

## ESCENARIOS DE MANEJO PARA LA CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA EN DIFERENTES ZONAS AGRO-CLIMATICAS

Donald Gabriels<sup>1</sup>, Wouter Schiettecatte<sup>1</sup>, Koen Verbist<sup>1</sup>,  
Pedro Cisneros<sup>2</sup> Maria Elena Ruiz<sup>3</sup>, Guido Soto<sup>4</sup>,  
Mohamed Ouessar<sup>5</sup>, Deyanira Lobo<sup>6</sup>

### PRACTICAS DE CONTROL DE EROSION DE SUELOS EN CULTIVO DE MAIZ EN LA REGION DE SAN CRISTOBAL, ECUADOR

San Cristóbal está situada cerca de Cuenca en la cuenca del Río Paute en el Austro Ecuatoriano, en la parte Sureste de Los Andes, a 2800 msnm., con una precipitación media anual de 750 mm. La agricultura es realizada en pequeños lotes de terreno con pendiente muy altas y en suelos superficiales, erodables y con propiedades vérticas. Desde Octubre a Mayo, la mayoría de los campos tienen un monocultivo de maíz (*Zea Mays* L.) en asociación con frijoles (*Phaseolus sativum*). En algunas parcelas siembran arvejas (*Pisum sativum* L.) en asociación con avena (*Avena sativa*) o cebada (*Hordeum vulgare* L.). Las técnicas de cultivo inapropiadas, con labranza en el sentido de la pendiente, usando tracción animal, resulta en pérdidas de suelo severas, por encima de 100 ton/ha.año y hasta 300 ton/ha.año en algunas microcuencas. Las serias consecuencias en el sitio y fuera de este enfatiza la importancia de implementar prácticas de conservación de suelos en esta área. El propósito de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes medidas de control sobre la tasa de pérdida de suelos a nivel de campo a fin de examinar la posibilidad de controlar la erosión con simples modificaciones de las técnicas tradicionales de cultivo.

Para cuantificar la tasa de erosión en 87 parcelas individuales seleccionadas (área total: 16.3 ha) en la región de San Cristóbal, se utilizó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos Revisada (RUSLE), la cual calcula la tasa de pérdida de suelo promedio anual con base en cinco parámetros: R, K, LS, C y P.

Para evaluar y comparar el efecto de las medidas de conservación, los valores de pérdida de suelos para los diferentes escenarios están resumidos en el Cuadro 1. La mayor reducción en las pérdidas de suelo se obtuvo dividiendo los campos en pequeñas unidades. Esto dio como resultado el mas bajo valor del factor LS y consecuentemente las mas bajas tasas de erosión. Las franjas amortiguadoras con una longitud igual al 10 % de la longitud total del campo (con un máximo de 10 m) resultaron también eficientes para reducir las pérdidas de suelo. La eficiencia del trabajo en contorno es más limitada, debido a lo pronunciado de la pendiente. En este caso es necesario una combinación de prácticas, por ejemplo, labranza en contorno seguida por una rotación maíz – arvejas.

---

<sup>1</sup> Department of Soil Management and Soil Care, Ghent University, Belgium. Correo Electrónico: [donald.gabriels@UGent.be](mailto:donald.gabriels@UGent.be)

<sup>2</sup> PROMAS, Programa de Manejo de Agua y Suelos, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador

<sup>3</sup> UNAH, Universidad Agraria de la Habana, Cuba

<sup>4</sup> CAZALAC, Centro para el agua en zonas áridas y semiáridas en América Latina y El Caribe, La Serena, Chili

<sup>5</sup> IRA, Institut des Régions Arides, Médenine, Tunisia

<sup>6</sup> Departamento de Edafología, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela

**Cuadro 1.** Comparación de las tasas de pérdida de suelo para diferentes medidas de conservación.

| Medida de conservación de suelos   | Tasa de pérdida de suelo (ton/año) | Numero de campos con pérdida de suelo < 4.5 ton/(ha año) |
|--|------------------------------------|--|
| Situación actual (factor P= 1)   | 155                                | 48 (55.2 %)  |
| Rotación maíz-arvejas en lugar de rotación de maíz                                   | 137                                | 51 (58.6 %)  |
| Labranza en contorno   | 142                                | 50 (57.2 %)  |
| Labranza en contorno + rotación maíz-arvejas   | 126                                | 54 (62.1 %)  |
| Cultivo en franjas (longitud franja de pasto = 5 % longitud del campo; máximo 5 m)   | 135                                | 51 (58.6 %)  |
| Cultivo en franjas (longitud franja de pasto = 10 % longitud del campo; máximo 10 m) | 109                                | 55 (63.2 %)  |
| Subdivision de los campos (87 → 125 fields)  | 68                                 | 95 (76.0 %)  |
| Subdivision de los campos + labranza en contorno                                     | 60                                 | 99 (79.2 %)  |

### **EL FACTOR C DE LA RUSLE PARA LOS PRINCIPALES CULTIVOS EN LA SUBCUENCA V ANIVERSARIO DEL RIO CUYAGUATEJE (CUBA)**

La cuenca Cuyaguajeje está situada al oeste de la provincia Pinar del Río, Cuba. Tiene un área de 723 km<sup>2</sup>. Este estudio está enfocado en una subcuenca aguas arriba, de 151 km<sup>2</sup>, llamada V Aniversario.

El uso de la tierra en el año 2000 era 19,4 % agricultura, 1.2 % área urbana y 79.4 % tierras no agrícolas, principalmente bosques. Los principales usos agrícolas eran tabaco, frijoles, maíz, pastos y bosque de pino. El 80 % de los suelos en la cuenca están afectados por la erosión, especialmente con el cultivo de tabaco los problemas son severos.

Con el propósito de aplicar el modelo RUSLE para estimar las pérdidas de suelo por erosión en la subcuenca, se requiere determinar el factor C para diferentes rotaciones de cultivos.

#### **Rotación tabaco-maíz**

Para la rotación tabaco-maíz, en la cual el tabaco está en el campo desde Noviembre a Marzo y el maíz desde Abril hasta Agosto, se obtuvo un factor c de 0.478. En esta rotación el tabaco no contribuye mucho en el valor del factor C, ya que crece en el período con baja erosividad. Por el contrario, el maíz crece en el período con alta erosividad, por que determina el valor del factor C resultante. Desde Agosto hasta Noviembre, incluyendo el período de alta erosividad, el suelo es dejado desnudo causando un incremento en el factor C. De aquí que la principal razón del problema no debe buscarse en el cultivo de tabaco, sino en el cultivo con el cual se hace la rotación.

El efecto de intercalar el maíz con leguminosas dio como resultado un factor C de 0.369, indicando que la leguminosa puede reducir fuertemente el factor C. Probablemente, esto pueda deberse a su mayor cobertura del dosel durante el período erosivo y su mas baja altura de caída.

### Rotaciones con otros vegetales

El cálculo del factor C para 4 años de rotaciones fue considerado: un año arvejas seguido por malezas, un segundo año papas seguidas por maíz, un tercer año yuca y un cuarto año con malezas solamente (barbecho).

Todas las combinaciones posibles de esos cuatro años fueron tomadas en cuenta. Cuando las malas hierbas están incluidas en la rotación de cultivos, el factor C baja, cuando la yuca está incluida el factor C aumenta.

Además ningún cultivo es sembrado entre el maíz y la yuca y el campo permanece desnudo durante el período de alta erosividad, incrementando el factor C. La posición de un cultivo específico en la rotación tiene una influencia limitada sobre el factor C, ya que todos los valores varían entre 0.232 y 0.259, con un valor promedio de 0.245.

## **SURCOS DE INFILTRACION PARA CAPTACION DE AGUA EN TIERRAS SECAS DE CHILE**

La captación de agua de lluvia de las pendientes es una importante herramienta en los proyectos agrícolas y de reforestación en regiones áridas y semiáridas, debido al déficit de agua durante el año.

El objetivo de este estudio fue evaluar las dimensiones y espaciamento de surcos de infiltración como principal técnica de captación de agua en la parte semiárida de la IV Región de Coquimbo en Chile.

Para evaluar los procesos físicos del suelo, la escorrentía y la erosión en 6 sitios de estudio con 10%, 20% y 30% de pendiente, se utilizó un simulador de lluvia. Los suelos Franco arenoso y Franco están degradados debido al pastoreo intensivo y son propensos a la erosión.

Las tasas de infiltración fueron determinadas por las diferencias entre la intensidad de la lluvia aplicada y las tasas de escorrentía medidas durante 20 minutos de lluvia simulada.

La infiltración fue medida también con un infiltrómetro de presión colocado en el fondo de las zanjas. Además, se tomaron muestras de suelo de cada sitio para realizar los análisis de las características físicas: textura, densidad aparente, así como la humedad antecedente antes de las pruebas de infiltración.

Se mostró que el modelo Horton pudo predecir mejor las tasas de infiltración determinada sobre las laderas y en los surcos

La escorrentía colectada de las pruebas de simulación de lluvia permitió determinar los coeficientes de escorrentía necesarios para calcular el espaciamento entre surcos con una

sección transversal fija y con un esquema de siembra tradicional. Los datos de lluvia horaria para el período entre Junio 1996 y Julio 1998 registrados por la estación climática de La Serena (Provincia de Elqui) fueron usados para determinar los coeficientes de escorrentía desde las intensidades de lluvia y tasas de infiltración. Los coeficientes de escorrentía variaron entre 0.43 para el suelo Franco arenoso a 0.75 para el suelo Franco.

Algunos ejemplos fueron resueltos para un evento de lluvia de larga duración de 38 horas y un total de 85.6 mm., promediando una intensidad de  $2.5 \text{ mm.h}^{-1}$ , así como para eventos extremos de 22 horas con un total de 102.4 mm de lluvia con una intensidad promedio de  $4.7 \text{ mm.h}^{-1}$ .

Tres diseños de surcos (con diferente profundidad y amplitud para coleccionar 210, 480 y 660 litros de agua) los cuales son usados frecuentemente en la IV Región, fueron evaluados para las precipitaciones anuales registradas desde 1960 a 2004, con un espaciamiento de 10 m entre surcos. Se concluye que cuando el espaciamiento entre surcos se ubica en 10 m, el ancho y la altura fueron demasiado grandes y poco prácticos para la siembra de árboles. Con base en el evento de larga duración el espaciamiento calculado fue de 3m y 9m de acuerdo al diseño común usado en la IV Región. Durante un evento extremo el espaciamiento varió entre 0.6m y 6.1m

La información sobre las propiedades físicas básicas tales como tasa de infiltración y coeficientes de escorrentía son necesarios para el diseño óptimo de los surcos y el espaciamiento de los mismos y para aumentar su eficiencia. Sin embargo, los procedimientos de cálculo están basados principalmente en cantidades de agua colectada en el surco. Se debe prestar atención a las cantidades de sedimento transportadas con el agua de escorrentía y depositadas en el surco, ya que disminuyen su capacidad para captar agua y además su eficiencia.

### **SISTEMAS DE CAPTACION DE AGUA EN TIERRAS SECAS AL SUR DE TUNEZ**

En Túnez, alrededor de 400.000 ha están cubiertas con *jessour*, particularmente en el área montañosa del Matmata. Los *jessour* son técnicas antiguas de cosecha de agua de escorrentía ampliamente utilizadas en terrenos montañosos áridos donde la precipitación promedio anual está en el rango de 100 a 200 mm, pero valores extremos de 80 y 700 mm podrían también ser observados. Los *jessour* consisten de un número de *jessr*, el cual es la unidad hidráulica, que comprende tres componentes: el área de captación, la terraza y el dique (tabia)

El área de captación es aquella usada para coleccionar y transportar el agua de escorrentía. Cada unidad tiene su propia área de captación, pero puede recibir también el exceso de agua de unidades aguas arriba. La terraza o zona de cultivo es el área donde se practica la agricultura.

La deposición de los sedimentos transportados puede crear una capa artificial de suelo, la cual puede alcanzar 0.5 m de profundidad cerca del dique. En general, las terrazas son cultivadas con algunos árboles frutales, olivos, legumbres y cebada o trigo. El dique (tabia) bloquea el agua de escorrentía y sedimentos, y tiene un aliviadero para asegurar la evacuación de los excesos de agua. La relación 'área de escorrentía/ área cultivada' o CCR (*catchment to cropping area ratio*) se estima que sea alrededor de cinco, aunque se pueden encontrar valores mayores. Por ejemplo, en el área de estudio en el Wadi Oum Zessar en la Cuenca del Zeus-

Koutine en el Sureste de Túnez, el antiguo jessr, llamado 'Amrich', localizado aguas arriba del Wadi Nagab, tiene un área de captación de 80,000 m<sup>2</sup> y un área de terraza de 2,750 m<sup>2</sup> con cinco olivos (*Olea europaeae*). Por lo tanto la relación área de captación a área de cultivo, CCR, es 29.

Uno de los objetivos fue investigar si en el área de captación del Amrich se podían construir más terrazas, las cuales podrían colectar suficiente agua de escorrentía para el cultivo de olivos. El mínimo CCR puede ser calculado como sigue:

$$CCR = (WR - P)/(C P)$$

Donde: WR es la cantidad de agua anual que requiere el cultivo (mm); P es la precipitación media anual (mm) y C el coeficiente promedio anual de escorrentía.

Se ha estimado que los olivos requieren 500 mm de agua por año. La precipitación media anual en la estación meteorológica mas cercana (Béni Khedache) es de 235 mm. Para calcular el coeficiente de escorrentía se determinaron las características de la infiltración usando un simulador de lluvia de campo instalado en el Amrich.

Las cantidades de escorrentía calculadas para los eventos de lluvia durante el período de Abril 1998 a Agosto 2001 dieron un coeficiente de escorrentía promedio de 0.153 cuando se usaron las características de la infiltración de un suelo inicialmente seco.

Con este coeficiente de escorrentía de 0.153, el valor de CCR debe ser 7.4 para que pueda darse el cultivo de olivos. Por otra parte, el valor actual de CCR de 29 en Amrich debe proveer suficiente escorrentía para los olivos para un mínimo de lluvia anual de 92 mm. Los análisis de los datos de lluvia de Béni Khedache muestran que durante el período 1969-2000, la cantidad de lluvia anual de 92 mm es excedida en el 97% de los años.

Como se encontró que el CCR debe ser mayor que 7.4 con el propósito de proveer suficiente cantidad de agua para el cultivo de olivos con una precipitación 'media' anual (235 mm), es posible agrandar la terraza hasta 10800 m<sup>2</sup>. por lo tanto, otros factores deben ser tomados en cuenta también, como el número de árboles y la altura de los aliviaderos.

### **SISTEMAS DE RECARGA DE AGUA SUBTERRANEA**

Para la recarga del acuífero Zeuss-Koutine, se perforaron varios pozos por medio de tubos concéntricos para aumentar la infiltración del agua de escorrentía directamente a la mesa de agua subterránea.

El agua de escorrentía es colectada detrás de las estructuras de recarga del agua subterránea (gaviones), pero debido a la alta evaporación es necesario una rápida infiltración en el lado de la ranura de los tubos colectores. Se debe tener cuidado que los sedimentos no entren en el pozo de recarga, por lo tanto se coloca un filtro de grava entre los dos tubos concéntricos. Sin embargo, se requiere mayor investigación para definir las dimensiones óptimas de los tubos y del material de filtro.