

EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL CAMBIO DE USO DE SUELO Y CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS POR EROSIÓN HÍDRICA QUE AFECTA LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO SUPERFICIAL: CASO DE ESTUDIO LA CUENCA DEL RÍO TURBIO EN GUANAJUATO

Dubón Perdomo, Liliam Rocío (1), Medina Orozco, Ismael (2), Farfán Gutiérrez, Michelle (2),
Delgado Galván Xitlali (2), Mora Rodríguez, José de Jesús (2)

1 [Ingeniería Agronómica en Recursos Naturales Renovables, Universidad de San Carlos de Guatemala] | [Dirección de correo electrónico: liliam201196@gmail.com]

2 [Departamento de Geomática e Hidráulica, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | [Dirección de correo electrónico: i.orozco@ugto.mx]

Resumen

Evaluar los efectos de los cambios en el uso del suelo y el cambio climático en la producción de sedimentos por erosión hídrica en una cuenca hidrológica es un tema de suma importancia al repercutir directamente en la vida útil de fuentes de abastecimiento y en la disponibilidad hídrica de una cuenca. Sin embargo, las metodologías existentes no toman en cuenta todas las variables que intervienen en este proceso. Agregado a lo anterior, está el hecho de que las cuencas no son sistemas estáticos y reaccionan ante los cambios de uso de suelo y climáticos. Es por ello, que la presente investigación se enfoca a evaluar los efectos futuros del cambio de uso de suelo y el cambio climático sobre la producción de sedimentos. Para llevar a cabo lo anterior, se propone una metodología que incluye el uso del modelo Dinámica EGO®, el modelo hidrológico TETIS, los modelos climáticos de proyecto CMIP5 y los escenarios del IPCC. Los resultados obtenidos muestran efectos significados asociados directamente al cambio de regímenes de flujo y el aumento del potencial erosivo de la cuenca.

Abstract

Assessing the effects of land use changes and climate change in the production of sediments by water erosion in a hydrological basin is an important issue that has a direct impact on the useful life of water supply sources and water availability in a hydrological basin. However, existing methodologies don't take into account all the variables involved in this process. In addition, must be taken into account the fact that basins aren't static systems and they react to land use changes and climate changes. That's why the present investigation is focus on evaluate future land use changes and climate changes on sediments production. For this process, is proposed a methodology that includes the use of Dinámica EGO® model, TETIS hydrological model, CMIP5 climate models and IPCC scenarios. The obtained results shows significant effects associated directly to the change of flow regimes and the increase of the erosive potential of the basin.

Palabras Clave

TETIS, CMIP5, DINAMICA EGO®, Cambio de uso de suelo, Cambio climático.

INTRODUCCIÓN

Los efectos de los cambios en el uso del suelo y el cambio climático en la producción de sedimentos por erosión hídrica en una cuenca hidrológica es un tema de suma importancia, al tener una repercusión directa sobre la vida útil de las fuentes de abastecimiento y en la disponibilidad hídrica de una zona de interés. El cambio de uso de suelo o de la vegetación en un ecosistema generalmente asume otro cambio en las relaciones funcionales que determinan el comportamiento hidrológico del suelo. Por ejemplo, la expansión espacial de una ciudad provoca una serie de cambios en los usos y coberturas del suelo, donde prevalece el avance de las superficies artificiales sobre superficies naturales, provocando una serie de alteraciones en el medio ambiente: aumento de la temperatura superficial, degradación de hábitats, alteraciones en el ciclo hidrológico, etc. En el caso de los cambios de uso de suelo en las zonas medias y altas los efectos pueden traducirse en la pérdida de la capa superior del suelo productivo, materia orgánica, nutrientes y la capacidad de almacenamiento del agua. También surge el inconveniente de alta erosionabilidad debido a la estructura pobre del suelo, la baja cobertura vegetal y la precipitación. Además, en la parte alta de la cuenca los cambios de uso del suelo también pueden afectar el proceso de infiltración, ya que cambiar la cubierta natural genera cambios en la capacidad de infiltración del suelo [1]. Una alta erosión y transporte de sedimentos que pueden afectar la vida útil de las fuentes de abastecimiento superficiales. Dentro del ciclo hidrológico, los efectos pueden presentarse principalmente en el proceso de infiltración que repercute en la disponibilidad hídrica, que es más complejo en de evaluar espacial y temporalmente con métodos empíricos como un balance hídrico. Esta complejidad es atribuida a la variación en las condiciones iniciales y de frontera del sistema de las leyes que gobiernan el proceso en tiempo y espacio [2]. En el caso de la escorrentía superficial, al aumentar las superficies impermeables como consecuencia de la urbanización, se inhiben condiciones naturales de infiltración y por ende se altera el funcionamiento hídrico de las cuencas, aumentando los volúmenes de agua y la rapidez con que descienden por laderas y cauces, especialmente cuando se registran precipitaciones abundantes. La rapidez del escurrimiento impide el almacenaje del agua en el suelo y el desaparecimiento de los flujos de base o permanentes [3]. Con base en lo anterior, en este trabajo se hace un análisis de los cambios de uso de suelo a través de los años y como esto afecta en la producción de sedimentos en la cuenca del Río Turbio afectando la disponibilidad de fuentes de agua superficiales y subterráneas.

Área de estudio

El área de estudio seleccionada es una subcuenca del Río Turbio, ubicada al suroeste del estado de Guanajuato y al noreste del estado de Jalisco, México. Ésta comprende un área de 3,041.77 km², se encuentra en un 79% en el estado de Guanajuato y un 21% en el estado de Jalisco y pertenece a la región hidrológica Lerma Santiago. La precipitación de la cuenca oscila entre 600 y 700 mm, la primera en la porción norte y centro de la cuenca y el resto en el sur [4].

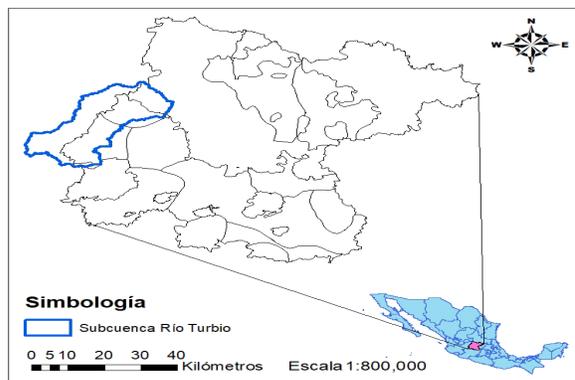


IMAGEN 1: Zona de estudio

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología propuesta para llevar a cabo la investigación incluye el uso de datos hidrometeorológicos a escala diaria obtenidos de la Comisión Estatal del Agua y Servicio Meteorológico Nacional de México. Un modelo hidrológico, un modelo global del clima, un submodelo sedimentos, un modelo de cambio de uso de

suelo y los escenarios de cambio climático del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés). El modelo hidrológico seleccionado es el TETIS, 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 Valencia (UPV), España. El modelo TETIS incluye un submodelo de sedimentos basado en la formulación desarrollada en el modelo CASC2D-SED, este simula los procesos de sedimentos en ladera y canales en una dimensión. Las tasas de producción, transporte y depositación están controladas por la disponibilidad de sedimentos en la cuenca, y la capacidad de transporte de la corriente. Este modelo separa las partículas de sedimentos en categorías de tamaño y la velocidad que necesitan para transportarse permite predecir el movimiento de las partículas. Para implementar el submodelo de sedimentos se han calculado los parámetros factor de cobertura y manejo (C) [5], factor de erodabilidad del suelo (K) [6] y el factor de prácticas de soporte (P) [7] (IMAGEN 2). Además de los mapas de porcentaje de limos, arenas y arcillas en el área de estudio (IMAGEN 2). Para más información referente al modelo TETIS y su submodelo de sedimentos consultar [8].

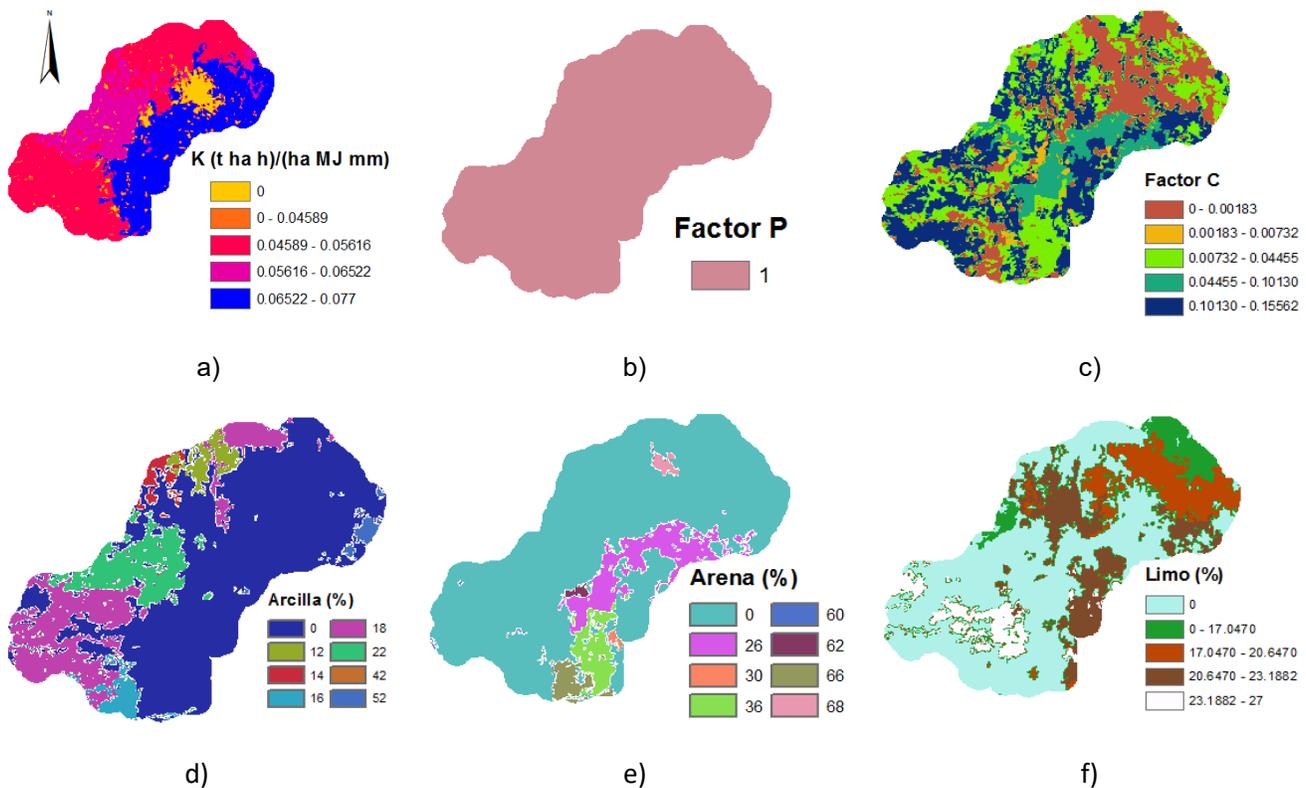


IMAGEN 2: a) Factor K, b) Factor P, c) Factor C, d) mapa de porcentajes de arcilla, e) mapa de porcentajes de arena y f) mapa de porcentajes de limo.

En la modelación de los cambios de uso de suelo al 2100 se utilizó el programa Dinámica EGO[®], desarrollado en la Universidad Federal de Minas Gerais en Brasil [9]. La base de datos que es utilizada como insumo para el programa Dinámica EGO, fueron los mapas de cubierta y uso del suelo a una escala 1: 250 000 de la serie IV (2014) y V (2015) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) [10]. Los mapas con las características geográficas y demográficas se obtuvieron del Instituto de Planeación Estadística y Geográfica (IPLANEG) [11]. Los resultados de cambio de uso de suelo obtenidos con el modelo Dinámica EGO se presentan en el artículo de [12].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos con el submodelo de sedimentos para el periodo de calibración muestran que existe transporte de sedimentos para las principales texturas de suelo, lo cual muestra el potencial erosivo de la subcuenca de estudio (IMAGEN 3a). Al analizar el resultado del caudal de sedimentos medios mensuales en el año 2100 para cada uno de los escenarios de cambio climático del IPCC y comparar cada uno de estos entre sí y con el caudal de sedimentos medios mensuales actuales (control), el mayor caudal de $0.059 \text{ m}^3/\text{s}$ se obtuvo para el escenario RCP2.6 que comprende un escenario de mitigación conducente a un nivel de forzamiento muy bajo (IMAGEN 3b). Por lo cual, cambios en la temperatura, precipitaciones, etc. son menos pesimistas y la cantidad de agua no disminuye drásticamente lo que permite un alto caudal [13]. Además, el cambio de uso de suelo según la proyección de Dinámica EGO[®] existe un aumento de las tierras para producción agrícola, lo cual explica el incremento en el transporte de sedimentos pronosticado por el submodelo de sedimentos [12]. En los demás escenarios el caudal se reduce debido al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero alterando el ciclo hidrológico y por consiguiente la disminución de la disponibilidad de agua, lo cual reduce el transporte de sedimentos (IMAGEN 3b). Resultados similares se pueden observar en la erosión de la subcuenca para las condiciones actuales y futuras (IMAGEN 4).

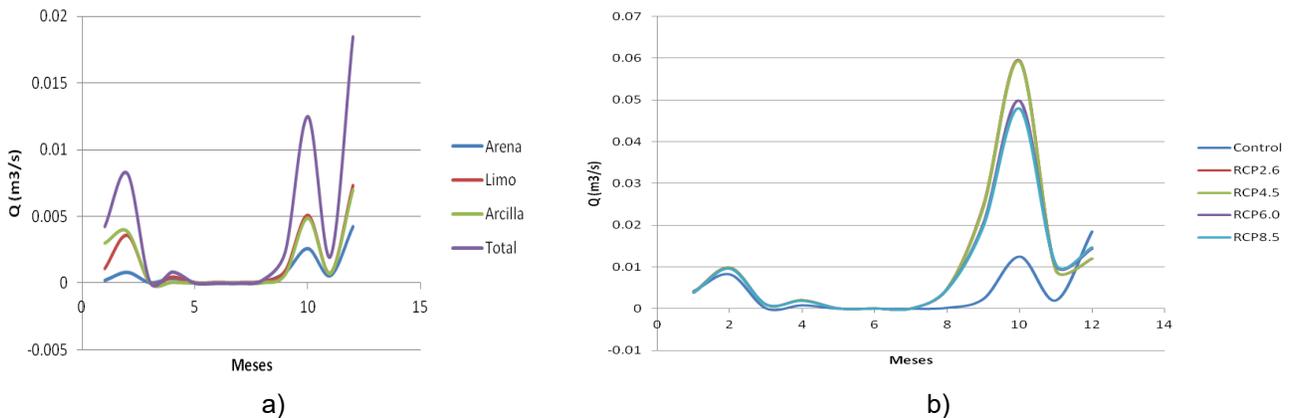


IMAGEN 3: a) Caudales de sedimentos actuales para 2018 y b) Impactos del Cambio Climático sobre los caudales de sedimentos medios mensuales en el 2100 según 4 escenarios del IPCC.

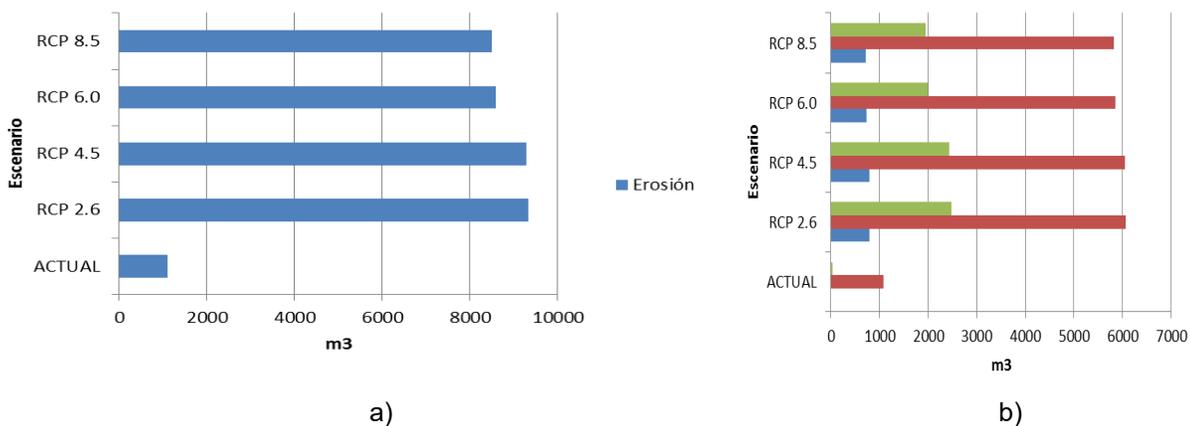


IMAGEN 4: a) Erosión total y b) Erosión por partícula para los escenarios climáticos del IPCC usados en la modelación.

CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos en el presente estudio, se identifican efectos significativos asociados al cambio del régimen de flujo y el aumento del potencial erosivo de la cuenca para el año 2100, producto del cambio de uso del suelo y los efectos del cambio climático. Por consiguiente, existe aumento en el transporte de sedimentos en el caudal de la cuenca del Río Turbio. Dado lo anterior, es provocada una reducción en la calidad del agua al contaminarla por el aumento de la frontera agrícola afectando la profundidad de los cuerpos de agua y por ende la capacidad de almacenamiento que repercute en la disponibilidad de agua superficial. Por otro lado, el cambio de uso del suelo pronosticado reduce las áreas para infiltración disminuyendo la recarga a los acuíferos y disminuyendo la disponibilidad del agua subterránea.

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] Mulei, S. (1997) Land use changes and their effect on sediment transport and soil erosion within the Athi drainage basin, Kenya. Department of Geography. University of Nairobi. Human Impact on Erosion and Sedimentation, IAHS Journal, 245, 145-150.
- [2] Velásquez Valle, M.; Sánchez Cohen, I.; Gutiérrez Luna, R.; Muñoz Villalobos, J. y Macías Rodríguez, H. (2014). Impacto hidrológico del cambio de uso del suelo de un pastizal nativo a praderas de zacate buffel (*Pennisetum ciliare* L.), Revista Chapingo, Serie de Zonas Áridas, Vol. XIII N°2: 47-58.
- [3] Romero, H. y Vásquez, A. (2005). Evaluación ambiental del proceso de urbanización de las cuencas del piedemonte andino de Santiago de Chile. Revista EURE, 97-117.
- [4] González-Santana, O. (2013) El reto de la gestión del agua en las regiones de México ante los efectos del cambio climático: el caso de la cuenca del Río Turbio. Cuadernos de Geografía-Revista Colombiana de Geografía, 22, 308.
- [5] Panagos, P.; Borelli, P.; Meusburger, K.; Alewell, C.; Lugato, E. y Montaranella, L. (2015). Estimating the soil erosion cover-management factor at the European scale. Journal of Land Use Policy, 48, 38-50.
- [6] Panagos, P.; Borelli, P.; Meusburger, K.; Alewell, C. y Ballabio, C. (2014). Soil erodibility in Europe: A high-resolution dataset base on LUCAS. Journal of Science of the Total Environment, 479-480, 189-200.
- [7] Panagos, P.; Borelli, P.; Meusburger, K.; Alewell, C.; Van der Zanden, E. y Poesen, J. (2015). Modeling the effect of support practices (P-factor) on the reduction of soil erosion by water at European scale. Journal Environmental Science and Policy, 51, 23-34.
- [8] Francés García, F. (2014) Descripción del modelo conceptual distribuido de simulación hidrológica TETIS v.8. Grupo de Investigación de Modelación Hidrológica y Ambiental. Valencia. Vol. 1, 52-56
- [9] Espinoza-Mendoza, Victoria E. (2016). DINAMICA EGO: UNA HERRAMIENTA GRATUITA PARA MODELAR Y BRINDAR SOPORTE EN EL [ANÁLISIS DE CCUS. Perú. National Scientific and Technical Research Council.
- [10] INEGI (2007). Conjunto de datos vectoriales de la carta de Uso del suelo y vegetación. Guanajuato. Recuperado de <http://www.beta.inegi.org.mx/app/buscador/default.html?q=SERIE+IV+DE+USO+DE+SUELO>
- [11] IPLANEG (2016). CAPAS. Demografico y social. Guanajuato. Recuperado de <http://geoinfo.iplaneg.net/layers/>.
- [12] Molina, L. y Orozo, I. (2018) Evaluación del efecto del cambio de uso de suelo sobre la disponibilidad hídrica de las fuentes: superficial y subterránea, usando como caso de estudio la cuenca del Río Turbio en Guanajuato. Universidad de Guanajuato. P 2-3.
- [13] Stocker, T.F., Dahe, Q., Gian-Kasper, P., Melinda, M.B., Tignor, S.K. Allen, J.B., Alexander, N., Yu X., Vincent B., Pauline M.M. (2013). "Cambio climático 2013-Bases físicas". Quinto Inf. Edited by 2013 Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 1-34.