

Escenario hidrológico de la cuenca del río Quilca-Vítor-Chili: estimaciones actuales y futuras

Hydrological Scenario of the Quilca-Vítor-Chili River Basin: Current and Future Estimates

^{1,2}Maiquel López-Silva¹, ^{1,2}Farid Gustavo Lobato-Arellano²,
¹Geraldine Susana Avellaneda-Castillo² and ¹Dayma Carmenates-Hernández^{1*}

¹Universidad Católica Sedes Sapientiae, Facultad de Ingeniería,
 Departamento de Investigación, Lima, Perú. E-mail: mlopezs@ucss.edu.pe

²Universidad Ricardo Palma, Escuela Profesional de Ingeniería Civil,
 Lima, Perú. E-mail: 202011295@urp.edu.pe, geraldine.avellaneda@urp.edu.pe

*Autora para correspondencia: Dayma Carmenates-Hernández, e-mail: dcarmenates@ucss.edu.pe

RESUMEN: El estudio tuvo como objetivo estimar los escenarios hidrológicos actuales y futuros en la cuenca Quilca - Vítor - Chili para la demanda poblacional y agrícola. En el proceso metodológico se recopiló información climática e hidrológica de SENAMHI, así como datos del Modelo Digital del Terreno de alta resolución de la NASA. Los datos fueron procesados utilizando el modelo SWAT para la estimación hidráulica. La eficiencia del modelo se midió mediante el coeficiente de determinación (R^2), el índice de Nash-Sutcliffe (NSE) y el sesgo porcentual (PBIAS). El escenario hidrológico mostró caudales promedio anuales de $11,54 \text{ m}^3/\text{s}$ para el año 2024 y un ligero incremento de $14,87 \text{ m}^3/\text{s}$ para el año 2040 para una predicción de validación en el modelo SWAT de $R^2 = 0,75$, NSE = 0.72 y PBIAS = -18,4%. Se identifica que para los escenarios hidrológicos actuales y futuros existe estrés hídrico superior al 80% para lo cual es inminente implementar estrategias de gestión integrada de los recursos hídricos. En conclusión, el modelo SWAT logró simular con precisión el balance hídrico de la cuenca en contextos presentes y futuros, validando su eficacia como herramienta de análisis.

Palabras clave: balance hídrico, cambio climático, demanda hídrica, gestión sostenible del agua, Modelo SWAT, proyecciones futuras..

ABSTRACT: The objective of the study was to estimate current and future hydrological scenarios in the Quilca-Vítor-Chili basin for both population and agricultural water demands. The methodological process involved collecting climatic and hydrological data from SENAMHI, as well as high-resolution Digital Elevation Model (DEM) data from NASA. The data were processed using the SWAT model for hydrological estimation. The model's performance was evaluated using the coefficient of determination (R^2), the Nash-Sutcliffe Efficiency index (NSE), and the Percent Bias (PBIAS). The hydrological scenario showed average annual streamflows of $11.54 \text{ m}^3/\text{s}$ for the year 2024, with a slight increase to $14.87 \text{ m}^3/\text{s}$ projected for 2040, based on a SWAT model validation with $R^2 = 0.75$, NSE = 0.72, and PBIAS = -18.4%. The analysis identified that both current and future hydrological scenarios exhibit water stress levels exceeding 80%, highlighting the urgent need to implement integrated water resources management strategies.

Keywords: water balance, climate change, water demand, sustainable water management, swat model, future projections.

INTRODUCCIÓN

Las cuencas de la vertiente sur del Perú enfrentan grandes desafíos debido a la escasez de control hidrológico y de información precaria sobre caudales de escorrentía [Autor & Quijano \(2018\)](#) menciona que esta deficiencia provoca dificultades en la toma de decisiones inmediatas para la planificación y el manejo del agua. Este acontecimiento facilita problemas de inseguridad hídrica, por lo mismo, que la falta de datos actualizados dificulta y limita a su vez la capacidad de anticiparse a fenómenos extremos, como podrían ser las inundaciones y sequías. Además, el cambio climático resalta la variabilidad hídrica en las cuencas hidrográficas. ([Drenkhan & Castro, 2023](#)).

De acuerdo con [Carpio et al. \(2022\)](#) las cuencas de la vertiente sur están compuesta por ocho dominios morfoestructurales distintos. Asimismo, la región presenta una diversidad climática, influenciada tanto por la altitud como por las corrientes frías de Humboldt. En particular, la demanda de agua apta para el consumo humano en la cuenca hidrográfica en análisis se considera muy elevada. Según el Plan de Gestión de Recursos Hídricos (PGRH) ([ANA, 2023](#)). La población en la región asciende a 1 273 976 habitantes para una tasa de crecimiento intercensal del 1.9%. Por otro lado, se observa una alta demanda de productos agrícolas, así como la necesidad de mayores volúmenes de agua para los cultivos.

Recibido: 30/06/2025

Aceptado: 28/10/2025

Conflictos de intereses: Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Contribución de los autores: **Conceptualización:** M. López. **Curación de datos:** M. López, F. Lobato, G. Avellaneda. **Ánalisis formal:** M. López **Investigación:** M. López, M. López, F. Lobato, G. Avellaneda, D. Carmenates. **Metodología:** M. López **Supervisión:** M. López **Validación:** M. López, D. Carmenates. **Roles/Redacción, borrador original:** M. López, D. Carmenates. **Redacción, revisión y edición:** M. López, D. Carmenates.

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



Por lo tanto, es fundamental comprender la dinámica del balance hídrico en una cuenca, aprovechando sus características únicas, como la diversidad climática influenciada por la altitud, la irregularidad del terreno y las fuentes de aguas. La calidad del agua impacta significativamente en el consumo humano, como son las propias características del agua de la cuenca del río Quilca - Vítor - Chili (Carpio *et al.*, 2022). Sin embargo, las investigaciones sobre esta cuenca son limitadas y se enfocan principalmente en aspectos hidrogeológicos y en la calidad del agua.

Actualmente se destacan estudios que analizan las condiciones ambientales e hidrológicas tal y como lo estipulan Ramos & Delgad (2022), abarcando la calidad del agua, la vegetación y el índice de desarrollo humano. Para su investigación, llevaron a cabo una evaluación de Sostenibilidad de Cuenca, que reveló un mayor requerimiento de agua para satisfacer las necesidades humanas, uso doméstico y actividades productivas.

Es importante señalar que existen variedades de metodologías para evaluar el balance hídrico en un periodo específico, empleando herramienta de modelado como el Soil and Water Assessment Tool (SWAT). Dicho modelo, permite evaluar la dinámica, en un plazo prolongado, de una cuenca y examina cómo la variación climática afecta e influye en la cobertura terrestre, mostrándonos una visión completa de los procesos hidrológicos involucrados (Guug *et al.*, 2020).

El SWAT fue diseñado con el propósito de representar los componentes del balance hídrico y tiene como principal función predecir cómo diferentes técnicas de conservación de suelos influyen en la cantidad de agua que escurre y de suelo que erosiona. Los escurrimientos en el modelo SWAT se calculan de manera independiente para cada unidad hidrográfica y posterior su combinación para la obtención de la escorrentía total de la cuenca, mejorando así la precisión y proporcionando una descripción más detallada del balance hídrico (Douglas *et al.*, 2010).

Dado lo anterior, este modelo puede ofrecer diversas soluciones. En particular, la cuenca analizada enfrenta escasez de agua, principalmente atribuida a una elevada tasa de evaporación, lo que representa un grave problema de disponibilidad para la población y las actividades dependientes de este recurso hídrico (Nevermann *et al.*, 2024). A estas circunstancias se le denomina estrés hídrico, Ghajarnia *et al.* (2025) resalta una alta demanda de recursos hídricos en relación con la disponibilidad del agua durante un periodo determinado. Motschmann *et al.* (2022) brindan un enfoque mundial sobre países que enfrentan altos niveles de estrés hídrico, clasificando a Perú en el puesto 66 del ranking. En el ambiente latinoamericano, Perú ocupa el cuarto lugar, con un riesgo medio-alto de ser afectado por este fenómeno.

Por consiguiente, el propósito central de esta investigación es estimar la disponibilidad hídrica actual y futura en la cuenca del río Quilca - Vítor - Chili, considerando las demandas de los sectores poblacional y agrícola.

MATERIALES Y MÉTODOS

La cuenca del río Quilca - Vítor - Chili se encuentra en el suroeste de Perú que abarca la región de Arequipa, así como pequeños territorios de Puno y Moquegua.

Recolección y análisis de datos

Se obtuvieron registros de datos hidrometeorológicos actuales sobre la oferta hídrica que abarca el periodo de 1981 a 2016 (Visera SIG, 2025). No obstante, se amplió la base de datos hidrológica hasta el año 2023 utilizando el modelo HEC-4. Se utilizó el archivo DEM de la NASA situado a una latitud sur de $16^{\circ}47'10''$ y longitud Oeste $72^{\circ}26'35''$, conocido por su alta precisión en estudios hidrológicos (SRTM, 2025). Este modelo se desarrolló a partir de la reprocesamiento exhaustiva de la Misión Topográfica de Radar Shuttle (SRTM) (Tran *et al.*, 2022). La misma, proporciona datos de elevación global con un espaciado de 1 segundo de arco y un error cuadrático medio de 5.30 ± 6.05 m en dirección vertical (Tran *et al.*, 2022).

Modelamiento SWAT

Se aplicó el modelo SWAT sustentado en datos fisiográficos que permitió simular diversos escenarios hidrológicos y analizar las variables del equilibrio hídrico como se expresa en la ecuación 1. Esta herramienta posibilita una evaluación tanto espacial como temporal de los procesos hidrológicos. El proceso de parametrización del modelo SWAT se muestra en la Figura 1, en la misma se detallan los datos involucrados de entrada y salida en la simulación.

Calibración y validación del modelo SWAT

SWAT-CUP, un software especializado en la calibración de modelos hidrológicos como SWAT, que fue utilizado en este estudio como muestra la Figura 1. Según Abbaspour (2013) este calibrador incluye cinco algoritmos: Ajuste de Incertidumbre Secuencial (SUFI-2), Optimización por Enjambre de Partículas (PSO), Estimación Generalizada de la Probabilidad (GLUE), Solución de Parámetros (ParaSol) y Métodos de Inferencia Bayesiana (MCMC).

Se aplicó el algoritmo SUFI-2 para la calibración del modelo debido a su capacidad para gestionar de manera efectiva la incertidumbre asociada a una amplia gama de factores, desde las variables de entrada hasta los datos observados. (Weber & Ocampo, 2019).

Tal como define para realizar el proceso de calibración para la producción de escurrimiento y flujo de agua subterránea, existen algunos parámetros que presentan cierto grado de sensibilidad como las constantes de recesión de flujo base y de banco, conductividades hidráulicas, curvas número entre otros.

Para la evaluación del desempeño predictivo del modelo SWAT se emplearon tres indicadores estadísticos ampliamente utilizados en hidrología: el coeficiente de determinación (R^2), el índice de Nash-Sutcliffe (NSE) y el sesgo porcentual (PBIAS) (Panda *et al.*, 2021).

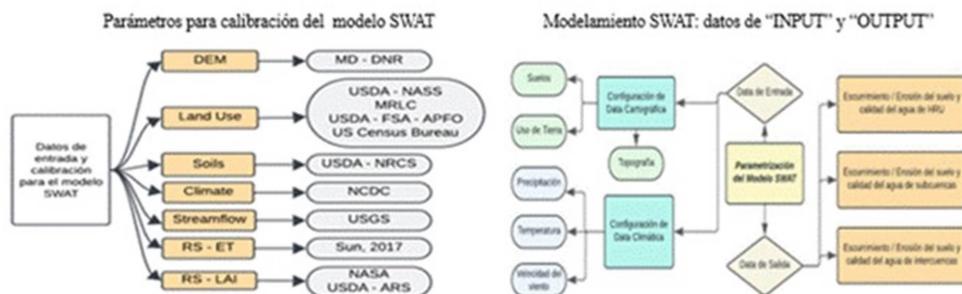


Figura 1. Parámetros para calibración del modelamiento swat: datos de “input” y “output”

Los indicadores del rendimiento del modelo SWAT como el R^2 , NSE y PBIAS oscilan entre menores que 0.7 a mayores a 0.85, menores que 0.5 a mayor que 0.75 y menor que 1, y mayor que ± 25 a menor que ± 10 , respectivamente (Moriasi *et al.*, 2007). La calificación de desempeño de acuerdo a los resultados puede ser insatisfactorio, satisfactorio, bueno y muy bueno.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los parámetros geomorfológicos de la cuenca del río Quilca-Vítor-Chili presenta un parámetro geométrico de área total de 13430.04 km² con un área de cuenca de recepción 7498.3 km², y cuenca de húmeda 2504.9 km². Las características del sistema de drenaje mostraron un orden de la corriente de agua tipo 6 que repercute en una densidad de drenaje de 0.458 km/km² y longitud media de la escorrentía superficial de 548.25 m. Mientras que, las características del relieve se extienden desde altitudes de 416 m.s.n.m. a 6252 m.s.n.m. con un pendiente de la cuenca de 16.85% y pendiente del flujo con máximo recorrido de 1.47%. Todo ello, es indicativo de se trata de una cuenca con alta capacidad de generar escorrentía, riesgo moderado de erosión e inundación, y potencial para manejo mixto.

Se identificaron 49 estaciones hidrometeorológicas en la cuenca que se instalaron desde el año 1922 hasta el 2002. De estas, 17 estaciones se encuentran en funcionamiento con sus variables meteorológicas hasta la actualidad. Las temperaturas en la región son significativamente variables con registros mínimos de -7.4° a máximas de 27.5° y lluvias anuales promedio de 274 mm. En cuestión a los valores de la evaporación tienden a disminuir cuando aumenta la altura sobre el nivel del mar, lo cual representan unas fluctuaciones para la cuenca de 1366 mm/año a 3055 mm/año.

La Figura 2 muestra los valores de la curva número que oscilan desde el 60 al 95. Los valores bajos de curva número es indicativo de condiciones favorables del suelo para la ocurrencia de la infiltración de las precipitaciones y escasas escorrentía. En este aspecto, el 68% de la cuenca esta sobre una curva número de 78 lo cual presenta una infiltración moderada que usualmente se asocia con grupo B o C.

El tipo de suelo de la cuenca se representa en la Figura 2. Se obtuvo en la cuenca existen cuatro tipos de suelos el Leptosol dísticos - Andosol úmbrico (LPd-ANu-R), Leptosol dísticos - Afloramiento lítico (LPq-R), Solonchak

háplico - Leptosol éutrico (SCh-LPe), Leptosol dísticos - Andosoles vítricos (LPd-ANz) Que representan el 7.07%, 14.39%, 24.47% y 54.07% del área total de la cuenca. De acuerdo a sus implicancias para el manejo del agua el área de suelo de mayor magnitud es el LPd-ANz poseen baja retención de agua en sectores Leptosoles, alta retención en los Andosoles vítricos y pueden afectar la infiltración, escorrentía y recarga hídrica

Respecto a la cobertura del suelo se representa en la Figura 2. Se obtuvo con mayor magnitud el tipo de suelo con cultivos agropecuarios con valor del 21.75% y con escasa vegetación el 54.28%. Este último aspecto, significa hidrológicamente que la poca cobertura vegetal reduce la infiltración del agua de lluvia, aumentando el caudal de escurrimiento directo y la posibilidad de crecidas súbitas. Asimismo, es menor retención de agua en el suelo, por lo cual se pierde parte del efecto "esponja" que tiene una cobertura densa del suelo. En otras instancias, se clasifican la cobertura del suelo con cuerpos de agua, tierras de secano, áreas urbanas y praderas que representaron el 1.07%, 1.33%, 7.71% y 13.86% respectivamente.

Análisis de sensibilidad

Al realizar un análisis de sensibilidad del modelo SWAT se detectaron como parámetros sensibles importantes el número de curva de escorrentía (CN2), un indicador que permite calcular la capacidad de absorción del suelo y que se fundamenta en el método SCS. Esto influye en un impacto significativo en la simulación de los flujos. Además, el GW DELAY y ALPHA_BF también presentaron una deficiencia notoria, así como la pendiente media (HRU_SLP) y la conductividad hidráulica saturada (SOL_K). No obstante, todo ello, facilitó la fase de calibración del modelo hidrológico.

Parámetros de calibración y validación

Para mejorar la calidad de la simulación, se realizó una calibración del modelo hídrico SWAT utilizando el algoritmo SWAT - CUP. Previamente, se identificaron y ajustaron los parámetros más sensibles del modelo con el fin de evaluar la incertidumbre de los resultados aplicando el método SUFI - 2. La simulación se ejecutó para un período de 16 años, desde 2024 hasta 2040. Los resultados de la calibración y validación, evaluados mediante los hidrogramas, mostraron un buen ajuste del modelo, con valores de NSE de 0.77 y 0.72, respectivamente.



Figura 2. Curva número y tipo de suelo.

En la Figura 3 se muestran los valores de caudales observados y simulados. Se observa que existe una adecuada predicción de los caudales de escorrentía de la cuenca para un margen de error de $NSE=0.77$. Las curvas de caudales observados presentan una tendencia ligeramente superior a los simulados lo cual es indicativo de una subestimación del modelo SWAT para las condiciones de entrada. Sin embargo, se logró identificar que en las condiciones actuales existe una oferta de caudal medio anual de $11.54 \text{ m}^3/\text{s}$, pero una demanda de agua para el abastecimiento a la población de $33.9 \text{ m}^3/\text{s}$ y en el sector agrícola de $65.3 \text{ m}^3/\text{s}$. Por tanto, se demuestra un déficit hídrico del 86.83% y a su vez se visualiza la necesidad urgente de implementar mejores estrategias de gestión hídrica.

Calibración del modelo

El proceso de calibración del año 2024 al año 2040 el valor del R^2 fue de 0.71, el PBIAS de -3.81% y NSE de 0.77. Según lo indicado por Moriasi *et al.* (2007) la calificación de rendimiento es satisfactoria, con un PBIAS negativo el cual indica que el modelo estaría sobreestimado. También se puede apreciar que los valores del caudal simulado se encuentran dentro del caudal observado lo que indicaría que el modelo para simular el flujo corriente fue satisfactorio.

Validación del modelo

Para el caso de la validación con un periodo de 2024 a 2040, el coeficiente R^2 fue de 0.75 con un PBIAS de -18.4% y NSE de 0.72. En concordancia con Moriasi *et al.* (2007) estos valores se encuentran dentro del rango aceptable.

Al comparar los resultados obtenidos con Juma *et al.* (2022) se observa que los valores de la investigación

NSE de 0.77 y 0.72 para calibración y validación respectivamente, son ligeramente inferiores. Juma *et al.* (2022) reportaron un NSE de 0.89 en la calibración y PBIAS de 10.2%, por lo cual sugieren una sobreestimación del modelo, situación que se acentúa en la validación para NSE = 0.74 y PBIAS = -12.6%. En contraste, los resultados alcanzados, aunque ligeramente inferiores a los reportados se consideran satisfactorios y dentro del rango aceptable, según los criterios establecidos.

CONCLUSIONES

- El análisis del escenario hidrológico en la situación actual y futuras pone de manifiesto una evidente presencia de estrés hídrico en la cuenca, el cual se ve reflejado por la insuficiencia del caudal disponible para satisfacer las demandas hídricas de la población y del sector agrícola. Existiendo un agravamiento de la escasez para escenarios futuros por efecto de la variabilidad climática, del crecimiento poblacional y la proliferación de la actividad agrícola, lo que compromete la sostenibilidad del recurso.
- La continuidad del déficit hídrico puede comprometer la seguridad del abastecimiento de agua potable, la productividad agrícola y la estabilidad socioeconómica de la cuenca, especialmente en las áreas geográficas de mayor concentración poblacional y agrícola. Por tanto, los resultados extraídos marcan la necesidad de implementar estrategias de gestión integrada de los recursos hídricos que incluyan la eficiencia del uso del agua, la priorización del uso humano, la modernización del riego y la protección de las zonas de recarga hídrica.

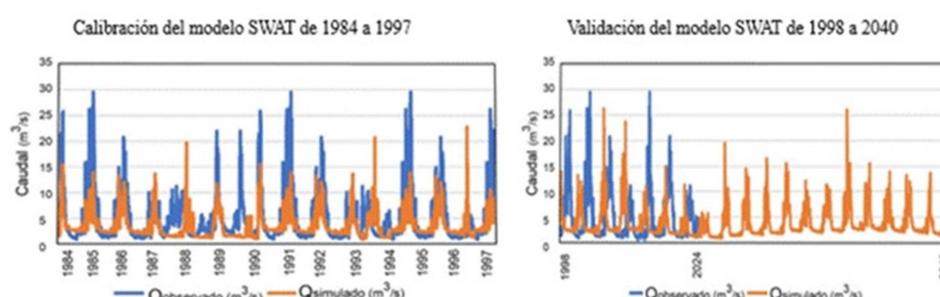


Figura 3. Calibración del modelo swat de 1984 a 1997 y validación del modelo swat de 1998 a 2040.

- Para futuras investigaciones se recomienda un mayor análisis de sensibilidad producto que el modelamiento SWAT está influenciado por la información de entrada referente a las características hidrometeorológicas y del suelo, lo cual repercute en una mayor precisión. En conjunto, analizar variables y datos por medio de técnicas tecnológicas avanzadas como inteligencia artificial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBASPOUR, K. C. (2013). SWAT-CUP 2013: SWAT Calibration and Uncertainty Programs-A User Manual. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3048706>
- ANA (2023) "Plan actualizado de gestión de recursos hídricos de la cuenca Quilca Chili, actualizado al 2023," Repositorio Institucional - ANA, Accessed: Junio. 08, 2025. Available: <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/5656>
- DOUGLAS-MANKIN, N. K. R., SRINIVASAN, N. R., & ARNOLD, N. J. G. (2010). Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model: current developments and applications. *Transactions of the ASABE*, 53(5), 1423-1431. <https://doi.org/10.13031/2013.34915>
- DRENKHAN, F., & CASTRO-SALVADOR, S. (2023). Una aproximación hacia la seguridad hídrica en los Andes tropicales: desafíos y perspectivas. *Revista Kawsaypacha Sociedad Y Medio Ambiente*, 12. <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202302.a006>
- AUTOR, G. AND QUIJANO, J. F. (2018) "Estudio hidrológico de las cuencas Camaná, Majes, Sihuas, Quilca - Vitor - Chili con información satelital," Universidad Nacional Agraria La Molina. Accessed: Junio. 08, 2025. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3530>
- Ghajarnia, N., Bende-Michl, U., Sharples, W., Carrara, E., & Tijs, S. (2025). Evolving patterns of compound heat and water stress conditions: Implications for agriculture futures in Australia. *Agricultural Water Management*, 316, 109573. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2025.109573>
- Guug, S. S., Abdul-Ganiyu, S., & Kasei, R. A. (2020). Application of SWAT hydrological model for assessing water availability at the Sherigu catchment of Ghana and Southern Burkina Faso. *HydroResearch*, 3, 124-133. <https://doi.org/10.1016/j.hydres.2020.10.002>
- CARPIO, F. J., QUISPE, Y. B., PEÑA, L. F., AND SULCA, O. P. (2022) "Hidrogeología de la cuenca del río Quilca - Vitor - Chili (132)" Repositorio Institucional INGEMMET, Accessed: Junio. 08, 2025. Available: <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/3885>
- Juma, L. A., Nkongolo, N. V., Raude, J. M., & Kiae, C. (2022). Assessment of hydrological water balance in Lower Nzoia Sub-catchment using SWAT-model: towards improved water governance in Kenya. *Heliyon*, 8(7), e09799. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09799x>
- Krause, P., Boyle, D. P., & Bäse, F. (2005). Comparison of different efficiency criteria for hydrological model assessment. *Advances in Geosciences*, 5, 89-97. <https://doi.org/10.5194/adgeo-5-89-2005>
- Moriasi, N. D. N., Arnold, N. J. G., Van Liew, N. M. W., Bingner, N. R. L., Harmel, N. R. D., & Veith, N. T. L. (2007). Model Evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE*, 50(3), 885-900. <https://doi.org/10.13031/2013.23153>
- Motschmann, A., Teutsch, C., Huggel, C., Seidel, J., León, C. D., Muñoz, R., Sienel, J., Drenkhan, F., & Weimer-Jehle, W. (2022). Current and future water balance for coupled human-natural systems - Insights from a glacierized catchment in Peru. *Journal of Hydrology Regional Studies*, 41, 101063. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101063>
- Nevermann, H., Aminzadeh, M., Madani, K., & Shokri, N. (2024). Quantifying water evaporation from large reservoirs: Implications for water management in water-stressed regions. *Environmental Research*, 262, 119860. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.119860>
- Panda, C., Das, D. M., Sahoo, B. C., Panigrahi, B., & Singh, K. K. (2021). Spatio-temporal modeling of surface runoff in ungauged sub-catchments of Subarnarekha river basin using SWAT. *MAUSAM*, 72(3), 597-606. <https://doi.org/10.54302/mausam.v72i3.1309>
- Ramos, D. R. L., & Delgado, E. F. B. (2022). Evaluación de la sostenibilidad de cuencas hidrográficas. Estudio de caso: Cuenca del Chili, Arequipa-Perú. *Revista Alfa*, 6(18), 453-462. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v6i18.182>
- SRTM | Datos terrestres de la NASA." Accessed: Jun. 08, 2025. Available: <https://www.earthdata.nasa.gov/data/instruments/srtm>
- Tran, T., Nguyen, B. Q., Vo, N. D., Le, M., Nguyen, Q., Lakshmi, V., & Bolten, J. D. (2022). Quantification of global Digital Elevation Model (DEM) - A case study of the newly released NASADEM for a river basin in Central Vietnam. *Journal of Hydrology Regional Studies*, 45, 101282. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101282>
- Visera SIG - Balance hídrico de SENAMHI. Accessed: Jun. 08, 2025. Available: <https://idesep.senamhi.gob.pe/balance-hidrico/>
- Weber, J. F., & Ocampo, S. B. (2019). Calibración del modelo hidrológico SWAT para una cuenca de la región serrana de Córdoba (Argentina). *AQUA-LAC*, 11(1), 34-54. <https://doi.org/10.29104/phi-aqua-lac/2019-v11-1-03>