

Modelación hidrológica para cuatro escenarios de cobertura vegetal y uso de suelo, en la cuenca del río Salinas, Chiapas, México

Daniel Alejandro Gallegos Pérez¹, Pascual López de Paz¹
Raúl González Herrera¹, Francisco Félix Domínguez Salazar¹
José Armando Velasco Herrera¹, Iván de Jesús Vázquez Montoya¹

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Primera av. Sur Poniente núm. 1460, C.P. 29000, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Teléfono y fax: (961) 125-6033. E-mail: daniel.gallegos.ex@unicach.mx.

RESUMEN

En la cuenca del río Salinas, Chiapas, se simuló el proceso natural lluvia-escurrimiento, para determinar la escorrentía total generada. Se empleó el método del Número de Curva (NC) del Servicio de Conservación de Suelos (SCS), actualmente Natural Resources Conservation Service (NRCS), del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés) (NRCS, 1997). Para facilitar dicho proceso, las simulaciones fueron efectuadas bajo el entorno del modelo hidrológico HEC-HMS, el objetivo general fue conocer los efectos ocasionados por los cambios en la cobertura vegetal y uso de suelo, en la respuesta hidrológica de la cuenca de estudio. En este artículo, se presenta un análisis efectuado en cuatro escenarios de uso de suelo sometidos a las mismas condiciones de humedad de suelo, previo a la tormenta del huracán *Stan*. Los resultados de las simulaciones revelaron que bajo esta constante, los desastres ocurridos en octubre del 2005 en la cuenca Salinas, se debieron más a lo severo del evento meteorológico que al cambio de uso de suelo. Aun así, los resultados dejan ver la posibilidad de que si la cuenca hubiera estado mejor conservada, se hubieran amortiguado mejor dichos impactos.

Palabras clave: proceso lluvia-escurrimiento, HEC-HMS, escenarios de cambio de cobertura vegetal y uso de suelo.

ABSTRACT

In the Salinas River Basin, Chiapas, was simulated natural rainfall-runoff process to determine the total runoff generated was used Curve Number Method (CN) of the Soil Conservation Service (SCS), now Natural Resources Conservation Service (NRCS), Department of Agriculture (USDA for its acronym in English) (NRCS, 1997). To facilitate this process, the simulations were carried out under the environment of the HEC-HMS hydrologic model; the goal of the study was to know the effects caused by changes in land cover and land use in the hydrological response of the watershed. In this article, we show four analyses of land use scenarios, subject to the same soil moisture conditions prior to hurricane storm *Stan*. The simulations results showed that under these constant disasters in October 2005 in the Salinas basin were due more to the severe weather event that land use change. The results reveal the possibility that if the basin would have been better preserved, they had better cushioned impacts.

Keywords: rainfall-runoff process, HEC-HMS, scenarios of change vegetation cover, and land use.

INTRODUCCIÓN

Se ha demostrado que el modelado hidrológico, ha sido de gran utilidad en la evaluación del impacto del cambio de uso del suelo en cuencas pequeñas (Henderson *et al.*, 1993; Harbor, 1994; Bhaduri *et al.*, 1997; Sharma *et al.*, 2000). Dichos, modelos se han utilizado para comprender la dinámica del ciclo hidrológico con respecto a los componentes climatológicos y la superficie terrestre (Singh y Woolhiser, 2002). La calidad de los resultados está en función de la precisión de los datos de entrada, así como del grado con el que la estructura del modelo

representa correctamente los procesos hidrológicos, de acuerdo con el problema en estudio (Campos, 1998).

Los componentes más importantes que intervienen en el modelado del proceso lluvia-escurrimiento de cuencas hidrográficas son: las características topográficas, la ocupación del suelo, las precipitaciones, la evapotranspiración y los flujos o caudales observados (Réménieras, 1999), donde la vegetación juega un importante papel en el ciclo hidrológico, ya que afecta al balance de agua de la superficie en todos sus componentes (Chang, 2003). La precipitación, intercepción, escurrimiento, evaporación, transpiración y otros procesos del ciclo hidrológico,

presentan una gran variación espacial y temporal, y éstos a su vez, juegan un papel crítico en diversos procesos físicos, químicos y biológicos que regulan el sistema terrestre, donde la actividad humana es inseparable de los eventos naturales (Dunne y Leopold, 1978; Elkaduwa y Sakthivadivel, 1998).

En México es necesario seguir analizando el efecto que tiene el deterioro de la cobertura vegetal en los procesos hidrológicos. Esto es realmente preocupante, ya que según Goel y Norman (1992) la remoción de la vegetación natural en grandes superficies tiene un impacto en el cambio climático local y regional de una determinada zona. A su vez, genera problemas de desertificación, y disminución de productividad del suelo (Casas, 2003), altera los ciclos de producción biológica y provoca cambios en los procesos del ciclo hidrológico (Charney, 1975).

Sin embargo, cuando se presentan fenómenos meteorológicos de gran magnitud, generalmente estas dejan como consecuencias, desastres de gran envergadura, y en ocasiones, queda en el aire la pregunta: ¿cuál de los

dos factores tuvo mayor relevancia?, ¿el cambio en el uso de suelo o la intensidad de la tormenta en cuestión?, en vista de esta y otras cuestiones, el artículo tiene como finalidad principal, conocer la respuesta hidrológica de la cuenca Salinas ante cuatro escenarios de cambio de cobertura vegetal y uso de suelo, simulando la tormenta del huracán *Stan*. Para lograr ese objetivo, se determinaron las características físicas de la cuenca, se generaron escenarios de usos de suelo para los años 1975, 1993, 2000 y 2007, posteriormente se estructuró, calibró y validó el modelo hidrológico de la cuenca Salinas, Chiapas, bajo el entorno del HEC-HMS. Finalmente se simuló la tormenta del huracán *Stan* en cada uno de los escenarios, bajo las condiciones de humedad antecedente de dicha tormenta.

METODOLOGÍA

Para conseguir los objetivos perseguidos en este estudio, se estableció una metodología que consta de cinco etapas (figura 1).

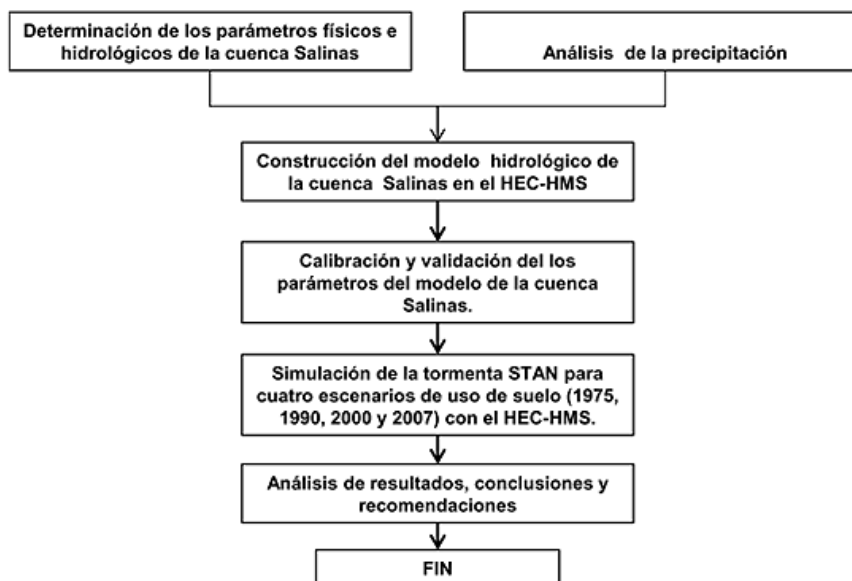


FIGURA 1

Principales etapas en el desarrollo de la investigación.

Primeramente, se determinaron los parámetros físicos e hidrológicos de la cuenca, entre los más importantes se destacan: la abstracción inicial (IA) y el parámetro de NC

el cual fue obtenido mediante la elaboración de álgebra de mapas de cada escenario de uso de suelo correspondiente a los años 1975, 1993, 2000 y 2007 (ver figura 2, apéndice).

Posteriormente, se construyó un modelo semi-distribuido de la cuenca Salinas bajo el entorno del modelo hidrológico HEC-HM (figura 3) y se calibraron los coeficientes K y X del método de Muskingum y el tiempo de retardo (T_{Lag}) mediante una combinación estratégica de calibración manual y algoritmos de búsqueda local, i.e. Método Simplex (Nelder y Mead, 1965) y Gradiente Univariado (Snyman, 2005) o método de Newton, mediante el cual se logró optimizar un parámetro a la vez.



FIGURA 3 Modelo hidrológico conceptual semidistribuido de la cuenca Salinas.

Por último, bajo el esquema del hidrograma unitario sintético (SCS, 1971) y con el evento de lluvia correspondiente a la tormenta del huracán *Stan* en octubre del 2005, se generaron simulaciones para cada escenario de uso de suelo. Finalmente, se procedió a la elaboración de las conclusiones y recomendaciones pertinentes.

RESULTADOS

Simulación de la tormenta del huracán *Stan* para el escenario 1975

En la figura 4 se presenta la comparación del hidrograma resultante de la simulación efectuada para el escenario de uso de suelo correspondiente al año 1975, con los gastos observados en la tormenta del huracán *Stan*, acontecida en octubre del 2005.

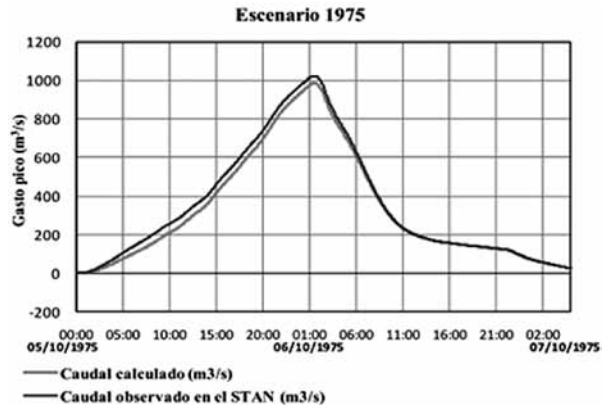


FIGURA 4 Resultados de la simulación de la tormenta *Stan* para el escenario de uso de suelo correspondiente al año 1975.

Simulación de la tormenta del huracán *Stan* para el escenario 1993

En la figura 5 se presenta la comparación del hidrograma resultante de la simulación efectuada para el escenario de uso de suelo correspondiente al año 1993, con los gastos observados en la tormenta del huracán *Stan*, acontecida en octubre del 2005.

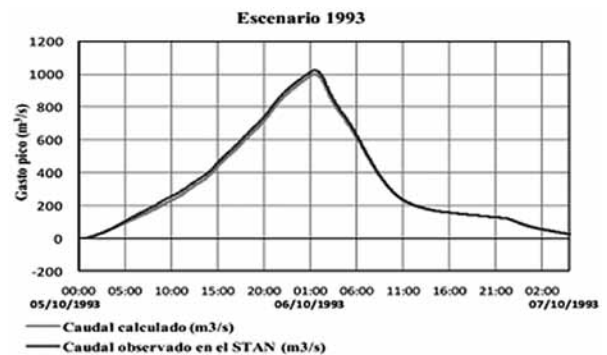


FIGURA 5 Resultados de la simulación de la tormenta *Stan* para el escenario de uso de suelo correspondiente al año 1993.

Simulación de la tormenta del huracán *Stan* para el escenario 2000

En la figura 6 se presenta la comparación del hidrograma resultante de la simulación efectuada para el escenario de uso de suelo correspondiente al año 2000, con los gastos observados en la tormenta del huracán *Stan*, acontecida en octubre del 2005.

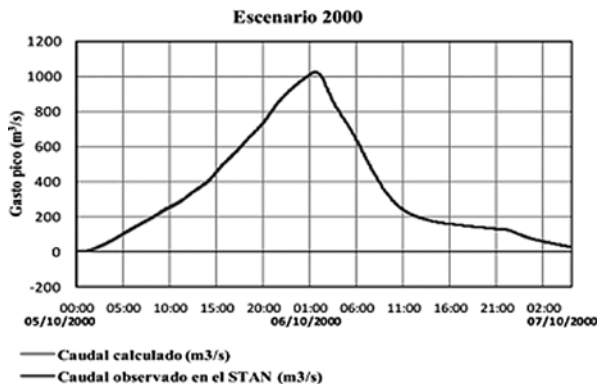


FIGURA 6

Resultados de la simulación de la tormenta *Stan* para el escenario de uso de suelo correspondiente al año 2000.

Simulación de la tormenta del huracán *Stan* para el escenario 2007

En la Figura 7 se presenta la comparación del hidrograma resultante de la simulación efectuada para el escenario de uso de suelo correspondiente al año 2007, con los gastos observados en la tormenta del huracán *Stan*, acontecida en octubre del 2005.

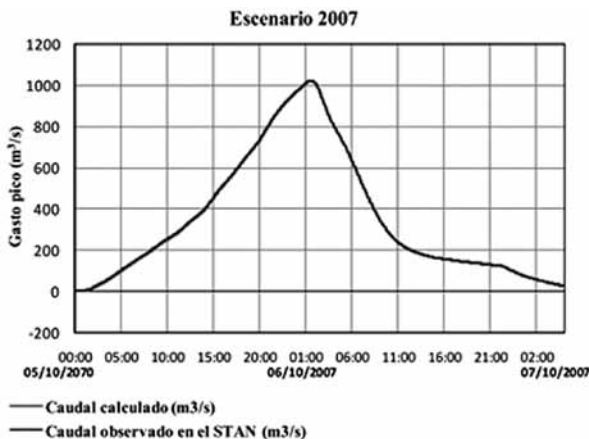


FIGURA 7

Resultados de la simulación de la tormenta *Stan* para el escenario de uso de suelo correspondiente al año 2007.

Al analizar y comparar los hidrogramas para el escenario 1975, se puede observar que hubo una disminución en el gasto pico de aproximadamente 6% con respecto a los caudales observados en la tormenta del huracán *Stan* en 2005. De la misma manera para el escenario 1993, se presentó una disminución en el gasto pico de aproximadamente entre 3% y finalmente en los escenarios 2000 y 2007 se puede observar que ambos hidrograma no presentaron diferencias significativas, de hecho en el escenario 2000 los hidrogramas calculados resultaron similares a los caudales observados en la tormenta del huracán *Stan*, esto se debe principalmente a que los número de curva para ambos escenarios no mostraron mucha diferencia.

CONCLUSIONES

La simulación efectuada en los cuatro escenarios de uso suelo, permitió concluir que en el caso de la cuenca Salinas, los desastres ocurridos en octubre del 2005, se debieron más a lo severo del evento meteorológico que al cambio de uso de suelo. Sin embargo, parte de los resultados dejan ver la posibilidad de que si la cuenca hubiera estado mejor conservada, se hubieran amortiguado mejor dichos impactos.

La metodología descrita, presenta conceptos y elementos útiles para la modelación hidrológica de cuencas. Se describe de forma clara la obtención de los elementos físicos e hidrológicos de una cuenca en el entorno de un SIG y la manera de inferir los parámetros más relevantes en la conceptualización de un modelo de cuenca, se esquematiza de manera general la construcción de un modelo hidrológico en el HEC-HMS y la forma de calibrar y validar los parámetros de la misma. Concluyendo que la metodología planteada, es repetible en cuencas pequeñas y con características parecidas a la zona de estudio.

LITERATURA CITADA

- BHADURI, B., M., GROVE, C., LOWRY, & J., HARBOR, 1997.** Assessment of long-term, hydrologic effects of land use change. The curve number technique for calculating runoff is modified to estimate lost groundwater recharge. *Journal of American Water Works Association*, 89 (11): 94-106.
- CAMPOS, D.F., 1998.** *Procesos del Ciclo Hidrológico*. Tercera reimpresión, Editorial Universitaria Potosina, México.
- CASAS, R., 2003.** *Sustentabilidad de la agricultura en la región pampeana*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA-Castelar.
- CHANG, M.T., 2003.** *Forest Hydrology: An Introduction to Water and Forests*. Boca Raton: CRC Press. 373 p.
- CHARNEY, J. G., 1975.** Dynamics of deserts and drought in the Sahel. *Journal of the Real Meteorology Society*, 101: 193-202.
- DUNNE, T. & L.B., LEOPOLD, 1978.** *Water in Environmental Planning*, W. H. Freeman and Co., San Francisco, USA.
- ELKADUWA, W.K. & R., SAKTHIVADIVEL, 1998.** *Use of historical data as a decision support tool in watershed management: A case study of the Upper Nilwala basin in Sri Lanka*, Report 26, International Water Management Institute.
- GOEL, N.S. & J.M., NORMAN, 1992.** Biospheric models, measurements and remote sensing of vegetation. *ISPRS, Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 47: 163-188.
- HARBOR, J., 1994.** A practical method for estimating the impact of land-use change on surface runoff, ground water charge and wetland hydrology, *Journal of the American Planning Association*, 60 (1): 95-108.
- HENDERSON, S.A., R.E., DICKINSON, T.B., DURBIDGE, P.J., KENNEDY, K., MCGUFFIE, & A.J., PITMAN, 1993.** Tropical deforestation: modeling local-to regional-scale climate change, *Journal of Geophysical Research*, 98 (D4): 7289-7351.
- NELDER, J.A., & R. MEAD, 1965.** A simple method for function minimization, *The Computer Journal*, 7: 308-313.
- NRCS (NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE), 1997.** *National Engineering Handbook*, part 630, Hydrology, U.S. Dep. of Agric., Washington, D. C.
- SCS (SOIL CONSERVATION SERVICE), 1971.** *Hydrology. National Engineering Handbook*, sec 4. U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C.
- RÉMÉNIÉRAS, G., 1999.** *L'hydrologie de l'ingénieur*, Collection de la Division Recherche et Développement d'Electricité de France, Eyrolles, France, 456 p.
- SHARMA, K.V., C.J., VORÓSMARTY, & B., MOORE III, 2000.** *Sensitivity of the Himalayan hydrology to land use and climatic changes*, Climatic Change, A1, 117-139 p.
- SINGH, V.P. & D.A., WOOLHISER, 2002.** Mathematical Modeling of Watershed Hydrology, *Journal of Hydrologic Engineering*, July/August. Pp. 270-292.
- SNYMAN, J.A., 2005.** *Practical mathematical optimization: An introduction to basic optimization theory and classical and new Gradient-Based algorithms*. Springer Publishing.

APÉNDICE

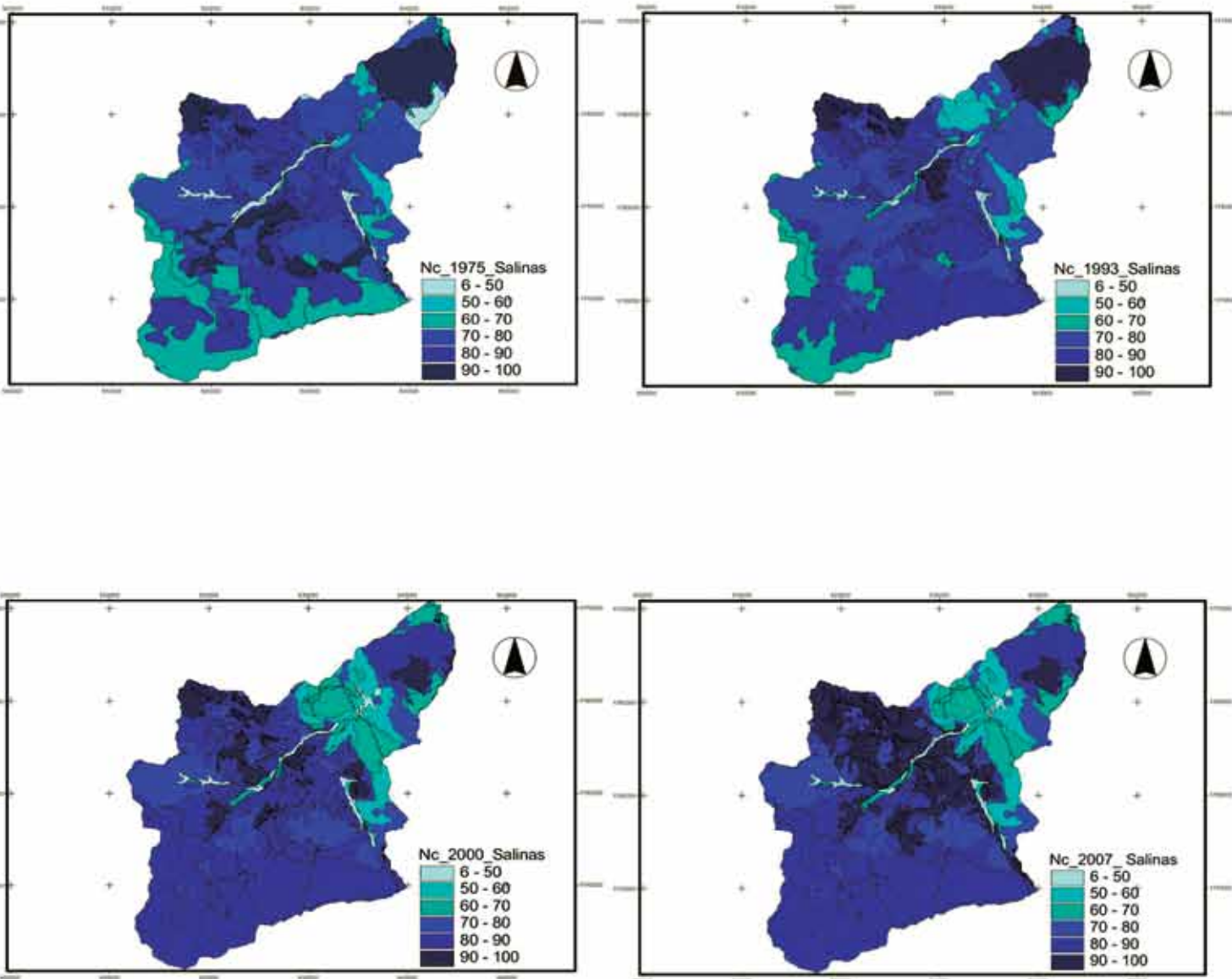


FIGURA 2

NC de la cuenca Salinas para los escenarios 1975, 1993, 2000 y 2007.