

EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS POR EROSIÓN HÍDRICA QUE AFECTA LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO SUPERFICIAL: CASO DE ESTUDIO CUENCA DEL RÍO AMERICAN

Murrieta Rangel, Alberto Daniel (1), Orozco Medina, Ismael (2), Delgado Galván, Xitlali (2), Mora Rodríguez, José De Jesús (2).

1 Ingeniería Hidráulica, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: alberto15_mr@hotmail.com

2 Departamento de Ingeniería en Geomántica e Hidráulica, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: i.orozco@ugto.mx

Resumen

Esta investigación pretende desarrollar una metodología que permita estimar y evaluar los efectos del cambio climático en la producción de sedimentos de una cuenca hidrográfica de alta montaña. Lo anterior con la finalidad de que sea una herramienta para la revisión del dimensionamiento del volumen muerto de las presas, mejorar su operación y mantenimiento que garantice alcanzar su vida útil. La metodología plantea el uso del submodelo de sedimentos del modelo hidrológico distribuido TETIS. Además de un modelo climático global y los escenarios del IPCC para introducir los efectos del cambio climático. Los resultados muestran incrementos significativos en la producción de sedimentos, producto de un cambio en la hidrodinámica produciendo avenidas más torrenciales y tasas de fusión más elevados por los incrementos en las temperaturas.

Abstract

This investigation tries to develop a methodology that allows estimate and evaluate the effects of the climate change in the sediments production of a hydrographic basin of high mountain. The above in order to be a tool for the review of the sizing of the dead volume of the dams, to improve his operation and maintenance that it guarantees to reach his useful life. The methodology proposes the use of the sediment submodel of the distributed hydrological model TETIS. In addition to a climatic global model and the scenes of the IPCC to introduce the effects of the climate change. The results show significant increases in the production of sediments, product of a change in the hydrodynamics producing more torrential avenues and rates of merger more raised by the increases in the temperatures.

Palabras Clave

Modelación distribuida; Erosión; CMIP5, Escenario climático; TETIS

INTRODUCCIÓN

La modelación distribuida es una de las herramientas clave para la estimación de eventos de crecidas y para la evaluación de los recursos hídricos. Acoplado a un modelo climático de circulación general permite realizar predicciones futuras de un sistema hidrológico. Las ventajas que presenta la modelación distribuida con respecto a la tradicional modelación agregada consisten fundamentalmente en la mejor representación de la variabilidad espacial de los fenómenos involucrados dentro de los procesos hidrológicos. Adicionalmente, la modelación distribuida ha surgido en los últimos años para lograr un mejor entendimiento de los procesos a nivel de cuenca y de parcela. Aunque en ocasiones requiere de información detallada de la zona de estudio, este tipo de información día a día se encuentra más a disposición del público [1].

En el diseño de obras hidráulicas de gran importancia como las presas cuya vida útil está condicionada a la cantidad de sedimentos que es capaz de almacenar, es de suma importancia hacer una correcta estimación de la producción de sedimentos por erosión hídrica de una cuenca. Sin embargo, las metodologías existentes en la literatura científica para esta estimación no toman en cuenta todas las variables que intervienen en este proceso provocando una sobreestimación o subestimación. Por lo cual, existe incertidumbre sobre si las presas ya existentes han sido dimensionadas correctamente. Agregado a lo anterior, está el hecho de que las cuencas hidrográficas no son estáticas y reaccionan ante los cambios ambientales y climáticos haciendo que las tasas de erosión sean cambiantes a lo largo del tiempo.

Este trabajo emplea información del modelo realizado en una cuenca experimental y utilizado en los estudios “Modelación de los impactos del Cambio Climático sobre los flujos y almacenamientos en una cuenca de alta montaña” [2] y “Evaluación del submodelo de fusión de nieve del modelo TETIS en las cuencas de alta montaña de los ríos American y Carson dentro del proyecto DMIP2” [3].

Zona de estudio

La zona de estudio seleccionada es una subcuenca del Río American ubicada en el Suroeste de EE. UU., entre los estados de California y Nevada (IMAGEN 1). La cuenca tiene un área de 886 km² y presenta un régimen hidrológico mixto influenciado por las lluvias y las nevadas. Es una cuenca de alta montaña con elevaciones entre los 281 m y 2,630 m, las precipitaciones acumuladas medias anuales varían entre 813 mm y 1,651 mm, además, en la cuenca, el 80% de la precipitación anual ocurre de noviembre a marzo. Las temperaturas medias en la cuenca oscilan entre 3°C y 18°C [2].

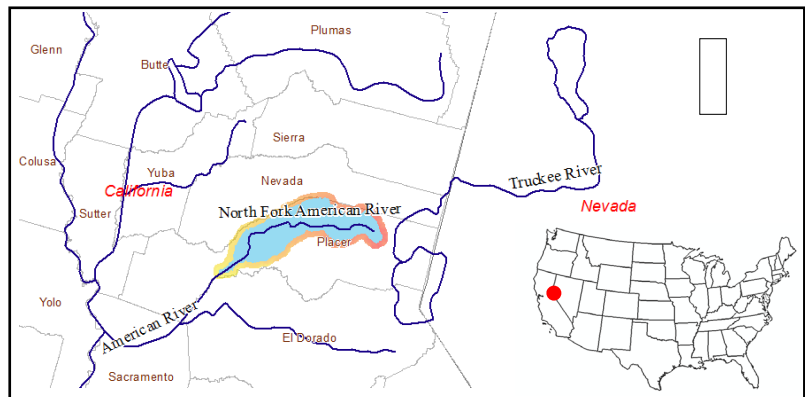


IMAGEN 1: Localización de la cuenca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Modelo TETIS

El modelo hidrológico distribuido TETIS ha sido desarrollado por el Grupo de Investigación en Modelación Hidrológica y Ambiental (GIMHA) del Instituto Universitario de Investigación de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA) de la Universitat Politècnica de València (UPV), España. El TETIS realiza la simulación hidrológica de cuencas naturales, dispone de submódulos para simular la fusión de nieve y los sedimentos. Está basado en una estructura de tanques en cada celda, interconectados vertical y horizontalmente, y que representan los procesos de ladera y acuífero (para más información consultar la referencia [1]). Las entradas del modelo son la precipitación, la evapotranspiración potencial y la temperatura.

Submodelo de sedimentos.

El submodelo sedimentológico TETIS está basado en la formulación desarrollada en el modelo CASC2D-SED. En el modelo TETIS tanto los procesos en ladera como en canales son unidimensionales [1]. Maneja los procesos de ladera (IMAGEN 2) y los procesos en cárcavas y cauces de manera independiente. Además, separa las partículas de sedimentos en tres categorías de tamaño, arena, limo y arcilla (Para saber más acerca de estos procesos y del submodelo de sedimentos consultar la referencia [4]).

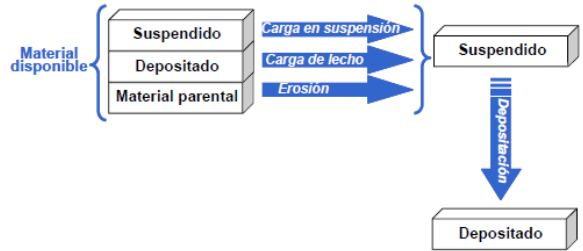


IMAGEN 2: Procesos de ladera del submodelo de sedimentos en TETIS.

El submodelo de sedimentos utiliza los parámetros de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE por sus siglas en inglés), introducidos en tres mapas: cobertura/manejo (C), erodabilidad del suelo (K) y Prácticas de control (P). Además de los mapas de porcentaje de arena, limo y arcilla en la capa de suelo que se encuentra en la cuenca. Para la obtención de estos parámetros se ha utilizado la metodología mostrada en las referencias [5], [6] Y [7], y además se utiliza el software ArcGis® para la realización de los mapas necesarios, los cuales, están a una resolución de 421.76 metros (IMAGEN 3).

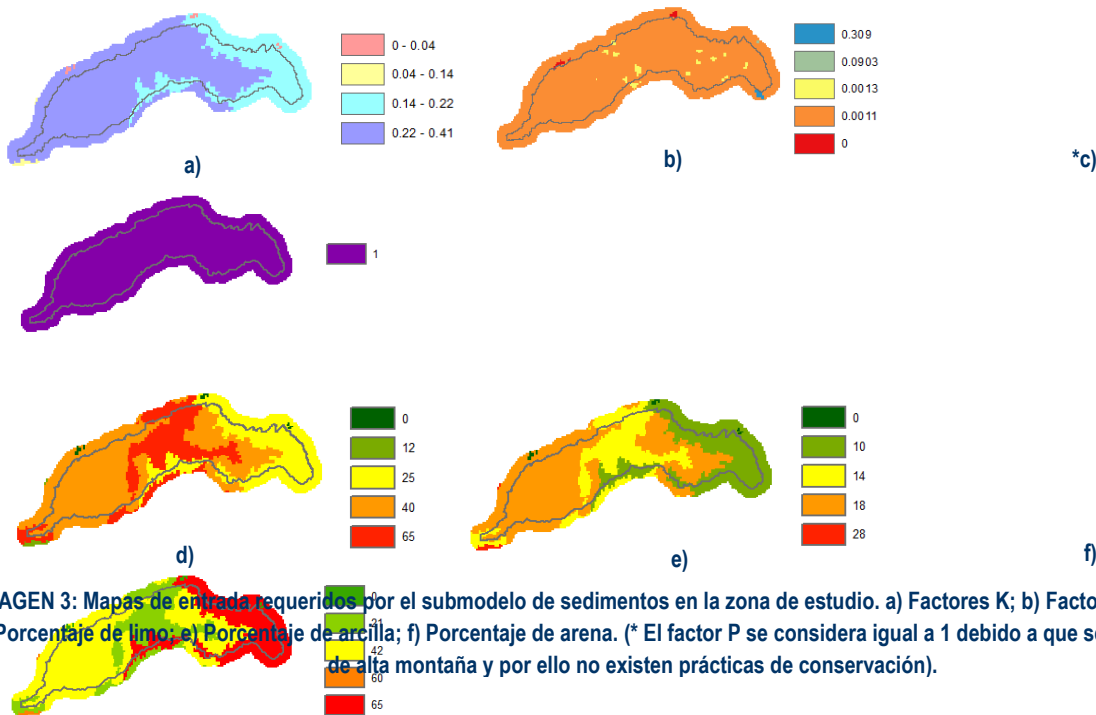


IMAGEN 3: Mapas de entrada requeridos por el submodelo de sedimentos en la zona de estudio. a) Factores K; b) Factores C; c) Factores P; d) Porcentaje de limo; e) Porcentaje de arcilla; f) Porcentaje de arena. (* El factor P se considera igual a 1 debido a que se trata de una cuenca de alta montaña y por ello no existen prácticas de conservación).

Modelo Climático Global y escenarios del IPCC.

En este artículo se emplean los Modelos Climáticos Globales del Proyecto Intercomparación de Modelos Acoplados-fase 5 (CMIP5). Lo anterior debido a que el CMIP5 ha sido uno de los métodos más usados desde finales de los ochenta. El CMIP5 considera la colaboración de 20 grupos de Modelado Climático Global de manera conjunta para realizar las predicciones [8].

En las proyecciones se han usado los escenarios climáticos RCP2.6, RCP6.0 y RCP 8.5 del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés). El escenario RCP2.6 es el más optimista, asume menos emisiones de gases efecto invernadero y una reducción total de las emisiones antes del 2030. El escenario RCP6.0 asume que no se reducirán tan rápidamente los gases de efecto invernadero y que será la generación del 2030, la que empezará a tomar decisiones para reducir las emisiones de manera efectiva y de forma apresurada. El último escenario, el RCP8.5 es el más desfavorable y considera que no habrá un cambio y que se seguirán emitiendo gases de efecto invernadero [2].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La modelación del transporte medio de sedimentos en el periodo de calibración (1992-1994), muestra que existen flujos significativos para las tres texturas (arena, limo y arcilla) (IMAGEN 4). Sin embargo, trata de flujos relativamente bajos, producto de diferentes aspectos como pueden ser la distribución de estos estratos en las diferentes profundidades, la topografía de la cuenca o de igual manera el régimen de lluvias. Con un pico de 1.3 l/s en el mes de diciembre y un flujo prácticamente nulo en los periodos de primavera-verano, cuya aportación del caudal es producto de la fusión de nieve.

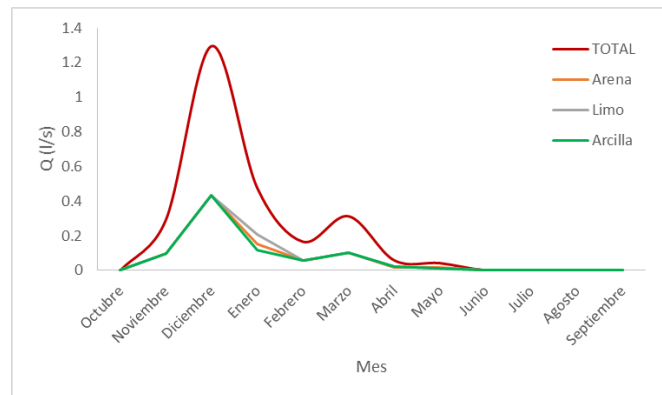
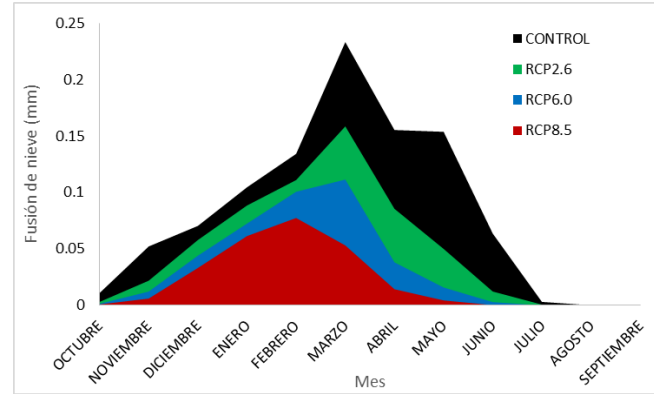
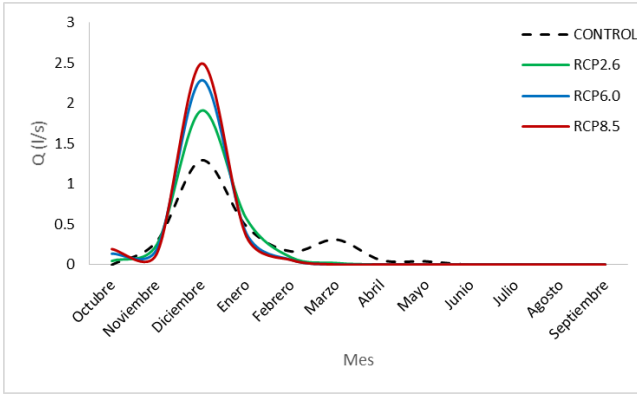


IMAGEN 4: Transporte de sedimentos (flujos medios) en la cuenca.

Al introducir los efectos del cambio climático y modelar el transporte de sedimentos en el 2100, los resultados obtenidos muestran un aumento del transporte total de sedimentos en la cuenca. Se puede observar en la IMAGEN 5 un aumento gradual en todos los escenarios, siendo el aumento más significativo en el escenario más desfavorable RCP8.5 (IMAGEN 5. a). El cual responde al comportamiento de las lluvias que se dan con más frecuencia durante los meses de otoño-invierno. A través de los diferentes escenarios los flujos medios de sedimentos tienen un aumento promedio de casi 1 l/s en el mes de diciembre que es el mes donde existe más producción.



a)

b)

IMAGEN 5: Impactos del Cambio Climático sobre los flujos medios totales de sedimentos y sobre la fusión de nieve en el 2100 según 3 escenarios del IPCC. a) Caudales de sedimentos en la cuenca. b) Fusión de nieve en la cuenca.

Al analizar el resto de los flujos y almacenamientos resultados de las simulaciones, el efecto más significativo del cambio climático para el año 2100 es que la permanencia de la capa de nieve se reduciría drásticamente por el aumento de las tasas de fusión de nieve que se debe a la elevación de las temperaturas (IMAGEN 5. b). En el escenario más optimista RCP2.6 tiene una disminución promedio de 53%, mientras que en el más desfavorable RCP8.5 es del 80%.

La erosión en la cuenca es otro punto importante a tocar, debido a que se genera a partir de la producción de sedimentos. De acuerdo a las diferentes simulaciones, el comportamiento de la erosión total en la cuenca se muestra en la TABLA 1, en la cual se observa un evidente aumento en la erosión conforme los escenarios.

TABLA 1: Erosión total simulada en los diferentes escenarios.

Escenario	Control	RCP2.6	RCP6.0	RCP8.5
Erosión (m ³)	1,220.77	2,538.11	3,502.49	4,421.7

CONCLUSIONES

La utilización de un modelo hidrológico distribuido en conjunto con un modelo Global de Cambio Climático, tomando en cuenta los escenarios del IPCC y la producción de sedimentos han permitido modelar los posibles efectos del cambio climático en los almacenamientos y flujos de sedimentos para el 2100 en una cuenca de alta montaña. De manera general los resultados muestran incrementos significativos en la producción de sedimentos, producto de un cambio en la hidrodinámica produciendo avenidas más torrenciales y tasas de fusión más elevados por los incrementos en las temperaturas. Lo anterior, resulta de gran trascendencia debido a que a través de estas herramientas se puede cuantificar con mayor precisión estos flujos y permitirá verificar la estimación del volumen muerto de presas de almacenamiento realizado en el diseño de estas obras hidráulicas de gran importancia para el país.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido apoyada por la Dirección General de Educación Superior Universitaria (DGESU) de la Secretaría de Educación Pública de México (a través de su Programa para el Desarrollo Profesional Docente FOLIO PRODEP: UGTO-PTC 613) y por la División de Ingenierías de la Universidad de Guanajuato, México.

REFERENCIAS

- [1]. Grupo de Investigación en Modelación Hidrológica y Ambiental Distribuida (IIAMA). DESCRIPCIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL DISTRIBUIDO DE SIMULACIÓN HIDROLÓGICA TETIS v.9.0.1. Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente. Universitat Politècnica de Valencia. España, 2018.
- [2]. Orozco, I., Ramírez, A.I., Francés, F. MODELACIÓN DE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS FLUJOS Y ALMACENAMIENTOS EN UNA CUENCA DE ALTA MONTAÑA. México, 2014.
- [3]. Orozco, Ismael; Francés, Félix. EVALUACIÓN DEL SUBMODELO DE FUSIÓN DE NIEVE DEL MODELO TETIS EN LAS CUENCAS DE ALTA MONTAÑA DE LOS RÍOS AMERICAN Y CARSON DENTRO DEL PROYECTO DMIP2. Universitat Politècnica de València (UPV). Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. España, 2010.
- [4]. Gianbattista Bussi; Félix Francés; Juan José Montoya; Pierre Y. Julien. DISTRIBUTED SEDIMENT YIELD MODELLING: IMPORTANCE OF INITIAL SEDIMENT CONDITIONS. Journal ELSEVIER. 2014.

- [5]. Panos Panagos; Pasquale Borrelli; Katrin Meusburger; Christine Alewell; Emanuele Lugato; Luca Montanarella. ESTIMATING THE SOIL EROSION COVER-MANAGEMENT FACTOR AT THE EUROPEAN SCALE. Journal ELSEVIER. 2015.
- [6]. Panos Panagos; Pasquale Borrelli; Katrin Meusburger; Emma H. van der Zanden; Jean Poesen; Christine Alewell. MODELLING THE EFFECT OF SUPPORT PRACTICES (P-FACTOR) ON THE REDUCTION OF SOIL EROSION BY WATER AT EUROPEAN SCALE. Journal ELSEVIER. 2015.
- [7]. Gisbert Blanquer, Juan M.; Ibáñez Asensio, Sara; Moreno Ramón, Héctor. EL FACTOR K DE LA ECUACIÓN UNIVERSAL DE PÉRDIDAS SUELO (USLE). Universitat Politècnica de València (UPV). Departamento de Producción Vegetal. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. España, 2012.
- [8]. Karl E. Taylor; Ronald J. Stouffer; Gerald A. Meehl. AN OVERVIEW OF CMIP5 AND THE EXPERIMENT DESIGN. Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, California. American Meteorological Society. September 2012.