

EFFECTO DE LA EROSION Y FERTILIZACION DEL SUELO SOBRE EL RENDIMIENTO DEL FRIJOL EN VERACRUZ, MEXICO ¹

Jesús Uresti, Ernesto López ²

RESUMEN

Efecto de la erosión y fertilización del suelo sobre el rendimiento de frijol en la zona central de Veracruz, México. El presente trabajo se estableció durante el ciclo otoño-invierno 1994 en dos suelos (Luvisol órtico y Feozem háplico) de la zona central de Veracruz con 00, 10, 20 y 30 centímetros erosionados y con y sin la aplicación de fertilizante, resultando en ocho tratamientos que identifiquen, los factores edáficos que limitan la producción de frijol, así como definir la relación erosión-productividad. Los resultados muestran que la erosión redujo la productividad de los dos suelos estudiados encontrándose una relación erosión-productividad bien definida de naturaleza exponencial. En el Luvisol órtico las causas de la reducción de la productividad son la baja disponibilidad de nutrimentos y condiciones físicas adversas relacionadas con la reducción de la capacidad de exploración de raíces, mientras que en el Feozem háplico son principalmente de índole física relacionadas con la disminución de la capacidad del suelo para almacenar agua. El fertilizante afectó la relación erosión-productividad incrementando el rendimiento de grano. En la fase sin erosión de ambos suelos el fertilizante incrementó en forma significativa el rendimiento de frijol, sin embargo, este disminuyó en forma paralela con la erosión del suelo hasta un mínimo cuando el horizonte "A" de ambos suelos se erosionó 30 cm.

ABSTRACT

Effect of soil erosion and fertilization on bean yielding in the central region of the state of Veracruz, México. This research was carried out during the 1994 winter season in the tropical central region of the state of Veracruz, México. The aim was to identify the main soil constraints for bean production in two soils (Orthic luvisol and haplic phaeozem) with 00, 10, 20 and 30 centimeters of topsoil lost, as well as to evaluate the soil erosion-soil, productivity relationship with and without the use of fertilizer. Results showed that on both soil, erosion reduced productivity that could be explained by an exponentially well defined relationship. In the orthic Luvisol bean yield reduction was due to nutrients low availability of nutrients and poor soil physical conditions related to root exploration capacity in the "B" horizon. In the haplic Phaeozem yield drop was caused by the reduction of the soil water holding capacity. Fertilizer affected the soil erosion-soil productivity relationship by increasing yield. The higher yield increment was achieved in the no-eroded phase of both soils and it was drastically reduced as the complete "A" horizon was eroded away.

¹ Parte del proyecto Manejo del Suelo y Agua para conservar su productividad. CIRGOC-INIFAP.

² Investigadores del Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP.

INTRODUCCION

La erosión hídrica del suelo es uno de los principales problemas en las zonas tropicales del sureste de México. Los suelos de estas zonas generalmente presentan un horizonte "A" superficial con mayor capacidad productiva que los horizontes "B" o "C" subsuperficiales, por lo que es de esperarse que en la medida que éste se erosione y queden expuestos los horizontes "B" o "C" con condiciones adversas para el desarrollo de los cultivos, se reduzca la productividad del suelo. Al respecto, Vazquez (1986), indicó una reducción promedio de 33 por ciento, mientras que Uresti *et. al.* (1994), estimaron una reducción en la productividad del suelo de 44 y 13 por ciento para áreas con alto y bajo riesgo de erosión respectivamente en la zona tropical del centro del estado de Veracruz. Debido a causas de diversa índole, entre las que sobresalen las socioeconómicas, el cultivo de frijol en el estado de Veracruz esta siendo desplazado a estas zonas marginales con suelos erosionados o con alto riesgo de erosión, en los cuales generalmente se espera que el rendimiento de grano sea bajo.

El presente trabajo se estableció con el objetivo de obtener información para definir los factores edáficos que limitan la producción de frijol en suelos con diferentes grados de erosión, así como definir la relación que existe entre ésta y la productividad del suelo. Esta información es necesaria para la correcta selección de las prácticas de conservación del suelo y agua y manejo del suelo y cultivos.

MATERIALES Y METODOS

Suelos, tratamientos y variables estudiadas

El experimento se estableció en la zona central de Veracruz durante el ciclo otoño-

invierno 1994 en un suelo Luvisol órtico y en un Feozem háplico. El primero se trata de un suelo profundo que en su fase sin erosión presenta un horizonte "A" franco-arenoso y un horizonte "B" franco-arcilloso. El Feozem háplico presenta sólo el horizonte "A" franco-arenoso con fase lítica a menos de 40 cm. de profundidad. En el Cuadro 1 se presentan otras características importantes de ambos suelos.

En cada suelo se evaluó la respuesta del frijol, variedad Negro Cotaxtla 91, a cuatro grados de erosión: 0, 10, 20 y 30 cm. erosionados con y sin fertilización, resultando en ocho tratamientos los cuales se repitieron tres veces en un diseño experimental completamente al azar. El tamaño de las parcelas fué de 7 surcos de 7.5 metros de largo. Para medir el efecto de la erosión en la productividad del suelo se utilizó la variable rendimiento de grano de frijol por hectárea como lo sugirió el National soil erosion-soil productivity research planning committee (1981). Además, se midió la densidad de población al momento de la cosecha y la precipitación pluvial durante el ciclo del cultivo.

Metodología para ubicar en campo las parcelas experimentales o tratamientos estudiados

Para ubicar las parcelas en los terrenos experimentales según los cuatro grados de erosión se procedió como sigue:

- 1) Localización en área aledaña al terreno experimental del perfil típico sin disturbar de cada suelo y definición de la profundidad de referencia, que en el caso del Luvisol órtico fué hasta el límite superior del horizonte "B" y para el Feozem háplico hasta el horizonte "C" o roca.
- 2) Cuadrículado del terreno a 5 x 5 metros y muestreo en cada vertice de los cuadros la profundidad o espesor del horizonte

Cuadro 1. Características de los 20 centímetros superficiales de los suelos estudiados en la zona central de Veracruz, México.

Erosión (Cm)	Prof.	Textura	pH	% M.O.	P* ppm	K ppm	Ca ppm	Mg ppm
Lo-00	00-10	Am	5,50	2,35	19,5	169	692	234
	10-20	Am	5,60	1,74	12,5	73	716	240
Lo-10	00-10	Ma	5,81	1,49	19,0	100	954	491
	10-20	Mrl	6,04	1,08	25,0	46	1010	542
Lo-20	00-10	Mrl	5,83	3,08	2,5	123	1216	651
	10-20	Mrl	6,14	1,31	4,0	57	1582	784
Lo-30	00-10	Mrl	6,35	0,83	2,5	65	1379	786
	10-20	Ra	6,73	0,58	15,0	60	1674	852
Hh-00	00-10	Ma	5,67	2,77	40,5	239	1014	277
	10-20	Ma	5,56	1,99	21,0	147	820	200
Hh-10	00-10	Ma	5,44	3,56	28,0	166	1069	289
	10-20	Am	5,48	1,74	25,0	98	944	261
Hh-20	00-10	Ma	5,69	2,70	107,0	170	1032	275
Hh-30	00-05	Ma	5,43	1,79	125,0	152	774	264

El Fósforo se analizó mediante el método de Carolina del Norte.

Lo: Luvisol órtico. Hh: Feozem háplico.

A: Arena, M: Franco, R: Arcilla

a: arenoso, l: limoso, r: arcilloso, m: migajonoso.

- “A” hasta la profundidad de referencia previamente definida, según cada suelo.
- 3) Con la información sobre el espesor del horizonte “A” se mapearon las áreas con 0, 10, 20 y 30 cm de suelo erosionados y se ubicaron las parcelas experimentales según cada tratamiento.

Metodología similar a la anterior fue usada por Bramble-Brodahl *et al.* (1984) para evaluar el efecto de la erosión en el rendimiento de cultivos.

Manejo del cultivo

En ambos suelos el frijol se estableció después del cultivo de maíz, para lo cual se

removieron de los lotes experimentales los residuos de cosecha y maleza. La siembra se realizó en la primera semana de octubre en cero labranza y en forma manual con espeque. La separación entre hileras fué de 40 cm y entre golpes o matas de 15 a 20 cm, depositando de 2 a 3 semillas por golpe. En ambas localidades los tratamientos con fertilización se aplicaron en banda y en forma superficial con la fórmula 46-46-00 quince días después de la siembra (DDS). El control de malezas se realizó en forma manual entre los 20 y 25 DDS. Durante el ciclo del cultivo se presentó como plaga la Diabrotica, la cual se controló oportunamente. No se presentaron enfermedades y se cosechó la parcela experimental completa entre los 97 y 99 DDS.

RESULTADOS Y DISCUSION

Relación erosión-productividad

En la Figura 1 se muestra el rendimiento promedio de grano (14% de humedad) obtenido con cada tratamiento. Como se puede ver, en ambos suelos y tanto en los tratamientos fertilizados como en los no fertilizados el rendimiento de grano de frijol disminuyó con la erosión del suelo, observándose una relación bien definida de naturaleza exponencial. Cuando ambos suelos experimentan la erosión de los primeros 10 cm, la tasa de reducción del rendimiento de grano es mayor y después de este valor umbral de 10 cm disminuye a medida que el suelo continua erosionan-

dose. Esta relación es muy similar y válida para los tratamientos con y sin fertilizar. En la Figura 2 se muestra la relación que existe entre el porcentaje de reducción de la productividad y la erosión, la cual es muy similar para ambos suelos con y sin fertilizante.

En el suelo Luvisol órtico la forma de esta relación erosión-productividad se relaciona estrechamente con la distribución y cambio de las características físico-químicas en el perfil del suelo. En la fase sin erosión los 20 centímetros superiores presentan las mejores condiciones del perfil para el desarrollo del frijol. A partir de esta profundidad el contenido de materia orgánica, fósforo y potasio disminuye a niveles bajos; se incrementa el contenido de arcilla que en combinación con el limo for-

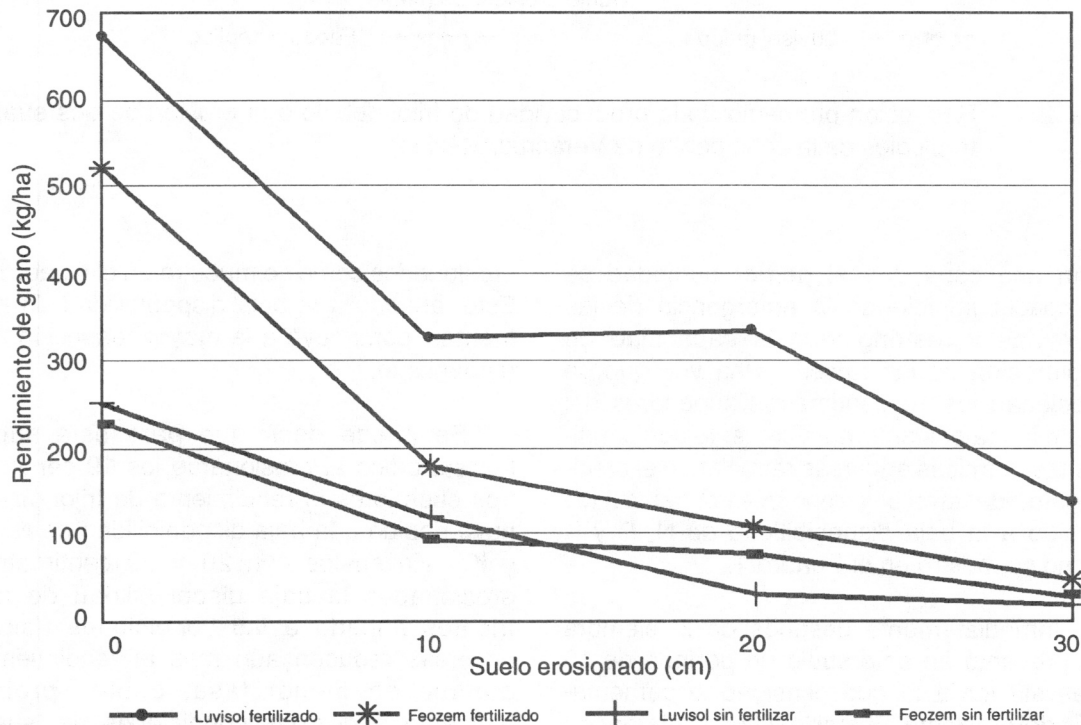


Fig. 1. Relación Erosión-Productividad para el cultivo de frijol en dos suelos tropicales de la zona centro de Veracruz, México.

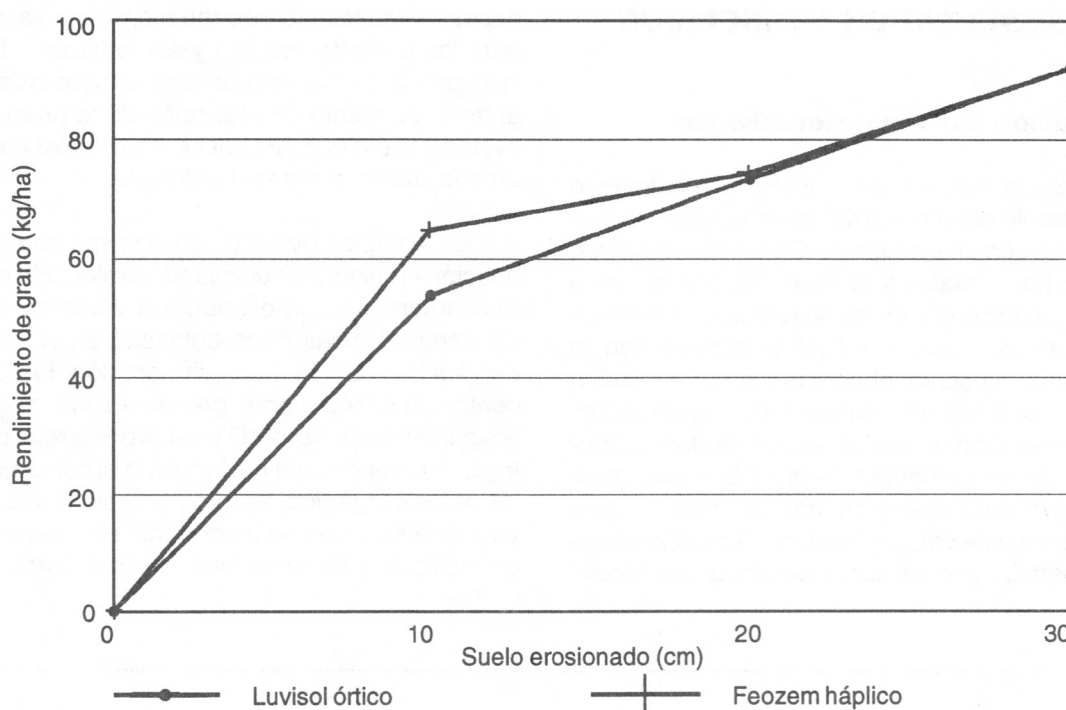


Fig. 2. Reducción promedio de la productividad de frijol debido a la erosión de dos suelos tropicales de la zona centro de Veracruz, México.

man una capa que al perder humedad se compacta impidiendo la emergencia de las plantulas y restringiendo la capacidad de exploración de las raíces. Una vez que se erosionan los 10 centímetros superiores del suelo las raíces entran en contacto con condiciones químicas adversas reduciendo el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo debido a la baja disponibilidad de N, P y K como se mostró en el Cuadro 1.

Inmediatamente después de la siembra se presentó en este suelo un período de 15 días sin lluvia lo que ocasionó la cementación del horizonte "B" arcillo-limoso, retardando la emergencia y disminuyendo drásticamente la densidad de población, sobre todo en los cuatro tratamientos con 20 y 30 centímetros

erosionados como se muestra en el Cuadro 2. Esto, aunado a la baja disponibilidad de nutrientes, contribuyó a la mayor reducción del rendimiento.

Se puede decir que para este suelo Luvisol órtico al erosionarse los 10 centímetros superiores el rendimiento de frijol disminuye debido a la baja disponibilidad de N, P, y K. En suelos con 20 y 30 centímetros erosionados la baja disponibilidad de nutrientes aunada a las condiciones físicas adversas reducen aún más el rendimiento, aunque en menor tasa, debido probablemente a que las condiciones del suelo son muy similares sin cambios significativos en sus características a estas dos profundidades.

Cuadro 2. Densidad de población del cultivo de frijol al momento de la cosecha, en dos suelos con cuatro grados de erosión en la zona central de Veracruz, México.

Suelo erosionado (cm)	Luvisol ortico		Feozem Haplico	
	Con fertilizante	Sin fertilizante	Con fertilizante	Sin fertilizante
00	205,000	55,000	254,000	186,000
10	175,000	135,000	177,000	145,000
20	109,000	72,000	215,000	176,000
30	49,000	25,000	94,000	81,000

En los Feozems háplicos la disponibilidad de nutrientes y características físicas son muy similares a través de todo el perfil y pueden ser aceptables, por lo que la forma de la relación erosión-productividad tiene más relación con la capacidad del suelo para almacenar agua disponible para los cultivos, lo cual depende principalmente de su profundidad, ya que la textura y materia orgánica son muy similares a través de todo el perfil.

La erosión de los 10 centímetros superficiales del suelo representan una reducción de la humedad aprovechable disponible para el cultivo de 35 por ciento aproximadamente, por lo que es muy probable que ésta haya sido la causa principal que redujo fuertemente el rendimiento de grano de frijol. La reducción de la humedad aprovechable disponible debido a la erosión de los 20 y 30 centímetros superiores del suelo originaron que el rendimiento de frijol continuara disminuyendo, aunque a una tasa menor. En cualquier caso, la reducción de la humedad redujo la densidad de población como se muestra en el Cuadro 2, particularmente en el caso mas severo de erosión, lo cual influyó en forma definitiva en la reducción del rendimiento de grano.

Se puede decir que para este suelo, Feozem háplico, la pérdida de los 10 centímetros superficiales afecta considerablemente su capacidad de almacenar agua disponible para el cultivo de frijol, causa principal de la

fuerte reducción en su productividad. La erosión posterior de los 20 y 30 centímetros del suelo origina la pérdida casi total de su productividad.

Efecto de la fertilización en la relación erosión-productividad

De la Figura 1 se puede decir que la fertilización afectó en forma general la relación erosión-productividad de los dos suelos estudiados y que la forma de ésta, aunque de diferente magnitud, es similar con y sin fertilizante, obteniéndose mayor rendimiento en los cuatro grados de erosión con la fertilización. Así mismo, se observa que la respuesta al fertilizante fué mayor en el Luvisol órtico debido probablemente a la menor fertilidad de éste, mientras que en el Feozem háplico con mayor fertilidad pero menor humedad disponible la respuesta al fertilizante fué menor.

Desde el punto de vista de la productividad del suelo, la fertilización presentó mayor efecto en la fase sin erosión de ambos suelos, incrementando significativamente el rendimiento de grano. A medida que el suelo se erosiona y queda expuesto el horizonte "B" infertil en el luvisol órtico y reduce la humedad aprovechable disponible en el Feozem háplico, el efecto de la fertilización en el rendimiento se reduce considerablemente hasta casi desaparecer cuando el suelo ha perdido

los 30 centímetros superiores. Este hecho prueba que el uso del fertilizante no restituye completamente la productividad de estos suelos y es incosteable utilizarla cuando el suelo ha perdido más de 10 centímetros de su capa superficial.

CONCLUSIONES

En ambos suelos estudiados la erosión redujo significativamente la productividad a través de una relación exponencial bien definida. En el Luvisol órtico las causas principales de esta reducción son de índole físico-químico, mientras que en el Feozem háplico son sólo de índole físico relacionado con la reducción de su capacidad para almacenar humedad disponible. El fertilizante incrementó significativamente el rendimiento sólo en el suelo sin erosión y no restituyó la pérdida de productividad en las fases erosionadas.

LITERATURA CITADA

- BRAMBLE-BRODAHL, M.; FOSBERG, M. A.; WALKER, D. J.; FALEN, A. L. 1984. Changes in soil productivity related to changing topsoil depths on two Idaho Palouse soils. *In: Erosion and Soil Productivity. Proceedings of the National Symposium on Erosion and Soil Productivity. Dec. 10-11, 1984. New Orleans, Louisiana, USA. p 18-27.*
- NATIONAL SOIL EROSION-SOIL PRODUCTIVITY RESEARCH PLANNING COMMITTEE. 1981. Soil erosion effects on soil productivity: A research perspective. *Journal of Soil and Water Conservation. 39:82-90.*
- URESTI, G. J.; CADENA, Z. M.; JACOME, M.S.M.; DÍAZ, F. V. H.; DEL ANGEL, P. A. L. 1994. Riesgo potencial de erosión y sistemas de producción en el Distrito de Desarrollo Rural 006 La Antigua, Veracruz. *In: Memoria de la VII Reunion Científica del Sector Agropecuario y Forestal del estado de Veracruz. Veracruz. Ver. México. diciembre de 1994. p 268-278.*
- VAZQUEZ, A. V. 1986. La erosión y conservación del suelo en México: Realidades y perspectivas. *Terra. 4:158-179.*
-