

PARAMETRIZACIÓN DE MODELOS DE EROSIÓN HÍDRICA Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN PARCELAS AGRÍCOLAS UBICADAS EN LA CUENCA DEL RÍO CHIRGUA, VENEZUELA

Linares Gabriel, Marin Carolina, Rojas Yeni, Araujo Elio, Rendón Jorge, Rivero edras, Ortega Francisco, Oviedo Hely, Márquez Adriana, Guevara Edilberto

Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería, Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales, Venezuela
Teléfonos: 0058 414 416 5856, 0058 4166472245. E-mail: ammarquez@uc.edu.ve; eguevara@uc.edu.ve

Introducción

Los procesos de erosión y sedimentación han fascinado a generaciones de investigadores, y las contribuciones científicas en este campo aún continúan en progreso. El estado del arte de los modelos de erosión y sedimentación se puede comprender sólo a través del examen cuidadoso de los desarrollos teóricos y de la tecnología empleada en la práctica de la ingeniería. La erosión y sedimentación involucran los procesos de erosión, transporte, y deposición de partículas sólidas, con frecuencia, denominadas sedimentos. Estos procesos naturales han estado activos a través de periodos geológicos y han formado el paisaje actual de nuestro mundo. Hoy, la erosión, transporte y sedimentación pueden causar graves problemas medioambientales y a la ingeniería a consecuencia de actividades humanas, tales como la agrícola, minera, construcción de carreteras y vías. El transporte de sedimentos afecta la calidad del agua y su aptitud para el consumo humano y otros usos. El sedimento degrada la calidad del agua de aporte municipal, los químicos y residuos son asimilados sobre y dentro de las partículas de sedimento. Ocurre intercambio iónico entre solutos y sedimentos. De esta manera, las partículas de sedimento se han convertido en un agente de transporte y almacén de pesticidas, fósforo adsorbido, nitrógeno y otros compuestos orgánicos. Según ONU, (1992), en el documento Agenda 21, se plantea que para el año 2025, el 83% de la población mundial, que según se prevé será de unos 8.500 millones de personas, vivirá en países en desarrollo. Ahora bien, la capacidad de recursos y tecnologías disponibles para satisfacer las demandas de alimentos y otros productos básicos agrícolas de esta población en constante crecimiento sigue siendo incierta. La agricultura tendrá que hacer frente a este reto. Las situaciones mencionadas antes evidencian la necesidad de incrementar el aporte científico relativo al conocimiento sobre los modelos matemáticos que permitan estimar la magnitud en la que suceden los procesos de erosión y sedimentación a consecuencia de la actividad del hombre, a fin de mantener una relación hombre/tierra sostenible.

Objetivos

En este artículo se revisa el ajuste de los modelos de erosión y transporte de carga de lecho aplicados al flujo en surcos o canales agrícolas sometidos a riego en tierras cultivadas con *Solanum Tuberosum*, actividad que se lleva a cabo en tierras ubicadas en la cuenca del embalse Pao-Cachinche-Venezuela. Los modelos se basan en la teoría del movimiento incipiente, la cual es aplicable a partículas no cohesivas, tal como arena y grava, considerando que éstos han sido generados a partir de pruebas experimentales de laboratorio, se pretende evaluar la capacidad de estimación de tales modelos en función de datos recolectados a base de mediciones en campo, así como realizar ajuste de parámetros en caso de ser

necesario. Entre los cuales, se encuentran los de Duboys (1879), Meyer-Peter y Müller (1948), Einstein y Brown (1950). También se incluyen modelos que explican la capacidad de transporte de sedimentos de una corriente de acuerdo con formulaciones basadas en la teoría de advección-difusión de la cual se deriva el modelo de Einstein (1964), a partir del cual se han derivado expresiones de cálculo más simple sin pérdida significativa de exactitud, entre las que se encuentra el modelo de Simons, Li, Fullerton (1981), según los cuales la cantidad de material transportado por una corriente depende de dos grupos de variables: (1) las que gobiernan la capacidad de transporte de sedimentos de la corriente tales como, geometría del canal, ancho, profundidad, forma, perímetro húmedo, pendiente, alineamiento, fuerza tractiva, y uniformidad de descarga; y (2) aquellas que reflejan la calidad y cantidad de material disponible para el transporte a través de la corriente que incluyen la topografía, magnitud, intensidad y duración del riego, tipo de suelo, tamaño de partículas, gravedad específica, contenido de sólidos totales. La erosión en surcos se estimará a través del modelo de Kilinc (1972), el cual representa una forma simplificada de la USLE. Los modelos mencionados incluyen algunas de las variables mencionadas antes, las cuales serán medidas en esta investigación y el ajuste permitirá evaluar en qué medida contribuyen a la explicación de la erosión y el transporte de sedimentos

Materiales y Métodos

El muestreo en campo se realizó en el Sector La Paredaña, Cuenca del río Chirgua, Estado Carabobo, Venezuela, en cinco parcelas agrícolas (Araujo E., y otros, 2008; Álvarez S., y otros, 2008; Betancourt y Rendón, 2008; Oviedo H., y otros, 2008; Rodríguez A., y otros, 2008; Lugo, D., y otros, 2008; López, A., y otros, 2008; Peraza Y., y otros, 2008; Linares G. y Morgado E., 2008), las cuales se clasificaron por las pendientes de terreno: (1) 0,8 %, (2) 1%, (3) 1,5%, (4), 2,5% y (5) 13%. La ubicación geográfica, área y uso de la tierra del sector es: W 68°12'10" - 68°11'05", N 10°13'55"-10°15'0"; 244,38 ha, 95,3% agrícola, 2,7% avícola, 2% residencial. Con respecto al uso agrícola, en todos los sectores de la cuenca se cultivan dos rubros principalmente: papa (*Solanum tuberosum* L) y maíz (*Zea mayz* L). La fuente de suministro de agua para los cultivos; en el primer rubro es el riego por aspersión y en el segundo es la lluvia. En el área de estudio se realizaron un total de 375 mediciones de caudal y sólidos totales. Se caracterizaron factores climáticos, edáficos, topográficos y de manejo; temperatura del agua, propiedades físicas de suelo (límites de consistencia, textura y relaciones de fases) pendientes de los surcos, caudal y tiempo de riego aplicado. Se realizó muestreo probabilístico al azar; tomaron tres muestras al azar de suelo por parcela para determinar sus propiedades, con un error del 5% y una probabilidad de ocurrencia del error de 99%. Se tomaron muestras perturbadas para granulometría por

tamizado e hidrómetro. En el laboratorio se usaron los métodos estándares para Contenido de Humedad (ASTM D2216), Límites de Atterberg (ASTM D4318), Análisis por Tamizado (ASTM D422), Análisis por Hidrómetro (ASTM D422), Clasificación (ASTM D2487), Gravedad Específica (ASTM D854). Estas propiedades permitirán definir el rango de datos para el ajuste de los modelos de estimación de la erosión y transporte de sedimentos. A esta investigación se incorporaran modelos de estimación de infiltración en suelos, así como se considerará la influencia de los patrones de escorrentía, que se viene desarrollando en el Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales de la Universidad de Carabobo.

Análisis de los Resultados

Las propiedades físico-químicas del fluido analizadas fueron: la temperatura y los sólidos totales. La temperatura del fluido varió entre 20 a 24°C. Los sólidos totales promedio durante el intervalo variaron entre 3300 y 4500 mg/L. Los sólidos totales promedio durante el período variaron desde 6000 hasta 2000 mg/L. (ver Figura 1(b) y 1(c)). Los factores caracterizados fueron; edáfico: textura del suelo; topográfico: pendiente de los surcos y de manejo: caudal de aplicación de agua al cultivo y de escorrentía. El tamaño medio de partículas de suelo se encontró próximo a 0.074 mm (100% del suelo pasa el tamiz N° 4, más del 50% pasa el tamiz N° 200). Los límites de consistencia de Atterberg; límite líquido 24 a 43 %, límite plástico 21 y 40 %, índice de plasticidad 0,18 y 14 %, lo cual dio como resultado un suelo de tipo Limo Orgánico (OL) (ver Figura 1(d)). Se aplicaron métodos de clasificación, tales como el Análisis de Conglomerados (AC) y el Análisis de Componentes Principales (ACP). Se analizaron 52 muestras de suelo, descritas por el porcentaje pasante asociado a 14 tamaños de partículas. El AC muestra a través del dendrograma, la proximidad existente en 47 de los 52 puntos de muestreo. El ACP mostró que existe una alta correlación entre los vectores integrados por las proporciones pasantes de un determinado tamaño, ya que las dos primeras componentes (PCOMP_1) y (PCOMP_2) explican 88,12% de la variabilidad de los datos originales. La acumulación de puntos en la gráfica de las componentes, lo cual confirma la hipótesis de homogeneidad en las muestras de suelo. La pendiente del terreno correspondió a 0,8, 1, 1,5, 2,5 y 13%. La pendiente de los surcos presentó valores promedios entre 0,3, 1 y 2% . El caudal promedio aplicado a cada surco mediante aspersión resultó entre 0,24 y 0,25 L/s. El caudal de escorrentía durante el periodo varió desde 0,25 a 0,1 L/s presentando disminuciones durante el período de desarrollo del cultivo e incrementos dentro del tiempo de riego

Conclusiones y Recomendaciones

Se evaluaron nueve modelos para estimar el transporte de sedimentos y erosión laminar, en la comunidad agrícola localizada en la cuenca del río Chirgua-Venezuela, en suelo clasificado como limo orgánico, mediante pruebas de campo. Se llevaron a cabo 375 mediciones de caudal y sólidos totales, así como mediciones parámetros hidráulicos durante el

ciclo bajo riego. Se realizaron corridas con los datos a fin de evaluar la aplicación directa de los modelos de Duboys, Einstein-Brown, Meyer-Peter y Müller, encontrando una relación observado/estimado próxima a cero. Se encontró ajustes superiores a 70% para modelos basados en el esfuerzo cortante excedente y advección-difusión. Se recomienda ampliar las investigaciones a otros tipos de suelo con la finalidad de establecer modelos regionales para la estimación de la infiltración. **Reconocimiento:** La investigación se ha llevado a cabo con el aporte financiero del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad de Carabobo y el Ministerio del Poder Popular para la Ciencia y Tecnología (Misión Ciencia).

Referencias

- Araujo E., Basna S., Da Silva S., (2008). Evaluación de factores que originan erosión en una parcela agrícola ubicada en el Sector La Paredaña-zona de pie de monte de la Cuenca del río Chirgua. Caso: suelos de pendiente longitudinal 13%. Tesis de Grado. Universidad de Carabobo. Venezuela
- Álvarez S., Chaivez E., Latuff A., (2008). Evaluación de factores que originan erosión en una parcela agrícola ubicada en el Sector La Paredaña-zona de vega de la Cuenca del río Chirgua. Caso: suelos de pendiente longitudinal 1%. Tesis de Grado. Universidad de Carabobo. Venezuela
- Betancourt D., Rendón, J., (2008). Evaluación de factores que originan erosión en una parcela agrícola ubicada en el Sector La Paredaña-zona de vega de la Cuenca del río Chirgua. Caso: suelos de pendiente longitudinal 1,5%. Tesis de Grado. Universidad de Carabobo. Venezuela
- Julien, P (1995). Erosión y sedimentación. Universidad de Cambridge. Nueva York
- Oviedo H., Mora J. Quintero M., (2008). Evaluación de factores que originan erosión en una parcela agrícola ubicada en el Sector La Paredaña-zona de vega de la Cuenca del río Chirgua. Caso: suelos de pendiente longitudinal 2,5%. Tesis de Grado. Universidad de Carabobo. Venezuela
- ONU, (1992). Agenda 21. Consulta en línea: 06/06/08. <http://www.un.org/esa/sustdev/agenda21text.htm%20>
- Rodríguez A., Rivero J., Reyna J., (2008). Evaluación de factores que originan erosión en una parcela agrícola ubicada en el Sector La Paredaña-zona de vega de la Cuenca del río Chirgua. Caso: suelos de pendiente longitudinal 0,8%. Tesis de Grado. Universidad de Carabobo. Venezuela
- Lugo, D., Ortega F., Ramos R., (2008). Evaluación de factores que originan el transporte de sedimentos en una parcela agrícola ubicada en el Sector La Paredaña-zona de vega de la Cuenca del río Chirgua. Caso: suelos de pendiente longitudinal 1%. Tesis de Grado. Universidad de Carabobo. Venezuela
- López, A., Marin, C., Rojas Y., (2008). Evaluación de factores que originan el transporte de sedimentos en una parcela agrícola ubicada en el Sector La Paredaña-zona de vega de la Cuenca del río Chirgua. Caso: suelos de pendiente longitudinal 0,8%. Tesis de Grado. Universidad de Carabobo. Venezuela
- Peraza Y., Ramos J., Silva, J., (2008). Evaluación de factores que originan el transporte de sedimentos en una parcela agrícola ubicada en el Sector La Paredaña-zona de pie de monte de la Cuenca del río Chirgua. Caso: suelos de pendiente longitudinal 13%. Tesis de Grado. Universidad de Carabobo. Venezuela
- Linares G., Morgado E., (2008). Evaluación de factores que originan el transporte de sedimentos en una parcela agrícola ubicada en el Sector La Paredaña-zona de vega de la Cuenca del río Chirgua. Caso: suelos de pendiente longitudinal 1,5%. Tesis de Grado. Universidad de Carabobo. Venezuela