aumento gradual de la socavación.

La escasa investigación cuantitativa de la variación temporal del caudal del río Chancay, en Lambayeque-Cajamarca, conlleva al desconocimiento de los periodos de incremento y descenso del flujo de agua en el río Chancay, y a su vez conlleva al desconocimiento de los efectos sobre la población y las diversas actividades que se dan en los sectores económicos de Lambayeque. En este contexto es que se considera altamente necesario analizar la dinámica del caudal del río Chancay en la estación de Raca Rumi, sector de regulación e ingreso de agua hacia el reservorio de Tinajones en Lambayeque. Por ello, el presente documento tiene como objetivo brindar recomendaciones para la gestión de la cuenca Chancay-Lambayeque a partir del análisis de los caudales, usando métodos cuantitativos de periodos de retornos descritos en Llontop-Silva y Zuñiga-Chafloque (2018).

Enfoque y discusión

A partir de los registros diarios de los caudales de la bocatoma Raca Rumi, de 1998 a 2014, se analizó el ciclo estacional de los caudales, la estadística descriptiva mensual y los caudales máximos anuales, y se estimaron finalmente los periodos de retorno con los métodos de más extendido uso, como lo son el método de Gumbel y Nash (Koliokosta, 2023). El método de Gumbel (Villón Béjar, 2002) calcula el periodo de retorno a través de la expresión:

$$Q_{m\acute{a}x} = Q_m - \frac{\sigma_Q}{\sigma_N} (\bar{Y}_N - \log T),$$

$$\text{siendo } \sigma_Q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N Q_i^2 - N Q_m^2}{N-1}}$$

Donde:

$Q_{m\acute{a}x}$ = caudal máximo para un periodo de retorno determinado

N = número de años de registro

Q_i = caudales máximos anuales registrados

$$Q_m = \frac{\sum_{i=1}^N Q_i}{N}, \text{ caudal promedio}$$

σ_N, \bar{Y}_N son constantes en función de N (años)

σ_N = desviación estándar de los caudales

T = periodo de retorno

El método de Nash (Villón Béjar, 2002) calcula el periodo de retorno a través de la expresión:

$$Q_{\text{máx}} = a + b \log \log \frac{T}{T - 1}$$

Donde:

a y b = constantes en función del registro de caudales máximos anuales, calculadas a través de mínimos cuadrados, con la ecuación lineal

$Q = a + bx$, $Q_{\text{máx}}$ = caudal máximo para un periodo de retorno determinado

T = periodo de retorno

El patrón de variabilidad estacional en los caudales registrados en la bocatoma Raca Rumi, de enero de 1998 a diciembre de 2014 (figura 2) muestra que, durante los meses de verano y otoño (diciembre-mayo), se observan caudales más altos, que alcanzan un pico máximo diario de 662,2 m³/s, el 31 de marzo de 2004. Esta temporada coincide con la época de lluvias en la zona y es crítica porque llega a producir excedentes de agua, que puedan afectar a la población y a las actividades agrícolas que se desarrollan en la parte baja de la cuenca o en el sistema regulado Tinajones, como ocurrió en los eventos El Niño 1972-1973, 1982-1983, 1997-1998 (ENFEN, 2012) y más recientemente en 2017 (El Niño Costero 2017) y 2023 (IGP, 2023).

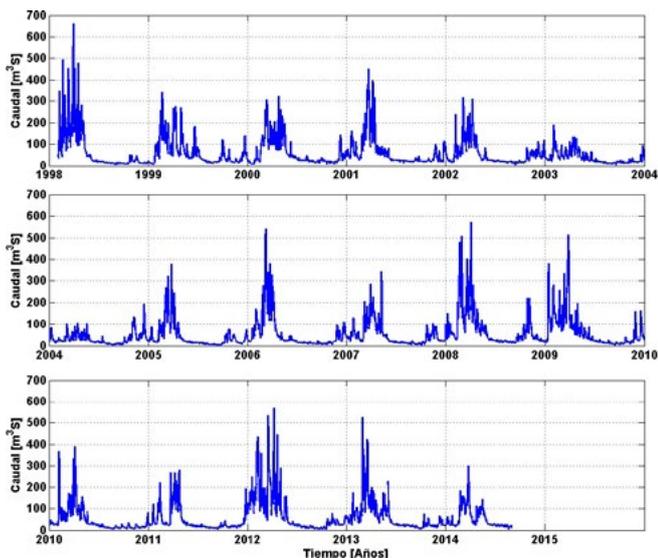


Figura 2. Caudales diarios registrados en la bocatoma Raca Rumi, periodo 1998-2014.

Durante los meses de invierno y primavera, de junio a noviembre, se produce una marcada disminución en los caudales, hasta llegar a caudales diarios mínimos inferiores a 3,0 m³/s en varias ocasiones (24-25 de agosto de 2004, 21 y 24 de septiembre de 2005 y 5-6 de octubre de 2007). Estos valores mínimos evidencian la vulnerabilidad de no cubrir la demanda de agua para la agricultura, la generación de energía y el abastecimiento de agua potable en la región Lambayeque. Cabe resaltar que en 2004, 2005 y 2007, a pesar de registrar caudales mínimos, en el periodo de estudio, no coinciden con eventos La Niña en el Perú, según la lista de eventos El Niño y La Niña (IGP, 2023, y ENFEN, 2012).

La variabilidad en los caudales a lo largo del año se debe a múltiples factores, como la precipitación estacional, la ocurrencia de eventos extremos El Niño y La Niña, que causan excedentes y escasez de precipitación en la cuenca (Senamhi, 2015); por ello, se recomienda evaluar y analizar los registros de los caudales respecto a otros parámetros, como los cambios de presión atmosférica, la intensidad de vientos, los flujos de intercambio entre la selva y la costa, denominados trasvases amazónicos hacia la costa, a fin de encontrar indicadores que permitan anticipar los riesgos y peligros ante máximas avenidas.

Los caudales registrados en la cuenca Chancay-Lambayeque, tal como se presentan en el análisis estadístico del promedio mensual (tabla 1), indican que la cuenca presenta una compleja dinámica hidrológica, como cambios en el volumen de agua precipitable y flujo de caudal a través del río, que a lo largo del tiempo motivaron diversos estudios técnicos a fin de comprender su dinámica, para una mejor planificación de gestión de los recursos hídricos en la cuenca (TYPSA, 2013). El periodo de análisis muestra que los meses de febrero a mayo son particularmente interesantes debido a la variabilidad de los caudales, en algunos años asociados a eventos El Niño, lo que podría tener importantes implicaciones para la gestión de recursos hídricos y la planificación de proyectos a lo largo de la cuenca. En estos meses, los caudales experimentan mayor variabilidad, con valores mínimos y máximos notables. En febrero oscilan entre 15,5 y 233,5 m³/s, y en marzo, abril y mayo siguen patrones similares con variabilidades menores. La presencia de caudales atípicos se asocia a eventos hidrológicos inusuales, como El Niño 1997-1998, categorizado con un evento extraordinario con un alto impacto en la región Lambayeque.



Tabla 1. Estadísticos mensuales del caudal en la bocatoma de Raca Rumi (1998-2014)

Mes	Promedio	Desviación estándar	Límite inferior	1 ^{er} Qrt	3 ^{er} Qrt	Límite superior
Enero	30,8	45,3	6,5	21,9	60,0	115,5
Febrero	63,4	84,9	15,5	34,8	115,6	233,5
Marzo	119,2	101,2	18,5	73,3	185,6	353,5
Abril	97,8	82,1	22,1	63,3	148,7	276,5
Mayo	51,3	45,2	14,5	34,7	76,3	136,0
Junio	25,9	19,8	12,0	22,2	32,3	47,3
Julio	19,5	8,3	5,1	15,9	24,1	36,5
Agosto	13,9	5,8	2,9	10,6	18,4	27,2
Septiembre	12,3	7,9	2,5	9,3	16,9	28,5
Octubre	18,6	21,3	2,7	12,5	26,9	48,2
Noviembre	22,1	27,3	5,0	17,4	40,6	75,2
Diciembre	26,6	29,3	7,4	20,9	48,1	88,3

Por otro lado, los meses de junio a septiembre muestran una variación más limitada en los caudales, con valores mínimos y máximos más estables. Sin embargo, esto no debe pasarse por alto, ya que la baja disponibilidad de agua podría afectar a las actividades agrícolas y otros usos en la cuenca (TYPSA, 2013). La variación moderada observada de octubre a enero también es importante para comprender la gestión de los recursos hídricos en la cuenca.

El método de Gumbel, que a menudo se utiliza en la estimación de eventos extremos, tiende a producir caudales más altos en comparación con el método de Nash, con una diferencia de alrededor de 25 m³/s (tabla 2). Esta discrepancia puede atribuirse a las formulaciones matemáticas en ambos métodos de cálculos de periodos de retornos de caudales. El método de Gumbel asume que las distribuciones de caudales siguen una distribución de Gumbel, lo que puede llevar a estimaciones más altas de caudales máximos en comparación con el método de Nash, que se basa en la distribución de la suma de valores (Llontop-Silva y Zuñiga-Chafloque, 2018).

Tabla 2. Caudales máximos por periodos de retornos, calculados por el método Nash y Gumbel

Periodo de retorno	Caudal máximo por periodo de retorno (m ³ /s)	
	Nash	Gumbel
2 años	186,63 m ³ /s	240,48 m ³ /s
5 años	369,58 m ³ /s	395,43 m ³ /s
10 años	490,71 m ³ /s	512,65 m ³ /s
20 años	606,90 m ³ /s	629,87 m ³ /s
50 años	757,29 m ³ /s	784,82 m ³ /s
100 años	869,99 m ³ /s	902,04 m ³ /s

La variación en los caudales máximos calculados para los periodos de retorno cobran mayor importancia en la gestión de riesgos ante eventos hidrológicos extremos, como los ocurridos en periodos El Niño, que causan inundaciones. La elección del método puede influir en las decisiones sobre el diseño de estructuras de control de inundaciones, sistemas de drenaje y otros proyectos de infraestructura hídrica en la región. Por lo tanto, es necesario utilizar series de tiempo más largas, además de comprender las diferencias entre estos métodos y considerar cuidadosamente cuál es el más apropiado para un contexto particular.

Conclusiones y recomendaciones

El análisis de los caudales en la bocatoma Raca Rumi muestra una variabilidad estacional en la cuenca Chancay-Lambayeque, con caudales más altos en los meses de verano y otoño, lo que coincide con la temporada de lluvias en la zona. Esta variabilidad plantea desafíos (riesgo de inundaciones, deslizamientos, mantenimiento de infraestructuras en riesgo) y oportunidades (almacenamiento de agua, enfocar la investigación científica en esta temática) en la gestión de los recursos hídricos, ya que durante los eventos El Niño genera excedentes de agua que afectan a la población y las actividades agrícolas.

En la actualidad, el Comité Multisectorial ENFEN viene pronosticando, con base en evidencias científicas, la generación de un nuevo evento El Niño a nivel global para inicios de 2024, razón por la que debemos prepararnos activamente y con conocimiento técnico-científico, con el apoyo en financiamiento y asistencia técnica, para aprovechar las oportunidades de la ocurrencia de un fenómeno que afectaría al Perú y otros países de Sudamérica.

En conjunto, los resultados evidencian la necesidad de la monitorización constante de los caudales en la cuenca Chancay-Lambayeque y la necesidad de adaptar estrategias de gestión de recursos hídricos para hacer frente a las variaciones estacionales observadas. Además, esta información puede ser esencial para la predicción de eventos extremos (El Niño y La Niña) y la toma de decisiones en situaciones de sequía o inundación, por lo que se recomienda a las autoridades organizar y contar con un plan de contingencia a corto y mediano plazo.

Dada la complejidad de la cuenca y su importancia para la población local y las diversas actividades socioeconómicas, es esencial fomentar la coordinación y colaboración entre diferentes instituciones (Proyecto Especial Olmos Tinajones, Autoridad Nacional del Agua, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, Ministerio del Ambiente, Ministerio de Agricultura y Riego), incluyendo gobiernos locales (distritos de las provincias de Chiclayo, Lambayeque y Ferreñafe y Cajamarca), regionales (Lambayeque y Cajamarca) y

nacionales, para garantizar una gestión efectiva de los recursos hídricos. Además, se debe realizar un monitoreo constante de los caudales, lo que puede ayudar a predecir y gestionar mejor los riesgos asociados con las máximas avenidas y las sequías estacionales en la cuenca.

Contribución de los autores

MLLS: concepción, revisión del manuscrito original, metodología, supervisión, muestras.

DCC: concepción, ejecución, redacción del manuscrito original, supervisión, revisión del manuscrito

Exención de responsabilidad

Se precisa que las opiniones y los hallazgos presentados son de carácter estrictamente personal y no deben ser asociados a las instituciones con las que los autores tienen afiliación. Este documento se origina como una extensión de la tesis *Aplicación del modelo numérico Hec-Ras para el primer tramo del canal alimentador (bocatoma*

Raca Rumi) del reservorio de Tinajones, desarrollada por Margarita Llontop-Silva y Lisbert Zuñiga-Chafloque, bajo la supervisión del docente Jesús Lozano Alvarado, de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Agradecimiento

Se agradece especialmente a la Gerencia General del Proyecto Especial Olmos Tinajones, por facilitar la información de los registros de caudales en la estación hidrológica de bocatoma Raca Rumi y el canal alimentador hacia el reservorio Tinajones.

Se agradece a Margarita Llontop-Silva y Lisbert Zuñiga-Chafloque, por facilitar el acceso a la información de la tesis desarrollada, que lleva por título *Aplicación del modelo numérico Hec-Ras para el primer kilómetro del canal alimentador (bocatoma Raca Rumi) del reservorio de Tinajones*, bajo la asesoría del docente Jesús Lozano Alvarado, de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.



Referencias bibliográficas

- Autoridad Nacional del Agua, ANA. (2010).** *Tratamiento de cauce del río para el control de inundaciones en la cuenca Chancay Lambayeque*. ANA. Disponible en: <https://shorturl.at/loAO3>
- ANDINA. (15 de junio de 2023).** «¿Cómo impactó El Niño en Perú en los eventos de 1982-1983, 1997-1998 y 2017?». Disponible en: <https://andina.pe/agencia/noticia-como-impacto-nino-peru-los-eventos-19821983-19971998-y-2017-943812.aspx>
- Arriola Carrasco, G. G. y Bejarano Trujillo, L. M. (2013).** «Estudio de los métodos de análisis basados en la superposición de componentes de socavación para pilares complejos aplicados al puente Reque». *Tzhoecoen*, 5(1), pp. 177-198.
- Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño, ENFEN. (2012).** «Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú». Disponible en: https://www.dhn.mil.pe/Archivos/Oceanografia/ENFEN/nota_tecnica/Definicion%20Operacional%20ENFEN_09abr12.pdf
- Instituto Geofísico del Perú, IGP. (2023).** «Eventos El Niño y La Niña Costeros». Disponible en: http://met.igp.gob.pe/elnino/lista_eventos.html
- Koliokosta, E. (2023).** «Periodos de retorno en la evaluación de los riesgos del cambio climático: usos y abusos». *Environmental Sciences Proceedings*, 26(5).
- Llontop-Silva, M. y Zuñiga-Chafloque, L. (2018).** *Aplicación del modelo numérico Hec-Ras para el primer kilómetro del canal alimentador (bocatoma Raca Rumi) del reservorio de Tinajones*. [Tesis de licenciatura en Física, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Disponible en: <https://shorturl.at/mxP13>
- Núñez Juárez, S., Villacorta Chambi, S., Chira Fernández, J. y Rivera Cornejo, R. (2006).** *Estudio geoambiental de la cuenca del río Chancay-Lambayeque*. Boletín n.º 33, serie C. *Geodinámica e Ingeniería Geológica*. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.
- Organización Panamericana de la Salud, OPS. (2000).** *Fenómeno El Niño, 1997-1998. Crónicas de Desastres*. Disponible en: https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/46050/9275323186_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, Senamhi. (2015).** *Estudio de vulnerabilidad climática de los recursos hídricos en las cuencas de los ríos Chillón, Rímac, Lurín y parte alta del Mantaro*. ANA y Senamhi.
- TYPSA. (2013).** *Plan de gestión de recursos hídricos en la cuenca Chancay-Lambayeque*. Lima: s. e.
- Villón Béjar, M. (2002).** *Hidrología*. (2.ª ed.). Taller de Publicaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica.