

Modelos de escorrentía superficial en la última década.

Una revisión bibliográfica

Pedro Garcia Ramirez

garp820203@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-2457-0695>

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

División Multidisciplinaria Cuauhtémoc,

Cd. Cuauhtémoc Chihuahua, México.

Luis Carlos Alatorre Cejudo

luis.alatorre@uacj.mx, luis.alatorre@conagua.gob.mx

<https://orcid.org/0000-0003-0837-3381>

Organismo de Cuenca Río Bravo. Comisión Nacional del Agua.

Monterrey, Nuevo León, México.

Luis Carlos Bravo Peña

luis.bravo@uacj.mx

<https://orcid.org/0000-0002-9825-3940>

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

División Multidisciplinaria Cuauhtémoc.

Cd. Cuauhtémoc Chihuahua, México.

RESUMEN

Este documento tiene como objetivo identificar modelos de escurrimientos superficiales en la última década. Se realizó una revisión de literatura y se encontraron 56 estudios publicados en los buscadores Google Scholar, Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (Redalyc), Difusión de Alerta en la Red (Dialnet), Scientific Electronic Library Online (SciELO) y Science Direct durante el periodo de 2012 hasta el 2022. La búsqueda se delimitó en artículo científico de libre acceso. Se generó una base de datos en Microsoft Excel 2010. Se registraron referencia, año de publicación, nombre de la revista, área de estudio, entidad, país, objetivo de la investigación, variables utilizadas y abreviación de modelos de escurrimientos superficiales. El 7 % de los artículos publicados se concentran en la revista Tecnología y Ciencias del Agua. Argentina ocupa el primer lugar en estudios publicados y 80 % de las áreas de estudios es en cuencas hidrográficas. Los modelos más utilizados para estimar, evaluar, predecir, modelar y simular los escurrimientos superficiales son Herramienta para la Evaluación del Suelo y Agua (SWAT) y Servicio de Conservación de Suelo-Número de curva (SCS-CN).

Palabras clave: *revisión bibliográfica; modelos de escurrimiento superficial; SWAT; SCS-CN.*

Correspondencia: garp820203@gmail.com

Artículo recibido 25 enero 2023 Aceptado para publicación: 25 febrero 2023

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

Todo el contenido de **Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar**, publicados en este sitio están disponibles bajo

Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 

Cómo citar: Garcia Ramirez, P., Alatorre Cejudo, L. C., & Bravo Peña, L. C. (2023). Modelos de escorrentía superficial en la última década. Una revisión bibliográfica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 7726-7750.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.5001

Surface runoff models in the last decade.

A literature review

ABSTRACT

This paper aims to identify surface runoff patterns over the last decade. A literature review was conducted and 56 studies published in Google Scholar, Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (Redalyc), Difusión de Alerta en la Red (Dialnet), Scientific Electronic Library Online (SciELO) and Science Direct during the period 2012 to 2022 were found. The search was limited to open access scientific articles. A database was generated in Microsoft Excel 2010. Reference, year of publication, journal name, study area, entity, country, research objective, variables used and abbreviation of surface runoff models were recorded. Seven percent of the articles published are concentrated in the journal Tecnología y Ciencias del Agua. Argentina ranks first in published studies and 80% of the study areas are in watersheds. The most widely used models for estimating, evaluating, predicting, modeling and simulating surface runoff are Soil and Water Assessment Tool (SWAT) and Soil Conservation Service-Curve Number (SCS-CN).

Keywords: *literature review; surface runoff modeling; SWAT; SCS-CN; SCS-CN*

INTRODUCCIÓN

Los recursos hídricos varían con los cambios de clima (Winemiller et al., 2016). A nivel mundial la crisis del agua ha afectado a varios países (Biswas et al., 2022), entre las cuales se encuentra la India, China y México (Wang et al., 2015 y Sisto et al., 2016). Se prevé que en algunas regiones o países este vital líquido disminuya sustancialmente (Moncada et al., 2020). En este sentido, ha surgido la creciente necesidad de estudiar, comprender, estimar y cuantificar los recursos hidrológicos. La modelización hidrológica es esencial para el desarrollo, la planificación y la gestión de los recursos hídricos (Karunanidhi et al., 2020). El método del Servicio de Conservación de Suelo (SCS) se ha convertido en una de las herramientas de modelación hidrológicas (Ajmal et al., 2015a). Desde 1972 el Servicio de Conservación de Suelo del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) desarrollo el método SCS (USDA-SCS, 1972) como una metodología sencilla para el cálculo de la escorrentía (Pérez Nieto et al., 2015). Según Rumynin (2015) la escorrentía de las cuencas hidrográficas se divide en: superficial, subsuperficial, y aguas subterráneas. Li et al. (2015), definen la escorrentía de la superficie terrestre como el flujo de agua que proviene del exceso del agua de lluvia. En este contexto, los escurrimientos superficiales es un proceso que debe ser considerado por su efecto sobre el ambiente. La predicción precisa de la escorrentía superficial es de vital importancia para conocer la disponibilidad de los recursos hídricos (Reddy et al., 2021). Se han utilizado varios instrumentos y métodos disponibles para estimar la escorrentía (Guo et al., 2019). La mayoría de los estudios publicados de escurrimientos superficiales han utilizado combinaciones entre modelos (Verma et al., 2021) y modificación del modelo original (SCS) cuyo nombre Servicio de Conservación de Suelo y del Número de Curva (SCS-NC), Servicio Nacional de Conservación Recursos Naturales (NRCS) (USDA-NRCS, 2004). En los últimos años los Sistema de Información Geográfica (SIG) y las herramientas de teledetección han facilitado la estimación de la escorrentía de las cuencas hidrográficas (Gitika et al., 2014)). Estudio realizado por Kalogeropoulos et al (2020) cuantificaron la escorrentía anual de una cuenca, basándose en datos meteorológicos y espaciales (a través de Soil and Water Assessment Tool (SWAT)). Kumar et al (2016) estudiaron el rendimiento de SWAT y Herramienta de Evaluación del Suelo y el Agua-Área de Fuente Variable (Soil and Water Assessment Tool-Variable Source Area (SWAT-VSA) para predecir la escorrentía superficial a escala de la cuenca hidrográfica e identificar el área de origen de la

escorrentía espacialmente distribuida en la cuenca del Himalaya. Los modelos para estimar los escurrimientos superficiales se pueden identificar a partir de una revisión exhaustiva de literatura. Por lo anterior; este artículo tiene como objetivo identificar modelos de escurrimientos superficiales en la última década, a partir de una revisión exhaustiva de la literatura. Se examinaron tipos de revistas, países, áreas de estudios y modelos de escurrimientos.

METODOLOGÍA

Se realizó una revisión de literatura en la base de datos de Google Scholar, Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (Redalyc), Difusión de Alerta en la Red (Dialnet), Scientific Electronic Library Online (SciELO) y Science Direct, referido entre el periodo de enero de 2012 y agosto de 2022. Se utilizaron palabras claves “estimación” “determinación”, “cuantificación” “evaluación” “validación” “modelación” “predicción” “simulación” de escurrimientos superficiales. La búsqueda se delimitó en artículo de investigación y en la base de datos de Science Direct se eligieron documentos de libre acceso de las revistas *Journal of Hydrology*, *Journal of Hydrology: Regional Study*, *CATENA*, *Water Research*, *Journal of Environmental Management*, *Agriculture, Ecosystems & Environment* y *Sensing Remote of Environmental*. Se generó una base de datos en Microsoft Excel 2010, se registró referencia, año de publicación, nombre de la revista, área de estudio, entidad, país, objetivo de la investigación, variables utilizadas y abreviación de modelos de escurrimientos superficiales como se muestra en la siguiente tabla (1).

Tabla 1. Modelos de escurrimientos superficiales periodo 2012-2022

Abreviaturas	Nombre de modelos de escurrimientos superficiales
AnnAGNPS	<i>Distributed Parameter and Continuous Simulation Annualized Agricultural Non-Point Source</i>
ArcAPEX	<i>Agricultural Policy Environmental eXtender integrated with GIS</i>
ARNO	<i>Semi-distributed Conceptual Rainfall-Runoff Model</i>
AvSWAT	<i>ArcView Soil and Water Assessment Tool</i>
CHRE2D	<i>A two-dimensional hydrodynamic model</i>
DNN	<i>Deep Neural Networks</i>
EANN	<i>Emotional Artificial Neural Network</i>
EBAPP	<i>2D dynamic shallow water equations</i>
FFNN	<i>Feed Forward Neural Network</i>
Green y Ampt	<i>Green y Ampt</i>
HEC-HMS	<i>Hydrologic Engineering Center's-Hydrologic Modeling System</i>
HEC-RAS	<i>Hydrologic Engineering Center-River Analysis System</i>

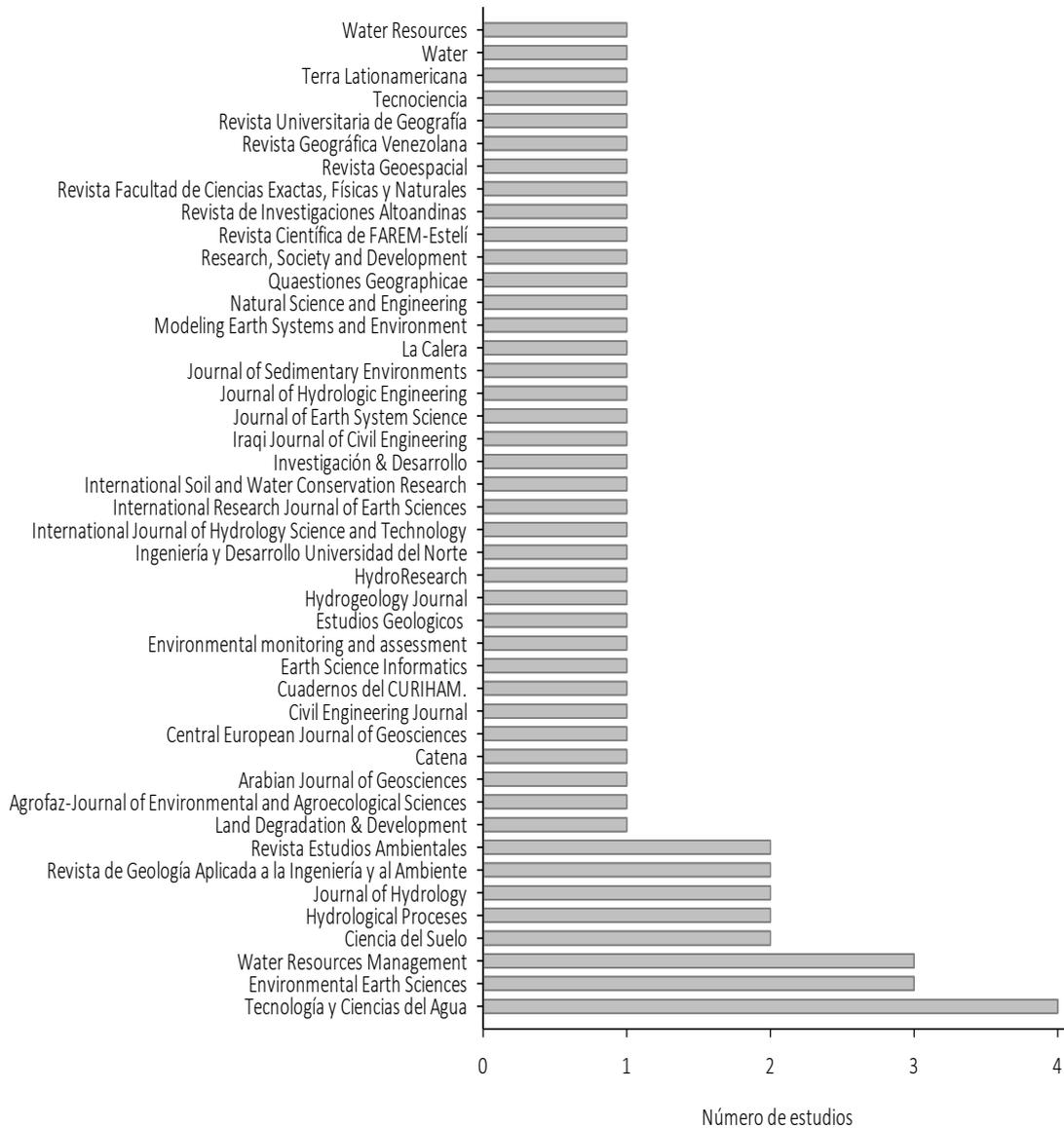
Hidrogeológico	<i>Hidrogeológico</i>
Hidrológico-Hidráulico	<i>Hidrológico-Hidráulico</i>
IEP	<i>Índice de Escurrimiento Potencial</i>
LISEM	<i>Limburg Soil Erosion Model</i>
MARS	<i>Multivariate Adaptive Regression Spline</i>
Método Empírico	<i>Método Empírico</i>
Morel-Seytoux	<i>Morel-Seytoux model</i>
NC	<i>Curve Number</i>
NRCS	<i>Natural Resources Conservation Service</i>
NRCS-CN	<i>Natural Resources Conservation Service-Curve Number</i>
PLER	<i>Predict and Localize Erosion and Runoff</i>
Prevert	<i>Coeficiente de Prevert</i>
RiverSurveyour	<i>Software RiverSurveyour Live v.3.60</i>
RunCA	<i>Runoff Model Based on Cellular Automata</i>
SCS	<i>Soil Conservation Service</i>
SCS-CN	<i>Soil Conservation Service-Curve Number</i>
SD	<i>System Dynamics</i>
Singh y Yu	<i>Singh-Yu model</i>
SME y Hidrograma	<i>method, called the Sahu-Mishra-Eldho y Hidrograma</i>
Smith y Parlange	<i>Smith-Parlange nonlinear model</i>
SWAT	<i>Soil and Water Assessment Tool</i>
SWAT-VSA	<i>Water Assessment Tool-Variable Source Area</i>
VMMHH 1.0	<i>Modelo Matemático hidrológico-hidráulico distribuido, cuasi bidimensional</i>

Se procesó la información mediante tablas dinámicas para analizar la frecuencia de las variables (revista, países, áreas de estudios y modelos). Las figuras se generaron en el programa Systat SigmaPlot versión 14 (www.systatsoftware.com).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

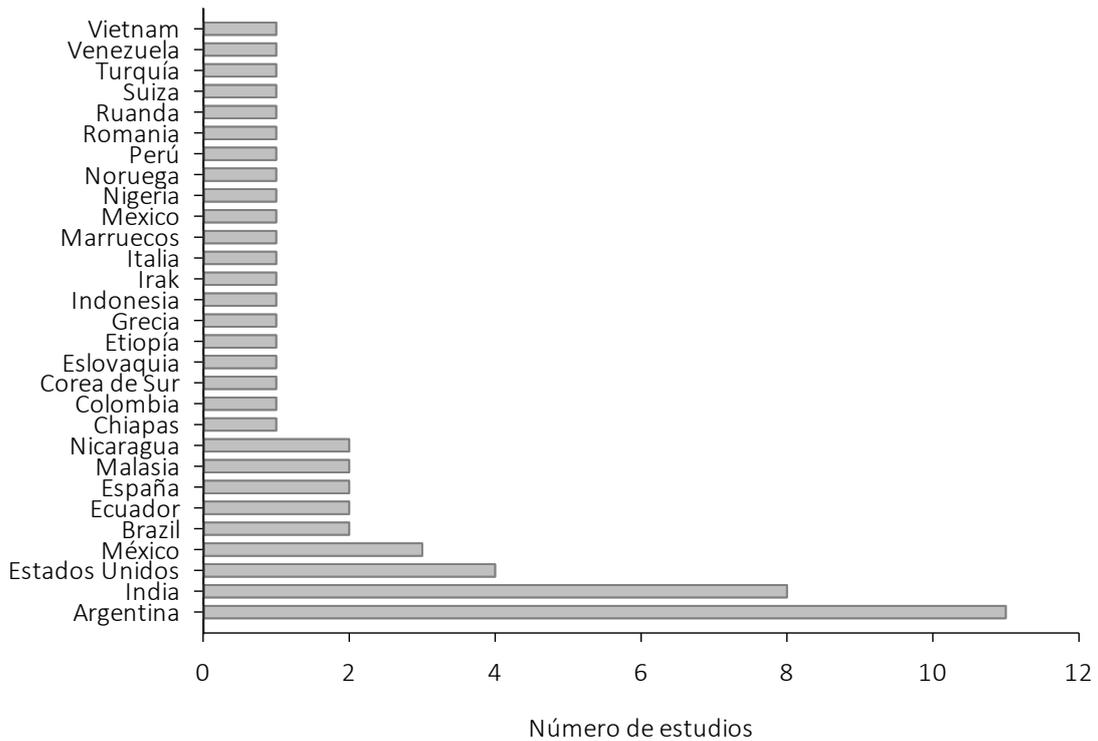
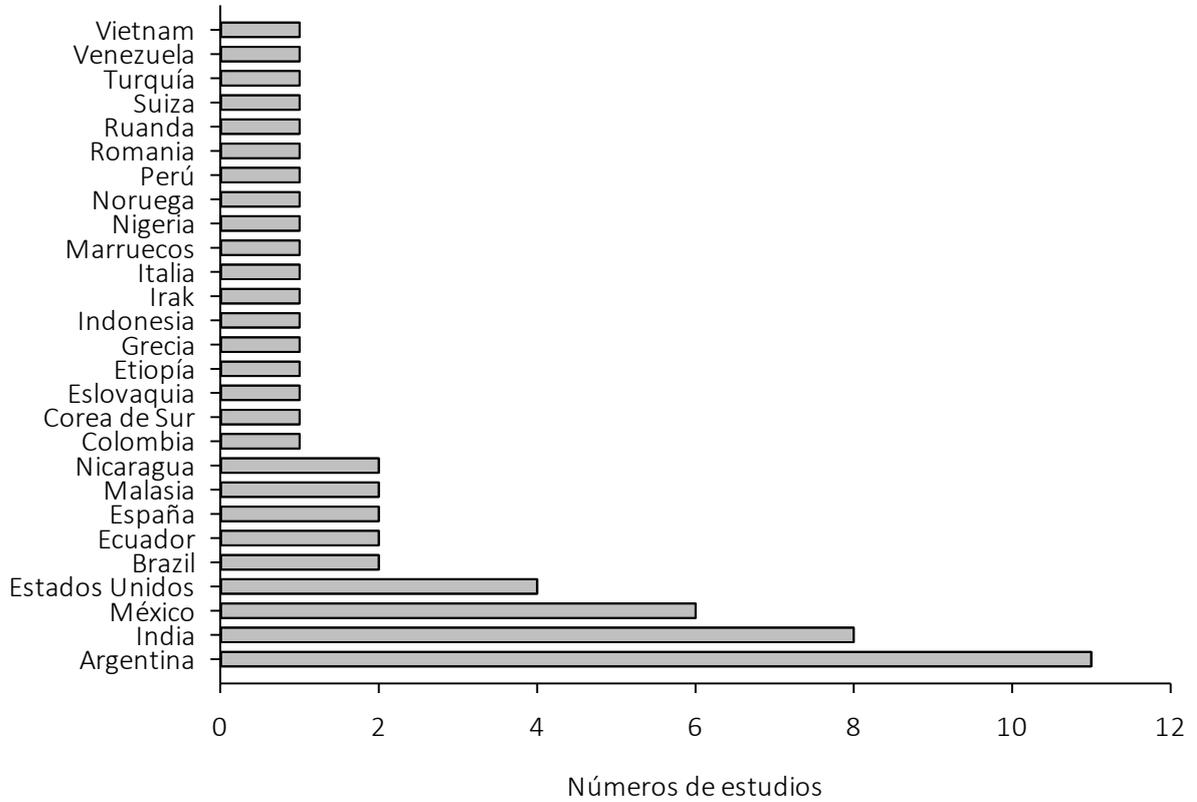
La base de datos se conformó de 56 registros de estudios relacionados con modelos de escorrentía superficiales en cuencas hidrográficas, subcuencas, microcuencas, áreas urbanas, riego agrícola e Isla. El 7 % de los artículos se localizaron en la revista Tecnología y Ciencias del Agua y 5 % en *Environmental Earth Science* y *Water Resources Management* (Figura 1). Estudio de escorrentía superficial de mayor antigüedad (10 años) fueron publicado por Ares et al. (2012) en la revista de Ciencia del Suelo; Presutti, et al. (2012) revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente y Díaz-Padilla et al. (2012) en Tecnología y Ciencias del Agua.

Figura 1. *Revistas científicas de aparición en la literatura, que han publicado estudios de escurrimientos superficiales.*



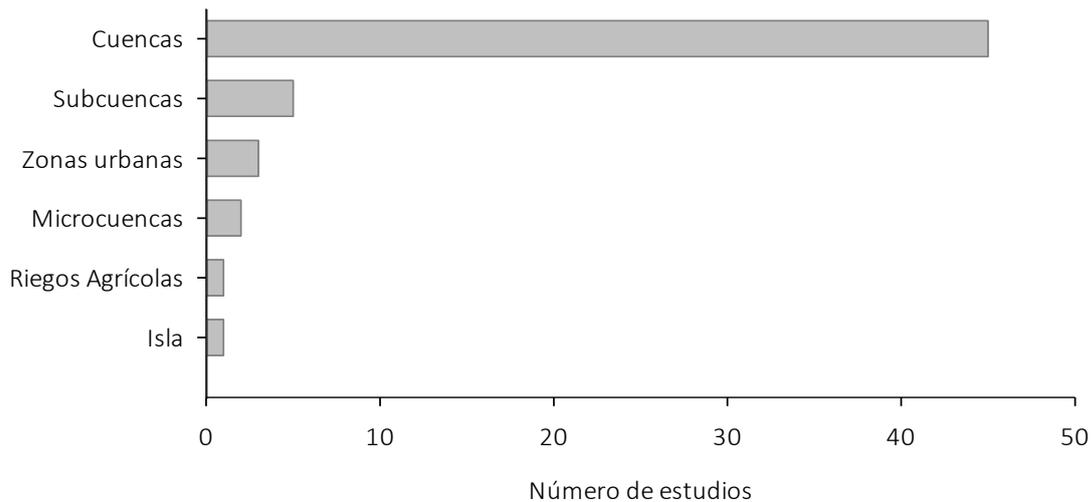
A nivel mundial, se encontraron 56 estudios de escurrimiento superficial (Figura 2). La mayoría de estos estudios de investigación se han desarrollado en Argentina (11) y tienen como objetivos escurrimientos superficiales (palabras claves): Incidencia de la humedad en la estimación de (Ares et al., 2012); estimación de (Presutti, et al., 2012); modelizar la tendencia de cambio espacio-temporal del (Delgado et al., 2013); Implementar un modelo matemático de (Stenta et al., 2014); mediciones in situ para cuantificar el (Díaz et al., 2015); comportamiento del (Stenta et al., 2018); efecto de la cobertura y uso del suelo sobre la generación de (De Antueno et al., 2020) y cuantificar los impactos en los (Ponce et al., 2022). Seguido de la India (8) y se han conducido a (palabras claves): estimar; predecir, evaluar y modelar los escurrimientos superficiales.

Figura 2. Estudios reportados de escorrentía superficial en el periodo 2012-2022 a nivel mundial.



En la figura 3 el 80 % de los estudios realizados para simular, supervisar evaluar, estimar, cuantificar, predecir, caracterizar y modelar los escurrimientos superficiales fueron en las cuencas hidrográficas y 9 % en las subcuencas, por otro lado; el 2 % se presentó en áreas de riego agrícolas e Isla.

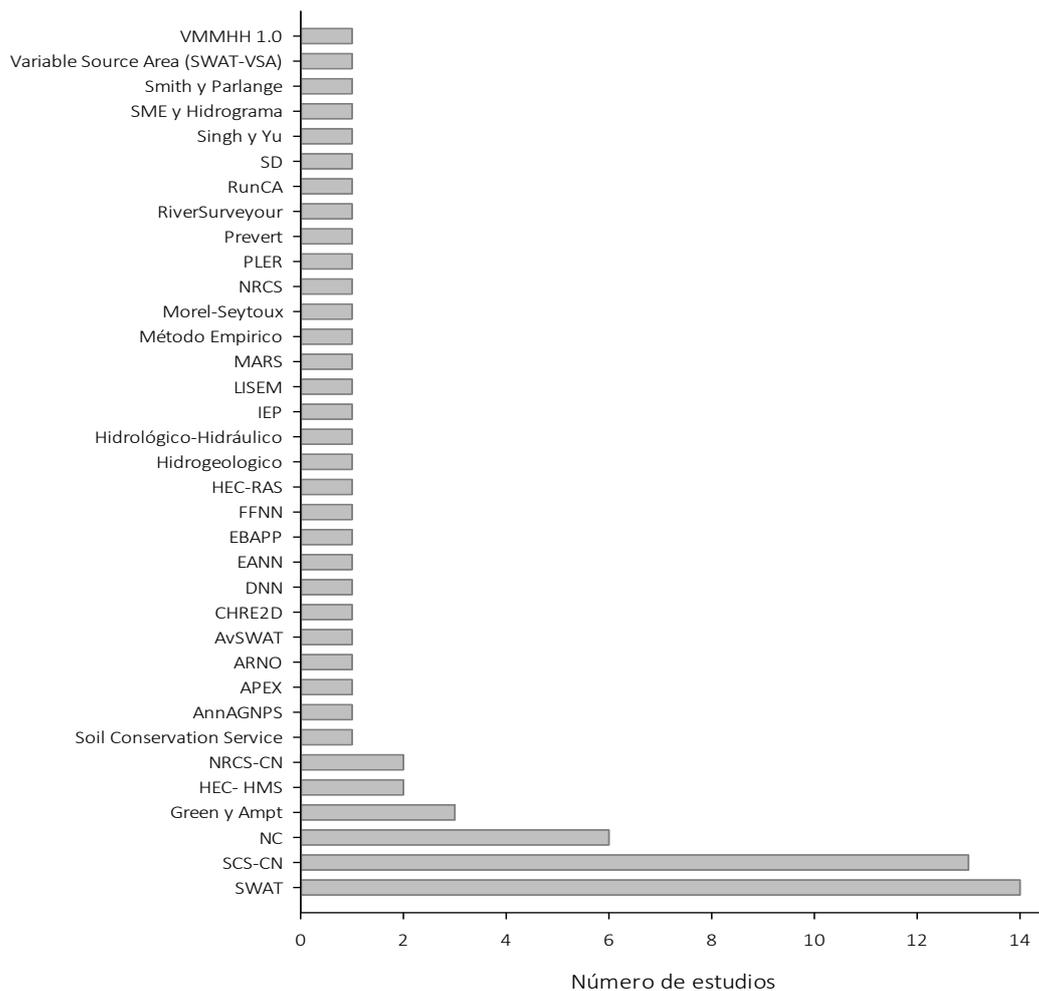
Figura 3. *Número de estudios encontrados de escurrimientos superficial en áreas de estudios.*



Los modelos hidrológicos, específicamente los de escurrimientos superficiales con mayores números de estudios documentados fueron: SWAT, SCS-NC y NC (Figura 4). Estos resultados concuerdan con lo reportado por Marek et al. (2016), quienes reportan que SWAT es una de las herramientas de modelos hidrológicos semidistribuidos más utilizados y se ha aplicado con éxito, se emplea para predecir la escorrentía (Arnold et al. 1996) y evaluar el impacto del cambio de uso de suelo sobre el escurrimiento en las cuencas hidrográficas (Cruz-Arévalo et al., 2021). Por el contrario, Ghaffari et al (2010) mencionan que hay dos métodos para estimar la escorrentía superficial: El número de curva (CN) desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos en Estados Unidos y el método de infiltración Green-Ampt. Sin embargo, Ali et al. (2018) en su estudio de modelización de la escorrentía superficial, reportan que el modelo de filtraciones (no lineal de Smith-Parlange, 1978) funciona mejor que los modelos superficiales (precipitación-escurrimiento ARNO (Todini, 1996) y Servicio de Conservación del Suelo (SCS, 1993)) y con el modelo de Green-Ampt obtuvieron los peores resultados. En este sentido, Los modelos hidrológicos, dependen de las variables con las que se construyen, áreas de estudios en las que se aplican y la calidad de las predicciones.

Por otro lado, el método SCS-NC Según Montiel Gonzaga et al. (2019) se ha convertido en uno de los modelos más utilizados y de aplicación sencilla para el cálculo de escorrentía. Rizeei (2018), en su estudio reportaron que el modelo SCS-CN basado en el SIG en combinación con Modelos de Transformación de Suelo (LTM) y Método de Previsión de Promedio Móvil Autorregresivo Integrado (ARIMA) son fiables para detección, el seguimiento y la previsión de la escorrentía superficial. En la estimación de escorrentía superficial de la cuenca del Río Sid, para Kumar et al. (2021) el método SCS-CN integrado con técnicas SIG es mejor, ya que es capaz de manejar grandes conjuntos de datos y requiere menos tiempo para la estimación de la escorrentía. Verma et al. (2021) encontraron mejores resultados al evaluar la precisión de la escorrentía utilizando versión mejorada del modelo SCS-CN acoplado el concepto de Ajmal et al. (2015b) y Mishra y Singh 2002.

Figura 4. Principales modelos de escurrimientos superficiales que se han encontrados en la literatura de libre acceso en el periodo 2012-2022.



CONCLUSIÓN

La mayoría de los estudios publicados para estimar el escurrimiento superficial es, en Argentina y México ocupa el cuarto lugar. Se publican en la Revista Tecnología y Ciencia del Agua y las áreas de estudios es, en cuencas hidrográficas. En términos generales, los modelos más utilizados encontrados en la revisión de literatura para estimar los escurrimientos superficiales son: Herramienta para la Evaluación del Suelo y Agua (SWAT) y Servicio de Conservación de Suelo-Número de curva (SCS-CN). En la mayoría de los documentos analizados, el método de Número de Curva lo han utilizado de forma actualizada y avanzada.

LISTA DE REFERENCIAS

- Ajmal, M., Moon, G. W., Ahn, J. H., & Kim, T. W. (2015b). Investigation of SCS-CN and its inspired modified models for runoff estimation in South Korean watersheds. *Journal of Hydro-Environment Research*, 9(4), 592-603. <https://doi.org/10.1016/j.jher.2014.11.003>
- Ajmal, M., Waseem, M., Ahn, J. H., & Kim, T. W. (2015a). Improved runoff estimation using event-based rainfall-runoff models. *Water Resources Management*, 29(6), 1995-2010. <https://doi.org/10.1007/s11269-015-0924-z>
- Ali, M. H., Bhattacharya, B., & Katimon, A. (2018). Modelling surface runoff in a large-scale paddy field in Malaysia. *International Journal of Hydrology Science and Technology*, 8(1), 69-90. <https://doi.org/10.1504/IJHST.2018.088679>
- Ares, M. G., Chagas, C., & Varni, M. (2012). Predicción de la escorrentía y estimación de la humedad antecedente en una cuenca aforada. *Ciencia del Suelo*, 30(2), 151-160.
- Arnold JG, Williams JR, Srinivasan R, King KW (1996). SWAT: soil and water assessment tool. USDA-ARS, Grassland, Soil and Water Research Laboratory, Temple, Texas, USA
- Biswas, R. R., Sharma, R., & Gyasi-Agyei, Y. (2022). Urban water crises: Making sense of climate change adaptation barriers and success parameters. *Climate Services*, 27, 100302. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2022.100302>
- Cruz-Arevalo, B., Gavi-Reyes, F., Martínez-Menes, M. R., & Juárez-Méndez, J. (2021). Uso de suelo y su efecto en el escurrimiento modelado con SWAT. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 12(2), 157-206. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2021-02-04>

- De Antueno, L., Gaspari, F. J., & Guzmán, G. A. (2020). Análisis del efecto del cambio en el uso del suelo sobre el escurrimiento en la cuenca alta del río Sauce Chico, Argentina. *Revista Estudios Ambientales-Environmental Studies Journal*, 8(1), 20-42.
- Delgado, M. I., Gaspari, F. J., & Senisterra, G. E. (2013). Tendencia de cambio espacio-temporal del escurrimiento superficial en una cuenca serrana. Argentina. *Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable*, 7(2), 99-109.
- Díaz, L. J. M., García, C. M., Herrero, H., Barchiesi, G. M., Romagnoli, M., Portapila, M., ... & Brarda, J. P. (2015). Cuantificación del escurrimiento superficial de la cuenca del Río Carcarañá. *Revista Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, 2, 59-72.
- Díaz-Padilla, G., Sánchez-Cohen, I., Panes, R. A. G., Barbosa-Moreno, F., Cárdenas, M. G., & Bernal, J. M. U. (2012). Modelación espacial de la producción de agua y escurrimiento superficial del agua de lluvia en la zona sur del estado de Puebla, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 3, 69-85.
- Ghaffari, G., Keesstra, S., Ghodousi, J., y Ahmadi, H. (2010). SWAT-simulated hydrological impact of land-use change in the Zanjanrood basin, Northwest Iran. *Hydrological Processes*, 24(7), 892–903. <https://doi.org/10.1002/hyp.7530>
- Gitika, T., & Ranjan, S. (2014). Estimation of surface runoff using NRCS curve number procedure in Buriganga Watershed, Assam, India-a geospatial approach. *International Research Journal of Earth Sciences*, 2(5), 1-7. www.isca.me
- Guo, Y., Zhang, Y., Zhang, T., Wang, K., Ding, J., & Gao, H. (2019). Surface runoff. *Observation and Measurement of Ecohydrological Processes. Ecohydrology*, 2, 1-66. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-48297-1>
- Kalogeropoulos, K., Stathopoulos, N., Psarogiannis, A., Pissias, E., Louka, P., Petropoulos, G. P., & Chalkias, C. (2020). An Integrated GIS-Hydro Modeling Methodology for Surface Runoff Exploitation via Small-Scale Reservoirs. *Water*, 12(11), 3182. <https://doi.org/10.3390/w12113182>
- Karunanidhi, D., Anand, B., Subramani, T., & Srinivasamoorthy, K. (2020). Rainfall-surface runoff estimation for the Lower Bhavani basin in south India using SCS-CN model and geospatial techniques. *Environmental Earth Sciences*, 79(13), 1-19. <https://doi.org/10.1007/s12665-020-09079-z>

- Kumar, A., Kanga, S., Taloor, A. K., Singh, S. K., & Durin, B. (2021). Surface runoff estimation of Sind river basin using integrated SCS-CN and GIS techniques. *HydroResearch*, 4, 61-74. <https://doi.org/10.1016/j.hydres.2021.08.001>
- Kumar, S., Singh, A., & Shrestha, D. P. (2016). Modelling spatially distributed surface runoff generation using SWAT-VSA: a case study in a watershed of the north-west Himalayan landscape. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(4), 1-11. <https://doi.org/10.1007/s40808-016-0249-9>
- Li, H., Zhang, Y., & Zhou, X. (2015). Predicting surface runoff from catchment to large region. *Advances in Meteorology*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/720967>
- Marek, G.W., Gowda, P.H., Evett, S.R., Baumhardt, R.L., Brauer, D.K., Howell, T.A., Marek, T.H., Srinivasan, R., 2016, Estimating Evapotranspiration for Dryland Cropping Systems in the Semiarid Texas High Plains Using SWAT: *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 52(2), 298-314. <https://doi.org/10.1111/1752-1688.12383>
- Mishra, S. K., & Singh, V. P. (2002). SCS-CN-based hydrologic simulation package In: V.P. Singh and D.K. Frevert (eds.), mathematical models of small watershed hydrology and applications, water resources Publs., LLC, high-lands ranch, 391-464
- Moncada, A. M., Escobar, M., Betancourth, A., Vélez Upegui, J. J., Zambrano, J., & Alzate, L. M. (2021). Modelling water stress vulnerability in small Andean basins: case study of Campoalegre River basin, Colombia. *International Journal of Water Resources Development*, 37(4), 640-657. <https://doi.org/10.1080/07900627.2019.1699780>
- Montiel Gonzaga, R., Prado Hernández, J. V., Vázquez Peña, M. A., Ibáñez Castillo, L. A., & Pascual Ramírez, F. (2019). Evaluación del escurrimiento superficial de los modelos de Curva Numérica y Green-Ampt en la cuenca río Chapingo, México. *Terra Latinoamericana*, 37(3), 291-301. <https://doi.org/10.28940/terra.v37i3.484>
- Pérez Nieto, S., Ibáñez Castillo, L. A., Arellano Monterrosas, J. L. L., Fernández Reynoso, D. S., & Chávez Morales, J. (2015). Curvas de escurrimiento para tres microcuencas de la cuenca Huixtla, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(8), 1729-1742.

- Ponce, G. A., Grande, S., Eder, M., Testa-Tacchino, A. J. S., Carignano, C. A., & Rodriguez, A. (2022). Aplicación de modelos hidrológicos e hidráulicos para cuantificación de escurrimientos superficiales del sistema endorreico cuenca Laguna La Picasa. *Tecnología y ciencias del agua*, 13(5), 136-199. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-13-05-05>
- Presutti, M., Barrera, D., & Rosatto, H. G. (2012). Propuesta de un índice de escurrimiento potencial basado en el método del CN, imágenes satelitales y SIG. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*, (28), 1-13.
- Reddy, B. S. N., Pramada, S. K., & Roshni, T. (2021). Monthly surface runoff prediction using artificial intelligence: a study from a tropical climate river basin. *Journal of Earth System Science*, 130(1), 1-15. <https://doi.org/10.1007/s12040-020-01508-8>
- Rizeei, H. M., Pradhan, B., & Saharkhiz, M. A. (2018). Surface runoff prediction regarding LULC and climate dynamics using coupled LTM, optimized ARIMA, and GIS-based SCS-CN models in tropical region. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(3), 1-16. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3397-6>
- Rumynin, V. G. (2015). Surface runoff generation, vertical infiltration and subsurface lateral flow. In *Overland Flow Dynamics and Solute Transport* (pp. 3-50). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-21801-4_1
- Sisto, N. P., Ramírez, A. I., Aguilar-Barajas, I., & Magaña-Rueda, V. (2016). Climate threats, water supply vulnerability and the risk of a water crisis in the Monterrey Metropolitan Area (Northeastern Mexico). *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 91, 2-9. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2015.08.015>
- Smith, R. E., & Parlange, J. Y. (1978). A parameter-efficient hydrologic infiltration model. *Water Resources Research*, 14(3), 533-538. <https://doi.org/10.1029/WR014i003p00533>
- Soil Conservation Service (SCS) (1993) SCS National Engineering Handbook, Sec. 4: *Hydrology*, US Department of Agriculture, Washington, DC.
- Stenta, H. R., Riccardi, G. A., Basile, P. A., & Trivisonno, F. N. (2014). Implementación de un modelo matemático distribuido de escurrimiento superficial en la cuenca del río Tercero-Carcaraña. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al ambiente*, (33), 33-41.

- Stenta, H., Riccardi, G., Basile, P., & Scuderi, C. (2018). Modelación matemática hidrológica-hidráulica del escurrimiento superficial en la cuenca del A Pavón (Santa Fe, Argentina). *Cuadernos del CURIHAM*, 24, 11-23.
- Todini, E. (1996). The ARNO rainfall-runoff model, *J. Hydrology*, Vol. 175, Nos. 1–4, pp.339– 382. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(96\)80016-3](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(96)80016-3)
- USDA-NRCS (United States Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service). 2004. Chapter 10. Estimation of direct runoff from storm rainfall. 10.1-10.22. In: National Engineering Handbook Hydrology Chapters. USDANRCS. Washington DC, USA.
- USDA-SCS (1972). SCS Natural Engineering Handbook, section 4, Hydrology. Estimation of Direct Runoff from Storm Rainfall (pp. 1-24). Washington, DC: U.S. Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service.
- Verma, R. K., Verma, S., Mishra, S. K., & Pandey, A. (2021). SCS-CN-based improved models for direct surface runoff estimation from large rainfall events. *Water Resources Management*, 35(7), 2149-2175. <https://doi.org/10.1007/s11269-021-02831-5>
- Wang, X. J., Zhang, J. Y., Yang, Z. F., Shahid, S., He, R. M., Xia, X. H., & Liu, H. W. (2015). Historic water consumptions and future management strategies for Haihe River basin of Northern China. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 20(3), 371-387. <https://doi.org/10.1007/s11027-013-9496-5>
- Winemiller, K. O., McIntyre, P. B., Castello, L., Fluet-Chouinard, E., Giarrizzo, T., Nam, S., ... & Saenz, L. (2016). Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science*, 351(6269), 128-129. <https://doi.org/10.1126/science.aac7082>

Anexo 1. Resumen de 56 trabajo de investigación de modelos de escorrentía superficial

Referencias	Año	Revistas	Área de estudio	Entidad	País	Objetivo	Variables	Modelos
Acuña, M. J. E., & Martínez, C. R. Z. (2022)	2022	<i>La Calera</i>	Cuencas Rio coco, Río Grande de metagalpa, Pacifico, Río San Juan	Nicaragua	Nicaragua	Evaluar el comportamiento de las aguas superficiales de Nicaragua mediante la estimación del escurrimiento superficial	MDE, Información geoespacial de la cobertura forestal y tipos de suelos, precipitación, temperaturas y datos pluviométrico	SWAT
Ali, M. H., Bhattacharya, B., & Katimon, A. (2018)	2018	<i>International Journal of Hydrology Science and Technology</i>	Zona de riego agrícola de Muda	kedah	Malasia	Estimar la escorrentía superficial en un campo agrícola	Precipitación, suelo, panorama de evaporación, nivel de agua subterránea y profundidad de los estanques, agua total existente en el área de estudio y escorrentía y filtraciones	ARNO, SCS, Green y Ampt, Smith y Parlange, Morel-Seytoux y Singh y Yu
Alonso-Sánchez, H., Ibáñez-Castillo, L. A., Arteaga-Ramírez, R., & Vázquez-Peña, M. A. (2014)	2014	<i>Tecnología y Ciencias del Agua</i>	Cuenca del río Coatán	Chiapas	México	Identificar el número de curva para el uso de suelo presente en las microcuencas de monitoreo	Precipitación acumulada, escurrimiento superficial, grupo hidrológico del suelo, uso de suelo	SCS-CN
Ares, M. G., Chagas, C., & Varni, M. (2012)	2012	<i>Ciencia del Suelo</i>	Subcuenca del arroyo Videla perteneciente a la Cuenca superior del arroyo del Azul	Provincia de Buenos Aires	Argentina	Incidencia de la humedad antecedente en la estimación del escurrimiento superficial realizada a través del método número de Curva (CN)	Precipitación media anual, registros de precipitación-escorrentía	NC
Astuti, I. S., Sahoo, K., Milewski, A., & Mishra, D. R. (2019).	2019	<i>Water Resources Management</i>	Cuenca del Alto Brantas	Java Oriental	Indonesia	Simular los impactos del cambio de LULC en respuesta hidrológica de la cuenca con un enfoque en la escorrentía superficial, y (ii) investigar la relación entre la generación de escorrentía y las vías de los cambios de LULC	MDE, mapas de uso de suelo y datos de suelo	SWAT

Anexo 1. Resumen de 56 trabajos de investigación de modelos de escorrentía superficial

Referencias	Año	Revistas	Área de estudio	Entidad	País	Objetivo	Variables	Modelos
Azgin, S. T., & Celik, F. D. (2020).	2020	<i>Water Resources</i>	Cuencas de Palas	Región central	Turquía	Investigar la relación entre la precipitación y la escorrentía superficial	Datos espectrales de Landsat 1987, 2000, 2011, MDE, Pendiente y datos mensuales de los caudales	SWAT
Bernal-Santana, N., Cruz-Cárdenas, G., Silva, J. T., Martínez-Trinidad, S., Moncayo-Estrada, R., Estrada-Godoy, F., ... & Álvarez-Bernal, D. (2022).	2022	<i>Tecnología y Ciencias del Agua</i>	Cuenca del río Duero	Michoacán	México	Evaluar la variación de la escorrentía superficial en cuatro escenarios de cambio de uso del suelo y vegetación	MDE, pendiente, variables climáticas, radiación solar, punto de rocío y velocidad del viento, temperatura media anual y la precipitación acumulada, perfiles del suelo, mapas de usos de suelos y mapas de tipos de suelos	SWAT
Blandón, L. C. (2019)	2019	<i>Revista Científica de FAREM-Esteli</i>	Microcuenca río Pire	Condenga	Nicaragua	Cuantificar numérica, espacial y temporal las variables hidrológicas (caudal, escorrentía y sedimentos)	Precipitación, Humedad, Radiación solar, Viento, Temperatura, Punto de Rocío, datos uso de suelo y tipo de suelo	SWAT
Bui, Y. T., Orange, D., Visser, S. M., Hoanh, C. T., Laissus, M., Poortinga, A., ... & Stroosnijder, L. (2014).	2014	<i>Hydrological Proceses</i>	Cuencas Montañosas Sudeste Asiático	Norte Vietnam	Vietnam	Simular, calibrar y validar respuestas hidrológicas y erosión hídrica	Precipitación, temperatura mínima y máxima, humedad del aire, velocidad del viento, la radiación solar, evapotranspiración, flujo máximo de agua, MDE, mapa de uso de suelo, mapas de suelos, mapas de pendiente, mapa de red de arroyos	PLER
Chen, X., & Wang, D. (2015)	2015	<i>Journal of Hydrology</i>	203 Cuencas hidrográficas	Regiones climáticas Estados Unidos	Estados Unidos	Desarrollar un modelo conceptual para la escorrentía superficial y el caudal	Precipitación, evaporación diaria, mensual, evaporación de la superficie del agua superficial y escorrentía diaria	SCS-CN

Anexo 1. Resumen de 56 trabajos de investigación de modelos de escorrentía superficial

Referencias	Año	Revistas	Área de estudio	Entidad	País	Objetivo	Variables	Modelos
Costabile, P., Costanzo, C., & Macchione, F. (2012)	2012	<i>Hydrological Proceses</i>	Cuenca Río Reno	Emilia Romagna	Italia	Desarrollo y prueba de un modelo de flujo superficial	MDE, Precipitación neta, precipitación en el suelo, pérdida por infiltración, mapas de usos de suelo y mapas de suelos	EBAPP
Da Silva, R. M., Santos, C. A. G., & de Lima Silva, V. C. (2013)	2013	<i>Environmental monitoring and assessment</i>	Cuenca de Mamuaba	de Paraiba	Brasil	Evaluar la erosividad, la generación de escorrentía superficial y los índices de erosión del suelo	mapa de uso de suelo, mapa de suelo la topografía, el drenaje y el clima	AvSWAT
De Antueno, L., Gaspari, F. J., & Guzmán, G. A. (2020)	2020	<i>Revista Estudios Ambientales</i>	Cuenca del río Sauce Chico	Provincia de Buenos Aires	Argentina	Analizar el efecto de la cobertura y uso del suelo sobre la generación de escorrentía ante un evento pluvial extremo	precipitación, hidrológicos, mapa de uso de suelos, mapa de suelos	Grupos NC
de Castro, D. C. C., Rodrigues, R. S. S., & Ferreira Filho, D. F. (2020)	2020	<i>Research, Society and Development</i>	Subcuenca de las lagunas de Bolonha y Água Preta	Pará	Brasil	Estimar el coeficiente de escorrentía superficial en el área de drenaje de los lagos Bolonha y Água Preta	MDE, mapas de uso de suelo, Intensidad de las precipitaciones y pluviometría total	NRCS
Delgado, M. I., Gaspari, F. J., & Senisterra, G. E. (2013)	2013	<i>Tecnociencia</i>	Cuenca Arroyo Belisario	Provincia de Buenos Aires	Argentina	Modelizar la tendencia de cambio espacio-temporal del escurrimiento superficial en una cuenca hidrográfica	Mapa de uso de suelo y mapa de suelos, mapa de grupo hidrológicos	NC
Diaz Carvajal, Á., Mercado Fernández, T. (2017).	2017	<i>Ingeniería Desarrollo Universidad del Norte</i>	Subcuenca de Betancí	de Provincia de Córdoba	Colombia	Determinar el número de curva en la subcuenca de Betancí con el fin de caracterizar el comportamiento hidrológico del territorio frente a la generación de escorrentía	Mapas de uso de suelo, mapas hidrológicos de grupo de suelos y mapas de números de curvas	SCS-CN

Anexo 1. Resumen de 56 trabajos de investigación de modelos de escorrentía superficial

Referencias	Año	Revistas	Área de estudio	Entidad	País	Objetivo	Variables	Modelos
Díaz Gómez, A. R., & Gaspari, F. J. (2017)	2017	<i>Revista Estudios Ambientales</i>	Cuenca Río Singuil y Chavarría	Provincia de Tucumán	Argentina	Modelar la relación precipitación– escurrimiento en cuencas hidrográficas	Mapas de uso de suelo, mapas de distribución espacial de suelo de grupos hidrológico, precipitación y tormenta máxima	SCS-CN
Díaz-Padilla, G., Sánchez-Cohen, I., Panes, R. A. G., Barbosa-Moreno, F., Cárdenas, M. G., & Bernal, J. M. U. (2012)	2012	<i>Tecnología y Ciencias del Agua</i>	Cuenca del río Puebla Atoyac		México	Modelación espacial de la precipitación pluvial anual, la delimitación espacial de las microcuencas mediante el uso de los SIG y MDE, calcular el escurrimiento y producción de agua	MDE, mapa de pendiente, Precipitación diarias, precipitación media anual	Método Empírico y Prevert
Espinosa Martínez, S., & Custodio, E. (2016)	2016	<i>Estudios Geológicos</i>	Baix Ebre	Tarragona, Castellón y Teruel	España	Estimación de la escorrentía superficial media anual para contribuir a acotar la incertidumbre en la estimación de los recursos hídricos subterráneos	Datos de caudales diarios, registros temporales de las estaciones de aforos, datos pluviométricos	Hidrogeológico
Farhan, A. M., & Al-Thamiry, H. A. (2022)	2022	<i>Iraqi Journal of Civil Engineering</i>	Cuenca de Al-ohammed	Al-Radami	Irak	Evaluar la cantidad de volumen de escorrentía superficial a largo plazo	DEM, mapa de usos de suelos, mapa suelos y los datos meteorológicos (Reanálisis del Sistema de Predicción del Clima y Meteorología de Superficie y Energía Solar)	SWAT
Fernández, S. N., Pérez, D. E., Brandizi, L. D., Serralunga, M., Weis, C. F., & Abalo, P. O. (2019)	2019	<i>Revista Universitaria de Geografía</i>	Cuenca Alta del Río Sauce Grande	Provincia de Buenos Aires	Argentina	Calibración del modelo de simulación hidrológica HEC-HMS aplicado a un área de drenaje	Precipitación acumulada y el Caudal en el pico Hidrograma observado	HEC-HMS

Anexo 1. Resumen de 56 trabajo de investigación de modelos de escorrentía superficial

Referencias	Año	Revistas	Área de estudio	Entidad	País	Objetivo	Variables	Modelos
Gitika, T., & Ranjan, S. (2014).	2014	<i>International Research Journal of Earth Sciences</i>	Cuenca del Buriganga	Assam	India	Estimar la escorrentía anual	Datos climáticos, datos de suelos, MDE y cobertura de suelo	NRCS-CN
Gutierrez, D. C., Méndez, D. P., & del Salto, R. A. A. (2017)	2017	<i>Investigación & Desarrollo</i>	Cuenca de la quebrada El Batán	la Provincia de Pichincha, cantón Quito	Ecuador	Determinar parámetros de escorrentía propios de la zona de estudio	MDE, mapa de pendiente, mapa de uso de suelo, mapa grupos hidrológicos de suelos, mapa número de curva	NRCS-CN
Himanshu, S. K., Pandey, A., & Shrestha, P. (2017)	2017	<i>Environmental Earth Sciences</i>	Cuenca de Ken	Jabalpur Madhya Pradesh	de India	Evaluar la escorrentía, el rendimiento de sedimentos y el balance hídrico	Datos espectrales, datos cuadrículados de precipitación y temperatura	SWAT
Hurtado, P. B., Cohen, I. S., Arriaga, G. E., Valle, M. A. V., & Ibarra, M. A. I. (2013)	2013	<i>Agrofaz-Journal of Environmental and Agroecological Sciences</i>	Cuenca definida por un punto de salida ubicado en el Arroyo Naycha	Durango	México	Caracterización y modelación del escurrimiento de una cuenca semiárida en el estado de Durango	Temperaturas, precipitación, pendiente, Carta de uso de suelos, los tipos de suelos	SWAT
Kalogeropoulos, K., Stathopoulos, N., Psarogiannis, A., Pissias, E., Louka, P., Petropoulos, G. P., & Chalkias, C. (2020)	2020	<i>Water</i>	Isla de Andros	Cicladadas	Grecia	Cuantificar la escorrentía anual	MDE, mapa de cobertura de suelo y mapa de hidrolitológica (Geología)	SWAT
Kandissounon, G. A., Karla, A., & Ahmad, S. (2018)	2018	<i>Civil Engineering Journal</i>	Ciudad de Lagos	Lagos	Nigeria	Analizar los patrones de consumo de agua en Lagos (Nigeria) e Investigar los patrones de cambio de usos de suelo mediante imágenes de satélite para determinar la vulnerabilidad a las inundaciones	Patrones de consumo de agua, mapas de cambio de uso de suelo, mapas de usos del suelo, población total, precipitaciones, temperaturas y evapotranspiración	SD

Anexo 1. Resumen de 56 trabajos de investigación de modelos de escorrentía superficial

Referencias	Año	Revistas	Área de estudio	Entidad	País	Objetivo	Variables	Modelos
Karunanidhi, D., Anand, B., Subramani, T., & Srinivasamoorthy, K. (2020)	2020	<i>Environmental Earth Sciences</i>	Cuenca del Bajo Bhavani	Tamil Nadu	India	Estimar escorrentía superficial de la cuenca y aplicar el modelo SCS-CN para identificar las áreas potenciales de escorrentía superficial en la cuenca con la ayuda de técnicas geoespaciales	Mapas temáticos de uso de suelos, ríos, tanques, embalses, bosques de reserva, redes de carreteras, redes de drenaje y los principales asentamientos. Datos de teledetección, Suelos, precipitación, pendiente y modelo digital de elevación	SCS-CN
Kumar, A., Kanga, S., Taloor, A. K., Singh, S. K., & Āurin, B. (2021)	2021	<i>HydroResearch</i>	Cuenca del Sind	Madhya Pradesh	India	Estimación de la escorrentía superficial de la cuenca del río Sind	Mapas de uso de suelo, mapas de tipos de suelo, mapas hidrológicos de grupo de suelos, mapas de números de curvas y mapas de distribución de la precipitación, precipitaciones diarias/mensuales, la temperatura mínima, máxima y media, la velocidad del viento, la humedad relativa y la radiación solar/horas de sol.	SCS-CN
Kumar, S., Singh, A., & Shrestha, D. P. (2016)	2016	<i>Modeling Earth Systems and Environment</i>	Cuenca Himalaya	Himalaya, distrito de Dehra Dun, estado de Uttarakhand	India	Predecir la generación de escorrentía superficial	Mapas de cambio de uso de suelo y mapas de tipos de suelo, índice de humedad del suelo, precipitación diaria, medición escorrentía superficial y de la humedad del suelo en el campo	SWAT y SWAT-VSA
Kumar, S., Singh, R. P., & Kalambukattu, J. G. (2021)	2021	<i>Environmental Earth Sciences</i>	Cuenca Sitla Rao	Dehradun, Uttarakhand	India	Evaluar el rendimiento de Agricultural Policy Environmental eXtender	Mapa de cambio de uso de suelo, mapa de uso de suelo, MDE, pendiente y precipitaciones	APEX
León Ochoa, R. F., Portuguez Maurtua, D. M., & Chávarri	2019	<i>Revista de Investigaciones Altoandinas</i>	Cuenca del río Piura	Región de Piura	Perú	Cuantificar el impacto del cambio climático en la oferta hídrica superficial	DEM, mapa de suelos, mapa de uso de suelo, cartografía básica, cartografía de red de drenaje,	NC y SWAT

Anexo 1. Resumen de 56 trabajo de investigación de modelos de escorrentía superficial

Referencias	Año	Revistas	Área de estudio	Entidad	País	Objetivo	Variables	Modelos
Velarde, E. A. (2019).							precipitación media mensual y datos de caudal mensual	
Lobo, J. R., & Kearney, M. (2013)	2013	<i>Revista Geográfica Venezolana</i>	Cerro Santa María-La Alameda	Trujillo	Venezuela	Ilustrar cartográficamente la magnitud del patrón espacial y temporal, de acumulación y dirección de la escorrentía en una vertiente	Precipitaciones mensuales, Mapas de clasificación de uso de suelo-cobertura y Dirección y acumulación de drenaje	NC
Díaz, L. J. M., García, C. M., Herrero, H., Barchiesi, G. M., Romagnoli, M., Portapila, M., ... & Brarda, J. P. (2015)	2015	<i>Revista Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales</i>	Cuenca del Río Carcarañá	Provincia de Córdoba y Santa Fe	Argentina	Realizar un programa de mediciones in situ para cuantificar el escurrimiento superficial	Perfilador de Corriente Acústico Doppler (ADCP)	RiverSurveyour
Montiel Gonzaga, R., Prado Hernández, J. V., Vázquez Peña, M. A., Ibáñez Castillo, L. A., & Pascual Ramírez, F. (2019).	2019	<i>Terra Lationamericana</i>	Cuenca Chapingo	río Ciudad México	de México	Evaluar el grado de ajuste del modelo de escurrimiento de curva numérica del extinto Servicio de Conservación de Suelos de EE. UU. (SCS-CN) y del modelo de infiltración de Green-Ampt (GA) para reproducir hidrogramas de escurrimiento directo en cuencas no aforadas	Precipitación, evapotranspiración y escurrimiento directo, infiltración	SCS-CN y Green-Ampt
Nguyen, T. S., Luong, T. A., Luong, H. D., & Tran, H. T. (2016)	2016	<i>Natural Science and Engineering</i>	Cuenca de Jojong	Seúl	Corea Sur	Superar la limitación del uso de datos que dependen de los datos meteorológicos y reflejar las características topográficas en los modelos de escorrentía basados en DNN	Precipitaciones diarias, escorrentía, nivel de aguas subterráneas, mapas de uso de suelo y mapa de tipos de suelo	DNN

Anexo 1. Resumen de 56 trabajos de investigación de modelos de escorrentía superficial

Referencias	Año	Revistas	Área de estudio	Entidad	País	Objetivo	Variables	Modelos
Pidal, J. R. H., & Borja, D. B. Y. (2015)	2015	<i>Revista Geoespacial</i>	Subcuencas ríos Cristal, Potosí, Balsas y Pechiche perteneciente a la Cuenca del río Las Juntas	Los Ríos y Bolívar	Ecuador	Calcular el volumen de escorrentía a partir de Número de Curva (CN) SWAT	Temperatura máxima y mínima, precipitación diarios, información de caudal medio diario, mapa de suelos, mapas de cobertura de suelos, MDE	SWAT
Ponce, G. A., Grande, S., Eder, M., Testa-Tacchino, A. J. S., Carignano, C. A., & Rodríguez, A. (2022)	2022	<i>Tecnología y Ciencias del Agua</i>	Cuenca Laguna La Picasa	Provincia de Santa Fe	Argentina	Cuantificar los impactos en los escurrimientos superficiales de las obras hidráulicas proyectadas en el diseño original	MDE, Precipitación, Evapotranspiración diarios, datos de aforo	HEC-HMS y HEC-RAS
Presutti, M., Barrera, D., & Rosatto, H. G. (2012).	2012	<i>Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente</i>	Cuenca del Río Azul	Provincia de Buenos Aires	Argentina	Estimación del escurrimiento superficial potencial a partir de imágenes satelitales	DEM, pendiente, mapa de uso de suelo, mapa de grupos hidrológicos, mapa de curva numérica	IEP
Reddy, B. S. N., Pramada, S. K., & Roshni, T. (2021)	2021	<i>Journal of Earth System Science</i>	Cuenca del río Kallada	Sur de Kerala	India	Modelar el proceso lluvia-escorrentía en situaciones de escasez de datos mediante técnicas de Inteligencia Artificial	Precipitación mensual, datos pluviométricos, datos de la misión de medición de las Precipitaciones Tropicales y escorrentía mensual	EANN, FFNN y MARS
Rizeei, H. M., Pradhan, B., & Saharkhiz, M. A. (2018)	2018	<i>Arabian Journal of Geosciences</i>	Cuenca Semenyih	Selangor	Malasia	Supervisar los cambios en la escorrentía superficial	Datos espectrales, MDE, precipitación, caudales, mapas de cambio de uso de suelo y mapas de idoneidad de suelo	SCS-CN
Romulus, C., Iulia F., & Ema, C. (2014)	2014	<i>Central European Journal of Geosciences</i>	Cuenca Sărățel	Sureste de Rumania	Romania	Cambios espaciales y cuantitativos ocurridos en la profundidad de la escorrentía superficial	Mapas de cambio de uso de suelo y mapas de tipos de suelo, precipitación media anual y altitud	SCS-CN
Sainz, D. S., Behrends Kraemer, F., Carfagno, P. F.,	2022	<i>Ciencia del Suelo</i>	Microcuenca agrícola, perteneciente a la	Provincia Buenos Aires	Argentina	Caracterizar la respuesta hidrológica en microcuenca agrícola ante lluvias de	Precipitación, escurrimiento superficial	NC

Anexo 1. Resumen de 56 trabajo de investigación de modelos de escorrentía superficial

Referencias	Año	Revistas	Área de estudio	Entidad	País	Objetivo	Variables	Modelos
Eiza, M. J., & Chagas, C. I. (2022)			Cuenca del Arroyo Los Ingleses			diferente magnitud e intensidad		
Shao, Q., Weatherley, D., Huang, L., & Baumgartl, T. (2015)	2015	<i>Journal of Hydrology</i>	Cuenca de drenaje Pine Glen	Pennsylvania	Estados Unidos	Predecir cuantitativamente los procesos dinámicos de escorrentía superficial en condiciones complejas a diferentes escalas	Elevación de la celda, pluviometría, Infiltración	RunCA, N manning y
Sime, C. H., Demissie, T. A., & Tufa, F. G. (2020)	2020	<i>Journal of Sedimentary Environments</i>	Cuenca de Ketar	Suroeste de Etiopía	Etiopía	Modelar la escorrentía superficial utilizando las herramientas de evaluación del suelo y el agua (SWAT) en la cuenca de Ketar	Datos espaciales (MDE, Mapas de uso de suelos), meteorológicos (Precipitación, temperaturas, radiación solar, humedad relativa y velocidad del viento), caudal y electricidad	SWAT
Starkloff, T., Stolte, J., Hessel, R., Ritsema, C., & Jetten, V. (2018)	2018	<i>Catena</i>	Cuenca Gryteland	Sur de Oslo	Noruega	Probar y validar la combinación de dos modelos para simular la escorrentía superficial y la erosión del suelo	DEM, Precipitaciones, temperaturas del aire, humedad relativa, radiación solar, la dirección y velocidad del viento, escorrentía superficial, descarga de drenaje, contenido de humedad y temperatura del suelo	LISEM
Stenta, H. R., Riccardi, G. A., Basile, P. A., & Trivisonno, F. N. (2014)	2014	<i>Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente</i>	Cuenca del río Tercero-Carcarañá	Provincia de Córdoba y Santa Fe	Argentina	Implementar un modelo matemático de escurrimiento superficial, de parámetros distribuidos en toda la cuenca	MDE, precipitaciones diarias, cartas topográficas, imágenes de Google Earth	Hidrológico-Hidráulico
Stenta, H., Riccardi, G., Basile, P., & Scuderi, C. (2018)	2018	<i>Cuadernos del CURIHAM.</i>	Cuenca del Pavón	A° Santa Fe	Provincia de Argentina	Comportamiento del escurrimiento superficial y su impacto en cuencas	MDE, precipitaciones totales, cartas topográficas, imágenes de Google Earth	VMMHH 1.0

Anexo 1. Resumen de 56 trabajos de investigación de modelos de escorrentía superficial

Referencias	Año	Revistas	Área de estudio	Entidad	País	Objetivo	Variables	Modelos
Strohmeier, S., López López, P., Haddad, M., Nangia, V., Karrou, M., Montanaro, G., ... & Sterk, G. (2019).	2019	<i>Water Resources Management</i>	Cuenca Oum Er Rbia y Escala Nacional Marroquí	Entidad Nacional (Marruecos)	País Marruecos	Evaluar los datos hidrológicos y modelización para la evaluación de las aguas superficiales y la sequía desde la cuenca hasta el nivel de país	Temperaturas, precipitación y humedad superficial del suelo y la evapotranspiración	SWAT
Suribabu, C. R., & Bhaskar, J. (2015)	2015	<i>Earth Science Informatics</i>	Ciudad de Tiruchirapalli	Tiruchirapalli	India	Estimar la escorrentía utilizando series temporales continuas de precipitaciones	Datos espectrales, MDE y precipitación	MDE y SCS-CN
Uwizeyimana, D., Mureithi, S. M., Mvuyekure, S. M., Karuku, G., & Kironchi, G. (2019).	2019	<i>International Soil and Water Conservation Research</i>	Subcuenca de Cylili	Huye and Gisagara districts	Ruanda	Cuantificar el volumen de la escorrentía superficial y el balance hídrico	Mapas temáticos de uso de suelo y geología, datos espectrales y Pluviometría	SCS-CN
Verma, R. K., Verma, S., Mishra, S. K., & Pandey, A. (2021)	2021	<i>Water Resources Management</i>	Cuencas Agrícolas	Centro y Nororiental de Estados Unidos	Estados Unidos	Estimar la escorrentía superficial directa de eventos de grandes precipitaciones	Precipitaciones totales y coeficientes de escorrentía (grado de saturación)	SCS-CN
Vojtek, M., & Vojteková, J. (2016)	2016	<i>Quaestiones Geographicae</i>	Cuenca Vyčoma	Oeste de Eslovaquia	Eslovaquia	Estimar y evaluar la escorrentía superficial	MDE, mapas de uso de suelo, mapas de tipos de suelo, precipitación máxima diarias	SCS-CN
Weatherl, R. K., Henao Salgado, M. J., Ramgraber, M., Moeck, C., & Schirmer, M. (2021)	2021	<i>Hydrogeology Journal</i>	Cuenca del alto Kempittal	Zúrich	Suiza	Estimar de la escorrentía superficial y la recarga de aguas subterráneas en zonas urbanas mediante un enfoque de balance hídrico descendente	Precipitación, descarga de río, evapotranspiración, bombeo de agua subterráneo, uso de suelo, superficie pavimentada	SME y Hidrograma
Yu, C., & Duan, J. (2017)	2017	<i>Journal of Hydrologic Engineering</i>	Cuenca Walnut Gulch (WGEW)	Tucson, Arizona	Estados Unidos	Simular la escorrentía superficial en la cuenca hidrográfica	MDE, mapas de uso de suelo y mapas de tipos de suelo, precipitación y infiltración	CHRE2D y Green-Ampt

Anexo 1. Resumen de 56 trabajo de investigación de modelos de escorrentía superficial

Referencias	Año	Revistas	Área de estudio	Entidad	País	Objetivo	Variables	Modelos
Zema, D. A., Denisi, P., Taguas Ruiz, E. V., Gómez, J. A., Bombino, G., & Fortugno, D. (2016)	2016	<i>Land Degradation & Development</i>	Cuenca Guadalquivir	Andalucía	España	Evaluar la fiabilidad, para diferentes escalas de tiempo, del modelo AnnAGNPS para la predicción de la escorrentía superficial	MDE, longitud de la pendiente, y la inclinación, mapas de uso de suelos, precipitación diaria, temperaturas evapotranspiración y temperaturas del punto de rocío, datos del caudal diarios	AnnAGNPS