



DEGRADACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE SUELOS AGRÍCOLAS EN SAN PEDRO LAGUNILLAS, NAYARIT

[PHYSICAL AND CHEMICAL DEGRADATION OF AGRICULTURAL SOILS AT SAN PEDRO LAGUNILLAS, NAYARIT]

Gelasio Alejo-Santiago^{1*}, Fredy I. Salazar-Jara¹, J. Diego García-Paredes¹,
Beatriz G. Arrieta-Ramos¹, Víctor M. Jiménez-Meza¹,
and Ana L. Sánchez-Monteón¹.

¹Unidad Académica de Agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit.
Carretera Tepic-Compostela Km. 9, 63780 Xalisco, Nayarit

*E mail: gelacioalejo@hotmail.com

*Corresponding author

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la degradación de suelos para proponer estrategias de remediación y recuperación de los suelos agrícolas de San Pedro Lagunillas, Nayarit, México. Se compararon suelos mantenidos con vegetación natural pero ligeramente pastoreados contra suelos agrícolas de temporal utilizados por más de 20 años para la producción de diversos cultivos. Se estudiaron ocho sitios (cuatro cultivados y cuatro no cultivados), en cada uno de ellos los suelos agrícolas (cultivados) se ubicaron a una distancia entre 30 a 80 m con respecto a su contraparte o suelos con vegetación natural (no cultivados). Se obtuvieron muestras de los siguientes estratos: 0 a 10, 10 a 20 y 20 a 30 cm de profundidad; se cuantificó: peso de partículas menores a 2 mm, pH, materia orgánica, fósforo extractable; potasio, calcio y magnesio intercambiables, y textura. También se midió la velocidad de infiltración de agua. Se realizó un análisis de varianza y la prueba de medias de Tukey ($\alpha=0.05$). Se concluye que las prácticas de cultivo tradicionales provocaron cambios adversos en los parámetros químicos (MO, P extractable, y K) en los primeros 20 cm de suelo. Las propiedades físicas también se vieron deterioradas ya que la lámina infiltrada y velocidad de infiltración se redujeron cerca del 50% en los suelos cultivados. Los resultados de este trabajo hace evidente la necesidad de tomar medidas convenientes para evitar la degradación física y química de los suelos cultivados, con el propósito de preservar este recurso y mantener su productividad.

Palabras clave: Materia orgánica; infiltración; fertilidad del suelo.

SUMMARY

The objective of this study was to evaluate the degradation to propose strategies for remediation and recovery of agricultural soils of San Pedro Lagunillas, Nayarit, Mexico; considering physical and chemical properties. Soils maintained with natural vegetation but slightly grazed and agricultural soils used for more than 20 years for the production of several crops, were compared. Eight sites were studied (four cultivated and four uncultivated), each agricultural lands (cultivated) was located at a distance of 30 to 80 m from its counterpart or soil with natural vegetation (uncultivated). Samples were obtained from the following layers: 0 to 10, 10 to 20 and 20 to 30 cm. The variables evaluated were: particles smaller than 2 mm, pH, organic matter, extractable phosphorus, exchangeable potassium, calcium and magnesium; soil texture and water infiltration rate. An analysis of variance and Tukey means test ($\alpha = 0.05$) was applied. It was concluded that traditional farming practices led to adverse changes in soil chemical properties, in the upper 20 cm soil layer. Physical properties were also affected because infiltration film and water infiltration rate decreased about 50% in cultivated soils. The overall results in this work evident the need to take appropriate measures to prevent the physical and chemical degradation of cultivated soils in order to preserve this resource and maintain their productivity.

Key words: Organic matter; infiltration; soil fertility.

INTRODUCCIÓN

La degradación de suelos es un conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos que afectan la productividad de los ecosistemas. Los cambios producidos en el suelo por este proceso pueden llegar a ser irreversibles y tener consecuencias sociales, económicas, ecológicas y políticas negativas. El proceso de degradación se relaciona íntimamente con el uso inadecuado de los recursos agua, suelo, flora y fauna por el hombre (Ortiz *et al.*, 1994; Augusto, 2005).

La degradación física, química y biológica del suelo por su uso agrícola continúa siendo un fenómeno generalizado. Esta degradación se debe principalmente a la erosión hídrica y eólica ocasionada por el manejo de suelos sin vegetación y a la pérdida de otras características importantes para su fertilidad debido a la carencia de buenas prácticas agrícolas y pecuarias (Michelena *et al.*, 2008).

La agricultura tradicional en México caracterizada a nivel general por la ausencia de buenas prácticas de manejo de suelo está causando contaminación y erosión, contribuyendo a incrementar de forma indirecta la pobreza y marginación en el medio rural (Toledo, 2000).

La FAO ha señalado que una de las causas principales de la degradación de los suelos en América Latina es, sin duda, la aplicación de técnicas de labranzas inadecuadas, con el consiguiente deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, la disminución de los rendimientos agrícolas y más importante aún, el deterioro del medio ambiente.

El objetivo de este estudio fue evaluar la degradación de los suelos agrícolas, contemplando propiedades físicas y químicas que proporcionen elementos para proponer estrategias de remediación y/o recuperación de suelos en el combate de la degradación de los suelos de San Pedro Lagunillas, Nayarit, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

El estudio se realizó en el ejido Cerro Pelón, en el municipio de San Pedro Lagunillas, Nayarit, México. Específicamente se encuentra entre los 21°05'23" y 21°06'10" de latitud norte; y entre los 104°48'47" y 104°49'50" de longitud oeste. El ejido tiene una superficie de 702 hectáreas con una precipitación media anual de 702 mm y una temperatura promedio anual de 24°C.

La fisiografía del área de estudio es de lomeríos con pendientes que van de 5 a 30%. Los tipos de suelos que predominan en el área son litosoles y vertisoles.

Obtención de muestras

Se estudiaron ocho sitios, cuatro con manejo agrícola y cuatro bajo condiciones naturales. En cada uno de ellos los suelos agrícolas (Cultivados) se ubicaban a una distancia entre 30 a 80 m con respecto a su contraparte, suelos con vegetación natural (No cultivados). En cada sitio se obtuvieron muestras de suelo compuestas, derivadas de diez submuestras, cada una sacada de las siguientes profundidades 0 a 10, 10 a 20 y 20 a 30 cm. Las muestras fueron sacadas al azar.

Análisis de campo y laboratorio

Se compararon características relacionadas con la fertilidad en suelos. A las muestra de suelo se midió el peso de partículas menores a 2 mm (suelo), pH, materia orgánica (MO) (Walkley and Black, 1934), fósforo extractable (PE) (Bray and Kurtz, 1945), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) intercambiables y textura según norma oficial mexicana PROY-NOM-021-RECNAT-2000 (Diario Oficial de la Federación, 2000). Adicionalmente en cada sitio se midió la velocidad de infiltración de agua con el método del doble cilindro.

Análisis estadístico

Se realizó análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) para identificar los cambios promovidos en los suelos por las actividades agrícolas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Partículas menores de 2.00 mm

Los estratos 0 a 10 y 10 a 20 cm de los suelos cultivados tuvieron una menor cantidad de partículas menores a 2 mm (Tabla 1). Esto se atribuye principalmente a la erosión hídrica que se presenta en los suelos agrícolas, donde la pérdida de suelo es mayor en comparación con los suelos que no han sido perturbados por actividades agrícolas (Návar y Synnott, 2000). Torres *et al.*, (2003) estimaron la pérdida de suelo en un rango de 107 a 200 t ha⁻¹ año⁻¹, en un estudio realizado en una cuenca de Jalisco, México. En el proceso de erosión hídrica las partículas más finas son las más susceptibles de pérdida y el fenómeno se intensifica por ausencia de cobertura vegetal, esto explica la diferencia notoria que existe entre el suelo cultivado y no cultivado, en el presente estudio, ya que los sitios muestreados

presentan pendientes entre 5 y 30 %, y los productores tradicionalmente no realizan prácticas para conservación del suelo.

Materia orgánica

El estrato 0 a 10 cm de los suelos cultivados presentó menor concentración de materia orgánica respecto a los suelos no cultivados (Tabla 1). Esto se debe a que las prácticas tradicionales de cultivo en la región no consideran la incorporación de residuos orgánicos ni la utilización de compostas que repongan la materia orgánica que se mineraliza de forma natural. El contenido de materia orgánica es uno de los indicadores de la fertilidad de los suelos por lo que se considera importante mantener un contenido óptimo (5.0 %) para el mejor funcionamiento del sistema de producción; la constante manipulación del suelo a través de las actividades de preparación del suelo para ser cultivado, conlleva también a una aceleración en la velocidad de agotamiento de la materia orgánica que posee (Liu *et al.*, 2006). Los resultados encontrados confirman el mal manejo que se le ha dado a estos suelos y hace evidente la necesidad de implementación de prácticas que permitan la

recuperación de los mismos, tales como la incorporación de residuos de cosecha, la rotación de cultivos, la adición de residuos orgánicos externos y el establecimiento de cultivos de cobertera o abonos verdes.

pH y nutrientes

No hubo diferencia en pH, ni en las concentraciones de fósforo, potasio, calcio y magnesio entre los suelos cultivados y no cultivados (Tabla 1). Sin embargo, aún cuando la concentración por elemento fue igual, la cantidad de los mismos contenida en la masa de suelo fue diferente. Esto debido a que los suelos no cultivados presentaron una mayor cantidad de partículas finas en los estratos 0 a 10 y 10 a 20 cm. Estos datos concuerdan con los obtenidos por Aghasi *et al.*, (2011) quienes al evaluar los cambios suscitados en pastizales convertidos a suelos de explotación agrícola no encontraron variación en pH, en fósforo y potasio disponible en el estrato de 0 a 10 cm.

Tabla 1. Propiedades físicas y químicas relacionadas con la fertilidad entre estratos de suelos cultivados y no cultivados. Letras diferentes indican diferencias significativas en cada columna (Tukey, $p < 0,05$).

	pH	Partículas finas [†] ----- %-----	Materia orgánica	P extractable	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
				-----mg kg ⁻¹ -----			
Estrato 0 a 10 cm							
No cultivado	7.0a	68.7a	4.5a	12.4a	586a	4172a	513a
Cultivado	7.0a	38.7b	3.2b	17.2a	542a	3631a	420a
Significancia	0.95	0.030	0.025	0.718	0.645	0.44	0.44
C.V. (%)	8.9	27.9	17.0	120.9	23	23.9	34.9
Estrato 10 a 20 cm							
No cultivado	7.1a	64.2a	3.3a	6.5a	456a	3903a	468a
Cultivado	6.9a	32.6b	2.1a	5.2a	419a	2154a	386a
Significancia	0.748	0.0082	0.1225	0.7496	0.7879	0.0695	0.4921
C.V. (%)	10.5	23.8	36.2	94.4	43.0	37	37.3
Estrato 20 a 30 cm							
No cultivado	6.9a	47.2a	2.6a	6.0a	354a	3378a	406a
Cultivado	7.1a	31.2a	1.7a	5.2a	350a	2903a	351a
Significancia	0.805	0.0791	0.0964	0.8489	0.974	0.55	0.5520
C.V. (%)	11.8	27.3	29.4	99.0	41.7	34.3	32.5

[†]Partículas de tamaño menor a 2 mm de diámetro.

Materia orgánica y nutrientes, considerando solo partículas finas.

Al considerar la diferencia existente entre los suelos cultivados y no cultivados, específicamente en el contenido de partículas finas (<2 mm de diámetro) mediante la ponderación de las concentraciones de nutrimentos multiplicando estas por el porcentaje de partículas menores de 2 mm que poseen los suelos, se hace evidente la diferencia en concentración nutrimental de los suelos en los estratos de 0 a 10 y 10 a 20 cm (Tabla 2).

Los suelos cultivados mostraron una menor concentración de materia orgánica y de fósforo extractable y potasio, calcio y magnesio intercambiable en el estrato 0 a 10 y 10 a 20 cm (Tabla 2). Esta disminución en la concentración de materia orgánica es consecuencia de la frecuencia de laboreo del suelo ya que estas actividades favorecen la ventilación y exposición de la materia orgánica al ataque de los microorganismos implicando además un descenso en el contenido nutrimental y pérdida de estructura del suelo (Gibbs and Reid, 1988; Leiva, 1998). Un caso similar en cuanto a disminución de la concentración de materia orgánica y de nutrimentos

fue reportada respectivamente por Michelena *et al.* (2008) y Sanzano *et al.* (2005).

El estrato 20 a 30 cm en los suelos no cultivados no mostró cambios significativos para las variables evaluadas excepto para la concentración de materia orgánica (Tabla 2). El alto valor del coeficiente de variación en las concentraciones de fósforo extractable y potasio, calcio y magnesio intercambiables sugiere que la falta de control del error experimental fue la causa de que no se detectaran diferencias significativas para dichas variables.

Velocidad de infiltración de agua.

La velocidad de infiltración y lámina infiltrada en 120 minutos fueron mayores en los suelos no cultivados. Esto pone en evidencia el deterioro de propiedades físicas del suelo como la porosidad y densidad aparente importantes para el crecimiento de las raíces de los cultivos. Al igual que en otras investigaciones las prácticas de labranza y la no incorporación de residuos orgánicos han perjudicado las dos variables estudiadas

Tabla 2. Propiedades físicas y químicas relacionadas con la fertilidad entre estratos de suelos cultivados y no cultivados ponderadas por el porcentaje de suelo en la muestra. Letras diferentes indican diferencias significativas en cada columna (Tukey, $p < 0,05$).

	Materia orgánica %	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
		mg kg ⁻¹			
Estrato 0 a 10 cm					
No cultivado	3.0a	10.7a	403a	2882a	350a
Cultivado	1.2b	2.5b	199b	1294b	158b
Significancia	0.0003	0.0029	0.023	0.014	0.0409
C.V. (%)	16.9	36.4	31.6	31.4	41.1
Estrato 10 a 20 cm					
No cultivado	2.1a	5.0a	280a	2510a	292a
Cultivado	0.6b	0.7b	135b	625b	134a
Significancia	0.0152	0.005	0.0471	0.0025	0.0516
C.V. (%)	45.5	48.7	39.8	34.1	43.0
Estrato 20 a 30 cm					
No cultivado	1.2a	2.6a	168a	1590a	193a
Cultivado	0.6b	0.5a	108a	913a	115a
Significancia	0.0264	0.069	0.233	0.1154	0.2025
C.V. (%)	34.0	84.9	46.7	41.6	49.6

Tabla 3. Lámina infiltrada y velocidad de infiltración medida en 120 min.

	Lámina infiltrada (cm)	Velocidad de infiltración (cm h ⁻¹)
No cultivado	16.1a	4.6a
Cultivado	8.7b	1.7b
Significancia	0.0147	0.001
C.V. (%)	17.7	12.9

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio muestran los efectos del manejo agrícola en comparación con un suelo no cultivado. La comparación entre las propiedades del suelo cultivado y el no cultivado indica que el horizonte superior (20 cm) bajo cultivo, sufre cambios adversos por efecto de la labranza, como fue la disminución de la materia orgánica y del fósforo extractable, así como del potasio, calcio y magnesio intercambiable.

Las propiedades físicas del suelo también se vieron deterioradas en los suelos cultivados ya que hubo una pérdida de partículas menores de 2 mm, además de que la lámina infiltrada y velocidad de infiltración disminuyeron aproximadamente 50%.

Lo encontrado en este trabajo hace evidente la necesidad de tomar medidas convenientes para evitar la degradación física y química de los suelos cultivados, con el propósito de preservar este recurso y mantener su productividad.

REFERENCIAS

Aghasi, B., Jalalian, A., Honarjoo, N. 2011. Decline in soil quality as a result of land use change in Ghareh Aghaj watershed of Semirom, Isfahan, Iran. *African Journal of Agricultural Research*. 6:992-997.

Augusto, B. P. 2005. Evaluación preliminar del estado de contaminación en suelos de la provincia del Neuquén donde se efectúan actividades de explotación hidrocarburífera. Escuela Superior de Salud y Ambiente, Universidad Nacional del Comahue. Tesis de licenciatura.

Bray, R.H., Kurtz, L.T. 1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorous in soils. *Soil Science*. 59:39-45.

Diario Oficial de la Federación. 2000. Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-021-RECNAT-2000, que establece las Especificaciones de Fertilidad, Salinidad y Clasificación de Suelos. Estudios, Muestreos y Análisis. Tomo DLXV,-12: 6-74. Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos.

Gibbs, R.R., Reid, J.B. 1988. A conceptual model of changes in soil structure under different cropping systems. *Advances in Soil Science*. 8:123-149.

Liu, X., Herbert, S.J., Hashemi, A.M., Zhang, X., Ding, G. 2006. Effects of agricultural management on soil organic matter and carbon transformation. A review. *Plant and Soil Environment*. 52: 531-543.

Leiva, F.R. 1998. Sostenibilidad de sistemas agrícolas. *Agronomía Colombiana*. 2:181-193.

Michelena, R., Morrás, H., Iruña, C. 2008. Degradación física por agricultura continua de suelos franco-limosos de la provincia de Córdoba. INTA - CIRN; Instituto de Suelos. Argentina.

Návar, J., Synnott, T.J. 2000. Surface runoff, soil erosion, and land use in northeastern Mexico. *Terra Latinoamericana*. 18:247-253.

Ortiz, S.M.L., Anaya, G.M., Estrada, B.J.W. 1994. Evaluación, cartografía y políticas preventivas de la degradación de la tierra. Universidad Autónoma Chapingo- Comisión Nacional de Zonas Áridas-Colegio de Postgraduados. Chapingo. México.

Sanzano, G.A., Corbella, R.D., García J.R., Fadda, G.S. 2005. Degradación física y química de un haplustol típico bajo distintos sistemas de manejo de suelo. Cátedra de edafología - facultad de agronomía y zootecnia, universidad nacional de Tucumán.

Toledo, V. 2000. La paz en Chiapas. Ecología, luchas indígenas y modernidad alternativa, México, Ediciones Quinto Sol-Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Torres, B.E., Cortes, B.J., Mejía, S.E., Exebio, G.A., Santos, H.A.L., Delgadillo, P.M.E. 2003. Evaluación de la degradación de los suelos en la cuenca "El Josefino", Jesús María, Jalisco. *Terra Latinoamericana*. 21:117-126.

Walkley, A., Black, A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science. 37:29-38.

Submitted October 04, 2011 – Accepted January 01, 2012
Revised receive January 20, 2012