

Evaluación de los factores que originan erosión hídrica y transporte de sedimentos en parcelas agrícolas ubicadas en la cuenca del río Chirgua – Venezuela

*Márquez Adriana *, Guevara Edilberto***

Ingeniero Civil-MSc Ingeniería Ambiental, Ingeniero Agrícola-PhD Planificación de Recursos Hídricos**, Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales. Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería, Venezuela*

ammarquez@uc.edu.ve; eguevara@uc.edu.ve

1 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 períodos 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. La construcción de presas favorece la retención de los sedimentos aportados y cambia el flujo natural y la carga de sedimentos aguas abajo. Como consecuencia neta, la acumulación de sedimentos incrementa el riesgo de inundación aguas arriba del embalse. La pérdida de capacidad de los embalses genera problemas de abrasión de turbomáquinas. El sedimento degrada la calidad del agua de aporte municipal, los químicos y residuos son asimilados sobre y dentro de las partículas de sedimento. 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, sobre todo mediante el aumento de la producción en las tierras que ya se están utilizando, y evitando asimismo el aprovechamiento aún más intenso de tierras que sólo son marginalmente aptas para el cultivo. El éxito de la agricultura y el desarrollo rural sostenibles dependerá en gran parte del apoyo y la participación de la población rural, de los gobiernos, del sector privado y de la cooperación internacional, incluida la cooperación técnica y científica. 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. 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.

2 Descripción teórica de los modelos

2.1 Movimiento Incipiente

Las condiciones umbrales entre erosión y sedimentación de una partícula individual se conocen como movimiento incipiente. En el movimiento incipiente sumergido, el flujo de un fluido alrededor de partículas de sedimento ejerce fuerzas que tienden a iniciar el movimiento de la partícula. La fuerza resistente del material no cohesivo se relaciona con el peso de la partícula. Las condiciones umbrales ocurren cuando el momento hidrodinámico de las fuerzas que actúan sobre una partícula individual se igualan el momento resistente de las fuerzas. La partícula está entonces en movimiento incipiente. En el flujo en cauces o canales, las partículas de lecho no cohesivas entran en movimiento tan pronto como el esfuerzo cortante aplicado sobre el material del lecho excede el esfuerzo cortante crítico. Generalmente el limo y las partículas de arcilla entran en suspensión, y las partículas de arena y grava ruedan y deslizan en una fina capa próxima al lecho denominada capa de lecho. La carga de lecho, o carga de contacto, se refiere a las partículas de sedimento para transporte que frecuentemente se mantienen en contacto con el lecho. El transporte de la carga de lecho se puede tratar como un problema determinístico y probabilístico. Los métodos determinísticos han sido propuestos por Duboys y Meyer-Petter y Müller; los métodos probabilísticos por Kalinske y Einstein. (Julien, 1995).

2.2 Modelos de transporte de sedimentos

El transporte de la carga de lecho, o carga de contacto, se refiere al transporte de las partículas de sedimento que frecuentemente mantienen contacto con el lecho. El transporte de la carga de lecho se puede tratar como un problema determinístico y probabilístico. Los métodos determinísticos han sido propuestos por Duboys y Meyer-Petter y Müller; los métodos probabilísticos por Kalinske y Einstein.

2.2.1 Modelo de Duboys

La contribución pionera de Duboys (1879) se basa en el concepto de que el sedimento se mueve en una delgada capa a lo largo del lecho. El esfuerzo cortante aplicado al lecho τ_0 debe exceder al esfuerzo cortante crítico τ_c para iniciar el movimiento. El volumen del material del lecho en movimiento por unidad de área y el tiempo q_{bw} en lbf/s/ft² se calcula a partir de la Ecuación (1):

$$q_{bw} = \frac{0.173}{d_s^{3/4}} \gamma_s \tau_0 (\tau_0 - 0.0125 - 0.019d_s) \quad (1)$$

Donde: d_s es el tamaño de partícula en mm, τ_0 es el esfuerzo cortante límite en lbf/ft² y el esfuerzo cortante crítico es $\tau_c = 0.0125 + 0.019d_s$; τ_c en lbf/ft²

2.2.2 Modelo de Meyer-Peter y Muller

Meyer-Peter y Muller (1948) desarrollaron una fórmula para la carga de lecho compleja basada en el tamaño del sedimento medio. Chien (1956) demostró que la formulación original se podía reducir a la siguiente forma simple mediante la Ecuación (2).

$$\frac{q_{bw}}{\sqrt{(G-1)gd_s^3}} = 8\gamma_s(\tau_* - \tau_{*c}) \quad (2)$$

Donde τ_* corresponde al parámetro de Shields, $\tau_* = \tau_0 / (\gamma_s - \gamma)d_s$ y el valor crítico del parámetro de Shields τ_{*c} se puede aproximar como sigue:

$$\tau_{*c} = 0.5 \tan \phi \quad \text{cuando } d_* < 0.3 \quad (3)$$

$$\tau_{*c} = 0.25d_*^{-0.6} \tan \phi \quad \text{cuando } 0.3 < d_* < 19 \quad (4)$$

$$\tau_{*c} = 0.013d_*^{0.4} \tan \phi \quad \text{cuando } 19 < d_* < 50 \quad (5)$$

$$\tau_{*c} = 0.06 \tan \phi \quad \text{cuando } d_* > 50 \quad (6)$$

$$d_* = d_s \left[\frac{(G-1)g}{v_m^2} \right]^{1/3}$$

2.2.3 Modelo de Einstein y Brown

H. A. Einstein introdujo la idea de que los granos se mueven en intervalos proporcionales a su tamaño. Definió el espesor de la capa de lecho como el doble del diámetro de las partículas. Utilizó conceptos de probabilidad extensiva para formular una relación para el caudal de sedimentos por contacto. El caudal de sedimentos por contacto q_{bv} es el volumen de sedimentos por unidad de ancho y tiempo (q_{bv} en L^2/T) se transforma, usando la velocidad de caída en agua clara de Rubey ω_0 en un caudal de sedimentos en unidades volumétricas dimensionales q_{bv*} como la Ecuación 7

$$q_{bv*} = \frac{q_{bv}}{\omega_0 d_s} \quad (7)$$

La tasa dimensional de transporte de sedimentos q_{bv*} es una función del parámetro de Shields $\tau_* = \tau_0 / (\gamma_s - \gamma)d_s$, con mediciones de Gilbert (1914), Meyer – Meter y Muller (1948), Bogardi (1974) y Wilson (1966). Brown (1950) sugirió las siguientes dos relaciones:

$$q_{bv*} = 2.15e^{-0.391/\tau_*} \quad \text{cuando } \tau_* < 0.18 \quad (8)$$

$$q_{bv*} = 40\tau_*^3 \quad \text{cuando } 0.52 > \tau_* > 0.18 \quad (9)$$

Considerando los datos del transporte de sedimentos a una alta tasa de corte, se obtiene

$$q_{bv} = 15\tau_*^{1.5} \quad \text{cuando } \tau_* > 0.52 \quad (10)$$

A esta tasa de corte, el sedimento también se moverá en suspensión.

3 Aplicación

3.1 Pruebas de campo

Las pruebas de campo se realizaron 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 mays* 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. De acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Tierras (2006), la superficie sembrada con papa representa el 4% del total nacional. 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.

4 Análisis de los resultados

4.1 Caracterización de propiedades del fluido y factores: edáficos, topográficos y de manejo

Las propiedades físico-químicas del fluido analizadas fueron: la temperatura y los sólidos totales. La temperatura del fluido varió entre 20 a 24°C (ver Figura 1 (a)). 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 de la Figura 1(d), 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 Figura 1(f) muestra 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% (ver Figura 1(g)). 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 (ver Figuras 1(h), 1(i)).

4.2 Medición de la carga de sedimentos

La carga de sedimentos en el fluido se obtuvo a través de las mediciones de caudales y ensayos de sólidos totales en laboratorio. La carga de sedimentos promedio varió desde 1700 hasta 4000 g/h, presentando extremos entre 12000 y 16000 gr/h, incrementándose durante el evento de riego. La carga de sedimentos promedio varió desde 4000 g/L hasta menos de 1000 g/L durante el periodo de desarrollo del cultivo. (Ver Figuras 2(a), 2(b), 2(c) y 2(d)).

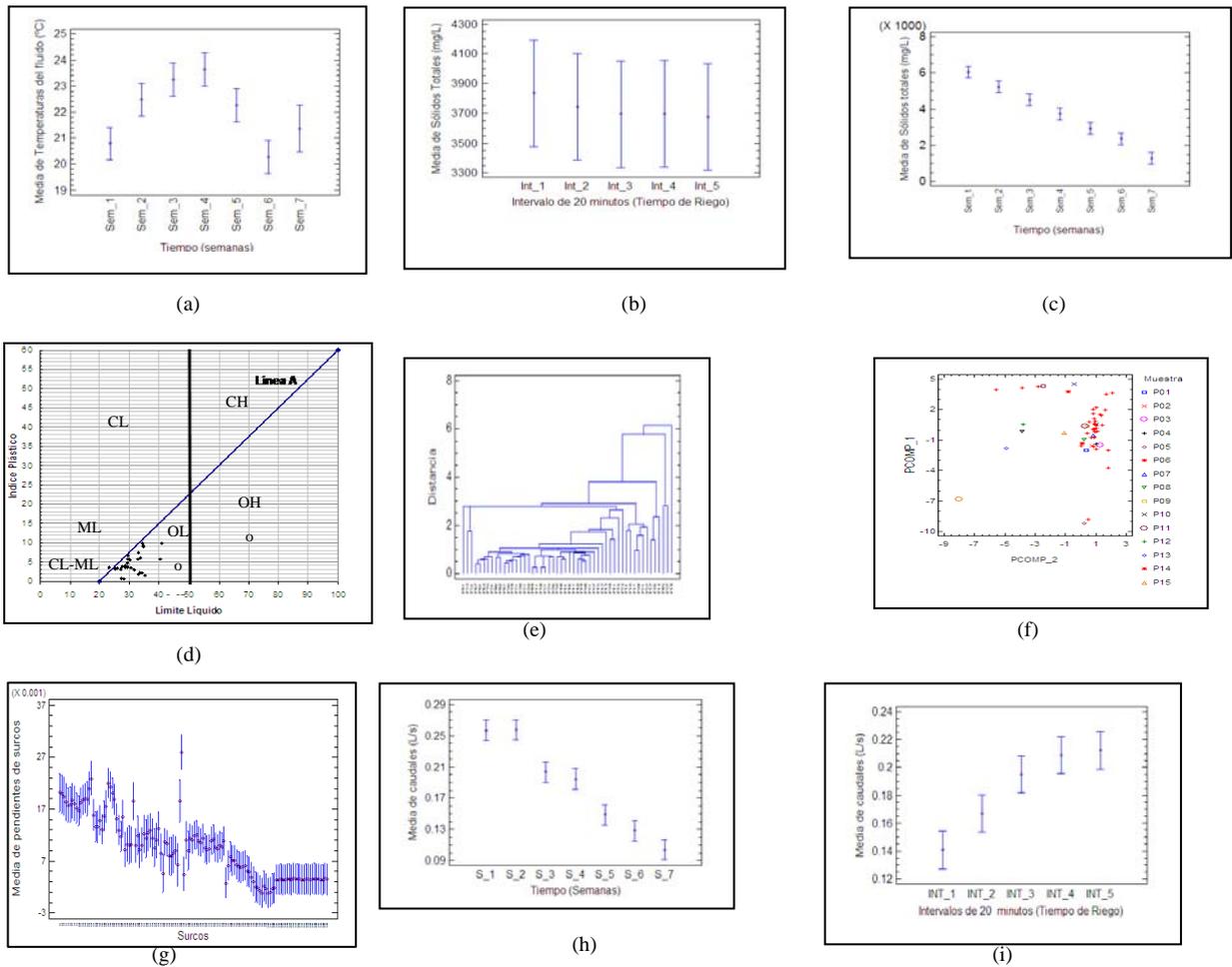


Figura 1 Propiedades físico-químicas del fluido y factores topográficos, edáficos y de manejo. (a) Temperaturas del fluido, (b) Sólidos totales en el tiempo de riego, (c) Sólidos totales en el periodo, (d) Clasificación del suelo, (e) Dendrograma-Suelo, (f) Análisis de Componentes Principales-Suelo, (g) Pendientes, (h) Caudales en el periodo, (i) Caudales en el intervalo

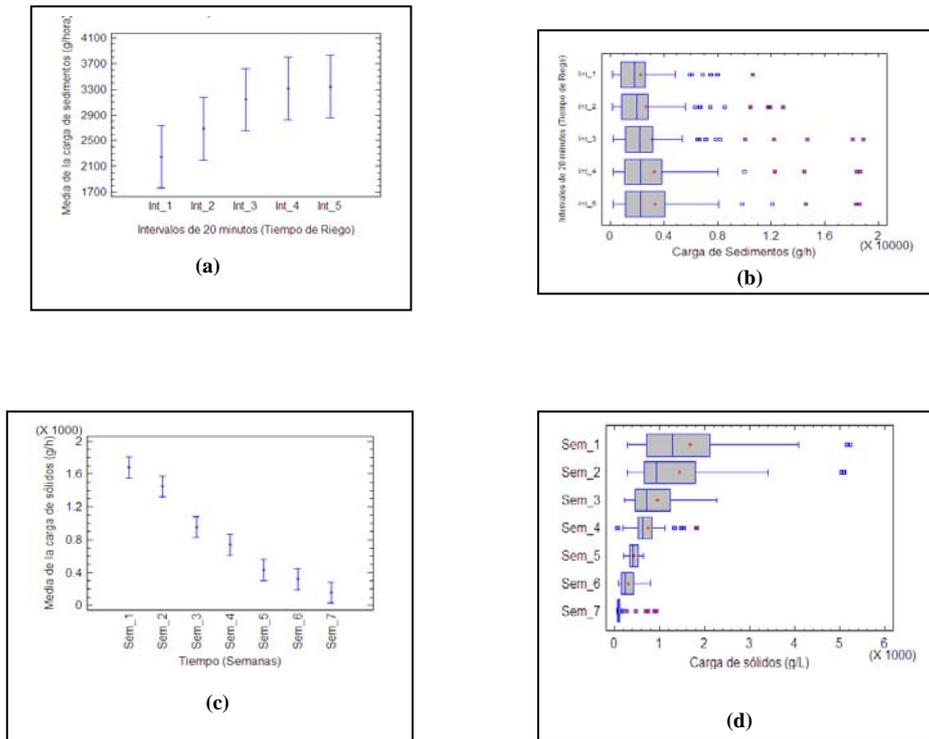


Figura 2 Media y diagrama de cajas de la carga de sedimentos observada. (a) y (b) Por intervalos de 20 minutos en el tiempo de riego, (c) y (d) Por semanas durante el desarrollo del cultivo

4.3 Modelos basados en el esfuerzo cortante excedente

Los resultados de la evaluación de los modelos de Duboys, Einstein-Brown y Meyer, Meter y Müller en los terrenos de pendientes entre 0,8 y 13% con una relación observado/estimado predominantemente cercanos a cero, lo cual implica que los modelos sobreestiman las magnitudes medidas de carga de sedimentos transportada por los surcos. (Ver Figuras 3 (a), 3(b), 3(c) y 3 (d)). Por lo tanto, resulta conveniente realizar el ajuste paramétrico de ecuaciones basadas en el modelo de Duboys. Este modelo se ha seleccionado motivado a la facilidad que ofrece para efectuar el ajuste.

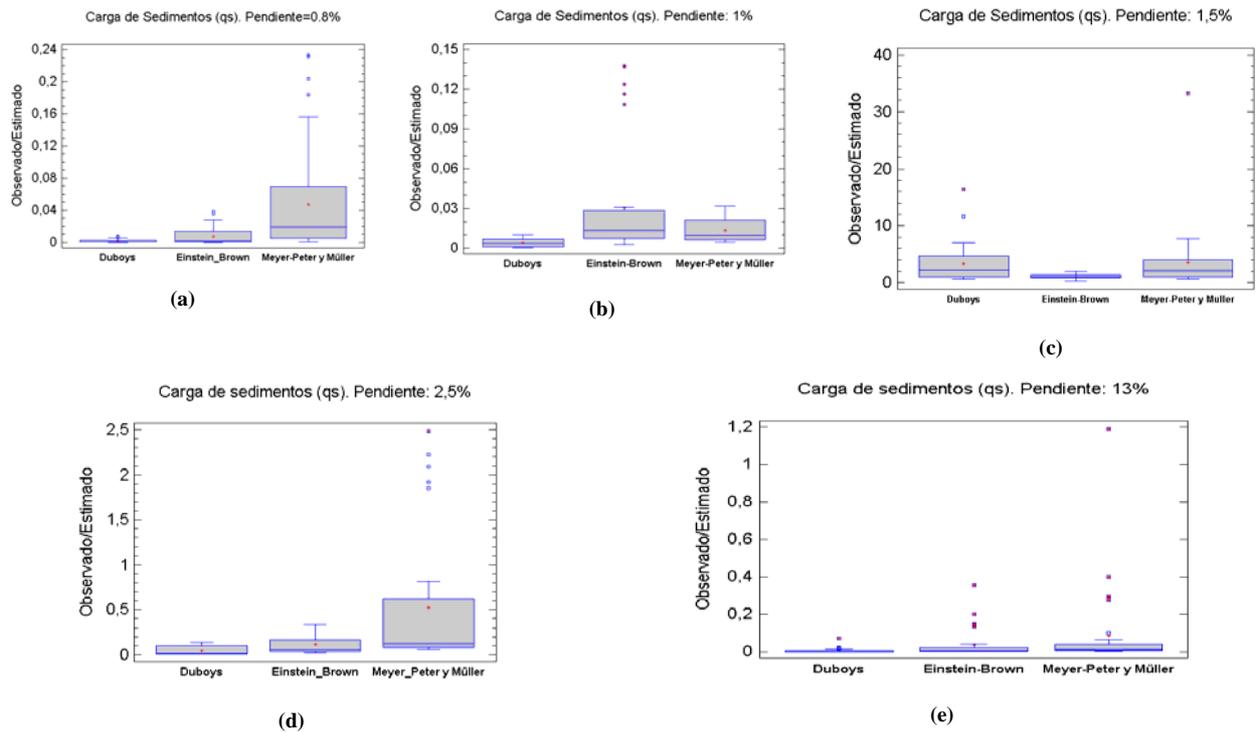


Figura 3 Diagrama de cajas Box-Whisker que muestra media, cuarteles, mínimo y máximo para pruebas en campo realizadas en terrenos de diversas pendientes que relacionan la medición de la carga de sedimentos observada y la estimación de los modelos, para las siguientes pendientes: (a) 0,8%, (b) 1%, (c) 1,5%, (c) 2,5% y (d) 13%. Modelos: Duboys, Einstein-Brown, Meyer-Peter y Müller

4.3.1 Ajuste de Ecuaciones

Los resultados de los ajustes de ecuaciones considerando modelos lineales y no lineales multivariable, basados en el excedente de esfuerzo cortante, se indican en la Tabla 1. El coeficiente de correlación. Los modelos no lineales 4, 5, 8 a 11, parecen ser los que mejor explican la carga de sedimentos transportada. Las Tablas 2, 3, 4, 5 y 6, ubicadas en el Anexo I, muestran los valores de los parámetros y el estadístico (R²) de los modelos listados en la Tabla 1.

Tabla 1 Modelos ajustados. Coeficientes R^2 de los valores medidos y estimados para la carga de sedimentos. Modelos: LM: Lineal Múltiple. NL: No Lineal

Modelo	Nº	Ecuación	0.8%	1%	1.5%	2.5%	13%
			R^2 (%)				
LM	1	$A + (B \cdot \tau_0) + (C \cdot S) + (D \cdot h) + (E \cdot w)$	92.58	78.53	94.26	91.08	79.42
NL	1	$A (\tau_0/\tau_c) \cdot h$	0.00	57.88	78.18	61.05	56.93
	2	$A (\tau_0/\tau_c) \cdot h \cdot S$	0.00	57.91	81.74	40.54	61.57
	3	$A (\tau_0/\tau_c) \cdot h \cdot w$	8.97	62.71	78.32	43.49	25.46
	4	$(A (\tau_0/\tau_c) \cdot h) / S$	68.77	56.88	73.77	72.65	51.54
	5	$(A (\tau_0/\tau_c) \cdot h \cdot G_s) / S$	70.28	57.04	75.21	72.15	52.40
	6	$A (\tau_0 - \tau_c) \cdot h$	0.00	60.44	67.85	61.48	56.41
	7	$A (\tau_0 - \tau_c) \cdot h \cdot S$	0.00	59.58	72.60	42.43	60.82
	8	$A (\tau_0 - \tau_c) \cdot h / S$	59.41	60.35	62.40	70.73	51.27
	9	$(A (\tau_0 - \tau_c) \cdot h \cdot w \cdot T) / S$	52.65	61.18	53.69	70.88	52.17
	10	$(A (\tau_0 - \tau_c) \cdot h) / (S \cdot G_s)$	57.59	59.42	60.56	70.88	50.23
	11	$(A (\tau_0 - \tau_c) \cdot h \cdot G_s) / S$	61.06	59.74	64.17	68.26	52.17
	12	$(A (\tau_0 - \tau_c) \cdot h \cdot w) / S$	64.00	64.15	62.04	70.49	28.12
	13	$(A (\tau_0 - \tau_c) \cdot h \cdot G_s \cdot w) / S$	65.20	64.29	63.81	61.16	27.89
	14	$(A (\tau_0 - \tau_c) \cdot h \cdot G_s) / S \wedge B$	84.88	60.70	77.09	71.28	66.34
	15	$(A (\tau_0 - \tau_c) \cdot h \cdot w) / S \wedge B$	85.42	64.34	75.37	69.15	28.33

4.3.2 Evaluación de Ajuste

Los resultados de la evaluación del ajuste de las ecuaciones se indican en la Figura 4 (a), 4(b), 4(c) y 4 (d), para ello se separó una serie de datos del período para realizar evaluación diferente a las series utilizadas para el ajuste, se aprecia que los valores estimados, muestran poca dispersión con respecto al observado ya que las relaciones se aproximan a la unidad en la mayoría de los modelos, lo cual representa una validación preliminar de los parámetros de los modelos.

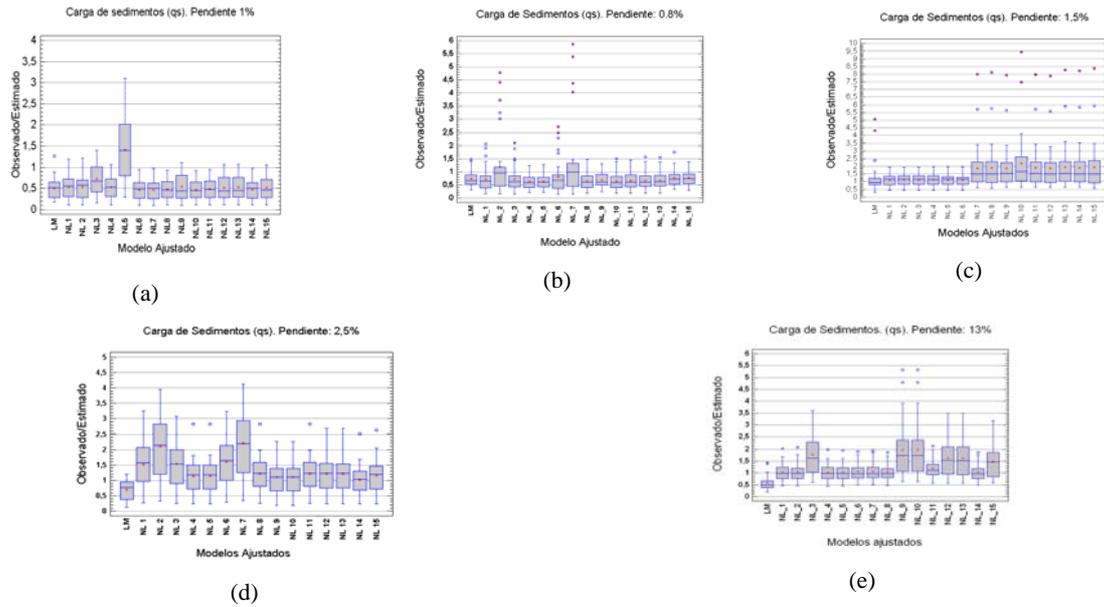


Figura 4 Diagrama de cajas Box-Whisker que muestra media, cuarteles, mínimo y máximo para pruebas en campo realizadas en terrenos de diversas pendientes que relacionan la medición de la carga de sedimentos observada y la estimación de los modelos, para las siguientes pendientes: (a) 0,8%, (b) 1%, (c) 1,5%, (d) 2,5% y (e) 13% . Modelos: NL: No Lineales. LM: Lineal Múltiple

4.4 Modelos basados en advección-difusión y erosión laminar

Los resultados del ajuste de los modelos se encuentran en la Tabla 7 contenida en el Anexo I. Las Figura 5, las cuales muestran un ajuste satisfactorio, en general se obtuvo un R2 superior a 70%. Sin embargo, la alta variación de los parámetros, indican que se requiere incrementar los datos para el ajuste.

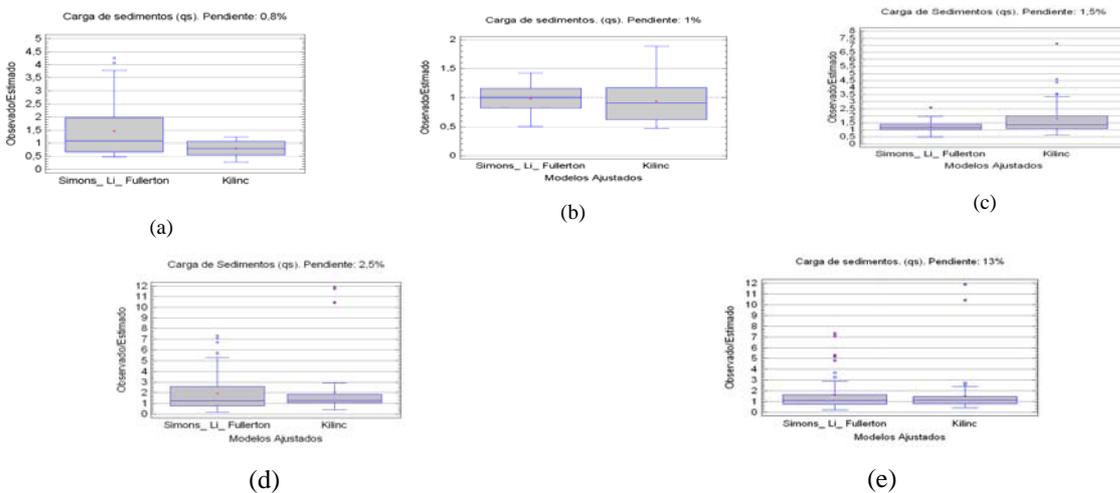


Figura 5 Diagrama de cajas Box-Whisker que muestra media, cuarteles, mínimo y máximo para pruebas en campo realizadas en terrenos de diversas pendientes que relacionan la medición de la carga de sedimentos observada y la estimación de los modelos, para las siguientes pendientes: (a) 0,8%, (b) 1%, (c) 1,5%, (c) 2,5% y (d) 13% . Modelos: Simons-Li-Fullerton y Kilinc

5 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.

6 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).

7 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., Chaívez 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