

Emisiones de CO₂ y estimación de la biomasa en los ecosistemas terrestres de México

El último informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) mostró de manera contundente que la acción de las sociedades humanas está directamente relacionada con la emergencia climática planetaria y que la precede en el tiempo. Una de las principales causas que llevó al calentamiento de los continentes, océanos y atmósfera, es el incremento desde 1750 de los gases de efecto invernadero, GEI, constituidos principalmente por dióxido de carbono, metano y óxido nitroso, que atrapan el calor en la atmósfera. La acidificación e incremento del nivel del mar, el aumento en la frecuencia e intensidad de calor y los incendios forestales, así como precipitaciones intensas, sequías en las superficies cultivadas y fusión de los mantos de hielo de Groenlandia y la Antártida, son procesos que se han intensificado con el calentamiento global. Debido a su relación con el clima, para mitigar los efectos y que la sociedad pueda adaptarse al cambio climático planetario, es necesario incrementar el conocimiento local, regional y global de la ciencia del ciclo del carbono y de los procesos sociales que determinan las emisiones y sumideros de carbono.

La concentración media global de CO₂, en los años recientes, ha superado las 400 ppm como producto de la quema de combustibles fósiles, la producción de cemento y el cambio de uso de suelo. El aumento del CO₂ y otros GEI, como metano y óxido nitroso, están relacionados con el incremento de cerca de 1 °C en la temperatura media del planeta, si se toman como referencia las concentraciones y temperaturas preindustriales, entre 1850 y 1900. De no llevarse a cabo políticas de reducción de emisiones de GEI, la temperatura podría incrementarse hasta en 4 °C para finales de este siglo. Aun cuando la principal fuente de emisión de CO₂ a la atmósfera ha cambiado con el tiempo, tal como sucedió por el cambio en el uso del suelo en el periodo de 1880 a 1950, actualmente las emisiones fósiles de CO₂ dominan los cambios globales, sin que se descarten las emisiones por las actividades de la agricultura, el sector forestal y el cambio de uso de suelo, que continúan siendo muy importantes. Con base en lo anterior, es indispensable dar seguimiento y reducir la incertidumbre de las magnitudes de los almacenes y secuestro de carbono por los ecosistemas terrestres y las emisiones de CO₂ debidas a la deforestación e incendios.

Es preciso coordinar los esfuerzos de la comunidad científica en el campo de la dinámica de los almacenes de carbono y flujos de GEI, así como de las estrategias de mitigación relacionadas con el carbono, a través de la identificación de problemas prioritarios a escala continental y la promoción de investigación colaborativa en áreas de interés común y capacidades complementarias. En México, el **Programa Mexicano del Carbono, A.C. (PMC)** tiene como misión coordinar la actividad científica asociada al ciclo del carbono, orientada a generar elementos para políticas públicas y desarrollo de acciones de mitigación y adaptación al cambio climático. El conocimiento de la biomasa vegetal es fundamental para el entendimiento y manejo de los ecosistemas, ya que permite estimar productividad primaria, almacenes de nutrientes y respuestas al disturbio. Con los valores de biomasa pueden

evaluarse los parámetros necesarios para modelar la dinámica del carbono y otros elementos del ecosistema. Las medidas directas consisten en cosechar, secar y pesar las plantas, mientras que las medidas indirectas involucran la evaluación de la biomasa bajo la asociación tamaño-biomasa mediante dimensiones de las plantas como altura, volumen de la copa y diámetros de los tallos, para relacionarlos con la biomasa mediante ecuaciones alométricas. La estimación de la relación tamaño-biomasa tienen muchas ventajas sobre la estimación directa y destructiva, al poder realizar estimaciones rápidas de grandes extensiones, con precisión razonable, sin realizar disturbios en los sitios de estudio.

El segundo número sobre la dinámica del carbono en la biomasa de los ecosistemas terrestres editada por el PMC y la revista **Madera y Bosques**, continúa con la publicación del conocimiento relativo a la agenda verde (ecosistemas terrestres) del ciclo del carbono y sus interacciones, con una serie de artículos sobre la problemática asociada a la elaboración y validación de ecuaciones alométricas para la estimación del contenido de biomasa y carbono, tanto a nivel de especie y sitio, como multiespecie y multisitio, así como sobre los patrones de almacenamiento del carbono orgánico en la vegetación y suelo asociados al efecto del manejo en los ecosistemas terrestres. Por la afinidad de objetivos de los artículos, el segundo número está estructurado en las secciones: i) alometría y estimación de biomasa, ii) patrones del almacén de carbono en humedales y bosques secos y iii) efecto del manejo forestal en el secuestro de carbono por la vegetación.

En la sección de alometría y estimación de biomasa, se incluyen seis artículos en donde se revisan las implicaciones del uso de variables morfológicas de los árboles y arbustos, así como la relación entre los parámetros de las ecuaciones alométricas, concluyendo que la relación entre la altura y la biomasa aérea total —datos generalmente disponibles en los inventarios forestales— pueden simplificar y reducir la incertidumbre en la estimación de la biomasa aérea y carbono en las plantas leñosas. Se presenta un marco teórico generalizado aplicable a nivel de especie y multiespecies, aprovechando las relaciones entre las constantes y exponentes de las ecuaciones alométricas, para simplificar modelos y reducir los errores en la estimación de la biomasa y carbono. Con una base de datos para los bosques tropicales con más de 4000 mediciones del diámetro a la altura del pecho, altura total y densidad de madera en casi 60 sitios, la mayoría con vegetación no perturbada y distribuidos en el planeta, se demuestra que los modelos alométricos que generalmente se usan en la literatura son equivalentes entre sí, lo que permite el desarrollo de modelos alométricos pantropicales globales y locales. Con el diámetro a la altura del pecho, densidad específica de la madera y altura, se generaron ecuaciones alométricas para cinco especies de árboles dominantes del bosque seco tropical, encontrándose que la biomasa de todas las especies se predijo de manera correcta, utilizando solamente las medidas del área basal. Por otro lado, con los datos alométricos de un árbol desértico de amplia distribución, se expone que el ajuste de ecuaciones alométricas mediante un enfoque bayesiano podría reducir la variabilidad del error, en comparación con el ajuste por mínimos cuadrados, así como disminuir la influencia del tamaño de muestra.

En la sección sobre los patrones del almacén de carbono en la vegetación, se destaca que los almacenes de carbono aéreo y subterráneo de los manglares estuvieron dominados por procesos de producción y acumulación, así como que son capaces de almacenar más carbono que los humedales caracterizados por herbáceas con halófilas o por pastos marinos sumergidos, con predominio de la producción y el reciclamiento de carbono en los humedales costeros cársticos de la Península de Yucatán. En manglares de franja de una zona cárstica se observó una conexión importante de la hidrología, a través de la salinidad intersticial, con los flujos y almacenes de carbono en un estudio sobre la influencia de la salinidad en los almacenes y flujos de carbono. Con independencia de la edad, en tres bosques de encino la biomasa de raíces finas disminuyó exponencialmente, mientras que la de las raíces medias y gruesas tuvo un patrón irregular y los almacenes de carbono orgánico edáfico decrecieron con la profundidad del suelo, en tanto que aumentó la densidad aparente.

Respecto al efecto del manejo intensivo y no intensivo, sobre los almacenes de carbono en el suelo, así como mantillo, madera muerta, raíces y biomasa aérea, se encontró que después de más de dos décadas de reforestación en bosques de pino, encino y pino-encino, el método no intensivo favorece la acumulación de carbono en suelo y hojarasca, pero el mayor reservorio lo constituyó la biomasa arbórea del bosque de pino-encino, por lo que se concluye que el manejo no intensivo puede beneficiar los almacenes de carbono edáfico, mientras que las prácticas de manejo intensivas tendrían mayor potencial para incrementar el reservorio en la biomasa aérea.

En lo sucesivo, es necesario continuar con la generación de conocimiento científico sobre el ciclo biogeoquímico del carbono de los ecosistemas terrestres (agenda verde) y marinos (agenda azul), en los ecosistemas naturales y manejados, así como orientar el conocimiento de los almacenes y flujos asociados a gases de efecto invernadero, que puedan ser equivalentes a emisiones de dióxido de carbono, relacionados con las emisiones de metano de la fermentación entérica del ganado y las emisiones de óxido nitroso de los suelos, producto de la aplicación de fertilizantes y del carbono negro resultante los procesos de combustión (agenda gris).

Alma S. Velázquez Rodríguez

Fernando Paz Pellat

Oscar Briones Villarreal

Editores Programa Mexicano del Carbono
para número especial 27(4), Invierno 2021

Reyna Paula Zárate Morales

Editora Técnica