

# Determinación del desplazamiento del suelo causado por el laboreo con tracción animal

## *Determination of the soil traslocation by tillage with animal power*

Reinier Quintana Echevarría<sup>1</sup>, Calixto Domínguez Vento<sup>2</sup>, Maria E. Ruiz Pérez<sup>3</sup> y Jorge Díaz Suárez<sup>4</sup>

**RESUMEN.** La redistribución del suelo en las laderas por las prácticas de laboreo representa un proceso de erosión y degradación del suelo de elevada intensidad. En las áreas agrícolas de la cuenca del Río Cuyaguaje, los animales de trabajo son la principal fuente de potencia para las labores agrícolas. El estudio fue conducido en parcelas, y en ellas fueron realizados tres experimentos. El primero: laboreo con arado de vertedera en contorno (c), el segundo, rastrillo perpendicular al contorno (r) y el tercero, arado a favor y en contra de la pendiente (af y c). En todos los casos se utilizaron trazadores para medir la traslocación del suelo y con ello evaluar la erosión por laboreo. A partir del análisis de las mediciones realizadas se observa la tendencia a que el suelo se desplace preferentemente en el sentido de la pendiente en cada parcela. Algunos factores que influyeron en los resultados fueron: 1) la presencia de malas hierbas alteró el movimiento de los trazadores en algunos tramos de la pendiente; 2) La profundidad del laboreo no se mantuvo durante toda la labranza.

**Palabras clave:** traslocación erosión, pendiente

**ABSTRACT.** Soil redistribution in slopes due tillage practices represents a high intensity degradation and erosion processes of the soil. In the agricultural areas of the Cuyaguaje river watershed, animals are the main power source for the agricultural work. The study was carried out in plots where three experiments were made: 1) farming with dumped plough in contour (c); 2) perpendicular rake to the contour (r) and 3) tillage in the direction and on the opposite direction in relation with the slope (af y c). In all cases tracers were used to measure the soil translocation and the erosion by tillage. It was observed that for each plot there is a trend that soil move along the slope, nevertheless if all the plots are considered, this trend disappears due the different initial soil conditions observed along the slope. Some factors that influenced in these results were: 1) The presence of weeds altered the tracers movement in some segments of the slope; 2) Tillage depth didn't keep constant during all the farming.

**Keywords:** translocation, erosion, slope

## INTRODUCCIÓN

El estudio de la erosión de los suelos es de creciente interés en múltiples regiones, y en particular de aquellos países tropicales cuyo sustento económico depende fuertemente de la agricultura (FAO, 2000).

Según Alonso (2006), el problema medioambiental más serio de Cuba es precisamente la degradación de los suelos, la cual responde en gran medida a la intensa actividad erosiva en gran parte de ellos. Alrededor del 70 % del área cultivable de nuestro país sufre los efectos de la degradación, y de ella aproximadamente un 43,3 % está bajo los efectos de erosión

fuerte o media.

Estudios recientes han demostrado que la erosión por laboreo resulta de la variación espacial del desplazamiento del suelo (Quine *et al.*, 1997). Sin embargo, la erosión y la pérdida asociada de capa arable fértil no es lo único que afecta la preparación del campo, esta también dispersa la materia orgánica y afecta los microorganismos produciendo un desbalance en la distribución espacial del suelo.

El presente trabajo abordara el estudio de la influencia que ejerce el laboreo sobre la erosión del suelo, teniendo como objetivo determinar experimentalmente la erosión por laboreo, causado por el empleo de la tracción animal, analizando

**Recibido** 12/09/09, aprobado 12/11/10, trabajo 06/11, investigación.

<sup>1</sup> Ing. Delegación Territorial, Subdelegación Mecanización, Matanzas, Cuba, E-✉: [maquinaria@puentes.cu](mailto:maquinaria@puentes.cu)

<sup>2</sup> Ing. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), UCTB, Pinar del Río, Cuba, E-✉: [secaseguramiento@tel.co.cu](mailto:secaseguramiento@tel.co.cu)

<sup>3</sup> Dr.C., Lic, Prof. Tit. Universidad Agraria de La Habana, Jefa Grupo de Investigaciones Agrofísica (GIAF), Mayabeque, Cuba.

<sup>4</sup> Lic. Prof. Universidad Agraria de La Habana, Grupo de investigaciones Agrofísica (GIAF), Mayabeque, Cuba.

el desplazamiento del suelo a partir de trazadores de referencia ubicados en el suelo antes de realizar el laboreo, lo que posibilita evaluar el efecto del laboreo comúnmente empleado.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos fueron efectuados en Cabeza, municipio Minas de Matahambre perteneciente a la subcuenca “V Aniversario”, con un área de 157 km<sup>2</sup>, (INRH, 2000), ubicado en la cuenca del Río Cuyaguaje. La misma está situada en la provincia de Pinar del Río y tiene una superficie de 723 km<sup>2</sup>, por lo cual es la mayor de la provincia y de la región occidental de Cuba.

Para el estudio fueron seleccionadas parcelas a lo largo del gradiente de la ladera. El suelo del área de estudio fue un Ferralítico Rojo, con un contenido de arcilla de 80%, 10% de arena, menos 0,5% de CaCO<sub>3</sub> y 2% de materia orgánica.

### Descripción de los experimentos. Método del trazador

Los experimentos fueron conducidos en parcelas de un pequeño agricultor durante los meses de septiembre y octubre de 2008, situadas en una ladera que abarcaban pendientes entre 4 y 16,5%.

El primer experimento evaluó el laboreo en contorno empleando arado americano “vertedera”, mientras que el segundo se en sentido contrario a la pendiente de la ladera con el mismo implemento. El tercer experimento se realizó con rastrillo a favor y en contra de la pendiente de forma tradicional, o sea cruzado a las operaciones de aradura, en la (Figura 1) las flechas muestran la dirección en que fue conducido cada tratamiento de laboreo.

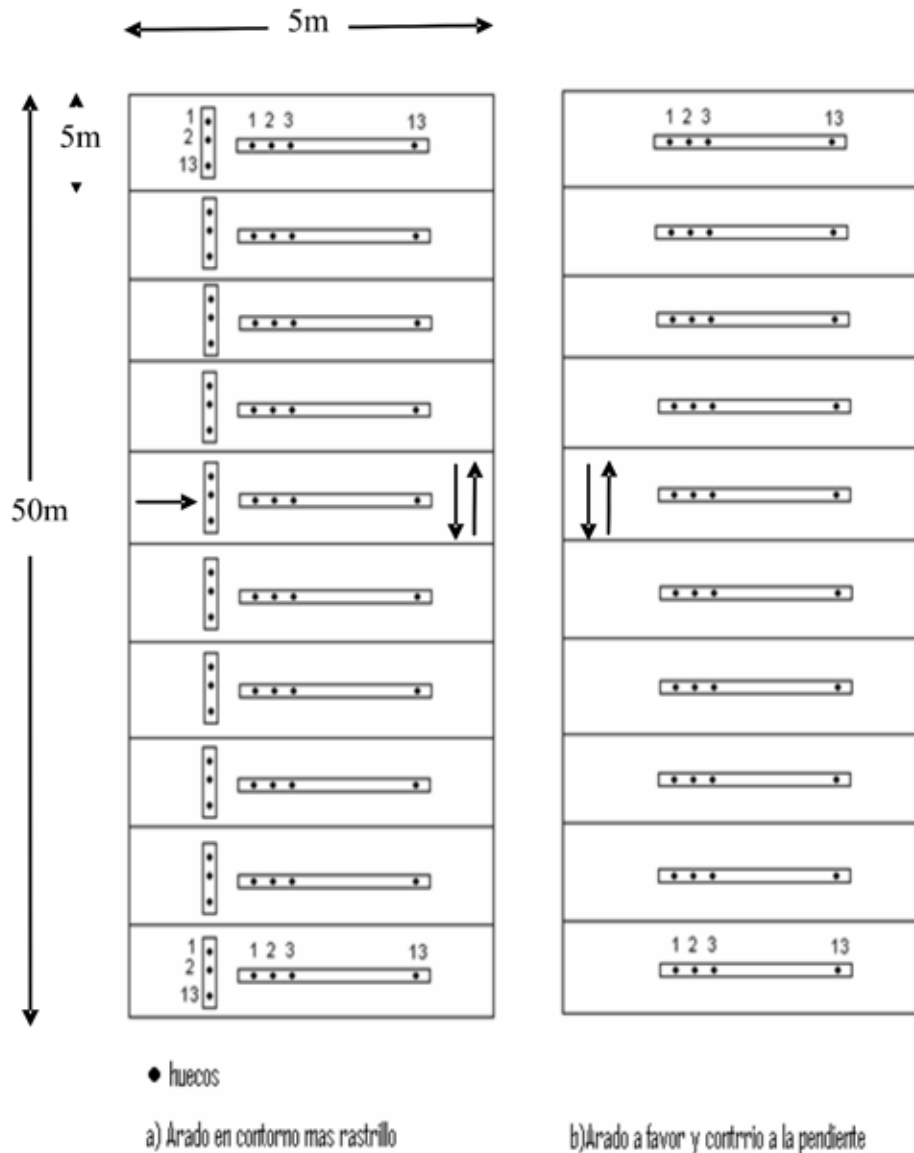


FIGURA 1. Esquema de los experimentos realizados, las flechas indican la labor para a). Arado en contorno y rastrillo cruzado; b). Arado a favor y contrario a la pendiente.

Para medir el desplazamiento del suelo causado por el laboreo fue usado el método del trazador (Quine *et al.*, 1999), usando piedras coleccionadas en una planta de asfalto local. Las piedras fueron pintadas de azul para una mejor visibilidad y cada una recibió un número único, sus diámetros promedios oscilaron entre 3 y 5 cm, promediando el largo más el ancho.

Antes de iniciar cada experimento se dividió el campo en 10 parcelas de 5 m de ancho por 5 m de longitud con pendientes variadas de 4% a 16,5%, cada parcela estaba delimitada por una línea de referencia perpendicular a la preparación del campo, que lo dividía en dos lados iguales, marcada con dos jalones con franjas de color rojo y blanco (Figura 2a) las que la hacían visible a distancia, sobre la línea de referencia se colocó el primer hueco a una distancia de 1,60 m el proce-

dimiento fue repetido hasta conformar 13 huecos a una distancia de 15 cm entre ellos a profundidad de 25 cm para el arado (contorno y en sentido de la pendiente) y 15 cm para el rastrillo. En cada hueco fueron insertadas piedras (Figura 2b), una por cada cinco centímetros de profundidad separadas una de otra por el mismo suelo que fue extraído anteriormente. Se colocaron cinco para las labores con arado y tres piedras para las de rastrillo, en cada hueco respectivamente. Los campos fueron labrados por una yunta de bueyes tirando un arado de vertedera y un rastrillo usando procedimientos tradicionales de labranza (Figura 2a). Después de la operación de labranza fueron excavadas cuidadosamente las áreas y tomada la posición de las piedras.



FIGURA 2. Experimentos realizados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Comparación del desplazamiento del suelo de cada parcela experimental para el laboreo a favor y en contra de la pendiente

En los campos situados en las laderas el desplazamiento del suelo no resulta equivalente en todas las direcciones, sino que guarda una estrecha relación con la pendiente del suelo (Mech y Free 1942). Según este autor el desplazamiento del suelo siempre muestra una fuerte correlación directa con la pendiente.

Los resultados del desplazamiento neto del suelo por laboreo a favor y en contra de la pendiente se muestran en la Tabla 1, donde el desplazamiento neto del suelo pendiente abajo se consideró con signo negativo y el desplazamiento pendiente arriba con signo positivo.

En el gráfico de la Figura 3 se puede apreciar una tendencia contraria a lo esperado, puesto que aparentemente, a mayor pendiente, menor es el desplazamiento de suelo obtenido, Estos desplazamiento bajos en pendientes grandes pudo estar dado a que en las parcelas de mayor por ciento de pendiente, el suelo se encontraba prácticamente descubierto y mullido y los desplazamientos altos para pendientes pequeñas está dado por la aparición de hierbas indeseables por el período de barbecho

como la *Sida Acuta Burm. F*; *Urena Lobata*; *Indigofera Suffuticosa* y la *Senna Occidentalis*, las cuales influyeron en la movilización del suelo en la parte baja de ladera.

TABLA 1. Desplazamiento neto del suelo labrado en a favor y en contra de la pendiente

Parcelas	Pendiente, %	Desplazamiento neto, cm
1	10,0	-9,7
2	9,0	46,2
3	12,0	-22,0
4	14,0	29,8
5	16,0	-1,3
6	9,5	-20,0
7	5,5	-17,7
8	5,0	2,0
9	4,0	-28,8
10	3,0	-29,0
Promedio	9,13	18,38

El arrastre del suelo ladera arriba provocado por un pase de labor realizado en contra de la pendiente, no resulta suficiente para compensar la pérdida de suelo sufrida como resultado de esa misma labor hecha pendiente abajo, lo que da lugar a una pérdida neta de suelo en las zonas altas de la ladera

(Mech y Free, 1942). En consecuencia, los mayores desplazamientos de suelo estuvieron dados a favor de la pendiente con una tasa de desplazamiento promedio de 18,38 cm.

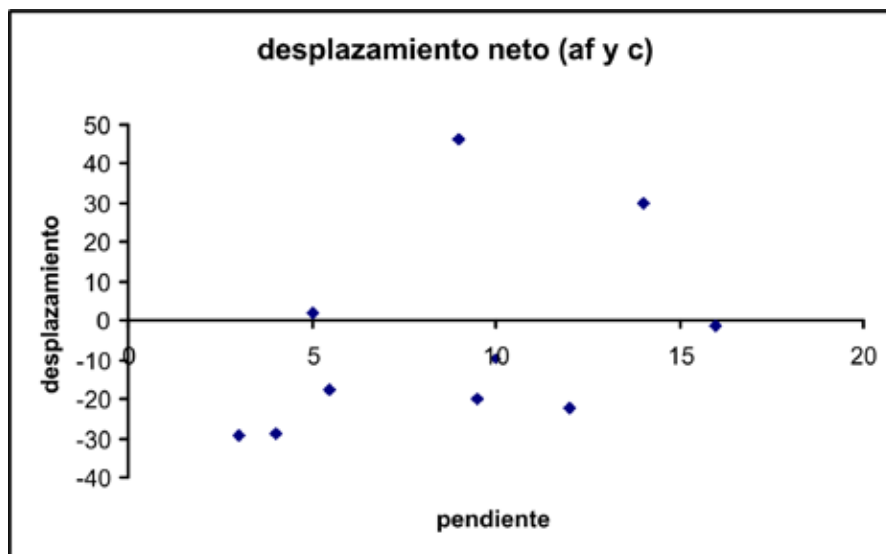


FIGURA 3. Desplazamiento neto del suelo af y c.

A pesar de los resultados aparentemente contradictorios, si se analiza las parcelas individuales, puede observarse cómo los trazadores tienden a moverse mayoritariamente a favor de la pendiente.

### Comparación del desplazamiento del suelo de cada parcela experimental para el laboreo en contorno

Durante el laboreo con el arado de vertedera, el suelo resulta desplazado por las palas de la vertedera siguiendo una trayectoria oblicua respecto a la marcha de los animales de tiro, hacia adelante en la dirección de laboreo y lateralmente hacia la derecha de la pala de vertedera (Mech y Free, 1942). En el experimento realizado con arado de vertedera se calculó la tasa de desplazamiento del laboreo lateralmente, para obtener valores que cuantificaran el desplazamiento del suelo pendiente abajo y pendiente arriba. Según muestra la Tabla 2 se cumple que el laboreo en laderas conlleva a un desplazamiento neto del suelo cuesta abajo con una tasa de desplazamiento promedio de 9.12 cm.

TABLA 2. Desplazamiento neto del suelo labrado en contorno

Parcelas	Pendiente, %	Desplazamiento neto, cm
1	10,0	0,9
2	10,5	-11,9
3	14,0	-1,89
4	16,0	32,3
5	13,5	-1,4
6	8,0	-8,3
7	6,5	-23,0
8	6,0	-8,0
9	5,0	15,9
10	4,0	6,7
Promedio	9,35	9,12

### Comparación del desplazamiento para los tratamientos de laboreo usados

Como se conoce el laboreo a favor y en contra de la pendiente produce más movilización de suelo que el laboreo en contorno y por consiguiente más que el rastrillo (Turkelboom *et al.*, 1997). El análisis de los valores obtenidos al aplicar el laboreo con rastrillo no se observó un desplazamiento neto en ninguno de los sentidos de la cuesta, esto puede deberse a diversas causas:

1) Después de haber acondicionado el campo para el experimento, el mismo fue interrumpido por la lluvia creando condiciones desfavorables en el suelo. Es conocido que el proceso de mojado y secado del suelo, a través de las fuerzas de capilaridad y tensión superficial producen la ruptura de los agregados (Ahuja *et al.*, 2006).

2) Por consiguiente el suelo se compactó impidiendo que la labranza con este implemento se realizara en las condiciones adecuadas, es decir, aunque se esperó un tiempo antes de realizar la labor, éste no fue suficiente para llegar a la condición de tempero. En las Figuras 4 y 5 se muestran los gráficos de desplazamiento neto del suelo según la pendiente para cada parcela, representando la movilización de suelo para el laboreo en contorno y el laboreo a favor y en contra de la pendiente.

Para estos laboreos aunque era esperado que el movimiento del suelo estuviese afectado directamente con la pendiente, y que se pudiera obtener una línea de tendencia expresando este comportamiento, hubo anomalías en los resultados obtenidos. No obstante, en las parcelas con respecto a la pendiente si hay una traslación de suelo hacia la parte inferior de la ladera por lo que el valor promedio del desplazamiento en sentido y contrario a la pendiente es superior en más de la mitad al laboreo en contorno, lo que significa que es el doble más erosivo que el mismo.

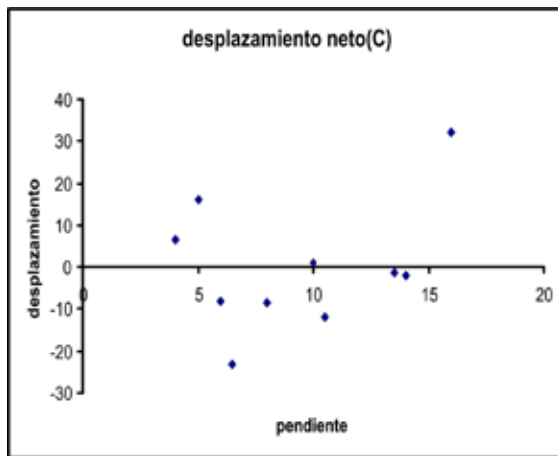


FIGURA 4. Desplazamiento neto del suelo en contorno.

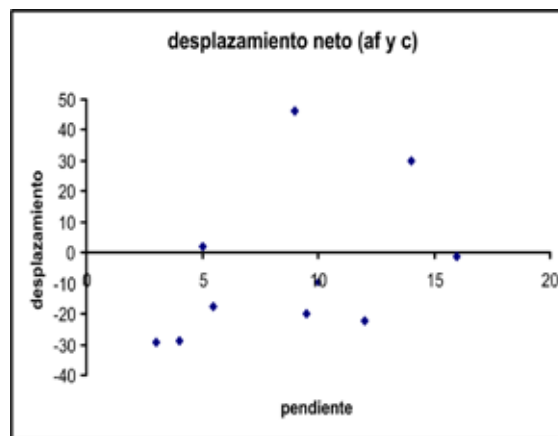


FIGURA 5. Desplazamiento neto del suelo af y c.

## CONCLUSIONES

- Para el laboreo a favor y en contra de la pendiente los mayores desplazamientos de suelo estuvieron dados cuesta abajo con una tasa de desplazamiento promedio de 18,38 cm;
- Para el laboreo en contorno se cumple que el laboreo en laderas conlleva a un desplazamiento neto del suelo cuesta abajo con una tasa de desplazamiento promedio de 9,12 cm;
- El desplazamiento neto del suelo cuando se realizó labranza a favor y en contra de la pendiente duplicó al laboreo en contorno obteniéndose un valor de 18,38 cm;

- Para el laboreo con rastrillo no se observó un desplazamiento neto en ninguno de los sentidos de la pendiente.

## AGRADECIMIENTOS

El trabajo mostrado se llevó a cabo en el marco del Proyecto de Cooperación (ZEIN2005PR306) entre el Grupo de Investigaciones Agrofísicas (GIAF) de la Universidad Agraria de La Habana, Cuba y la Universidad de Gante, Bélgica, financiado por el Consejo de Interuniversidades de la región de Flandes, Bélgica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHUJA, L.R., MA, L., TIMLIN, D.J.: "Trans-Disciplinary Soil Physics Research Critical to Synthesis and Modeling of Agricultural Systems", *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70: 311–326, 2006.
- FAO: *Situación forestal en la región de América Latina y el Caribe*, pp. 4,58, 2000.
- MECH, S.J. and FREE, G.R.: "Movement of soil during tillage operations", *Agricultural Engineering*, 23: 379-382, 1942.
- QUINE, T. and DEGRAER, G.: Patterns of rock fragment cover generated by tillage erosion, *Geomorphology*, 18: 183–97, 1997.
- QUINE, T.A., GOVERS, G., WALLING, D.E., ZHANG, X.B., DESMET, P.J.J., ZHANG, Y.S. and VANDAELE, K.: "Erosion processes and landform evolution on agricultural land—new perspectives from caesium-137 measurements and topographicbased erosion modeling", *Earth Surface Processes and Landforms*, 22: 799–816,30, 1997.
- QUINE, T.A.: "Use of caesium-137 data for validation of spatially distributed erosion models: the implications of tillage erosion", *Catena*, 37: 415–430, 1999.
- TURKELBOOM, F., POESEN, J., OHLER, I., VAN KEER, K., ONGPRASERT, S. and VLASSAK, K.: Assessment of tillage erosion rates on steep slopes in northern Thailand. *Catena*, 29: 29–44,61, 1997.