EVALUACION DE LA EROSION HIDRICA EN SUELO LABRADO *

H. Marelli; B. M. de Mir; J. Arce y A. Lattanzi

Estación Experimental Regional Agropecuaria -INTA Marcos Juárez - Casilla de Correo 21
(2580) Marcos Juárez, Córdoba

RESUMEN

La erosión hídrica representa un grave problema en un importante área de la EERA Marcos Juárez.

Con el fin de evaluar diversos aspectos de la acción erosiva se cuantificó la pérdida de suelo, escurrimiento e infiltración mediante lluvia simulada sobre un Argiudol típico (Serie Marcos Juárez) con 3 por ciento de pendiente provocada, bajo tres condiciones de humedad antecedente: natural, húmedo y muy húmedo.

La lluvia se simuló con un equipo rotativo que produce una distribución de tamaño de gota y una velocidad de caída similar a una lluvia natural de la misma intensidad (aproximadamente 60 mm por hora).

En las parcelas se reprodujeron alternativamente diversas situaciones: 1) Suelo labrado durante 3 años sin cobertura; 2) Suelo labrado sin cobertura con bordes atravesando la pendiente; 3) Suelo labrado con dos volúmenes de rastrojo de trigo en superficie: 4 y 8 tn/ha y 4) Suelo labrado con dos volúmenes de rastrojo de trigo incorporado: 4 y 8 tn/ha.

Para la condición de humedad natural, los mayores valores de escurrimiento y pérdida de suelo se producen cuando el suelo no posee cobertura.

* Trabajo presentado en el X Congreso Argentino y VIII Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Mar del Plata, 1983.

Las mayores tasas de escurrimiento y pérdida de suelo por unidad de tiempo se obtienen en condiciones de suelo húmedo y muy húmedo.

Los dos tratamientos con rastrojo en superficie no presentan diferencias importantes en ninguna de las variables estudiadas. Por otra parte, cuando se incorporan los rastrojos se puede apreciar que con 8 tn/ha disminuye el escurrimiento y las pérdidas de suelo mientras que con 4 tn/ha se mantienen en los niveles obtenidos con suelo sin cobertura.

Se obtuvo un valor promedio de 0,22 para el factor "k" de erodibilidad de la ecuación universal de pérdida de suelo.

Palabras Clave: erosión hídrica; simulador de lluvia; escurrimiento; pérdida de suelo; infiltración.

WATER EROSION IN TILLED SOIL

ABSTRACT

Water erosion is an important problem at Marcos Juárez Experimental Station area.

In order to evaluate the water erosion effects, the soil loss, runoff and infiltration were quantified with simulated rainfall.

The experiments were carried out on a Typic Argiudoll, and 3 % of reshape slope, under three antecedent moisture conditions: dry, wet and very wet.

The rainfall intensity was about 60 mm/hour; it was applied over two 40 m2 adjacent plots with a rotating boom rainfall simulator.

The treatments were: 1) Continuous tilled soil without mulch. 2) Continuous tilled soil without mulch with soil edges across the slope. 3) Tilled soil with 4 and 8 tn/ha of wheat straw mulch over the surface. 4) Tilled soil with 4 and 8 tn/ha of wheat straw mulch incorporated into the soil.

Under dry conditions, the greatest runoff and soil loss values occur for the continuous tilled soil without mulch.

The greatest rates of runoff and soil loss were obtained under wet and very wet soil conditions.

The treatments with mulch on soil surface did not show differences. But, when the 8 tn/ha wheat straw were incorporated into the soil, the runoff and soil loss decreased. For the 4 tn/ha of incorporated straw, similar behaviour to the bare soil was observed.

An average value of 0,22 for the "k" factor of erodibility for the universal soil loss equation was obtained.

Key words: water erosion, rainfall simulator; runoff; soil loss; infiltration.

INTRODUCCION

Los problemas de erosión por el agua se manifiestan en más de 300.000 hectáreas del área de influencia de la Estación Experimental Agropecuaria de Marcos Juárez. Ello representa más del 7,5 por ciento de su área. Dentro de ella pueden apreciarse diferentes grados de erosión, manifestados desde movimientos laminares de suelo casi imperceptibles, hasta cárcavas de grandes magnitudes. Esta situación se ve favorecida por el intenso uso agrícola del suelo, especialmente en la secuencia trigo-soja.

Numerosos investigadores han evaluado las pérdidas de suelo y agua bajo diferentes condiciones. Al respecto, Wischmeier y Smith (1978) concluyen que la erodibilidad de un suelo depende principalmente de su textura, materia orgánica, estructura y permeabilidad.

Cuando el suelo está protegido por una cubierta de residuos, que evita el golpe directo de las gotas de lluvia, aumenta la capacidad de retención y almacenamiento, disminuye la velocidad del escurrimiento y arrastre de suelo y se facilita la infiltración del agua de lluvia (Borst y Wooburn, 1942; Harmon y Meyer, 1978; Mannering y Meyer, 1961; Parr y Bertrand, 1960; Paumer y Laflen, 1981; Swanson et al., 1965).

Musgrave (1955) considera que la condición en que se encuentra la superficie del suelo y su protección contra el impacto de la lluvia, juntamente con sus características internas y humedad antecedente, son algunos de los factores más importantes que influyen en la entrada del agua al suelo.

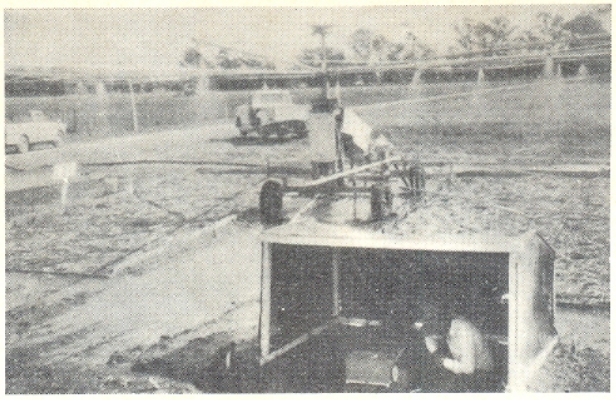


Fig. 1: Simulador de lluvia.

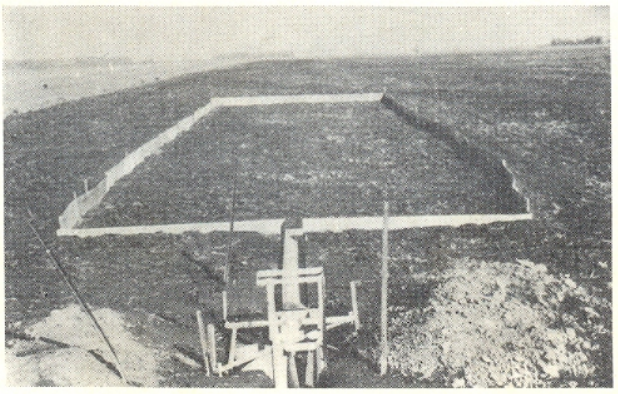


Fig. 2: Parcela de escurrimiento.

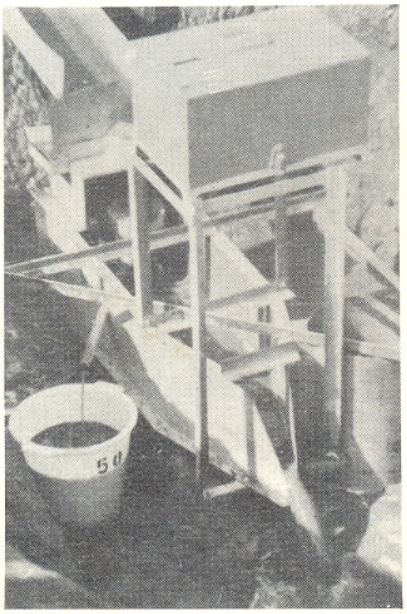


Fig. 3: Aforador.

Para evaluar las pérdidas de suelo y agua a que se hace referencia, pueden utilizarse parcelas de escurrimiento fijas con lluvia natural o simulada (simulador de lluvia). El objetivo de este trabajo es evaluar la erosión hídrica provocada con lluvia simulada, bajo diferentes condiciones de suelo y rastrojo. Además, se determinará el valor del factor "k" de erodibilidad del suelo.

Los equipos simuladores de lluvia, de diferentes tipos y tamaño, se emplean desde hace tiempo en otros países y especialmente en E.U.A., en investigaciones sobre erosión hídrica (Amerman, 1979; Meyer, 1960). Entre sus limitaciones caben citarse: pequeño tamaño de las parcelas de trabajo; intermitencia en la aplicación de las lluvias; reproducción parcial de la distribución por tamaño de gotas y de la velocidad de caída de una lluvia natural (Meyer y Mc Cune, 1958). Dentro de sus ventajas, son importantes: la obtención de resultados en forma eficiente y en corto plazo, la posibilidad de trabajar bajo diversas condiciones pudiéndose repetir las investigaciones con un alto grado de seguridad tantas veces como sea necesario.

Meyer (1960) afirma que el uso del simulador de lluvias es útil primariamente para obtener evaluaciones comparativas de pérdidas de suelo y escurrimiento bajo distintas condiciones de suelo, manejo y cultivo.

MATERIALES Y METODOS

Los trabajos se realizaron en 1981 y 1982 en la Estación Experimental Agropecuaria de Marcos Juárez.

Simulador de lluvias rotativo - Descripción

El equipo utilizado para los trabajos fue diseñado por Swanson (1979). Consta de un chasis con una torre central que soporta 10 caños de 7,60 m de longitud, dispuestos radialmente. En cada uno de ellos hay tres picos aspersores Vee Jet 80100, completándose en total 30 picos (Fig. 1). El rociado se efectúa hacia abajo desde una altura de 2,70 m, formando un abanico perpendicular a su sentido de giro. Cada pico descarga un caudal medio de 15,14 litros/minuto a una presión media de 0,4218 kg/cm^2. Se pueden lograr intensidades de 60 ó 120 mm/hora. Estos producen una distribución de tamaño de gotas y una velocidad de caída similar a la de una lluvia natural de igual intensidad (Meyer y Mc Cune, 1958).

Todos los brazos giran en forma solidaria a la torre entre 3,5 a 4 revoluciones por minuto; ello provoca una intermitencia en la aplicación de la lluvia sobre las parcelas.

La lluvia se aplica simultáneamente sobre dos parcelas de 4 x 10 m (Fig. 2). El escurrimiento se produce en el área delimitada por bordes de chapa (límites de las parcelas) y a través de un delantal metálico al final de las cuales es conducido a un aforador (Fig. 3).

El aforador (HF) consta de un muestreador eléctrico con el que se colecta cada 5 minutos una alícuota del escurrimiento y de un registrador de tambor horizontal (limnígrafo) con que el que se obtiene el hidrograma total de salida, HTS. Este HTS se expresa en función de la altura del escurrimiento en el aforador y del tiempo. De acuerdo con la calibración de cada aforador se obtiene, posteriormente, la relación caudal-tiempo. Con esta información agregada al porcentaje de suelo y agua de la muestra obtenida cada cinco minutos, se calculan los valores totales de pérdida de suelo y agua de la parcela.

En este trabajo se aplicaron tres lluvias cuya duración y periodicidad fue la siguiente

- 1a. lluvia: una hora de duración.
- 2a. lluvia: se aplica de 12 a 24 horas después de la primera; media hora de duración.
- 3a. lluvia: se aplica inmediatamente después de la segunda; un cuarto de hora de duración.

De acuerdo a ello, se lograron tres condiciones de humedad de suelo: natural, húmedo y muy húmedo.

Preparación de las parcelas

Las experiencias fueron realizadas sobre un suelo de la serie Marcos Juárez (Argiudol típico) de textura franco limosa, con 2,5 por ciento de materia orgánica y 3 por ciento de pendiente provocada.

Para la conformación de la pendiente de trabajo se desplazó superficialmente el horizonte A. De esta manera, este horizonte que naturalmente tiene 20 cm de espesor, quedó con las siguientes profundidades: 35 cm en la parte superior de la parcela, 28 cm, 20 cm, 13 cm y 5 cm, a los 2,5 m; 5 m; 7,5 m y 10 m, respectivamente, desde el borde superior al inferior de las parcelas.

Las determinaciones de pérdidas de suelo y agua se realizaron para las siguientes situaciones: 1) suelo labrado sin cobertura; 2) suelo labrado sin cobertura y con bordes; 3) suelo labrado con rastrojo en superficie; 4) suelo labrado con rastrojo incorporado.

En el tratamiento 1) el suelo se mantuvo sin cultivo por más de tres años. Las labranzas se realizaron con arado de cincel, rastra de discos y de dientes, siempre en el sentido de la pendiente. Se trabajó con dos parcelas en las cuales se repitió la experiencia tres veces, obteniéndose un total de seis repeticiones.

En el tratamiento 2) la preparación del suelo fue similar a la descripta anteriormente. Además se construyeron bordes cortando la pendiente de 20 cm de altura espaciados 70 cm, simulando los bordes que se

consiguen en las operaciones de escardillo para un cultivo en contorno. La pendiente de los surcos fue de 0,3 por ciento. Se utilizaron dos parcelas, repitiéndose la experiencia una vez.

En el tratamiento 3) se utilizaron dos volúmenes de rastrojo, 4 y 8 toneladas/ha de paja de trigo que se distribuyeron manual y homogéneamente sobre las parcelas previamente labradas. Se utilizó una parcela para cada uno de ellos, repitiéndose la experiencia tres veces.

En el tratamiento 4) se utilizaron también 4 y 8 toneladas/ha de paja de trigo, que se incorporaron entre los 10 a 15 cm de profundidad, con un cultivador rotativo. Se utilizó una parcela para cada uno de ellos con una repetición.

Antes de la aplicación de la primera y segunda lluvia se determinó la humedad del suelo a la profundidad de 0-20, 20-60 y 60-100 cm.

A partir de los datos y observaciones obtenidos se calculó la infiltración y la pérdidad de suelo y agua en todos los tratamientos. Los valores de escurrimiento y pérdida de suelo correspondientes a los dos volúmenes de rastrojo del tratamiento 3, fueron comparados mediante el test "t" de Student con un nivel de significación del 5 por ciento.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se dan los valores de infiltración, escurrimiento y pérdida de suelo para cada lluvia y estado de cobertura. En las Fig. 4 a 19 se representa su variación en el tiempo cada 5 minutos.

Los mayores volúmenes de escurrimiento y por consiguiente los menores de infiltración ocurren en la primera lluvia cuando no existe cobertura. Para la segunda y tercera lluvia no se aprecian grandes diferencias entre los tratamientos, lográndose las máximas tasas de escurrimiento por unidad de tiempo.

El tratamiento con 8 tn/ha de rastrojo incorporado muestra el mayor valor de infiltración y el menor de escurrimiento.

Los tratamientos con 4 y 8 tn/ha de rastrojo de tri-

TABLA 1: Valores totales de infiltración, escurrimiento y pérdidas de suelo.

Intensidad de lluvia 54 mm/ha	Duración minutos	Agua aplicada mm	Cobertura	Infiltración mm	Escurrimiento tn/ha	Pérdida de suelo en el escurrimiento kg/ha
1º lluvia	60	54	Ninguna	29,4	249	2 351
2º lluvia	30	27	(6)	12,4	148	1 251
3º lluvia	15	13,6		5,5	81	786
1º lluvia	60	54	Ninguna	31,5	229	2 632
2º lluvia	30	27	con bordes	13,8	134	1 552
3º lluvia	15	13,6	(2)	5,8	78	1 142
1º lluvia	60	54	4 tn/ha en	36,2	179	421
2º lluvia	30	27	superficie	12,2	148	218
3º lluvia	15	13,6	(3)	6,5	69	94
1º lluvia	60	54	8 tn/ha en	36,2	179	234
2º lluvia	30	27	superficie	11,6	154	184
3º lluvia	15	13,6	(3)	6,3	71	103
1º lluvia	60	54	4 tn/ha	37,1	171	1 998
2º lluvia	30	27	incorporado	12,6	146	1 795
3º lluvia	15	13,6	(1)	5,5	82	1 017
1º lluvia	60	54	8 tn/ha	48,1	60	552
2º lluvia	30	27	incorporado	15,1	117	776
3º lluvia	15	13,6	(1)	6,2	74	295

La cifra entre paréntesis indica el número de repeticiones.

go en superficie proporcionan los menores valores de pérdida de suelo.

El tratamiento con 4 tn/ha de paja de trigo incorporada provoca una pérdida de suelo similar a la del suelo desnudo labrado, debido a la importante superficie sin cobertura expuesta a la lluvia.

Pérdida de suelo

Tratamiento de suelo labrado sin cobertura y suelo labrado sin cobertura con bordes

Los valores de pérdida de suelo registrados para estas dos condiciones son mayores que los obtenidos para los otros tratamientos.

En la primera situación y para la primer lluvia, la pérdida de suelo comienza apenas iniciada la misma, se hace importante después de los 15 minutos y se estabiliza alcanzando los máximos valores a partir de los 30 (Fig. 4 y 5).

En la situación de suelo labrado con bordes, (Fig. 6 y 7), la pérdida de suelo para la primera lluvia se ve demorada hasta los 15 minutos y tiende a estabilizarse aparentemente después de los 50, con valores más altos que para la situación sin bordes.

Para la segunda y tercera lluvia también se aprecian valores superiores en el suelo con bordes, que no se estabilizan en el tiempo considerado.

Esta superioridad de las pérdidas de suelo para el tratamiento con bordes, puede deberse a la concentración del escurrimiento al final de éstos, lo cual aumentaría su capacidad de arrastre. Esto indicaría que para las condiciones de este trabajo (3 por ciento de pendiente), la práctica de cultivo en contorno, no sería suficiente para manejar un gran volumen de escurrimiento provocado por una lluvia intensa de aproximadamente 60 mm/hora.

Los valores obtenidos en las parcelas de suelo desnudo y sin bordes permitieron calcular además el valor del factor "k" de erodibilidad de la ecuación universal de pérdida de suelo (Denardin y Wünsche, 1981). El promedio calculado fue de 0,22, pudiéndose clasificar al suelo como moderado a altamente erosionable.

Tratamiento de suelo labrado con rastrojo de trigo en superficie

Para los volúmenes de rastrojo empleados, 4 y 8 tn/ha, colocados en la superficie del suelo, los valores de pérdida de suelo (Fig. 8 y 9) no muestran diferencias significativas para ninguna de las tres lluvias. En ambos tratamientos la pérdida de suelo comenzó a manifestarse después de 30-35 minutos de iniciada la primera lluvia. Esto se debe a la gran capacidad de intercepción y protección provista por ambos volúmenes de rastrojo. A conclusiones similares arribaro Harmon y Meyer (1978) y Mannering y Meyer (1961

Tratamiento de suelo labrado con rastrojo de trigo incorporado

La pérdida de suelo correspondiente al tratamiento de 8 tn/ha de rastrojo incorporado arroja valores menores que los correspondientes al tratamiento de 4 tn/ha (Fig. 10 y 11) Además, éste último proporciona valores de pérdida de suelo similares a los de suelo labrado sin cobertura, dado el alto grado de superficie expuesta a la acción directa de las lluvias.

Cabe señalar que en esta situación los valores considerados corresponden a una repetición y por ende no son comparables estadísticamente.

Escurrimiento

Tratamiento de suelo labrado sin cobertura y suelo labrado sin cobertura con bordes

Los valores de escurrimiento para la situación de suelo labrado sin cobertura (Fig. 12 y 13) muestran su predisposición a ser afectado por erosión hídrica. En las condiciones de estudio, a los 15 minutos de iniciada la lluvia, éste se incrementa notablemente y a partir de los 40 las pérdidas se hacen constantes hasta el final de la lluvia. Similares resultados fueron informados por Harmon y Meyer (1978)

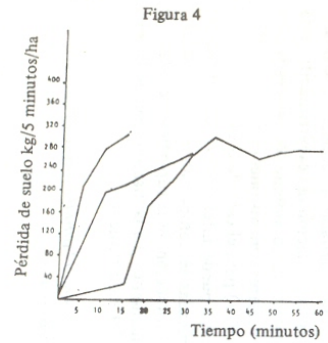
Analizando los valores correspondientes al tratamiento con bordes (Fig. 14 y 15), se observa que, aunque no sean absolutamente comparables, son similares a los de suelo desnudo sin bordes. Sin embargo, a pesar de que la iniciación del escurrimiento se ve demorada por ellos, los valores finales son algo mayores.

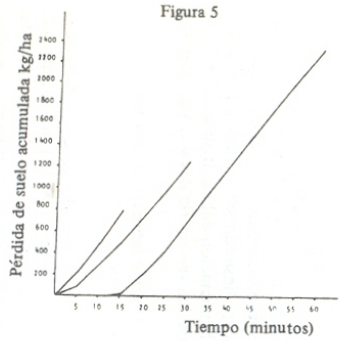
Tratamiento de suelo labrado con rastrojo de trigo en superficie

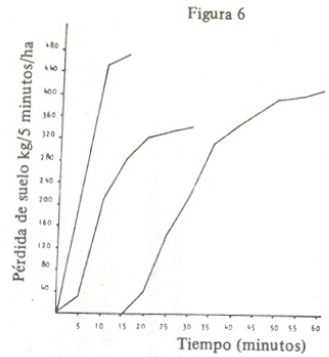
Los valores de escurrimiento para 4 y 8 tn/ha de rastrojo en superficie (Fig. 16 y 17) no muestran diferencias significativas en las tres lluvias aplicadas. Comparando con suelo labrado sin cobertura se observa una demora en la iniciación del escurrimiento, ésta es algo mayor para 8 tn/ha aunque los valores finales son parecidos. Similares conclusiones encontraron Harmon y Meyer (1978) para el caso de 8 tn.

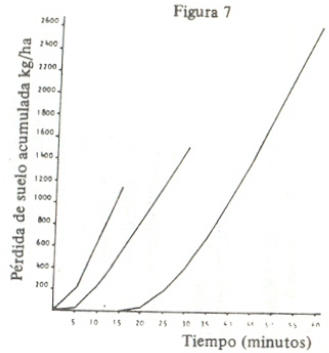
De lo expuesto puede inferirse que las cantidades de rastrojo empleadas se comportan en forma similar en cuanto a la protección de la superficie del suelo, al área de almacenamiento y a la disminución de la velocidad de salida del escurrimiento.

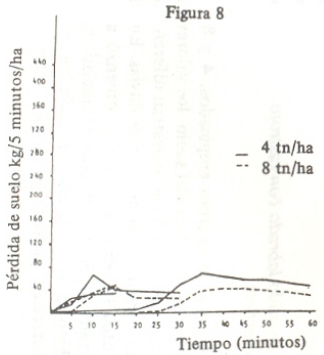
Tratamiento de suelo labrado con rastrojo de trigo incorporado.

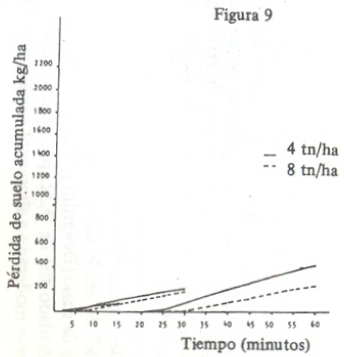


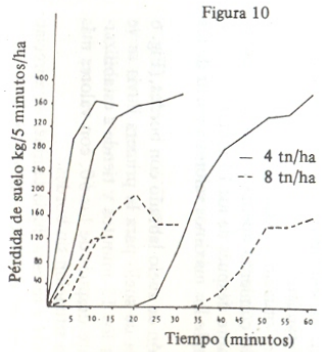












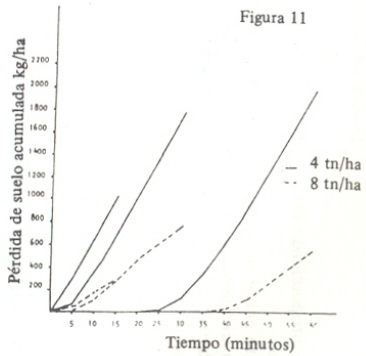
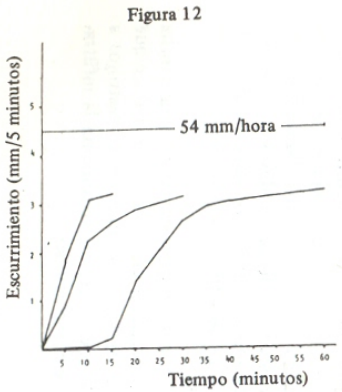
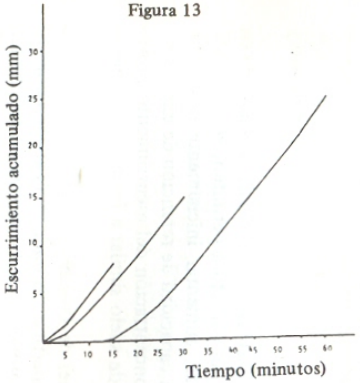
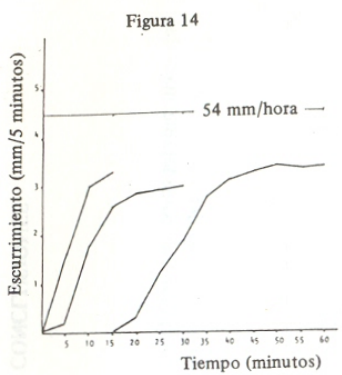
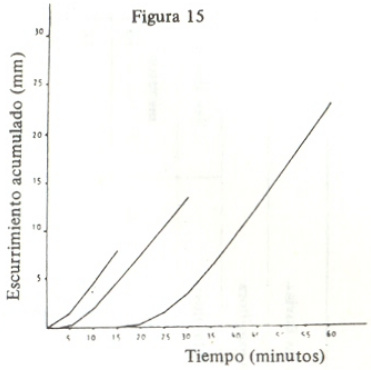


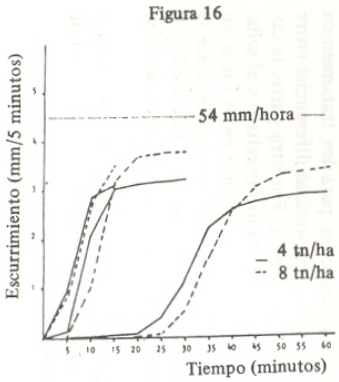
Fig. 4: Pérdida de suelo para tres lluvias, suelo labrado sin cobertura. Fig. 5: Pérdida de suelo acumulado para tres lluvias, suelo labrado sin cobertura. Fig. 6: Perdida de suelo para tres lluvias, suelo labrado sin cobertura con bordes. Fig. 7: Perdida de suelo acumulado para tres lluvias, suelo labrado sin cobertura con bordes. Fig. 8: Pérdida de suelo para tres lluvias, suelo con 4 y 8 tn/ha de rastrojo de trigo en superficie. Fig. 9: Pérdida de suelo acumulado para tres lluvias, suelo con 4 y 8 tn/ha de rastrojo de trigo en superficie. Fig. 10: Pérdida de suelo para tres lluvias, suelo con 4 y 8 tn/ha de rastrojo de trigo incorporado. Fig. 11: Perdida de suelo acumulado para tres lluvias, suelo con 4 y 8 tn/ha de rastrojo de trigo incorporado.

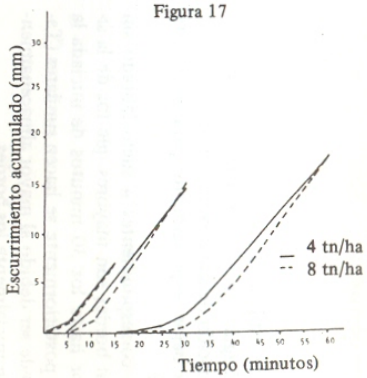


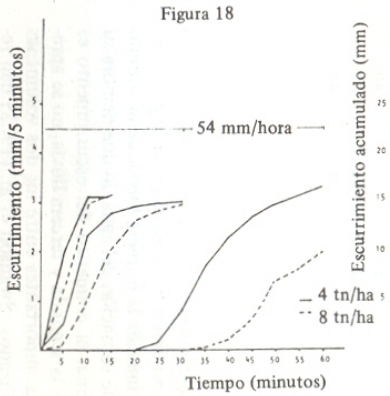












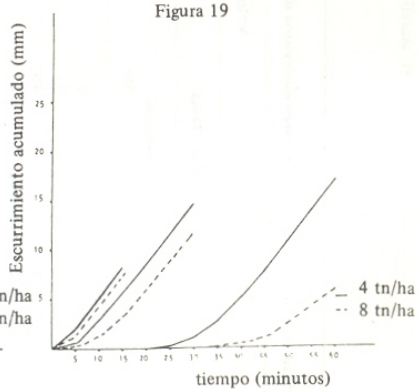


Fig. 12: Escurrimiento para tres lluvias, suelo labrado sin cobertura. Fig. 13: Escurrimiento acumulado para tres lluvias, suelo labrado sin cobertura. Fig. 14: Escurrimiento para tres lluvias, suelo labrado sin cobertura con bordes. Fig. 15: Escurrimiento acumulado para tres lluvias, suelo labrado sin cobertura con bordes. Fig. 16: Escurrimiento para tres lluvias, suelo con 4 y 8 tn/ha de rastrojo de trigo en superficie. Fig. 17: Escurrimiento acumulado para tres lluvias, suelo con 4 y 8 tn/ha de rastrojo de trigo en superficie. Fig. 18 Escurrimiento para tres lluvias, suelo con 4 y 8 tn/ha de rastrojo de trigo incorporado. Fig. 19: Escurrimiento acumulado para tres lluvias, suelo con 4 y 8 tn/ha de rastrojo de trigo incorporado.

TABLA 2: Velocidad de infiltración para diferentes momentos desde la iniciación de las lluvias.

	Velocidad de infiltración mm/hora								
	1er. lluvia				2da. lluvia			3er. lluvia	
	minutos				minutos			minutos	
	5	15	30	60	5	15	30	5	15
Ninguna	54	52	23	15	43	23	17	33	16
Ninguna con bordes	54	54	31	14	51	23	19	36	15
4 tn/ha en superficie	54	53	40	19	52	18	16	42	17
8 tn/ha en superficie	54	54	47	13	54	16	9	42	11
4 tn/ha incorporado	54	54	44	15	47	21	18	31	18
8 tn/ha incorporado	54	54	54	31	52	29	18	39	16

El escurrimiento para estas situaciones (4 y 8 tn/ha) (Fig. 18 y 19) comienza a manifestarse después de los 30 minutos de iniciada la primera lluvia, demostrando un alto grado de captación del agua, lo que demora su iniciación. Si bien el comienzo del escurrimiento es inmediato para la segunda y tercera lluvia, no se aprecian diferencias importantes entre los dos volúmenes de rastrojo utilizados. Swanson et al. (1965) dan resultados similares para "1/2 y 1 tn/acre" (1,1 y 2,2 tn/ha) de rastrojo de trigo.

Infiltración

Los valores de infiltración que se obtienen por diferencia entre el agua aplicada y el agua perdida muestran para la situación de suelo labrado y sin cobertura los valores más bajos, especialmente para la primera lluvia (Tabla 1).

Los valores correspondientes a suelo labrado sin cobertura y con bordes son mayores que los de la situación anterior hasta los 30 minutos de iniciada la primera lluvia; posteriormente se hacen similares (Tabla 2). Esto puede ser debido al mayor almacenamiento que provocan inicialmente los bordes.

Los valores de infiltración para los tratamientos con rastrojo en superficie no indican diferencias entre los volúmenes de 4 y 8 tn/ha. Por otra parte, la cubierta lograda evita el planchado inmediato y el sellado superficial del suelo, que sí ocurre en el suelo sin protección. No obstante, este efecto que favorece la infiltración inicial va desapareciendo y ésta se ve posteriormente limitada por el movimiento del agua en el perfil del suelo (Tabla 2).

Los tratamientos con rastrojo incorporado arrojaron los valores más altos de infiltración, apreciándose una mayor entrada de agua al perfil en el correspondiente a 8 tn/ha; ello puede ser debido a la alta porosidad lograda al incorporar una considerable masa de rastrojo.

CONCLUSIONES

En suelos labrados, sin cobertura y de pobre estructura, el sellado superficial que se produce al poco tiempo de iniciada una lluvia intensa reduce rápidamente la infiltración, favoreciendo el escurrimiento y la pérdida de suelo.

Los bordes construídos a través de la pendiente en suelo labrado y sin cobertura permiten, en las condiciones estudiadas, aumentar inicialmente la infiltración. Cuando la capacidad de retención de ellos es sobrepasada, la concentración del escurrimiento provoca una pérdida de suelo similar a la de suelo desnudo sin bordes.

Los volúmenes de rastrojo de trigo de 4 y 8 tn/ha colocados en superficie disminuyen el encostramiento superficial que provoca una lluvia intensa y permiten una buena infiltración inicial. A medida que el perfil del suelo se satura, el efecto de la cubierta sobre la infiltración decrece y el escurrimiento adquiere valores importantes. A pesar de ello las pérdidas de suelo son las más bajas debido a la protección superficial. Volúmenes de alrededor de 4 tn/ha, serían suficientes para proteger el suelo.

Comparando los resultados obtenidos para 8 tn/ha de rastrojo incorporado y en superficie se deduce que la incorporación de un gran volumen de rastrojos a una profundidad de 10 a 15 cm aumenta la infiltración y disminuye el escurrimiento.

REFERENCIAS

Amerman, C., 1979. Proceedings of the rainfall simulator workshop.Tucson, Arizona. USDA. Science and Education Adm. 85-89.

Borst, H. y R. Woodburn, 1942. Effects of mulches and surface conditions on the water relations and erosion of Muskingum soil. USDA. Tech Bull Nº 825.

Denardin, J. y W. Wünsche, 1981. Erodibilidade de um Latossolo Vermelho escuro. Anais do III Encontro Nacional de Pesq. sobre Cons. do Solo. Recife. Brasil. 219 p.

Harmon, E. y D. Meyer, 1978. Cover, slope and rain intensity affect interrill erosion. USDA Sedimentary Laboratory. Oxford. Mississippi. 9-16.

Mannering, J. y D. Meyer, 1961. The effects of different methods of cornstalk residue management on runoff and erosion as evaluated by simulated rainfall. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 25: 506-510.

Meyer, D. y Mc Cune, 1958. Rainfall simulator for runoff plots. Agr. Eng. 39: 644-648.

Meyer, D., 1960. Use of rainulator for runoff plot research. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 24: 319-322.

Musgrave, G., 1955. U.S. Department Agr. Yearbook. 1955. 151-159.

Parr, J. y A. Bertrand, 1960. Water infiltration into soils. Adv. in Agronomy. 12: 311-363.

Paumer, J. y L. Laflen, 1981. Effects of slopes and canopy on rill erosion of loess soils. ASAE paper Nº 81. 20036.

Swanson, N.; A. Dedrick; H. Weakly y H. Haise, 1965. Evaluation of mulches for water erosion control. Trans. ASAE. 8: 438-440.

Swanson, N., 1979. Field plot rainfall simulation. Proceedings of the rainfall simulator workshop. Tucson, Arizona. USDA. Science and Education Adm. 166-169.

Wischmeier, W. y D. Smith, 1978. Predicting rainfall erosion losses. USDA. Handbook Nº 537.