

EDITORIAL

El Carbono en los Suelos de México II

La revista Terra Latinoamericana y el Programa Mexicano del Carbono presentan en forma conjunta el segundo número sobre el papel de los suelos mexicanos en el ciclo del carbono, en conmemoración del *Año Internacional del Suelo*. Bajo la misma premisa que el primer número, esta segunda colaboración pretende permitir el acceso a los lectores a trabajos que abordan distintos aspectos del carbono edáfico y su relación con el ambiente y la sociedad. El presente número está conformado por tres secciones: i) estudios de síntesis sobre el conocimiento del carbono edáfico en México; ii) modelación de diagnóstico y predictiva de la dinámica del carbono en los suelos y iii) carbono más allá del suelo.

En la primera sección se incluyen tres artículos que sintetizan el conocimiento actual sobre procesos que inciden en la degradación de los suelos mexicanos y la distribución espacial del carbono. En el primero destaca el hecho de que, a pesar de que la respiración del suelo constituye el segundo flujo de C más importante hacia la atmósfera, únicamente existen 28 estudios en los que se realizaron mediciones directas de intercambio de gases en campo. La necesidad de seguir investigando en este campo es inminente, ya que los estudios publicados se centran en sistemas agrícolas y bosques del centro y sur del país, sin que exista información de los ecosistemas áridos y semiáridos, tropicales y humedales, cuya importancia radica no sólo en su mayor cobertura espacial, si no en que son sistemas con amplios intervalos de temperatura-humedad y la respiración es un proceso que depende, directamente, de la temperatura y humedad del suelo, la fotosíntesis, la disponibilidad de materia orgánica y la composición de la biota edáfica, además de que están fuertemente amenazados por los cambios en el uso de suelo. En el segundo artículo se presenta el Mapa Nacional de Erosión escala 1:50 000, cuya elaboración denota la compaginación de diversas fuentes de información, técnicas de fotointerpretación de imágenes de satélite de alta resolución, cartografía especializada e información de campo, en un producto cuyo principal aporte es poner en un solo documento, la información necesaria para estimar las pérdidas de carbono orgánico del suelo debidas a éste fenómeno. Los resultados muestran que el 76% de la superficie nacional tiene algún grado de afectación por erosión hídrica; de ésta, el 6.79% corresponde a erosión extrema, 5.79% a fuerte, 26.37% moderada y 37.06% leve. Los estados más afectados por erosión apreciable son: Ciudad de México, Tlaxcala, Estado de México y Michoacán y, los menos afectados: Tabasco, Quintana Roo y Campeche. El tercer artículo presenta la distribución espacial actual del carbono orgánico de los suelos (COS) y su inventario, elementos indispensables para definir los requerimientos mínimos para el desarrollo de políticas públicas de medidas de mitigación de gases efecto invernadero. Se demuestra que las estimaciones del inventario del almacén del COS a escala global son dependientes de las fuentes de información y metodologías usadas, por lo que generalmente tienen una alta incertidumbre. Se revisan los inventarios del COS en los ecosistemas terrestres y se discuten las causas de variación en las estimaciones nacionales. Con la finalidad de reducir la incertidumbre, tanto en la caracterización espacial, como en la evolución temporal del COS, se analiza la relación textura-COS por ecosistema, como base para el establecimiento de desarrollos futuros.

En la segunda sección se presentan cuatro artículos que representan importantes ejercicios de modelación, tanto diagnóstica, como predictiva, de la dinámica del carbono en el suelo. El primero de ellos presenta un modelo que muestra que el limo y la arcilla juegan un papel clave en la estabilización del carbono orgánico del suelo por ser fracciones susceptibles de saturarse de carbono. Se comparó el C en las fracciones del tamaño del limo y arcilla en suelos templados y subtropicales de cultivo, con un intervalo contrastante de texturas y mineralogías. Los resultados mostraron una relación positiva entre el COS y el C en la fracción de limo, mientras que en la fracción arcilla fue constante o mostró un comportamiento asintótico, lo que implica que la fracción de limo, a diferencia de la arcilla, no muestra evidencia de saturación. La fracción de limo se considera parcialmente reactiva, mientras que la fracción de arcilla acumula C hasta un valor máximo. El segundo trabajo se estudian las emisiones de gases efecto invernadero asociadas al carbono orgánico del suelo, mediante modelos simples que ofrecen la oportunidad de analizar la dinámica de las alteraciones provocadas por los cambios en el uso de suelo, la vegetación

y las prácticas de manejo. Se analizan diferentes esquemas para parametrizar el modelo COLPOS, el cual permite caracterizar la distribución del COS en fracciones físicas del suelo y diferentes almacenes. Los resultados muestran que el carbono orgánico inerte y el tamaño de partícula asociado, permiten precisar los parámetros del modelo COLPOS y determinar las pérdidas potenciales de carbono orgánico del suelo. La validación de los métodos de parametrización del modelo COLPOS permite su implementación operativa empleando solamente la información de COS y textura del suelo, disponible en México. La tercera contribución muestra la modelación de la distribución vertical del carbono orgánico en los suelos, como respuesta a la evidencia de que el COS puede ser desestabilizado por diferentes mecanismos conforme se incrementa la profundidad. Mediante el análisis de una base de datos de COS de perfiles de suelos distribuidos en todo México, se demostró la existencia de un comportamiento logarítmico, que permitió desarrollar un esquema para estimar el carbono orgánico inerte a partir del modelo. Adicionalmente, se desarrolló un método para estimar el COS a una profundidad de 30 cm a partir de parámetros asociados a los ecosistemas y tipos de vegetación. Los resultados mostraron que el modelo de estimación del carbono orgánico inerte y, del carbono orgánico a profundidad usando sólo el COS, es adecuado y puede implementarse en forma operativa. El cuarto artículo muestra un ejemplo de aplicación del modelo RothC-26.3 (RothC), que es uno de los más usados en el mundo para estudiar la dinámica del C en diferentes sistemas. Se evaluó el desempeño del modelo en la simulación de los cambios del COS a nivel de parcela, en experimentos de corta duración y diferentes sistemas: agrícola con residuos vegetales, agrícola sin residuos, forestales, praderas y agostaderos. Se midieron y estimaron los parámetros de entrada al modelo. El grado de asociación entre el COS medido y el simulado fue de 0.76 y hasta 1.0 en todos los sitios. La eficiencia del modelo varió entre 0.53 y 0.93, excepto en el sitio en el que se evaluaron sistemas de labranza. De acuerdo con los resultados por sitios, sistemas y forma de simulación, el modelo RothC se puede usar con buena aceptación para simular los cambios de COS a nivel de parcela en los sistemas agrícolas y forestales, media en praderas y, baja en agostaderos.

La tercera sección está formada por un artículo en el que se hace una recopilación y análisis de la información disponible sobre una alternativa tecnológica que ha sido poco o no empleada en México: el biocarbón (*biochar*), que es un subproducto de la pirólisis de biomasa residual. De acuerdo con los autores, existen experiencias positivas derivadas de su aplicación al suelo, ya que genera una mejoría en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, lo que se traduce en un aumento de la productividad de los cultivos. Por ser una forma recalcitrante de carbono, el biocarbón actúa como reservorio de larga duración de este elemento, retardando su retorno a la atmósfera como CO₂, situación que contribuye a mitigar el cambio climático. Un beneficio adicional es que la materia prima para su producción proviene de residuos orgánicos, que a menudo causan problemas de contaminación ambiental. El desarrollo de procesos tecnológicos para elaborar biocarbón, factibles de ser implementados en México, constituye un desafío para los tecnólogos locales y adicionalmente, es una potencial fuente de trabajo para productores del sector agroforestal y entidades municipales, al generar ingresos extras dando valor agregado a los residuos orgánicos y generar un producto con valor comercial.

Las conclusiones generales que surgen de los trabajos que constituyen este número son: i) México representa una oportunidad importante para entender la compleja dinámica del COS, debido a la fuerte estacionalidad que se presenta en la mayoría de los ecosistemas mexicanos, lo cual es particularmente relevante, ya que la deforestación y la degradación de dichos ecosistemas se incrementa rápidamente mientras que se vislumbran cambios importantes en el clima del país ii) la ausencia de información y de estudios a largo plazo para evaluar los complejos procesos asociados a la dinámica del COS, constituye una oportunidad para el desarrollo de investigación científica y tecnológica, si se apoya en los modelos de diagnóstico y predicción desarrollados a partir de la información que se tiene disponible en el país iii) es poco lo que se sabe del efecto de algunos componentes del biocarbón en las plantas y aún existen muchas interrogantes respecto a los materiales que se usan para su elaboración, pero las respuestas a dichas interrogantes servirán para generar bases sólidas y proponer su uso como mejorador del suelo y como un mecanismo para el secuestro de carbono en el mismo.

El proceso de síntesis sobre la dinámica del carbono en los ecosistemas terrestres de México, promovido por el Programa Mexicano del Carbono, muestra un diagnóstico del estado del conocimiento actual, así como vacíos y oportunidades para nuevos desarrollos, particularmente bajo un esquema de trabajo colectivo. Los retos son muchos y variados, pero la coordinación de esfuerzos abre nuevos caminos para enfoques integrales y armónicos con las necesidades del país.

Los Editores del PMC

Alma S. Velázquez Rodríguez
Facultad de Ciencias, UAEM

Felipe García Oliva
Instituto de Investigación en Ecosistemas y Sustentabilidad, UNAM