

EDITORIAL

Se presenta el tercer número especial del Programa Mexicano del Carbono (PMC) en colaboración con la revista Terra Latinoamericana, orientado hacia la síntesis y modelación del carbono orgánico de los suelos y sus interacciones, en seguimiento al esfuerzo del PMC para el desarrollo de los elementos para el Segundo Reporte del Estado del Ciclo del Carbono en México. Los artículos incluidos en este número abordan diferentes perspectivas sobre el quehacer de avanzar en el conocimiento de la ciencia del suelo, con la finalidad de construir escenarios de medidas de intervención para mitigar y, adaptarse, al cambio climático a escala de país, desde lo local.

Se evaluó el uso de biocarbón, generado a partir de bagazo de caña de azúcar, como sustrato para la producción de pino prieto (*Pinus greggi*) en condiciones de vivero. Los resultados mostraron una alta viabilidad del material, en conjunto con la fertilización (relación 1:9 de biocarbón y suelo), para la producción de plantas de pino. En los últimos años se ha hecho énfasis en el uso de biocarbón como medio de captura de carbono, por lo que su estudio es clave para el avance del conocimiento del ciclo del carbono.

La respiración de los suelos, con relación a la del ecosistema, en el entendimiento y control de los factores incidentes en su variabilidad interanual en los ecosistemas áridos, se analizó en el Desierto de Chihuahua, en donde la respiración del suelo estuvo controlada por la temperatura del aire y, la del ecosistema, por el contenido del agua del suelo. El déficit de presión de vapor, en forma no esperada, tuvo un efecto negativo directo en la respiración del ecosistema en soporte de la componente de vegetación, que tiene un papel crítico en los flujos de CO₂. El conocimiento de los factores que controlan la respiración del suelo y del ecosistema en zonas áridas permite generar las bases del entendimiento de la partición de flujos de CO₂, para una mejor comprensión de la variabilidad temporal observada.

Los sistemas ribereños contribuyen fuertemente a los servicios ecosistémicos en los ambientes de montaña. Los análisis de sistema agua-suelo en las laderas occidentales del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl mostraron relaciones significativas entre las variables medidas en el agua y los suelos rivereños, particularmente entre el contenido de carbono orgánico del suelo con el carbono orgánico particulado, nitrato y nitritos, conductividad y oxígeno disuelto. El contenido de carbono orgánico del suelo y el de carbono particulado, fue diferente para cada uso del suelo. El contenido de carbono orgánico mostró diferencias significativas en suelos ribereños conservados con relación a los degradados. Los resultados destacan la importancia del manejo en el contenido de carbono orgánico, enfatizando la importancia de la conservación y manejo del suelo.

Los agregados de los suelos ofrecen mecanismos de protección del carbono orgánico al mantener la estabilidad estructural de los mismos. El análisis de la distribución de la masa y

carbono orgánico en diferentes tamaños de los agregados, a distintas profundidades y usos del suelo, en secuencias de perturbación en el Monte Tláloc, Estado de México, permitió analizar un modelo de cinética de orden n para explicar las observaciones en una visión unificada de procesos, no de resultados. Los ajustes de la cinética mostraron excelentes ajustes empíricos. La propuesta de modelación introducida rompe el paradigma de modelación al introducir un modelo simple con resultados múltiples en función de sus parámetros, simplificando enfoques de modelación de compartimentos múltiples al uso de un solo compartimento, pero con comportamiento no lineal.

La formación de suelos a partir de capas endurecidas de origen volcánico, tepetates, requiere del entendimiento de la transformación de unidades estructurales (fragmentos y agregados). A través del uso de un modelo de cinética de orden n , se analizaron diferentes casos de estudio en suelos, marga y suelos degradados, para su validación. El modelo se aplicó a la distribución de las masas y carbono orgánico (agente cementante) de unidades estructurales, de fragmentos a agregados, para analizar la formación de suelos, con base en el nivel de agregación (estabilidad estructural), obteniéndose buenos resultados estadísticos. El modelo se puede ampliar para el caso del análisis de tepetates con agregación de unidades estructurales en procesos de corto plazo (menor a dos años), donde coexisten diferentes agentes cementantes.

La modelación de la distribución del carbono orgánico de los suelos a diferentes profundidades permite analizar los procesos de estabilización/desestabilización. Para este fin, es práctica común realizar ajustes empíricos de diferentes modelos matemáticos para definir el modelo del mejor ajuste para su selección. Con el uso de un enfoque gradual de modelación asociado a condicionantes límites, inferior y superior, se revisan los parámetros de los mejores ajustes empíricos de los modelos, en donde se observan patrones incoherentes y poco claros. Una alternativa al enfoque de modelación con uno o varios compartimientos, fue utilizar un modelo de cinética de orden n para generar diferentes modelos matemáticos producto de un mismo proceso, cambiando el paradigma de modelación a uno simple, más versátil, orientado a procesos; este modelo dio buenos resultados en los ajustes experimentales, generalmente mejores que los obtenidos con el uso de modelos clásicos. El ejercicio de modelación en secuencias de perturbación y sitios de referencia permitió obtener parámetros que pueden interpretarse fácilmente.

La distribución del carbono orgánico a distintas profundidades, asociados a diferentes usos del suelo, permite obtener patrones característicos. Con el uso de un modelo de cinética de orden n se realizaron ajustes estadísticos al carbono edáfico de diferentes usos del suelo, que van desde sistemas agrícolas anuales, a permanentes y sistemas agroforestales. Los resultados muestran un buen ajuste experimental de los patrones de carbono orgánico a profundidad, donde existen algunas diferencias asociadas a la posición del punto de muestreo relacionado con la cercanía a la vegetación.

Los modelos de distribución del carbono orgánico por fracciones de partículas primarias (arcilla, limo y arena) definen patrones genéricos asociados a la parte órgano mineral y particulada del carbono orgánico. En esta perspectiva, el modelo COLPOS, con comportamiento tri lineal, plantea un modelo simple en función del tamaño de las fracciones físicas del suelo. Para explorar los patrones asociados a las masas y, al enriquecimiento de las fracciones, se analizan las bases de datos de suelos mexicanos y algunas bases publicadas en la literatura. Bajo el supuesto de una relación lineal entre el tamaño y la masa de las partículas, el modelo COLPOS se reparametrizó, cabe destacar que para algunas bases de datos los patrones obtenidos no resultaron como se esperaba, producto de error de análisis o muestreo, aparentemente. Para simplificar la parametrización del modelo COLPOS, se extendieron las relaciones para estimar los parámetros en la región del carbono orgánico particulado y en la del carbono órgano mineral, facilitando la obtención de datos para el modelo.

El modelo COLPOS de la distribución del carbono orgánico por fracciones físicas ha sido presentado en su versión estática, por lo que se introduce una versión dinámica basada en tres compartimentos: carbono orgánico particulado, carbono órgano mineral y, carbono inerte (tasa de descomposición muy lenta). El modelo dinámico COLPOS se revisó para su parametrización, con el uso de cronosecuencias de asimilación y descomposición temporal del carbono orgánico, determinado con el uso de isótopos ^{13}C . Los resultados muestran buenos ajustes para determinar el parámetro q del modelo, único parámetro libre, aunque con variaciones con relación a los usos del suelo.

Uno de los modelos de mayor uso es el RothC, cuya parametrización es relativamente simple. El uso de modelos predictivos del carbono orgánico en los suelos permite analizar escenarios climáticos y de cambios de uso del suelo, por lo cual es importante conocer sus alcances y limitaciones. Se revisa el modelo RothC, así como uso a escala de parcela, sitio, sistemas y regiones, para el caso de sistemas agrícolas, forestales, praderas y agostaderos; así como para generar escenarios de cambios de uso del suelo. Los resultados obtenidos fueron adecuados, en donde las tendencias y tasas de cambio obtenidas coincidieron con las estimaciones de otros estudios; aunque con problemas de sobreestimación para valores altos de carbono orgánico del suelo. Se discuten los posibles caminos para mejorar las simulaciones.

El análisis y modelación de la variación espacial del carbono orgánico en los suelos de México es una tarea crítica para el conocimiento del ciclo del carbono. Se presenta un mapa digital del carbono a un metro de profundidad, con una resolución espacial de 90 m, para el periodo 1991-2009 a través del uso de un ensamble de árboles de regresión con una eliminación recursiva de variables, explicando el 54% de la variabilidad total, con el uso de una validación cruzada con muestras independientes. El carbono orgánico total estimado a la profundidad de un metro fue de 16.03 Pg de carbono, el cual resulta conservador comparado

con otros estimados globales y nacionales. El marco de trabajo de mapeo digital de suelos permite la utilización de monitoreos estatales y municipales con bajo costo computacional.

Los diferentes enfoques de síntesis y modelación de los patrones del carbono orgánico de los suelos que se presentan en este número especial, permiten avanzar en el conocimiento del ciclo del carbono, facilitando los procesos de comprensión de las dinámicas y relación entre variables analizadas. Es el deseo de los editores, que las contribuciones presentadas sirvan como carta de intención para nuevos desarrollos que permitan hacer viables los esquemas a implementar para generar escenarios de intervención asociados al Segundo Reporte del Estado del Ciclo del Carbono en México.