

Revisión sistemática del modelo SWAT como herramienta para evaluar el balance hídrico ante el cambio climático en Perú (2019-2024)

Resumen



Fidel Aparicio Roque¹ 

daparicior@unasam.edu.pe

Carlos Calvo Toledo¹ 

ccalvot@unasam.edu.pe

Eugenio Mejía Zúñiga¹ 

emejaz@unasam.edu.pe

El cambio climático ha cobrado creciente relevancia en la investigación científica a nivel mundial, especialmente en lo que respecta a su impacto sobre la disponibilidad y gestión de los recursos hídricos. En este contexto, diversos modelos hidrológicos han sido empleados para estimar el balance hídrico con mayor precisión. Entre ellos, el modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tool) ha destacado por su capacidad de simular procesos hidrológicos en diferentes escenarios climáticos. El objetivo del presente estudio fue realizar una revisión sistemática del uso del modelo SWAT como herramienta para evaluar el balance hídrico en el contexto del cambio climático en el Perú, en el periodo comprendido entre 2019 y 2024. La metodología se basó en las directrices de la declaración PRISMA, lo que permitió una búsqueda rigurosa y estructurada de literatura científica en las bases de datos Scopus, ScienceDirect y SciELO. Se identificaron y analizaron un total de 41 artículos: 39 provenientes de Scopus, 2 de ScienceDirect y ninguno de SciELO. Los resultados evidencian que el modelo SWAT ha sido ampliamente utilizado en diferentes tipos de cuencas hidrográficas del país, mostrando una alta adaptabilidad a diversas condiciones geográficas y disponibilidad de datos. Se concluye que el modelo SWAT constituye una herramienta robusta y confiable para la estimación del balance hídrico ante escenarios de cambio climático, además de ser útil para apoyar una gestión sostenible de los recursos hídricos en el Perú. modelo SWAT ha sido ampliamente utilizado en diferentes tipos de cuencas hidrográficas del país, mostrando una alta adaptabilidad a diversas condiciones geográficas y disponibilidad de datos. Se concluye que el modelo SWAT constituye una herramienta robusta y confiable para la estimación del balance hídrico ante escenarios de cambio climático, además de ser útil para apoyar una gestión sostenible de los recursos hídricos en el Perú.

Palabras clave: Cambio climático; Balance hídrico; Modelo SWAT; Revisión sistemática.

“**Cómo citar este artículo:** Revisión sistemática del modelo SWAT como herramienta para evaluar el balance hídrico ante el cambio climático en Perú (2019-2024). (2025). *Aporte Santiaguino*, 18(2), pp. <https://doi.org/10.32911/as.2025.v18.n2.1325>.”



¹Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo - Huaraz - Perú.

Recibido: 2025-08-02 | Aceptado: 2025-20-12



Systematic Review of the SWAT Model as a Tool to Assess Water Balance under Climate Change in Peru (2019–2024)

Climate change has gained increasing importance in scientific research worldwide, particularly regarding its impact on water resource availability and management. In this context, various hydrological models have been employed to estimate the water balance with greater accuracy. Among them, the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) has stood out for its ability to simulate hydrological processes under different climate scenarios. The objective of this study was to conduct a systematic review of the use of the SWAT model as a tool to assess water balance in the context of climate change in Peru, during the period from 2019 to 2024. The methodology followed the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) guidelines, allowing for a rigorous and structured search of scientific literature in the Scopus, ScienceDirect, and SciELO databases. A total of 41 articles were identified and analyzed: 39 from Scopus, 2 from ScienceDirect, and none from SciELO. The results show that the SWAT model has been widely used in different types of watersheds across the country, demonstrating high adaptability to diverse geographic conditions and data availability. It is concluded that the SWAT model is a robust and reliable tool for estimating water balance under climate change scenarios, and it can support the sustainable management of water resources in Peru.

Keywords: Climate change; Hydric balance; SWAT model; Systematic review.

Introducción

En los últimos años, se les atribuye una responsabilidad grande a las labores rutinarias de las personas por las emisiones de gases de efecto invernadero en el mundo que son parte del cambio climático (Sahana & Timbadiya, 2020a). A la vez, el incremento de los grados de temperatura, como consecuencia de estos cambios, genera una variación en el ciclo hidrológico, modificando el ciclo de las lluvias, la humedad del suelo y la escorrentía superficial (Adhikari & Nejadhashemi, 2016). La tierra y agua son elementos imprescindibles y esenciales para la sobrevivencia humana, desarrollo del ecosistema y progreso monetario de los países (Uniyal et al., 2015).

La proyección del cambio climático para el presente siglo no es alentadora para el equilibrio hidrológico en muchas cuencas fluviales. (Zhao et al., 2023) En la especialidad de hidrología, las nociones de resistencia y resiliencia, que se trabajan en el terreno de ecología, son dos parámetros que se usa para medir la respuesta de las cuencas al cambio climático (Venegas-Cordero et al., 2023). La concepción de resiliencia hidrológica se manifiesta como la capacidad de una cuenca para mantener la estabilidad en diversos estados de equilibrio hidrológico (Liu et al., 2020).

Los recursos hídricos vienen siendo afectados significativamente ante el cambio climático. Es necesario planificar cómo adaptarse a estos cambios y cómo mitigarlos en los recursos hídricos (Taye et al., 2018). Para que los países puedan mitigar y adaptarse a los impactos del cambio climático futuro y aumentar la resiliencia, los formuladores de políticas y los profesionales deben tener acceso a información sólida sobre cómo el cambio climático futuro afectará a sectores críticos en sus países (Zhang et al., 2022). Sin embargo, el Quinto Informe de Evaluación del Grupo de Trabajo II del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) indicó una

importante brecha de conocimiento sobre los impactos del futuro cambio climático en sectores críticos en diferentes regiones (Tangang et al., 2020).

Los modelos climáticos globales (MCG) son una herramienta útil para evaluar el cambio climático futuro bajo diferentes escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero (Badora et al., 2022). En los últimos años, las proyecciones climáticas futuras se han derivado principalmente de la quinta fase de Proyectos de Intercomparación de Modelos Acoplados (CMIP5) ya que CMIP5 consta de GCM con mayor resolución espacial, generando así resultados más confiables que abordan una variedad más amplia de cuestiones científicas de interés (Jiménez-Navarro et al., 2021). Las Rutas de Concentración Representativas (RCP) proporcionan un escenario de emisiones aproximado para el año 2100. RCP 8.5 representa un escenario futuro de emisiones de gases de efecto invernadero en gran medida incontrolado, y RCP 4.5 representa escenarios intermedios de emisiones de gases de efecto invernadero. El enfoque general utilizado para evaluar los impactos del cambio climático en los regímenes hidrológicos es forzar modelos predictivos de cuencas basados en procesos con GCM bajo diferentes RCP (Abesh et al., 2022).

Los procesos hidrológicos de una cuenca pueden representarse matemáticamente, y esta representación matemática se denomina comúnmente modelo hidrológico. Muchos de estos modelos han evolucionado a lo largo del tiempo desde simples modelos agrupados a modelos semidistribuidos y totalmente distribuidos basados en la física (Sahana & Timbadiya, 2020a).

El uso de resultados del modelo de circulación general (GCM) reducido a escala para impulsar modelos hidrológicos es muy útil para evaluar el impacto del cambio climático en los recursos hídricos. La incorporación de varios

GCM y escenarios de cambio climático permite a los investigadores evaluar múltiples escenarios futuros, que representan incertidumbres a gran escala asociadas con proyecciones futuras (Adhikari & Nejadhashemi, 2016).

Entre los modelos hidrológicos destaca la Soil and Water Assessment Tool (SWAT), ampliamente aceptada como herramienta para evaluar futuras decisiones de gestión relacionadas con el hidroclima (Jodar-Abellan et al., 2018). Es uno de los modelos a escala de cuencas hidrográficas y fluviales más utilizados (Getachew Mengistu et al., 2023). SWAT es particularmente adecuado para estudios de impacto del cambio climático debido a la incorporación de procesos que describen el efecto de los factores ambientales y climáticos sobre el crecimiento de las plantas, la evapotranspiración, la generación de escorrentía y el balance hídrico (Adhikari & Nejadhashemi, 2016). ¿El modelo SWAT es usado en las investigaciones peruanas? ¿Cómo se ha evaluado el balance hídrico frente al cambio climático en Perú? ¿Cuáles son las herramientas usadas para el balance hídrico en Perú?

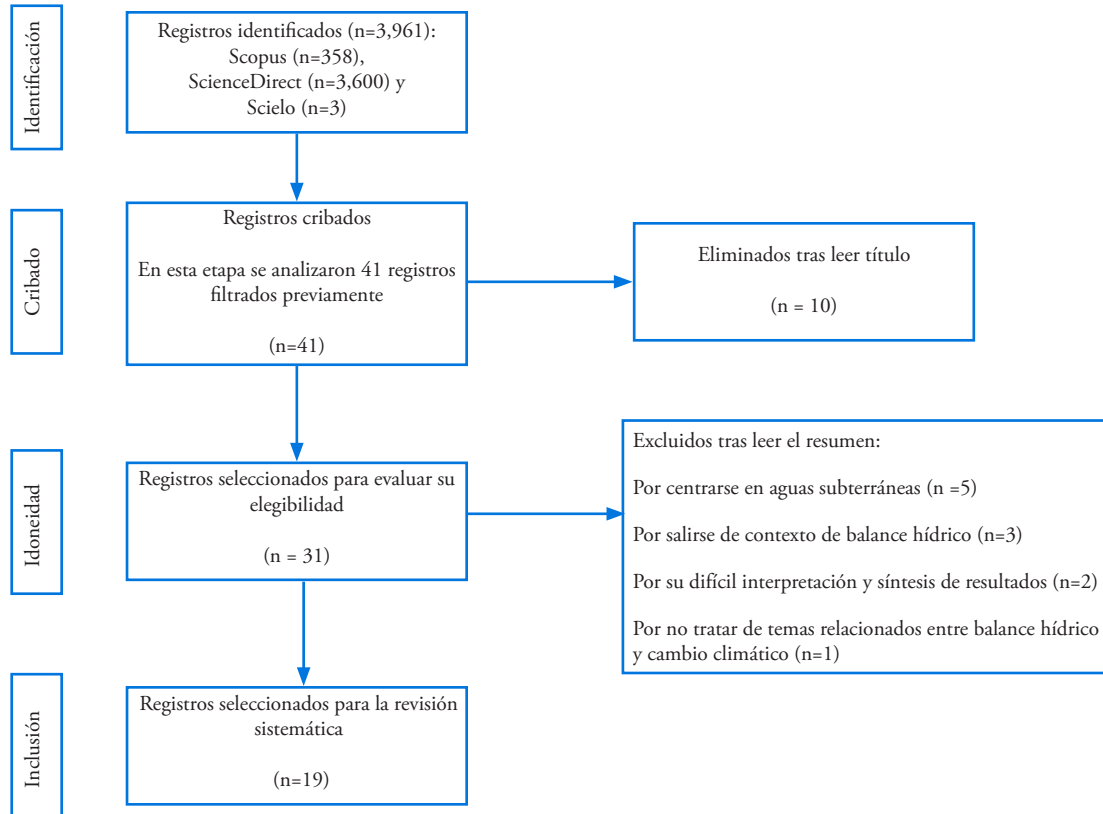
Es por ello que se tiene como objetivo realizar una revisión a partir del año 2019 hasta el 2024 del empleo del modelo SWAT como herramienta para determinar el balance hídrico frente al cambio climático en Perú, mediante la búsqueda y revisión sistemática de artículos publicados en bases de datos internacionales (Scopus, ScienceDirect y Scielo).

Materiales y métodos

El presente estudio de revisión sistemática se realizó mediante la búsqueda y análisis de artículos científicos publicados en plataformas de información científica internacionales, específicamente en Scopus, ScienceDirect y SciELO, durante el mes de marzo de 2024. Para asegurar el rigor y la transparencia metodológica, se siguieron las directrices establecidas por la declaración PRISMA 2020 (Figura 1).

Figura 1

Diagrama de flujo de la declaración PRISMA 2020 en cuatro niveles

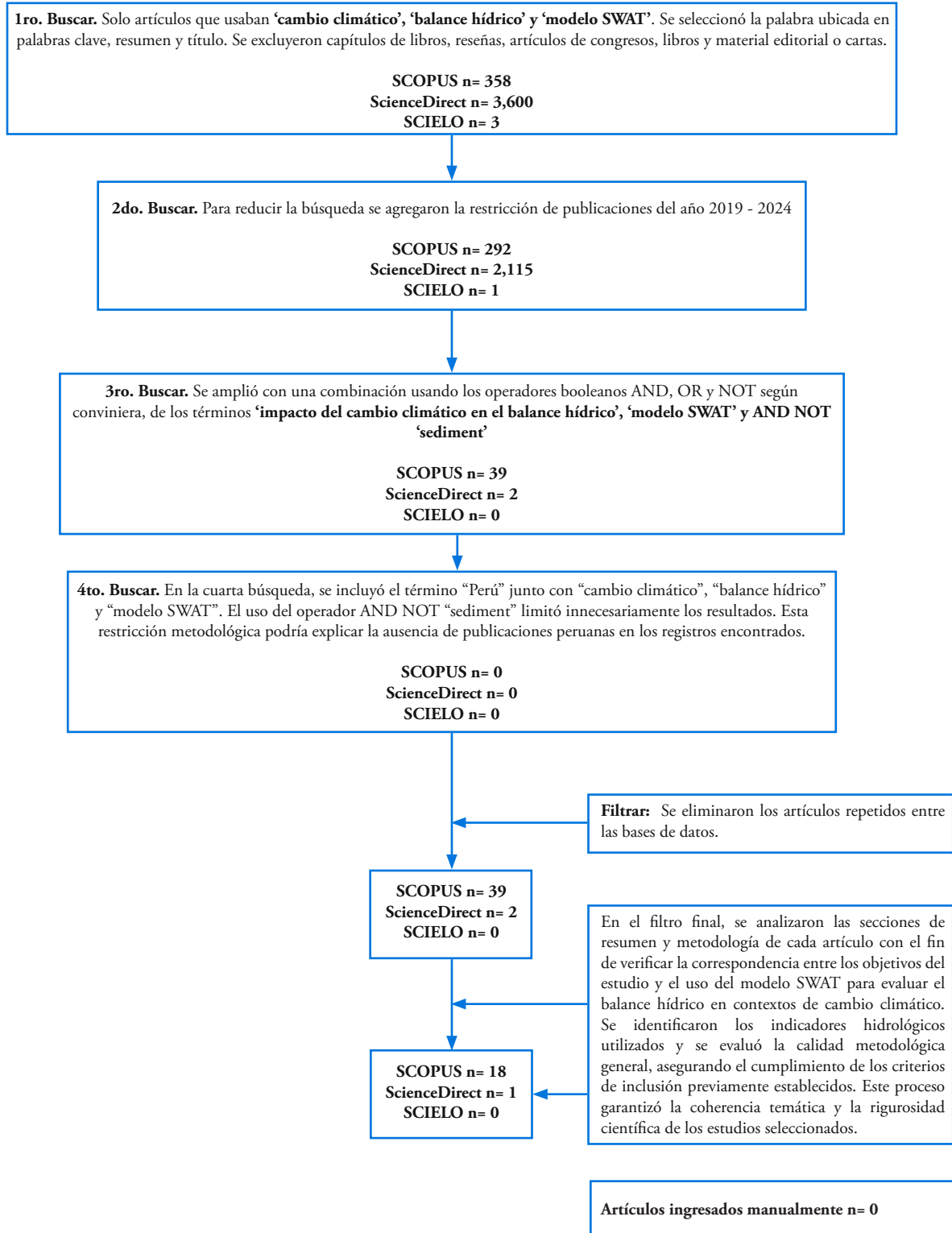


Teniendo en cuenta que las búsquedas se limitaron solo a artículos científicos, teniendo como criterios de inclusión a que se traten de investigaciones originales, que sean investigaciones publicadas a partir del año 2019 al año 2024, que hablen del cambio climático, que traten del balance hídrico empleando la herramienta SWAT

y que tenga una relación entre el cambio climático y escenarios empleando SWAT. Como criterios de exclusión fueron considerados los que no estén dentro del área temática de las ciencias agrícolas, medioambientales e ingeniería. Los artículos publicados antes del 2019 y los artículos que incluyan ‘transporte de sedimento’.

Figura 2

Diagrama del proceso de búsqueda y selección de artículos



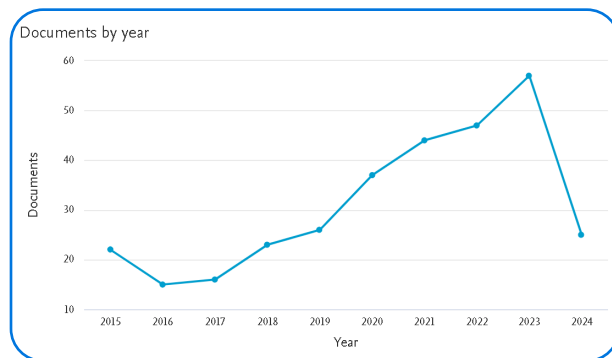
Para este trabajo se usaron las bases de datos de Scopus, ScienceDirect y Scielo. Se tomaron en consideración solo los artículos publicados hasta el mes de marzo, los artículos seleccionados fueron compilados en una base de datos. Posteriormente, cada uno de ellos fue leído atentamente prestando especial atención a responder las preguntas específicas previamente definidas.

Resultados y discusión

En la identificación, se encontró que en Scopus existía un total de 358; en ScienceDirect, 3600 y en Scielo, 3 documentos que contenían en el título del artículo, el resumen y en los Keywords los términos seleccionados sin ninguna restricción.

Figura 3

Documentos por año de publicación

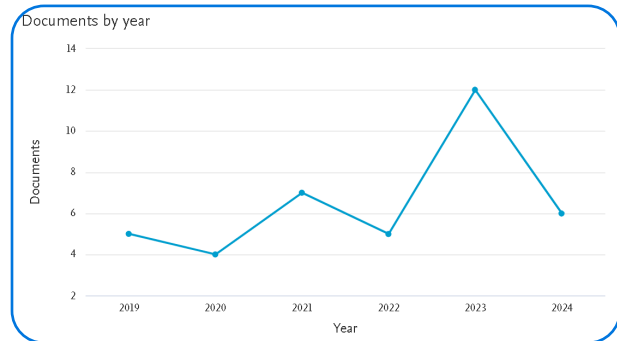


Nota. La figura muestra la cantidad de documentos sin restricciones al 2024.

Como primera restricción se consideró el año de publicación de 2019-2024. En Scopus se encontró un total de 292; en ScienceDirect, 2115 y en Scielo, 1 documento.

Figura 4

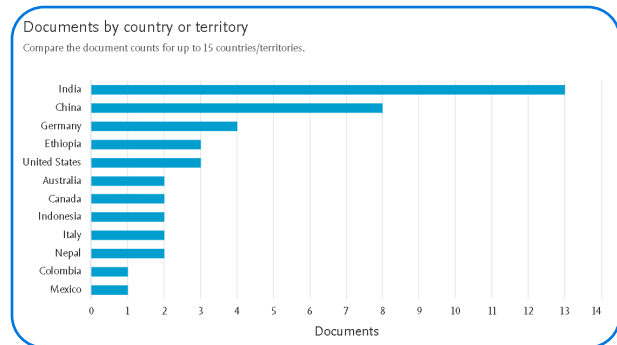
Documentos por año de publicación de 2019-2024



Posteriormente, el proceso de búsqueda fue ampliado mediante el uso de operadores booleanos (AND, OR, NOT) para optimizar la combinación de los términos clave: “cambio climático”, “balance hídrico” y “modelo SWAT”. Esta estrategia permitió refinar los resultados obteniendo un total de 39 artículos en la base de datos Scopus, 2 en ScienceDirect y ninguno en SciELO.

Figura 5

Países versus la cantidad de publicaciones



Conclusiones

Los resultados de la presente revisión sistemática evidencian que, si bien no se identificaron publicaciones científicas indexadas en bases de datos internacionales que aborden específicamente el uso del modelo SWAT para evaluar el balance hídrico frente al cambio climático en el contexto peruano, ello no implica la inexistencia de investigaciones nacionales en la materia. Por el contrario, esta ausencia revela una limitación significativa en la visibilidad, internacionalización y difusión de la producción científica desarrollada en el país.

El análisis de los artículos seleccionados muestra que países como India, China, Alemania, Etiopía y Estados Unidos lideran la investigación aplicada del modelo SWAT en escenarios de cambio climático. Estos contextos representan referentes metodológicos y estratégicos que pueden ser considerados como modelos para fortalecer la investigación y publicación científica en América Latina, en particular en el Perú.

Asimismo, se identifica una tendencia creciente en el uso del modelo SWAT como herramienta analítica robusta para la evaluación del balance hídrico en distintos escenarios climáticos. Su aplicabilidad, flexibilidad y capacidad para integrar múltiples fuentes de datos lo posicionan como un instrumento fundamental para el análisis hidrológico de cuencas en regiones vulnerables. Este hallazgo resulta especialmente relevante para países en vías de desarrollo que enfrentan desafíos hídricos críticos ante escenarios futuros de cambio climático.

La consistencia de los resultados reportados en las investigaciones analizadas respalda la fiabilidad del modelo SWAT, evidenciando su potencial para generar información técnica de calidad que contribuya tanto a la toma de decisiones en la gestión del recurso hídrico como

a la formulación de políticas de adaptación al cambio climático.

Finalmente, el reducido número de artículos que cumplen con los criterios de esta revisión pone en evidencia la necesidad urgente de fomentar la publicación científica de investigaciones aplicadas desarrolladas en Perú. Se recomienda impulsar políticas institucionales orientadas a fortalecer la divulgación de la producción académica nacional en repositorios de acceso abierto y revistas científicas indexadas, con el fin de integrar el conocimiento local al debate global sobre el cambio climático y la seguridad hídrica.

Referencias

- Abesh, B. F., Jin, L., & Hubbard, J. A. (2022). Predicting Climate Change Impacts on Water Balance Components of a Mountainous Watershed in the Northeastern USA. *Water* 2022, Vol. 14, Page 3349, 14(20), 3349. <https://doi.org/10.3390/W14203349>
- Adhikari, U., & Nejadhashemi, A. P. (2016). Impacts of Climate Change on Water Resources in Malawi. *Journal of Hydrologic Engineering*, 21(11), 05016026. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0001436](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001436)
- Adnan, M., Kang, S., Saifullah, M., Liu, S., Zhang, G., Zhao, Q., Faiz, M. A., & Zaman, M. (2021). Prediction of changes in water balance of Nam Co Lake under projected climate change scenarios. *Hydrological Sciences Journal*, 66(11), 1712–1727. <https://doi.org/10.1080/02626667.2021.1957474>

- Badora, D., Wawer, R., Nierobca, A., Krol-Badziak, A., Kozyra, J., Jurga, B., & Nowocien, E. (2022). Modelling the Hydrology of an Upland Catchment of Bystra River in 2050 Climate Using RCP 4.5 and RCP 8.5 Emission Scenario Forecasts. *Agriculture 2022, Vol. 12, Page 403, 12(3)*, 403. <https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE12030403>
- Bharati, L., Bhattarai, U., Khadka, A., Gurung, P., Neumann, L. E., Penton, D. J., Dhaubanjari, S., & Nepal, S. (n.d.). *From the Mountains to the Plains: Impact of Climate Change on Water Resources in the Koshi River Basin IWMI Working Paper*. Retrieved March 30, 2024, from www.iwmi.org
- Bizhanimanzar, M., Larocque, M., & Roux, M. (2024). Improvement of Soil Water Assessment Tool (SWAT) wetland module for modelling of ephemeral pond hydrology. *Hydrological Processes, 38(3)*. <https://doi.org/10.1002/HYP.15114>
- Gabiri, G., Leemhuis, C., Diekkrüger, B., Näschen, K., Steinbach, S., & Thonfeld, F. (2019). Modelling the impact of land use management on water resources in a tropical inland valley catchment of central Uganda, East Africa. *Science of the Total Environment, 653*, 1052–1066. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.430>
- Gasirabo, A., Xi, C., Kurban, A., Liu, T., Baligira, H. R., Umuhoza, J., Umugwaneza, A., & Dufatanye Edovia, U. (2023). SWAT model calibration for hydrological modeling using concurrent methods, a case of the Nile Nyabarongo River basin in Rwanda. *Frontiers in Water, 5*, 1268593. <https://doi.org/10.3389/FRWA.2023.1268593/BIBTEX>
- Getachew Mengistu, A., Ayele Woldesenbet, T., Taddele Dile, Y., Kebede Bayabil, H., & Worku Tefera, G. (2023). *Modeling impacts of projected land use and climate changes on the water balance in the Baro basin, Ethiopia*. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13965>
- Jaiswal, R. K., Ali, S., & Bharti, B. (2020). Comparative evaluation of conceptual and physical rainfall–runoff models. *Applied Water Science, 10(1)*, 1–14. <https://doi.org/10.1007/S13201-019-1122-6/TABLES/7>
- Jiménez-Navarro, I. C., Jimeno-Sáez, P., López-Ballesteros, A., Pérez-Sánchez, J., & Senent-Aparicio, J. (2021). Impact of Climate Change on the Hydrology of the Forested Watershed That Drains to Lake Erken in Sweden: An Analysis Using SWAT+ and CMIP6 Scenarios. *Forests 2021, Vol. 12, Page 1803, 12(12)*, 1803. <https://doi.org/10.3390/F12121803>
- Jodar-Abellan, A., Ruiz, M., & Melgarejo, J. (2018). Evaluación del impacto del cambio climático sobre una cuenca hidrológica en régimen natural (SE, España) usando un modelo SWAT. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 35(3)*, 240–253. <https://doi.org/10.22201/CGEO.20072902E.2018.3.564>
- Kishawi, Y., Mittelstet, A. R., Adane, Z., Shrestha, N., & Nasta, P. (2022). The combined impact of redcedar encroachment and climate change on water resources in the Nebraska Sand Hills. *Frontiers in Water, 4*, 1044570. <https://doi.org/10.3389/FRWA.2022.1044570/BIBTEX>

- Kumar, M., Denis, D. M., Kundu, A., Joshi, N., & Suryavanshi, S. (2022). Understanding land use/land cover and climate change impacts on hydrological components of Usri watershed, India. *Applied Water Science*, 12(3), 1–14. <https://doi.org/10.1007/S13201-021-01547-6/FIGURES/8>
- Larbi, I., Hountondji, F. C. C., Dotse, S. Q., Mama, D., Nyamekye, C., Adeyeri, O. E., Koubodana, H. D. na, Odoom, P. R. E., & Asare, Y. M. (2021). Local climate change projections and impact on the surface hydrology in the Vea catchment, West Africa. *Hydrology Research*, 52(6), 1200–1215. <https://doi.org/10.2166/NH.2021.096>
- Liu, J., Xue, B., Yinglan, A., Sun, W., & Guo, Q. (2020). Water balance changes in response to climate change in the upper Hailar River Basin, China. *Hydrology Research*, 51(5), 1023–1035. <https://doi.org/10.2166/NH.2020.032>
- López-Lambrano, A. A., Martínez-Acosta, L., Gámez-Balmaceda, E., Medrano-Barboza, J. P., López, J. F. R., & López-Ramos, A. (2020). Supply and Demand Analysis of Water Resources. Case Study: Irrigation Water Demand in a Semi-Arid Zone in Mexico. *Agriculture 2020, Vol. 10, Page 333*, 10(8), 333. <https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE10080333>
- Marhaento, H., Booij, M. J., Rahardjo, N., & Ahmed, N. (2021). Impacts of forestation on the annual and seasonal water balance of a tropical catchment under climate change. *Forest Ecosystems*, 8(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/S40663-021-00345-5/FIGURES/7>
- McGinn, A. J., Wagner, P. D., Htike, H., Kyu, K. K., & Fohrer, N. (2021). Twenty years of change: Land and water resources in the Chindwin catchment, Myanmar between 1999 and 2019. *Science of The Total Environment*, 798, 148766. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.148766>
- Musie, M., Sen, S., & Srivastava, P. (2020). *Application of CORDEX-AFRICA and NEX-GDDP datasets for hydrologic projections under climate change in Lake Ziway sub-basin, Ethiopia*. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100721>
- Ntona, M. M., Busico, G., Mastrocicco, M., & Kazakis, N. (2023). Coupling SWAT and DPSIR models for groundwater management in Mediterranean catchments. *Journal of Environmental Management*, 344, 118543. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2023.118543>
- Pathak, S., Ojha, C. S. P., Shukla, A. K., & Garg, R. D. (2019). Assessment of Annual Water-Balance Models for Diverse Indian Watersheds. *Journal of Sustainable Water in the Built Environment*, 5(3), 04019002. <https://doi.org/10.1061/JSWBAY.0000881>
- Pirnia, A., Darabi, H., Choubin, B., Omidvar, E., Onyutha, C., & Haghghi, A. T. (2019). Contribution of climatic variability and human activities to stream flow changes in the Haraz River basin, northern Iran. *Journal of Hydro-Environment Research*, 25, 12–24. <https://doi.org/10.1016/J.JHER.2019.05.001>

- Prajapati, R. N., Ibrahim, N., Goyal, M. K., Thapa, B. R., & Maharjan, K. R. (2024). Ground water availability assessment for a data-scarce river basin in Nepal using SWAT hydrological model. *Water Supply*, 24(1), 254–271. <https://doi.org/10.2166/WS.2023.332>
- Ridwansyah, I., Yulianti, M., Apip, Onodera, S. ichi, Shimizu, Y., Wibowo, H., & Fakhrudin, M. (2020). The impact of land use and climate change on surface runoff and groundwater in Cimanuk watershed, Indonesia. *Limnology*, 21(3), 487–498. <https://doi.org/10.1007/S10201-020-00629-9/METRICS>
- Sahana, V., & Timbadiya, P. V. (2020a). Spatiotemporal Variation of Water Availability under Changing Climate: Case Study of the Upper Girna Basin, India. *Journal of Hydrologic Engineering*, 25(5), 05020004. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0001890](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001890)
- Sahana, V., & Timbadiya, P. V. (2020b). Spatiotemporal Variation of Water Availability under Changing Climate: Case Study of the Upper Girna Basin, India. *Journal of Hydrologic Engineering*, 25(5), 05020004. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0001890](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001890)
- Shukla, S., Jain, S. K., & Kansal, M. L. (2021). Hydrological modelling of a snow/glacier-fed western Himalayan basin to simulate the current and future streamflows under changing climate scenarios. *Science of The Total Environment*, 795, 148871. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.148871>
- Sorando, R., Comín, F. A., Jiménez, J. J., Sánchez-Pérez, J. M., & Sauvage, S. (2018). *Water resources and nitrate discharges in relation to agricultural land uses in an intensively irrigated watershed*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.023>
- Tangang, F., Chung, J. X., Juneng, L., Supari, Salimun, E., Ngai, S. T., Jamaluddin, A. F., Mohd, M. S. F., Cruz, F., Narisma, G., Santisirisomboon, J., Ngo-Duc, T., Van Tan, P., Singhruck, P., Gunawan, D., Aldrian, E., Sopaheluwakan, A., Grigory, N., Remedio, A. R. C., ... Kumar, P. (2020). Projected future changes in rainfall in Southeast Asia based on CORDEX-SEA multi-model simulations. *Climate Dynamics* 2020 55:5, 55(5), 1247–1267. <https://doi.org/10.1007/S00382-020-05322-2>
- Taye, M. T., Dyer, E., Hirpa, F. A., & Charles, K. (2018). Climate Change Impact on Water Resources in the Awash Basin, Ethiopia. *Water* 2018, Vol. 10, Page 1560, 10(11), 1560. <https://doi.org/10.3390/W10111560>
- Uniyal, B., Jha, M. K., & Verma, A. K. (2015). Assessing Climate Change Impact on Water Balance Components of a River Basin Using SWAT Model. *Water Resources Management*, 29(13), 4767–4785. <https://doi.org/10.1007/S11269-015-1089-5/METRICS>
- Uwamahoro, S., Liu, T., Nzabarinda, V., Li, Z. yang, Umugwaneza, A., Maniraho, A. P., Kayumba, P. M., Gulakhmadov, A., Anming, B., & Abdullaev, F. (2024). Climatic and anthropogenic impacts on the water balance of Issyk-Kul Lake through its main catchments. *Frontiers in Water*, 6, 1363039. <https://doi.org/10.3389/FRWA.2024.1363039/BIBTEX>

- Venegas-Cordero, N., Cherrat, C., Kundzewicz, Z. W., Singh, J., & Piniewski, M. (2023). Model-based assessment of flood generation mechanisms over Poland: The roles of precipitation, snowmelt, and soil moisture excess. *Science of The Total Environment*, 891, 164626. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2023.164626>
- Zhang, H., Wang, B., Liu, D. L., Leslie, L. M., Shi, L., Zhang, M., & Yu, Q. (2022). Individual and Coupled Effects of Future Climate and Land Use Scenarios on Water Balance Components in an Australian Catchment. *Atmosphere*, 13(9), 1428. <https://doi.org/10.3390/ATMOS13091428/S1>
- Zhao, G., Tian, S., Jing, Y., Cao, Y., Liang, S., Han, B., Cheng, X., & Liu, B. (2023). Establishing a quantitative assessment methodology framework of water conservation based on the water balance method under spatiotemporal and different discontinuous ecosystem scales. *Journal of Environmental Management*, 346, 119006. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2023.119006>