



## A1-143 Evaluación del contenido de carbono orgánico en suelos del cultivo intensivo de nopal (*Opuntia ficus indica* L.) en la delegación de Milpa Alta México D.F.

Nicolás González Alfredo<sup>1</sup>; Rivera Martínez Juan G.<sup>1</sup>; Vela Correa Gilberto<sup>2</sup>, Silva Torres Beatriz<sup>1</sup>, Puebla Torres Humberto<sup>1</sup>, Sánchez Martínez Miguel<sup>1</sup> y Reséndiz de la Rosa Giovanni<sup>1</sup>.

1 Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. Rafael Atlixco No. 186, Col. Vicentina, Delegación Iztapalapa, C.P. 09340, D.F. México; 2 Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Delegación Coyoacán, C.P. 04960, D.F. México. Autor principal: [niquito\\_1784@hotmail.com](mailto:niquito_1784@hotmail.com)

### Resumen

Existen algunas prácticas agrícolas orientadas a la captura de carbono en suelos que pueden disminuir algunos problemas ambientales, algunas de estas son la labranza mínima y cobertura orgánica. El cultivo de nopal verdura de la delegación Milpa Alta cumple con estas características. Se espera que el cultivo de nopal tenga valores altos en niveles de carbono orgánico en suelo (COS). El objetivo fue evaluar los niveles de COS en nopales y un cultivo de maíz para su comparación. Se muestrearon suelos de 3 parcelas de nopal y una de maíz a dos profundidades. El análisis estadístico mostró diferencia significativa en el COS entre cultivos a profundidad de 0 a 20 cm y para profundidad de 20 a 40 cm no se encontró. Los niveles COS en las parcelas de nopal resultaron considerablemente superiores a los de maíz. Siendo el nopal un cultivo perenne su suelo es más estable y por tanto, también el COS. Con esto puede considerarse a los suelos de nopal un sumidero de carbono.

**Palabras clave:** captura de carbono; agricultura de conservación.

### Abstract

Some agricultural practices exist aimed to carbon sequestration in soils that may reduce some environment problems, some of these practices are minimum tillage and organic cover. The nopal verdure crop present in Milpa Alta delegation is a crop that meets with these characteristics. It is expected that nopal crops contain high values in levels of soil organic carbon (SOC). The aim was to evaluate the levels of SOC in nopal crops and a corn crop to compare. The soil of 3 plots of nopal and one of corn at two depths were sampled. Statistical analysis showed a significant difference in SOC between crops at depth of 0 to 20 cm and to the depth of 20 to 40 cm there was no significant difference. The COS levels in the plots of nopal were considerably higher than those of corn. Being the nopal a perennial crop its soil stability is better and thus the SOC too. With this nopal crop soil can consider a carbon sinking.

**Key words:** carbon capture; conservation agriculture.

### Introducción

El desarrollo industrial durante el siglo XX, llevó a cambiar el paisaje terrestre en un periodo de tiempo muy corto (SEMARNAT, 2007). La cantidad y la velocidad con que se obtienen los recursos naturales aumentaron con el uso de máquinas de combustión, alimentadas con energías fósiles (PNUMA, 2003). Los gases de efecto invernadero (GEI) son el resultado de la quema de combustibles fósiles, los cuales son el principal causante de adversidades relacionadas con que la temperatura global del planeta vaya en aumento (Erikson, 1994).



Dentro de los GEI destaca el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) por ser el que en mayor cantidad se genera.

Existe un fuerte interés mundial por estabilizar la abundancia de  $\text{CO}_2$  para reducir los riesgos del calentamiento global. Entre las estrategias destaca la captura y secuestro de carbono orgánico en los denominados sumideros de carbono (Schrag, 2007). Esto significa la transferencia del  $\text{CO}_2$  atmosférico llevado a depósitos bióticos y edafológicos a través de la capacidad de las plantas de capturar y transformar en biomasa el  $\text{CO}_2$  atmosférico. Posteriormente, ese carbono es llevado al suelo por la descomposición y acumulación de la biomasa sobre la superficie. La principal forma que se encuentra el carbono en el suelo es en la materia orgánica (Lal, 2007).

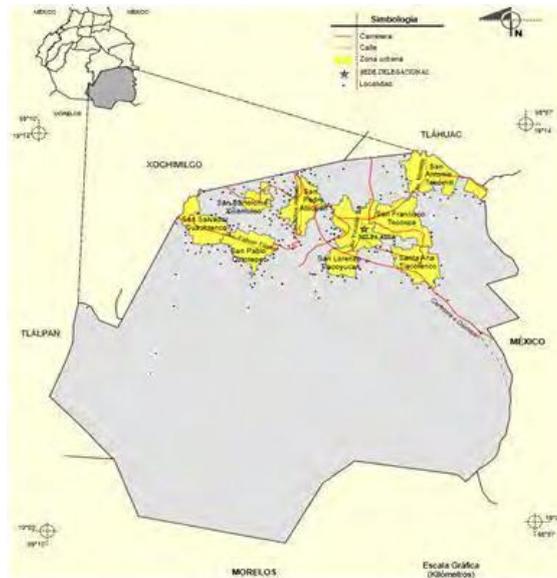
Generalmente el desarrollo de la agricultura intensiva ha implicado una pérdida de materia orgánica del suelo (FAO, 2002). De manera general, abajo del umbral del 2% de materia orgánica la calidad del suelo decaerá seriamente (Loveland, 2003). Existen diferentes prácticas de manejo de tierras agrícolas para retener y/o aumentar el contenido de la materia orgánica. Dichas prácticas están asociadas a la agricultura de conservación; labranza mínima o cero, rotación de cultivos y el uso de una cobertura orgánica protectora (FAO, 2002). Los cultivos perennes también son ideales para mantener y aumentar los niveles de COS (Lemus y Lal, 2007). Otro ejemplo de los diferentes manejos de la agricultura de conservación puede ser la aplicación de estiércol, ya que puede mejorar las propiedades físicas y los niveles de nutrientes presentes en suelo, además incrementa los niveles de COS (Liu et al, 2003).

El nopal verdura (*Opuntia ficus indica* L.) que se cultiva en la delegación Milpa Alta al sur del Distrito Federal, México, es un cultivo que se acerca al manejo de la agricultura de conservación. El suelo de este cultivo es abonado con 600 toneladas anuales de estiércol bovino (Rivera, 2002), es una planta perenne, y maneja una labranza mínima. Además de reportar altos rendimientos. De acuerdo al Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de México, el cultivo de nopal verdura en 2013 obtuvo un rendimiento promedio de 62 toneladas por hectáreas (SIAP, 2015).

Se espera que tal manejo impacte positivamente, aumentando los niveles de COS de las nopales, y así, evitando que ese carbono se encuentre en forma de  $\text{CO}_2$  atmosférico. Bajo este panorama, el siguiente trabajo de investigación tendrá como objetivos la evaluación de los niveles de carbono orgánico en los suelos del cultivo de nopal verdura, localizados en la delegación Milpa Alta. Los resultados se compararán con las mismas mediciones realizadas en una parcela de maíz de manejo tradicional presente en la misma zona. La comparación se realizó para tener un punto de referencia para la determinación del grado de contenido de carbono orgánico de las parcelas de las nopales.

## Metodología

La zona de estudio se encuentra en la delegación Milpa Alta, al sur del Distrito federal, México (figura 1). Esta delegación tiene una extensión total de 28,813 ha y una altitud entre 2 200 y 3 600 msnm. La temperatura oscila entre los 6-16°C y la precipitación entre 700 - 1600 mm anuales. El uso de tierra que tiene la delegación se distribuye de la siguiente manera; agricultura (33%), zona urbana (10%), bosque (49%) y pastizal (8%) (INEGI, 2015). La figura 1 la zona geográfica donde se localiza la delegación Milpa Alta (SEDESOL, 2011).



**FIGURA 1.** Localización de la delegación Milpa Alta en el DF, la zona amarilla corresponde a la zona urbana de la delegación.

Para la evaluación de los niveles de carbono orgánico en los suelos de las nopaleras, se muestrearon tres parcelas de nopal y una de maíz. La toma de muestras se dividió en dos profundidades; de 0 a 20 cm y de 20 a 40 cm y cada parcela se dividió en dos o tres secciones, tomando una muestra en cada sección.

Las muestras se llevaron al laboratorio de Edafología de la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco donde se realizó el manejo indicado en la norma mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, la cual se refiere al estudio, muestreo y análisis de suelos. Posteriormente fueron analizadas por el método de Walkly y black para la determinación de materia orgánica. La obtención del valor del carbono orgánico se ajusta a partir de la suposición de que la materia orgánica contiene un 58% de carbono orgánico (NOM, 2000).

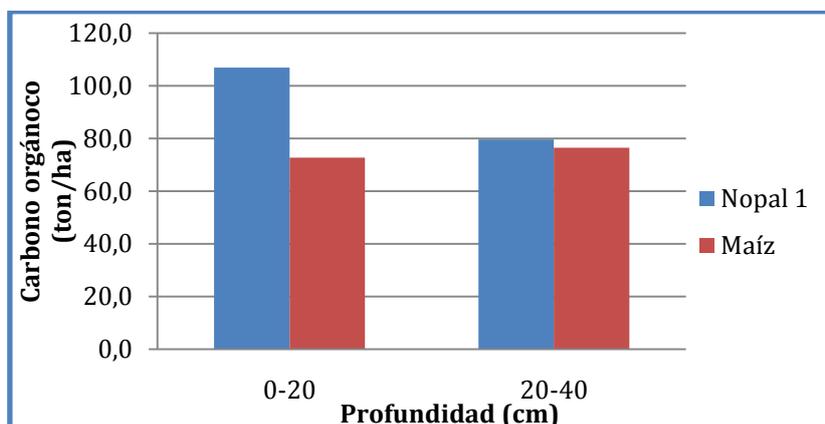
### Resultados y discusiones

Los resultados que arrojaron los análisis de laboratorio a la profundidad de 0 a 20 cm muestran mayor contenido de COS en las parcelas de nopal con respecto a la parcela de maíz. La profundidad de 20 a 40 cm, reportó disminución en los valores de las parcelas de nopal y un ligero aumento para la parcela de maíz (Tabla 1).

**TABLA 1.** Valores (Ton/ha) de los niveles de carbono orgánico en suelos de las parcelas de nopal y maíz muestreadas en la delegación Milpa Alta, México Distrito Federal.

Parcela	Carbono orgánico del suelo	
	(ton/ha) a profundidad de 0 a 20 cm	(ton/ha) a profundidad de 20 a 40 cm
Nopalera 1	107.3	83.8
Nopalera 2	103.3	73.0
Nopalera 3	110.0	82.1
Maíz	72.7	76.5

La figura 2, muestra el valor promedio de COS de las tres parcelas de nopal y se compara con el valor de la parcela de maíz. La columna azul representa los valores del cultivo de nopal y la columna roja el cultivo de maíz. El estadístico t de student con 95% de confiabilidad indicó diferencia significativa ( $P \leq 0.0463$ ) a profundidad de 0 a 20 cm. A profundidad de 20 a 40, no se encontró diferencia significativa.



**FIGURA 2.** Valor (ton/ha) de los niveles de carbono orgánico de suelos promedio para el cultivo de nopal y maíz a profundidades de 0-20 y 20-40 cm.

La disminución en los niveles de COS se considera normal ya que los horizontes superiores del suelo contienen mayor cantidad de materia orgánica, por lo que la disminución de COS a mayor profundidad es normal (Liu et al, 2003). Los niveles de COS del cultivo de maíz a diferentes profundidades posiblemente se mantienen constantes por acción mecánica, ya que al momento de la toma de la muestra, y en base a información proporcionada por el productor, tenía una semana que se había arado y volteado el suelo.

Los mayores niveles de COS de las nopaleras, se encuentran directamente relacionadas con el manejo que se les brinda a estas ya que los resultados coinciden con varios autores que indican que la adición de estiércol animal en suelos aumenta los niveles de COS (FAO, 2002; Liu et al, 2003; Amiri y Fallahi, 2009). Además al ser el nopal una planta perenne, el suelo no es removido constantemente, permitiendo que el COS capturado permanezca durante mayores periodos de tiempo, siendo consecuentemente, más estable (Lemus y Lal, 2007; Cox et al, 2002; Jackson, 2002). Por tal motivo, a pesar de encontrar menores niveles de COS en el cultivo de nopal a profundidad de 20 a 40 cm, este es más estable, pues la profundidad minimiza la degradación y pérdida de COS. Estas características del suelo del cultivo de nopal le permiten ser considerado como un sumidero de carbono (Liebig et al, 2005).

Uno de los principales beneficios de altos contenido de COS en las parcelas de nopal son los mayores rendimientos de producción, que llegan a alcanzar hasta 62 ton/ha (SIAP, 2015), ya que Lal (2004) concluye que el secuestro de carbono en suelos es una estrategia para la seguridad alimentaria a través del mejoramiento de la calidad suelo. Los resultados obtenidos coinciden con autores como Amiri y Fallahi (2009), quienes indicaron un aumento en el rendimiento de manzana tras la adición de estiércol a sus parcelas.

## Conclusión

La adición de estiércol bovino y la poca perturbación de los suelos de las parcelas de nopal de la delegación Milpa Alta le permiten secuestrar altos contenidos de carbono orgánico en comparación de las parcelas de nopal. Al ser un cultivo perenne el COS es más estable y permanece periodos más prolongados de tiempo en suelo, esto permite al cultivo de nopal considerarse como un sumidero de carbono. Este aumento en COS se refleja en mayores niveles de producción.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología así como a las autoridades de la Universidad Autónoma Metropolitana por las facilidades otorgadas a los participantes de la presente investigación.

## Referencias bibliográficas

- Amiri Mohammad & Fallahi Esmaeil, (2009) Impact of Animal Manure on Soil Chemistry, Mineral Nutrients, Yield, and Fruit Quality in 'Golden Delicious' Apple. *Journal of Plant Nutrition*. 32:4, 610-617
- Cox TS, M Bender, C Picone, DL Van Tassel, JB Holland, EC Brummer, BE Zoeller, AH Paterson & W Jackson (2002) Breeding Perennial Grain Crops. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 21:2, 59-91
- Erickson J (1994) El efecto invernadero, el desastre del mañana, hoy. Serie McGraw-hill de divulgación científica. P 1-2
- FAO (2002) Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra
- INEGI (2015) <http://www.inegi.org.mx/> Consultado el 20 de enero de 2015
- Lal (2004) Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*. 304, 1632-1627.
- Lal (2007) Carbon sequestration. *Phil. Trans. R. Soc. B* (2008) 363, 815–830
- Lemus R. & R. Lal (2005) Bioenergy Crops and Carbon Sequestration. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 24:1, 1-21
- Liebig MA, HA Johnson, JD Hanson, AB Frank (2005) Soil carbon under switchgrass stands and cultivate cropland. *Biomass and bioenergy*. 28, 347-354
- Liu X, Han X, Song C, Herbert S, Xing B (2003) Soil organic carbon dynamics in black soils of China under different agricultural management system. *Communications in soil science and plant analysis*. Vol 34, pp 973-984
- Loveland (2003) Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review. *Soil & Tillage Research* 70, pp 1–18.
- NOM (2000) Norma oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis, 2002. SEMARNAT. <http://www.semarnat.gob.mx/leyes-y-normas/nom-suelos> consultado el 23 de octubre de 2014.
- PNUMA (2003) Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente. Manual de Ecología Básica y de Educación Ambiental, Mesa México-Suiza. Crisis ambiental. pp 4-14.
- Rivera J (2002) The sustainable potential of two contrasting agricultural systems in the terrace areas of Mexico City. Thesis (PhD.) University of London.
- Schrag (2007) Preparing to capture carbon. *Science* 315, 812–813.
- SEDESOL (2011) Atlas de riesgos naturales de la delegación Milpa Alta <http://www.normateca.sedesol.gob.mx/> consultado el 2 de abril de 2014.
- SEMARNAT (2007) ¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo. <http://web2.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Pages/yelmedioambiente.aspx> consultado el 4 de septiembre de 2014.
- SIAP (2015) Sistema de información agropecuaria y de pesca <http://www.siap.gob.mx/> consultado el 29 de enero de 2015.