

# EFFECTOS DE LA CAPACIDAD DE TRANSPORTE DEL FLUJO Y ERODABILIDAD DEL SUELO SOBRE LOS PROCESOS DE EROSIÓN EN SURCOS. CASO: CUENCA DEL RÍO CHIRGUA-VENEZUELA

Edilberto Guevara y Adriana Márquez

Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales

Universidad de Carabobo (UC)

E-mail: eguevara@uc.edu.ve, ammarquez@uc.edu.ve, - Web: <http://www.uc.edu.ve/>

## Introducción

En los últimos años, los modelos de erosión basados en procesos han recibido una creciente atención por varias razones teóricas y prácticas. Ha sido un gran reto para los científicos de la erosión cuantificar los procesos que contribuyen a la predicción de la erosión en surcos. Modelos como WEPP (Water Erosion Prediction Project) (Acercándose et al, 1989.), GUEST (Hairsine y Rose 1992), y EUROSEM (Morgan et al, 1992; Morgan, 1994), así como varios otros muestran un gran potencial para la aplicación. Estos modelos describen la distribución temporal y espacial de la pérdida de suelo. Por otra parte, los modelos basados en procesos pueden ser extrapolados para cubrir una amplia gama de situaciones (Flanagan et al., 1995). Modelos, como WEPP, incluyen la capacidad de transporte del flujo y los parámetros de erodabilidad del suelo en surcos que son de gran importancia en la simulación de la erosión en surcos. Sin embargo, los medios para cuantificar el efecto de los parámetros de dichos modelos en los procesos de erosión siguen siendo un problema que se debe investigar.

## Objetivos

Los objetivos principales del presente estudio son: 1) calibrar los procesos de la erosión en surcos, 2) evaluar la influencia de los procesos de erodabilidad del suelo y capacidad de transporte del flujo, en los procesos de erosión, usando mediciones realizadas en surcos irrigados en parcelas ubicadas en un campo agrícola sobre la cuenca del río Chirgua en Venezuela.

## Descripción de los modelos de erosión en surcos

### Modelo WEPP

En este modelo fue propuesto por Nearing et al. (1989), el desprendimiento neto del suelo o erosión ( $D_R$ ) se obtiene cuando el esfuerzo cortante excede al esfuerzo cortante crítico del suelo y la carga de sedimentos es menor que la capacidad de transporte de sedimentos, y se expresa como:

$$D_R = D_c(1 - (CQ/wT_c)), \quad CQ \leq wT_c \quad [2]$$

La deposición neta ocurre cuando la carga de sedimentos, es mayor que la capacidad de transporte de sedimentos  $T_c$ , y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$D_R = (0,5V_f/Q)(wT_c - CQ) \quad CQ \geq wT_c \quad [3]$$

Donde  $D_c$  es la capacidad de desprendimiento de las partículas del surco, ( $\text{kg s}^{-1} \text{m}^{-2}$ );  $T_c$  la capacidad de transporte de sedimentos en el surco, ( $\text{kg s}^{-1} \text{m}^{-1}$ );  $w$  el ancho del surco, (m);  $V_f$  la velocidad de asentamiento de las partículas, ( $\text{m s}^{-1}$ ).

$$D_c = \begin{cases} K_r(\tau - \tau_c), & \tau \geq \tau_c \\ 0, & \tau \leq \tau_c \end{cases} \quad [4]$$

$$\tau = \rho_w gSR \quad [5]$$

Donde  $K_r$  es la erodabilidad del surco ( $\text{s/m}$ ),  $\tau_c$  el esfuerzo cortante que actúa sobre el suelo (Pa),  $\tau_c$  el esfuerzo

cortante crítico (Pa),  $\rho_w$  la densidad del agua ( $\text{Kg/m}^3$ ),  $g$  la aceleración debida a la gravedad ( $\text{m/s}^2$ ), pendiente (m/m),  $R$  el radio hidráulico (m). Los surcos se asumen rectangulares con anchuras que dependen de la tasa del flujo. La forma simplificada de la ecuación de Yalin, (1963) para estimar la capacidad de transporte de los sedimentos ha sido adaptada por Foster y Meyer, (1975) como:

$$T_c = a\tau^b \quad [6]$$

Donde  $T_c$  es la capacidad de transporte de los sedimentos,  $a$  y  $b$  son coeficientes que se obtienen mediante ajuste empírico.

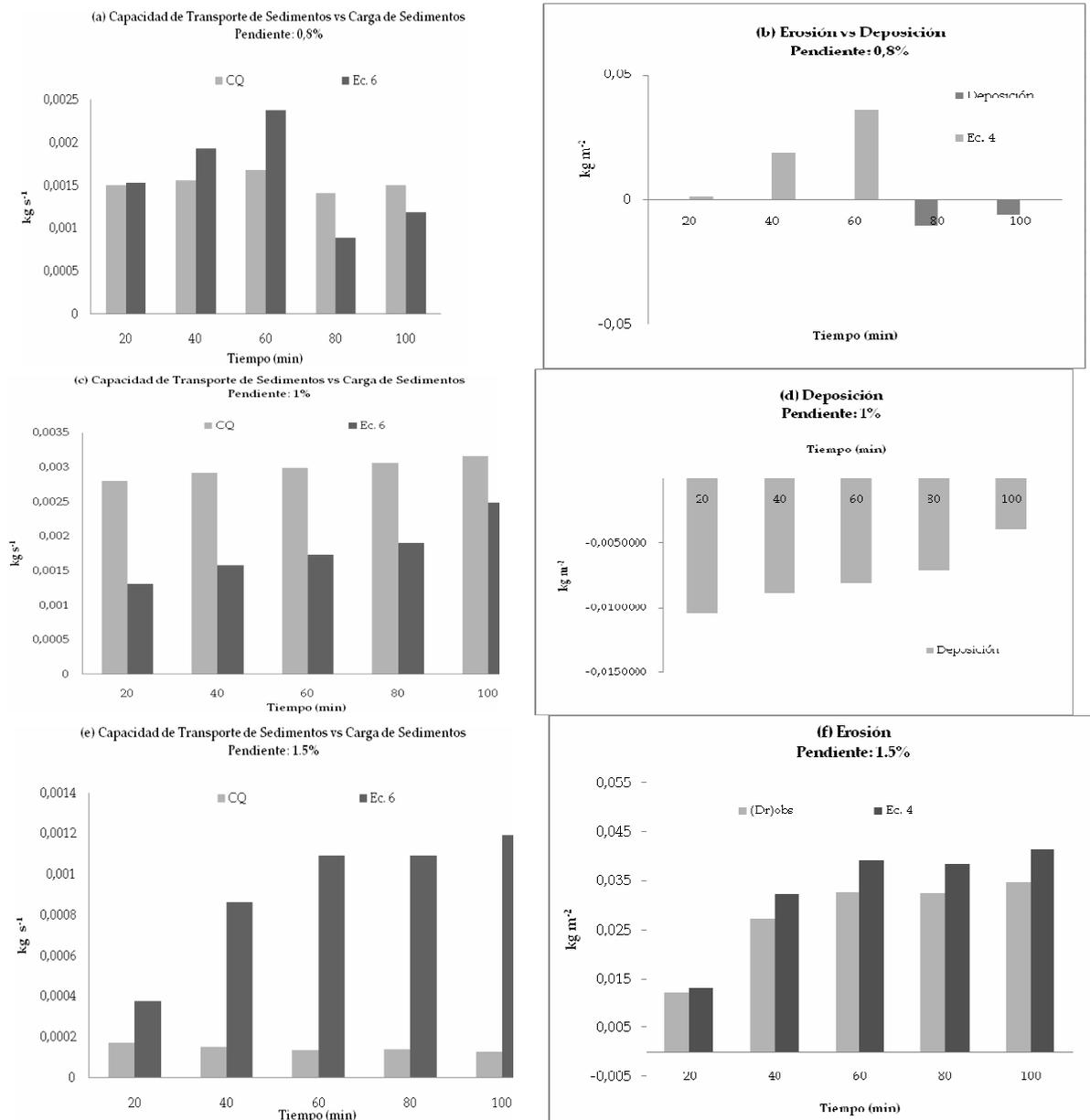
## Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en parcelas agrícolas en la cuenca del río Chirgua, ubicada en la región centro-norte de Venezuela. Cinco parcelas fueron seleccionadas con las siguientes pendientes (en dirección de la labranza):  $0,008 \pm 0,0055 \text{ m m}^{-1}$ ;  $0,01 \pm 0,00197 \text{ m m}^{-1}$ ;  $0,015 \pm 0,0006 \text{ m m}^{-1}$ ;  $0,025 \pm 0,0033 \text{ m m}^{-1}$  y  $0,13 \pm 0,0156 \text{ m m}^{-1}$ . Los surcos miden entre 100-200 m de longitud y 0,3-0,35 m de anchura.

## Resultados

### Durante eventos de riego

En la Figura 1 se comparan, como ilustración, los procesos del modelo de erosión en surcos de pendientes 0,8%, 1% y 1,5%; seleccionando eventos de riego de la primera y segunda etapa del ciclo de siembra bajo riego. Se comparan también los procesos dentro del ciclo de siembra para las otras pendientes de los surcos. Los datos seleccionados corresponden a la primera etapa del ciclo de siembra. Para **pendiente 0,8%**: En la Figura 1(a) se observa una comparación entre la capacidad de transporte de sedimentos ( $T_c$ ) estimada mediante la Ecuación (6) y la carga de sedimentos (CQ) medida en las pruebas de campo; en los primeros tres intervalos del riego  $wT_c$  es mayor que CQ, lo que indica que está ocurriendo un flujo poco concentrado; luego en los dos últimos intervalos se observa que  $wT_c < CQ$ . En la Figura 1(b) se observa que ocurre un incremento del proceso de erosión, lo cual refleja la concentración del flujo y posterior deposición al final del intervalo de riego. Para **pendiente 1%**: En la Figura 1(c) se compara la capacidad de transporte de sedimentos ( $T_c$ ) estimada mediante la Ecuación (6) y la carga de sedimentos (CQ) medida en las pruebas de campo;  $wT_c$  es menor que CQ durante todo el ciclo, sólo ocurre un flujo concentrado. En la Figura 1(d) se observa que sólo ocurre deposición. Estos resultados podrían deberse a la acumulación de sedimentos en el surco debido a la reducida pendiente. Para **pendiente 1,5%**: En la Figura 1(e) se muestra una comparación entre la capacidad de transporte de sedimentos ( $T_c$ ) estimada mediante la Ecuación (6) y la carga de sedimentos (CQ) medida en las pruebas de campo;  $wT_c$  es mayor que CQ durante todo el ciclo. En la Figura 1(e) se observa que sólo ocurre erosión. Estos resultados se podrían explicar por el incremento de la pendiente y el efecto de la cobertura vegetal.



**Figura 1.-** Comparación de los procesos de erosión estimados mediante la aplicación de las ecuaciones de la forma dinámica del modelo WEPP (capacidad de transporte de sedimentos, erosión y deposición) con las observaciones de la carga de sedimentos en la salida de un surco durante un evento de riego en parcelas de diversas pendientes.

## Conclusiones

Sobre la base de los resultados obtenidos en la presente investigación, se extraen las siguientes conclusiones:

-Se encontró un ajuste satisfactorio de los componentes del modelo WEPP, mediante los cuales se estiman la capacidad de desprendimiento de partículas del suelo de los surcos y de transporte de sedimentos a las observaciones en surcos de pendientes entre 0,8 y 13%, en términos del coeficiente de determinación,  $R^2$  próximo a 0,7.

-En la aplicación, se encontró que la carga de sedimentos tiende a ser mayor que la capacidad de transporte de sedimentos en la etapa inicial del ciclo bajo riego ocurriendo sedimentación y disminuye progresivamente entre la segunda y tercera etapa ocurriendo un proceso combinado de desprendimiento y transporte, lo que parece ser influenciado principalmente por el incremento en la cobertura vegetal.

## Agradecimientos

La investigación se ha llevado a cabo en el Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales (CIHAM-UC), 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

BULYGINA, N. S., NEARING, M. A., STONE J. J., NICHOLS M. H. DWEPP: a dynamic soil erosion model based on WEPP source terms. *Earth Surface Processes and Landforms* (In Press). Published On Line in Wiley InterScience, 2006, DOI: 10.1002/esp.1467.