

Pérdida de suelo, abonamiento y rendimiento de cultivo en un inceptisol de los Andes venezolanos

Topsoil loss compost addition and crop yield in an inceptisol of the Venezuelan Andes

Gilberto Ferrer* y Roberto López**

Recibido: octubre, 2003 / Aceptado: enero, 2004

Resumen

En un suelo (Humic Dystrudept) de los Andes de Mérida-Venezuela, se estudió el efecto de la pérdida de suelo superficial y de la aplicación de abono orgánico sobre el rendimiento del cultivo de la caraota (*Phaseolus vulgaris* L. var. Criolla San Juan). En un diseño experimental de bloques al azar, se evaluaron 12 tratamientos constituidos por tres niveles de remoción del suelo superficial (0, 50 y 100%), y cuatro dosis de abono orgánico (vermicompost: 0, 5, 10 y 20 Mg ha⁻¹). Al aumentar el espesor de la remoción del horizonte superficial del suelo disminuye significativamente el rendimiento en grano de la caraota. La respuesta del cultivo a la incorporación del abono orgánico fue significativa, elevándose el rendimiento de acuerdo con el incremento de las dosis aplicadas. No obstante, la remoción del horizonte superficial genera condiciones edáficas y profundidad efectiva limitantes que pueden dificultar la recuperación de este suelo en el corto o mediano plazo.

Palabras clave: erosión; rendimiento de cultivo; vermicompost; *Phaseolus vulgaris*; Mérida-Venezuela.

Abstract

In a soil (Humic Dystrudept) of the Venezuelan Andes was studied the effect of different levels of topsoil removal and the addition of organic amendment on the yield of a black bean crop (*Phaseolus vulgaris* L., var. Criolla San Juan). Twelve treatments were evaluated, in a randomized blocks experimental design, resulting from the combination of three levels of topsoil removal (0, 50 and 100%), and four doses of organic amendments (vermicompost: 0, 5, 10 and 20 Mg ha⁻¹). Increasing topsoil removal caused a significant decrease on crop yield. The crop response to soil organic amendment was significant, augmenting the crop yield according to the increasing in dose level. Although, limiting edaphic conditions and effective soil depth, generated by topsoil removal, should make difficult soil rehabilitation, in the short or medium term.

Key words: soil erosion; crop yield; vermicompost; *Phaseolus vulgaris*; Mérida-Venezuela.

* Universidad del Zulia, Facultad de Agronomía, Maracaibo, estado Zulia-Venezuela. E-mail: gferrer@net.ve

** Universidad de Los Andes, CIDIAT, Mérida-Venezuela. E-mail: rlopez@cidiat.ing.ula.ve

Introducción

Stocking y Peake (1985) definen la productividad como una medida del potencial del suelo para acumular energía. Dentro de este contexto, la productividad es referida como el potencial productivo del suelo, sistema que permite la acumulación de energía en forma de vegetación. El término productividad, cuando se refiere al suelo, es la capacidad que tiene el mismo, en su ambiente natural, para producir un tipo particular de cultivo o una secuencia de cultivos bajo un sistema específico de manejo.

La degradación del suelo se refiere a la disminución gradual o acelerada, temporal o permanente, de su capacidad actual y potencial para producir bienes y servicios. El desmejoramiento de la productividad se da a través de varios procesos que pueden interactuar, entre los cuales se destaca la erosión hídrica como uno de los fenómenos más generalizados y dañinos de la capacidad productiva de un suelo (Pla, 1990; Páez, 1994; Lal, 2000).

Los procesos de degradación del suelo afectan tanto a la agricultura como al ambiente natural y, por consiguiente, se constituyen en uno de los más importantes problemas medioambientales, actualmente. La erosión hídrica se señala como responsable en un 56 % de la degradación de los suelos a nivel mundial, y es considerada el mayor problema económico-ambiental del mundo (Lal, 2000).

La pérdida de suelo causada por la erosión y sus efectos sobre la productividad y el ambiente es un tema actual que

ha recibido importante consideración. Sin embargo, para la caracterización de esta relación en cada suelo en particular, se requiere de suficiente información, puntual y detallada, que permita medir los efectos reales de la erosión sobre la productividad del suelo, en las condiciones particulares de ambiente y de sistemas de producción agrícola. Delgado (1991) señala que mientras no sean estudiadas y definidas suficientemente las relaciones erosión-productividad de los suelos, será difícil seleccionar acertadamente las mejores estrategias de manejo y de conservación que garanticen el rendimiento sostenido de las tierras y la suplencia permanente de alimentos y fibras.

Ante la carencia de medidas de prevención, la ocurrencia de la degradación de los suelos por la erosión genera la necesidad de la recuperación de los mismos, lo cual es un problema de importante consideración, que implica dificultades y altos costos. La aplicación de abonos orgánicos y/o sintéticos es una práctica comúnmente utilizada para atenuar el efecto de la degradación y recuperar la productividad. Desde hace algunos años ha venido ganando adeptos en Venezuela la lombricultura, término que hace referencia a las diversas operaciones relacionadas con la cría y producción de grandes cantidades de lombrices y a la transformación por medio de éstas, de subproductos y desechos orgánicos, sobre todo estiércoles de animales, en material fertilizante de muy alta calidad, denominado *vermicompost*. En los suelos de los Andes es generalizado el uso de abonos orgánicos

os: gallinaza principalmente; sin embargo, se decidió utilizar el vermicompost en esta investigación debido, básicamente, a su calidad como abono (Cuadro 1), a que se trata de un producto no contaminante del ambiente, y al hecho de que su elaboración, con el adecuado entrenamiento, puede estar al alcance del agricultor de escasos recursos.

Existen diversos métodos para el estudio de la respuesta agronómica a la pérdida de suelo por la erosión; la selección de un método apropiado depende del objetivo y de los recursos y tiempo disponibles. Los métodos comúnmente usados incluyen experimentos en invernadero o en laboratorio y técnicas de parcelas experimentales en campo (Lal, 1998; López, 2002). La técnica de la erosión simulada o remoción de la superficie del suelo, constituye un método ampliamente utilizado para simular en el campo, de manera rápida, diferentes niveles de erosión. Se ha señalado que este método genera resultados de solo relativa significación, pues no representa adecuadamente la erosión natural del suelo, la cual es un proceso selectivo que involucra una remoción preferencial de humus y arcilla coloidal, constituyentes activos fundamentales del suelo; sin em-

bargo es de gran utilidad cuando se trata de estudios preliminares que pueden generar estimaciones comparativas a un bajo costo y de manera rápida. De hecho, el propósito fundamental de esta investigación fue realizar estudios preliminares de la relación erosión-productividad en un suelo de la zona andina venezolana a través de la evaluación del efecto causado por la reducción en el espesor, o eliminación completa del horizonte superficial del suelo sobre el rendimiento del cultivo de caraota. A la par, se planteó el estudio del efecto que pudiera generar la adición de diferentes dosis de abono orgánico al suelo degradado en función del rendimiento del cultivo indicador.

Materiales y métodos

Características del área de estudio

El ensayo se realizó en terrenos de la Estación Experimental Santa Rosa del Instituto de Investigaciones Agropecuarias de la Universidad de los Andes (I.I.A.P - U.L.A), ubicada en el municipio Libertador, estado Mérida, a 8°38' 21" de latitud norte y 71° 08' 48" de longitud oeste; con una elevación promedio del área de 1900

Cuadro 1. Análisis químico del abono orgánico (vermicompost) empleado en el ensayo

Carbono orgánico	N	P	K	Mg	Ca	pH
(gkg-1)			(mg kg-1)			(1:1, H ₂ O)
193	15	593	4375	102	175	7,5

m.s.n.m., precipitación promedio anual de 1982 mm y temperatura media anual de 18,8 °C.

La precipitación de la zona está caracterizada por un régimen bimodal. Los picos máximos ocurren en octubre-noviembre y en abril-mayo, y los mínimos en enero-febrero y julio. Por sus características ecológicas y según la clasificación de Holdridge (Ewel *et al.*, 1976), el área corresponde al Bosque Húmedo Premontano. La vegetación natural es selva montana, actualmente intervenida por el uso agrícola.

El lote de terreno donde se realizó el experimento, con pendiente general del 9% en sentido E-W, se ubica en una terraza (T₂). El suelo ha sido clasificado como miembro de la familia esquelética franca, mixta, isotérmica de los Humic Dystrudepts, de acuerdo con la Taxonomía de Suelos del NRCS-USDA

(1998). La profundidad efectiva del suelo es limitada por la alta pedregosidad; los fragmentos gruesos son abundantes. La mayoría de las rocas son metamórficas e ígneas. El origen coluvial se evidencia por el poco desgaste del material, con angulosidad muy marcada, lo que indica que el transporte ha sido corto y rápido. Información del perfil de suelo descrito con anterioridad (Romero, 1983), aledaño al área donde se condujo el experimento, se presenta en el cuadro 2.

Diseño experimental

Se estableció el experimento empleando un diseño de bloques al azar en arreglo factorial con 3 repeticiones. Como variables independientes se establecieron: 3 niveles de remoción de suelo superficial: 0, 50 y 100% (0, 13 y 26 cm removidos) y 4 niveles de aplicación de vermicompost,

Cuadro 2. Características físico-químicas del perfil de suelo estudiado

Horiz.	Prof. cm	Granulometría			Clase textural	Densidad aparente Mg m ⁻³	Ret. Humedad (g kg ⁻¹ de suelo seco)		pH (1:2)		Carbono orgánico g kg ⁻¹	Nitrógeno total g kg ⁻¹
		Arena	Limo g kg ⁻¹	Arcilla			33 kPa	1500 kPa	H ₂ O	KCl		
A	0-26	422	370	208	F	1,1	325	220	5,9	4,8	81,4	3,6
C1	26-60	556	344	100	Fa	1,4	230	120	5,3	4,3	15,0	0,9
C2	60-110	635	314	51	Fa	1,6	185	80	5,6	4,4	6,5	0,3

Horiz.	Prof. cm	Relación C/N	Fósforo mg kg ⁻¹	C.I.C.	Bases cambiables				Aluminio cambiabile cmol kg ⁻¹	
					Ca	Mg cmol kg ⁻¹	K	Na		SB %
A	0-26	22,7	6,7	16,0	9,0	0,2	0,18	0,07	58,8	-
C1	26-60	16,5	6,3	6,0	0,4	0,1	0,08	0,05	9,7	1,40
C2	60-110	19,1	6,6	4,0	0,7	0,4	0,03	0,06	28,5	-

Obs.: Contenido volumétrico promedio de fragmentos gruesos: (0-13 cm) → 14 %; (13-26 cm) → 20%; (26-40 cm) → 28%.

a razón de 0, 5, 10, y 20 Mg ha⁻¹, con lo cual se obtuvieron 12 tratamientos, para un total de 36 unidades experimentales.

El experimento se realizó tomando como indicador el cultivo de caraota: *Phaseolus vulgaris* L., variedad Criolla San Juan, de la cual se tiene información antecedente, ya que se han realizado investigaciones en la Estación Experimental Santa Rosa (Añez y Távira, 1991), algunas de ellas con objetivos afines a los de este trabajo (Fumero y López, 1991; López, 1994).

Descripción de los tratamientos

La instalación del experimento se realizó en un área de la estación experimental de 300 m², delimitándose 36 parcelas de 2 m x 4 m, con una distancia de 0,4 m entre parcelas y 4 m entre bloques o repeticiones. Los bloques se dispusieron en sentido perpendicular a la máxima pendiente. Los tratamientos se aplicaron en forma aleatoria, procediendo primeramente con las remociones del 50 y 100% del horizonte superficial (13 y 26 cm aprox., respectivamente), y luego con las incorporaciones del abono orgánico (vermicompost).

Se utilizaron dosis del vermicompost de 5, 10 y 20 Mg ha⁻¹, en parcelas de 8 m², 20 días antes de la siembra, considerando simultáneamente parcelas testigo, sin incorporación del abono. La siembra fue realizada a mano, empleando el método comúnmente utilizado en la zona, "a coa", en hileras, colocando dos semillas por hoyo o "golpe", con una distancia de 20 cm entre plantas y 40 cm entre

hileras, lo cual equivaldría a una densidad de población de 250.000 plantas por hectárea.

La cosecha se realizó en forma manual, 100 días después de la siembra. Dentro de cada parcela se dejó un borde de seguridad de una línea de plantas alrededor de las parcelas. El área cosechada promedio fue de 4,3 m² por parcela. Las plantas recolectadas se transportaron hasta un invernadero, donde permanecieron cinco días para completar el secado de la vaina. No se realizó un estudio de raíces, el cual hubiese enriquecido la información recabada en este experimento, dada la alta pedregosidad del suelo, lo cual dificulta el uso de las metodologías normalmente aplicadas en este tipo de estudio. La variable dependiente evaluada fue el rendimiento en grano de caraota, expresado en kg ha⁻¹.

Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se llevaron a cabo mediante la aplicación de los programas estadísticos SAS System v 6.12 del SAS Institute Inc., Statistica v 4.3 del Stat Soft Inc., y Data Fit v 6.1 de la Oakdale Engineering. Se realizaron análisis de la varianza, comparación de medias y pruebas de regresión y correlación.

Resultados y discusión

En el cuadro 3 se presentan los valores promedio del rendimiento, en grano, de la caraota obtenidos para cada uno de los doce tratamientos evaluados, así

Cuadro 3. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento, en grano, de caraota. Separación de medias

Niveles de Remoción, cm	Niveles de Abonamiento (Mg ha ⁻¹)			
	0	5	10	20
	Rendimiento (kg ha ⁻¹)			
0	586,00 bcd	974,67 abc	1127,67 ab	1200,00 a
13	375,33 d	691,33 abcd	588,33 bcd	792,00 abcd
26	328,33 d	407,33 cd	700,33 abcd	798,67 abcd

Nota: Letras diferentes indican diferencias significativas al nivel de 5%

como los resultados correspondientes de las pruebas de separación de medias. Es de hacer notar que el rendimiento del cultivo presentó valores menores a los reportados por Añez y Tavira (1991) para la misma variedad (San Juan). Esto pudo deberse, principalmente, a la sensibilidad de dicho cultivo a los excesos de humedad ocurridos en este experimento, pues el ciclo del cultivo coincidió con un período de precipitaciones continuas, provocando situaciones desfavorables para su desarrollo.

El análisis de la varianza (Cuadro 4) muestra como los niveles de remoción de suelo y de abonamiento, analizados de manera independiente, afectaron en forma altamente significativa y significativa, respectivamente, el rendimiento del cultivo. Sin embargo, para la combinación de ambos factores no hubo respuesta estadísticamente significativa. La figura 1 ilustra los efectos de ambos factores, quedando establecidos: tres grupos para los niveles de abonamiento y dos grupos para los niveles de remoción del suelo evaluados.

Si analizamos la información presentada en el cuadro 2 y tomamos en consideración que la erosión del suelo puede afectar las condiciones edáficas de varias formas, v.g. (Battiston *et al.*, 1985): i) reducción en el contenido de coloides orgánicos e inorgánicos, ii) disminución de la profundidad de exploración radical, iii) disminución en la capacidad de retención de agua en el suelo; tales efectos pueden tener una importante repercusión en el caso bajo estudio. En este suelo, la remoción superficial puede cambiar negativamente las condiciones edáficas en la zona de desarrollo radical, dando lugar a alteraciones como: mayor abundancia de fragmentos gruesos (pedregosidad), textura más gruesa, menor capacidad de intercambio catiónico, pH más bajo y mayor concentración de aluminio cambiante, con potenciales efectos degradantes en cualidades del suelo asociadas.

En estudios previos en invernadero, utilizando el mismo suelo y cultivo pero excluyendo la presencia de fragmentos gruesos e incluyendo la incorporación de cal al suelo (López, 1994), hubo una res-

Cuadro 4. Análisis de la varianza para el rendimiento, en grano, de caraota

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Pr > F
Bloque	2	686787,2	343393,6	0,0344*
Abono (A)	3	1227213,4	409071,2	0,0111*
Remoción (R)	2	1214285,2	607142,6	0,0045**
A * R	6	195112,4	32518,7	0,8880
Error	22	1915912,8	87086,9	
Total	35	5239311,0		

* significativa (5%), ** altamente significativa (1%)

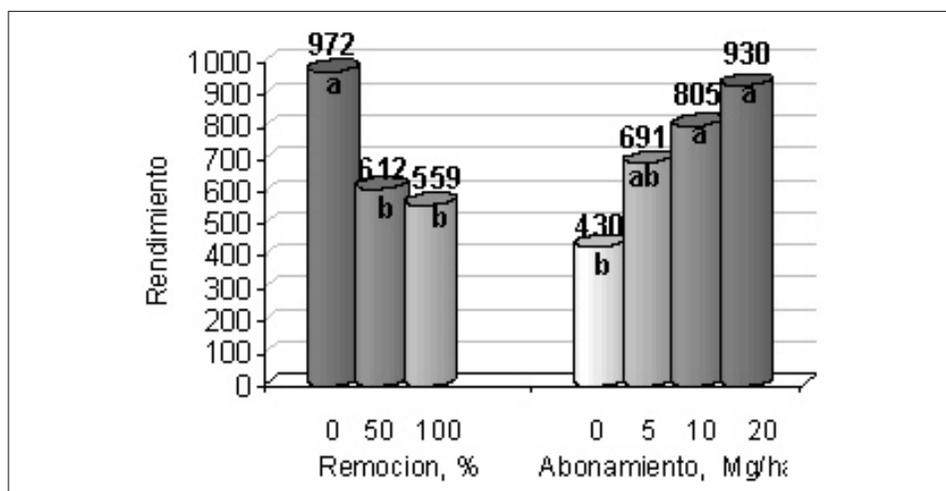


Figura 1. Rendimientos en grano (kg/ha) de caraota para los efectos globales agrupados de acuerdo a los niveles de remoción del suelo superficial y aplicación de abono orgánico.

Observación: Letras diferentes en las columnas indican diferencia significativa al nivel de 5%

puesta significativa del cultivo (*Phaseolus vulgaris*) a los sustratos provenientes de diferentes horizontes del suelo. Bajo tales condiciones ocurrió un marcado decrecimiento del rendimiento cuando se usaron materiales del subsuelo como sustrato.

El problema de la acidez que se manifiesta en los horizontes subsuperficiales, puede ser controlado con poca dificultad, mediante un adecuado programa de

encalado. Sin embargo, el incremento de la pedregosidad en los horizontes subsuperficiales pasa a ser un factor muy limitante, dado los efectos negativos que esta condición ejerce disminuyendo la profundidad efectiva y la capacidad volumétrica de almacenamiento de humedad del suelo (Ferrer y López, 2004). Ello puede explicar los rendimientos menores del cultivo para los tratamientos con mayor espesor de pérdida del horizonte super-

ficial, y las dificultades que implicaría la recuperación del suelo en el corto o mediano plazo.

De la comparación entre los tratamientos, en cuanto a sus efectos sobre el rendimiento del cultivo (7 grupos resultantes, Cuadro 3), se observa que el valor promedio más alto corresponde a la combinación de suelo sin remoción y adición de 20 Mg ha^{-1} de abono orgánico, obteniéndose un valor de $1.200 \text{ kg de grano por hectárea}$. Dicho valor es el doble del obtenido para el tratamiento testigo (sin remoción de suelo y sin aplicación de abono) y supera en casi 4 veces al rendimiento alcanzado por el tratamiento más desfavorecido (26 cm de remoción de suelo y sin aplicación de abono). La adición de 20 Mg ha^{-1} de abono orgánico al suelo con remoción total del horizonte superficial incrementa en más del doble el rendimiento del cultivo, para tal condición de degradación del suelo; sin embargo, el nivel de rendimiento alcanzado es bajo con relación al obtenido con el suelo no degradado. Resultados concordantes son reportados como producto de ensayos llevados a cabo con objetivos afines a los de esta investigación: Dedecek (1987) trabajó con el cultivo de soya en un latosol del cerrado brasileño, aplicando cuatro niveles de remoción de suelo, que afectaron en forma significativa el rendimiento del grano. En un suelo Oxic Haplustalf del valle medio del río Yaracuy, combinando tres niveles de remoción del horizonte superficial del suelo con seis tratamientos de abonos orgánicos e inorgánicos, se obtuvo disminución en los rendimientos en grano de

maíz en un rango de 6 a 30%, asociados a diferentes niveles de pérdida de suelo; también se reportan respuestas favorables del cultivo a la aplicación de abonos en el suelo afectado por remoción parcial o total del horizonte superficial (Flores, 1994).

Los modelos de ajuste no lineales obtenidos al analizar las variables dependientes relacionadas con el rendimiento, en forma individual como regresión simple y con la combinación de ambas como regresión múltiple, son mostrados en el cuadro 5.

Por medio de las ecuaciones de regresión obtenidas, se puede estimar para el suelo "intacto" no afectado por la pérdida del horizonte superficial, un rendimiento medio de $971,2 \text{ kg ha}^{-1}$. Dicho rendimiento se reduce a 618 y 553 kg ha^{-1} , para los niveles de remoción del suelo de 50 y 100%, respectivamente. El máximo valor promedio, entre los niveles de abonamiento, se presentó con la mayor dosis aplicada (20 Mg ha^{-1}): 930 kg ha^{-1} ; disminuyendo a 798 , 685 y 434 kg ha^{-1} para las dosis de abono de 10 Mg ha^{-1} , 5 Mg ha^{-1} y testigo, respectivamente. Fauci y Dick (1994) reportan incrementos en los rendimientos de materia seca del maíz de 132% con la aplicación de estiércol bovino; estos rendimientos fueron superados con aplicaciones adicionales de fertilizantes nitrogenados.

De acuerdo a la ecuación 3 (Cuadro 5), cuya representación gráfica se aprecia en la figura 2, cuando el suelo está "intacto" y sin abonar, el rendimiento del cultivo presenta un valor promedio de 684 kg ha^{-1} (esto es el equivalente a la condición

Cuadro 5. Ecuaciones de regresión para las variables estudiadas

Ecuaciones	r ²	p > F
1) $y = 436,8843 * (1 + z)^{0,251}$	0,23	0,003
2) $y = 971,238 * (1 + x)^{-0,1711}$	0,23	0,003
3) $y = 683,6487 + 54,0685 z - 38,5090 x - 0,1173 xz - 1,4070 z^2 + 0,9090 x^2$	0,47	0,004

Obs.: y: rendimiento en grano (kg ha⁻¹), x: remoción de suelo (cm), z: abonamiento (Mg ha⁻¹)

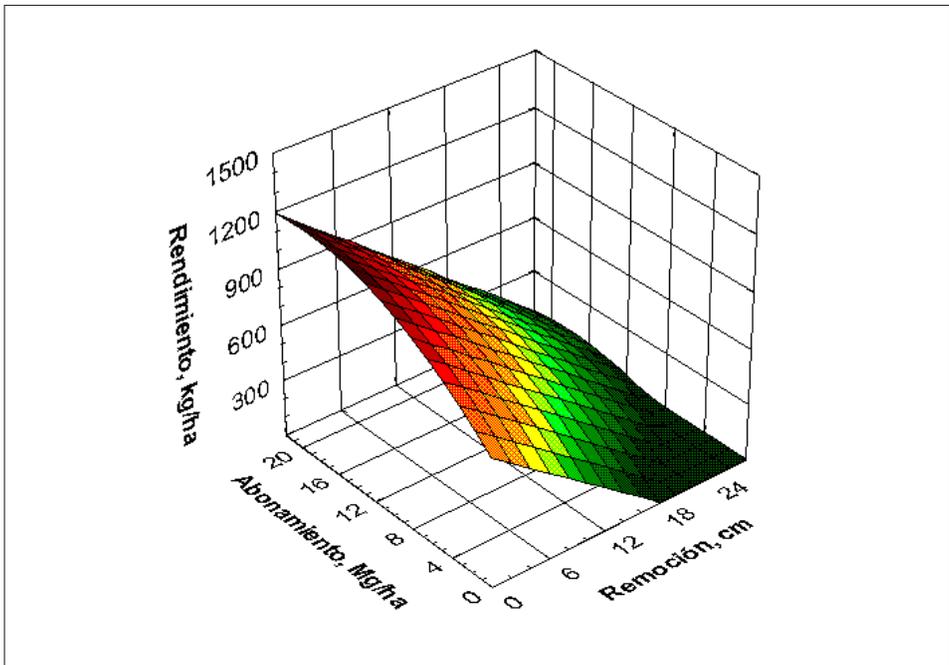


Figura 2. Variación del rendimiento en grano de caraota, en función de las dosis de abono y los niveles de remoción del suelo aplicados

natural del suelo no erosionado). Para un suelo bajo la condición de pérdida máxima del horizonte superficial, de 26 cm, y sin aplicación de abono, el rendimiento del cultivo sería de 297 kg ha⁻¹. Este cál-

culo permite estimar que la aplicación de 10,8 Mg ha⁻¹ de abono al suelo con tal grado de pérdida del horizonte superficial permitiría lograr el rendimiento de referencia, de 684 kg ha⁻¹. No obstante,

si esa misma cantidad de abono (10,8 Mg ha⁻¹) es aplicada a un suelo “íntacto”, sin remoción alguna de material, el rendimiento se incrementaría a 1.103 kg ha⁻¹. Esto da una idea de la magnitud de respuesta del rendimiento del cultivo al abonamiento, en función del espesor del suelo superficial. Estas ecuaciones, sin embargo, pueden generar valores de solo relativa significación. Ello, dada la corta duración de esta primera fase de la investigación, y considerando el hecho de haberse utilizado una “técnica rápida” para obtener artificialmente condiciones similares a las que podría presentar el suelo afectado por diferentes niveles de erosión.

Adicionalmente, al considerar los resultados de esta investigación debe tenerse en cuenta el hecho de que los valores que se observan al medir los cambios en los parámetros utilizados para la evaluación de los efectos de la adición de la materia orgánica y de su evolución en el suelo son, generalmente, de pequeña magnitud y fluctuantes, pues la escala de tiempo para la estabilización de la materia orgánica en el suelo es mucho mayor que la correspondiente al ciclo de un cultivo (Hsieh, 1986). La siguiente fase de esta investigación, continuando con otros ciclos de cultivo, manteniendo la aplicación de abono orgánico en las condiciones de suelo degradado y en las dosis más apropiadas de acuerdo a estos resultados obtenidos en esta primera fase, permitirá un mejor conocimiento de como contribuye dicha práctica en la recuperación de la capacidad productiva de este suelo. Todo ello sabiendo que los

efectos de la erosión no manipulada pueden ser más drásticos que los establecidos artificialmente en este trabajo.

Conclusiones y recomendaciones

Los resultados obtenidos en esta investigación representan una aproximación a lo que sería el comportamiento de un suelo (Humic Dystrudept) como sustrato para la producción de un cultivo (rendimiento en grano de caraota, *Phaseolus vulgaris*) bajo condiciones de degradación generadas por diferentes grados de remoción del horizonte superficial, y en la fase inicial de un proceso orientado a la recuperación del suelo, luego de la adición de una primera dosis de abono orgánico.

La remoción del horizonte superficial del suelo causa una disminución significativa en el rendimiento del cultivo de caraota; tal disminución se incrementa al aumentar el espesor de la remoción. En parcelas sin la adición de abono orgánico, la diferencia del rendimiento en grano, entre los niveles de remoción extremos, alcanzó el 44%. Esto sugiere que los materiales que afloran en superficie, luego de la remoción del material superficial, son de calidad inferior para el desarrollo de cultivos. Sin embargo, tal situación se ve agravada por el hecho de tratarse de un suelo pedregoso el cual, al ser afectado por la erosión, no solo sufrirá desmejora de las condiciones edáficas que varían con la profundidad a través de los horizontes del suelo, sino

que disminuirá la profundidad efectiva para el desarrollo de las raíces de la planta. Esto hace que, una vez que ha sido fuertemente afectado por la erosión, la recuperación de este suelo se dificulte, en el corto o mediano plazo.

La adición al suelo del vermicompost produce una respuesta significativa del cultivo indicador que se incrementa con el aumento de las dosis aplicadas. Sin embargo, para el suelo en su condición natural dicha respuesta es superior si se compara con los tratamientos afectados por remoción del horizonte superficial. Ello hace suponer que al alcanzarse niveles críticos de degradación por la erosión, la recuperación de la productividad de este suelo mediante la aplicación de abono orgánico debería resultar muy difícil y costosa.

El rendimiento en grano de la caoata, como una función de las variables independientes analizadas en esta primera etapa de la investigación, puede estimarse a través de un modelo de regresión no lineal, el cual explica el 47% de la variación del rendimiento. No obstante, estos resultados deben ser considerados como preliminares para los estudios de la relación erosión productividad en los suelos de montaña de la región de los Andes, y de relativa significación en la toma de decisiones para el uso y manejo del suelo estudiado.

Referencias citadas

- AÑEZ, B. y TAVIRA E. 1991. *Crecimiento, desarrollo y producción de cinco variedades de caoata*. **Agricultura Andina**. 6:5-23.
- BATTISTON, L. A.; MCBRIDE, R. A.; MILLER, M. H. and BRKLACICH, M. J. 1985. Soil erosion productivity research in Southern Ontario. In: McCool *et al.* (ed.) **Erosion and productivity**. 28-38. Publication 8-85. American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, Michigan, USA.
- DEDECEK, R.A. 1987. *Efeitos das perdas e deposições de camadas de solo na produtividade de um latossolo vermelho-escuro dos cerrados*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 11: 323-328.
- DELGADO, F. 1991. Impacto de la erosión en la productividad del suelo. En: R. A. López; M. L. Páez (eds.) **Metodología de evaluación e investigación de la erosión del suelo y su impacto en la productividad y en el ambiente**. 137-153. CI-DIAT, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
- EWEL, J. J.; MADRIZ, A. y TOSSI, J. A. 1976. **Zonas de vida de Venezuela**. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura y Cría, Caracas, Venezuela. 264 p.
- FAUCI, M. and DICK, R. P. 1994. *Plant response to organic amendments and decreasing inorganic nitrogen rates in soils from a long-term experiment*. **Soil Science Society of America Journal**. 58: 134-138.
- FERRER, G. y LÓPEZ, R. 2004. *Capacidad de retención de humedad de un inceptisol de los Andes venezolanos y su afectación por la pérdida de suelo superficial y la adición de abono orgánico*. **Revista Forestal Venezolana**. 48 (en prensa).
- FLORES, E. 1994. *Efecto de la remoción superficial y el abonamiento sobre la productividad de un Oxyc-Haplustalf en la*

- faja maicera del Yaracuy*. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. Tesis de Maestría. 139 p.
- FUMERO, S. y LÓPEZ, R. 1991. Efecto de la erosión sobre la productividad de suelos agrícolas de los Andes venezolanos. I. Influencia de la remoción de suelo superficial y aplicación de abonos. *Memorias XI Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo*. 55. Coro, Venezuela.
- HSIEH, Y. P. 1986. Soil organic matter conservation in croplands: conceptual analysis. *Agronomy Abstracts 78th Annual Meeting, American Society of Agronomy*. 244. Wisconsin-USA.
- LAL, R. 1998. Agronomic impact of soil degradation. In: R. Lal; W.H. Blum; C. Valentine; B.A. Stewart (eds.) **Methods for assessment of soil degradation**. 459-473. Advances in Soil science CRC Press, Boca Raton, Florida-USA.
- LAL, R. 2000. *Soil management in the developing countries*. **Soil Science**. 165:57-62.
- LÓPEZ, R. 1994. *Factores y efectos de la erosión hídrica en suelos de los Andes venezolanos*. CIDIAT, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. Trabajo de Ascenso a la categoría de profesor Asociado. 124 p.
- LÓPEZ, R. 2002. *Degradación del suelo*. **Serie Suelos y Clima** N° 75. CIDIAT, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 273p.
- NRCS-USDA. 1998. **Keys to Soil Taxonomy**. 8th Edition. Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture. Washington, D. C., USA. 326 p.
- PÁEZ, M. 1994, *Clasificación de suelos por riesgos de erosión hídrica con fines de planificación agrícola*. **Revista de la Facultad de Agronomía**, Universidad Central de Venezuela. Maracay-Venezuela. 20: 93-100.
- PLA, I. 1990. *La degradación de los suelos y el desarrollo agrícola de Venezuela*. **Agronomía Tropical**. 40: 7-27.
- ROMERO, E. 1983. *Efecto de la fertilización nitrogenada (orgánica-inorgánica) sobre la relación suelo-planta, usando como cultivo a la papa var. "ALPHA", en la región de los Andes*. CIDIAT, Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela. Tesis de Maestría. 85 p.
- STOCKING, M. A. and PEAKE, L. 1985. *Erosion-induced loss in soil productivity: Trends in research and international co-operation*. In: I. Pla (ed.) **Soil conservation and productivity**. 399-438. Universidad Central de Venezuela. Caracas-Venezuela.