

La importancia de la materia orgánica en los ecosistemas

Por Carlos Peláez y Liliana Acevedo **

De cómo el desequilibrio logra mantener vivos los ecosistemas. La tierra está concebida como un sistema termodinámico cerrado, con el sol como fuente de energía y con el reciclaje como única alternativa para suplir la materia requerida. A diferencia de la energía, la biósfera no comparte ni recibe

materia del exterior, razón por la cual el único mecanismo posible para la generación de nueva biomasa es su reutilización. Tal mecanismo consistió en la especialización de tres grandes grupos (productores, consumidores y descomponedores), que constituyen lo que se denomina la cadena trófica.

La fotosíntesis es el recurso con que cuentan los primeros miembros de la cadena trófica (productores), para transformar la energía electromagnética en energía química o materia. En el proceso se utiliza el sol como motor para elaborar los compuestos que constituyen el tejido vegetal, procedimiento realizado por los organismos fotosintetizadores - las plantas -, que a su vez representan una fuente de alimento para los siguientes miembros de la cadena, los consumidores. Mediante la excreción y su posterior muerte, tanto los productores como los consumidores se constituyen en alimento para el tercer gran grupo, el de los descomponedores: insectos, hongos, bacterias, etc., que actúan reduciendo este material a sus formas más simples para que sea nuevamente absorbido por las plantas en su propio desarrollo. Tal proceso se conoce como mineralización.

La mineralización es, pues, el proceso por el cual los organismos descomponedores degradan moléculas complejas generando moléculas simples que son la materia prima para los productores. Con este último paso se verifica



el cierre de la cadena trófica y se garantiza un “eficiente” reciclaje de la materia. Lo anterior implica que mientras la energía fluye inagotablemente, la materia ha de ser reutilizada una y otra vez para asegurar la mantención de los organismos vivos.

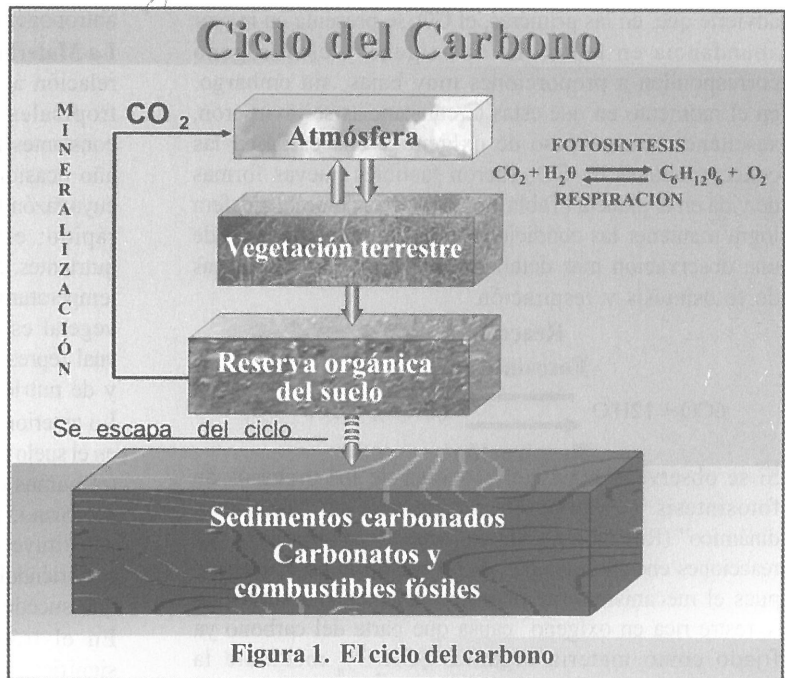
Como se evidencia, la mineralización o descomposición de la materia orgánica es un proceso natural y cotidiano. Sin embargo, con el advenimiento del hombre agrícola y la ulterior era tecnológica, los asentamientos urbanos alcanzaron a producir una acumulación tal de materia orgánica en forma de residuos, que desbordó la capacidad de transformación de la naturaleza: La velocidad de producción es mayor que la de descomposición, constituyendo lo que se podría señalar como un “cuello de botella” en la cadena trófica; es bajo esta circunstancia que surge el concepto de contaminación por materia orgánica. Si a esto se suma que la alternativa generalizada para el tratamiento de los residuos orgánicos acumulados consiste en su disposición en suelos no productivos como los rellenos sanitarios, donde la materia orgánica no logra reincorporarse al ciclo natural, puede inferirse entonces un manifiesto desajuste nutricional en los ecosistemas actuales, que contribuye a agudizar la problemática de la seguridad alimentaria.

No obstante, ¿será posible que la circulación de la materia orgánica a través de la biósfera sea 100% eficiente? La respuesta a esta pregunta se puede obtener con un análisis detallado de los ciclos biogeoquímicos.

El Ciclo del Carbono. Los mecanismos que describen el movimiento de la materia son los ciclos biogeoquímicos; en ellos los elementos que la conforman pasan por varios estados de oxidación mientras circulan por la biósfera.

Interesa ver en detalle el ciclo del carbono, que es quizás el elemento de mayor importancia o por lo menos el más abundante de los que conforman la estructura química de la materia orgánica (Figura 1).

El paso de carbono atmosférico en forma de CO_2 a carbono inmovilizado como biomasa vegetal y viceversa, está regulado por dos reacciones básicas: fotosíntesis y respiración. Estas reacciones constituyen la base de los ciclos de la materia orgánica o ciclos biogeoquímicos. Una vez inmovilizado el carbono mediante la fotosíntesis, puede seguir dos caminos: regresar nuevamente a la atmósfera



mediante la respiración o seguir circulando en la cadena trófica hasta llegar al suelo como materia orgánica en descomposición; aquí es liberado nuevamente a la atmósfera en forma de CO_2 a través de respiración (operada fundamentalmente por la acción microbial) o es fijado como materia orgánica por los productores, cumpliéndose de esta manera el ciclo del carbono. Pese a la necesidad de reincorporar el carbono al proceso, no toda la materia orgánica es mineralizada y no todo el carbono orgánico retorna al ciclo; una fracción se escapa enterrándose en las capas más profundas del suelo para conformar los sedimentos y combustibles fósiles (figura 1). La razón probable por la cual se presenta en la biosfera este mecanismo de sustracción de materia se explica en la tabla 1.

Si se compara la composición atmosférica de varios planetas sin vida - incluida la Tierra antes de la formación de la biosfera - con las condiciones de la Tierra actual, se

Composición de las atmósferas planetarias.				
GAS	Planetas			
	Venus	Tierra sin vida	Marte	Tierra actual
Dióxido de carbono	96,5 %	98%	95%	0,03%
Nitrógeno	3,5%	1,9%	2,7%	79%
Oxígeno	Trazas	0	0,13%	21%
Argón	70 ppm	0,1%	1,6%	1%
Metano	0	0	0	1,7%
Temperaturas superficiales (°C)	459	240-340	-53	13
Presión total (bars)	90	60	0,0064	1,0

Tabla 1. Composición química de atmósferas planetarias

advierte que, en las primeras, el CO₂ se presenta en mayor abundancia en tanto que el oxígeno y el nitrógeno corresponden a proporciones muy bajas; sin embargo, en el momento en que estas circunstancias se invirtieron, suscitándose un exceso de oxígeno y una caída en las concentraciones de CO₂, fueron factibles nuevas formas de vida en el planeta (Tabla 1). La manera como la biósfera logra mantener las condiciones actuales, se explica desde una observación más detallada de las reacciones básicas de fotosíntesis y respiración.

Reacción 1.

Fotosíntesis



Respiración

Si se observa, además, el esquema de los procesos de fotosíntesis y respiración, se presume un “equilibrio dinámico” (Reacción 1). Sin embargo, al analizar estas dos reacciones encontramos que dicho equilibrio no es posible, pues el mecanismo que permite mantener una atmósfera terrestre rica en oxígeno causa que parte del carbono ya fijado como materia orgánica (CH₂O)_n mediante la fotosíntesis, deba enterrarse en la columna sedimentaria de la litósfera antes de poder recombinarse nuevamente con el oxígeno a través de la respiración, como se muestra en la Reacción 1; dicha sustracción de materia hace que ésta se constituya en el reactivo límite. Para compensar la pérdida de (CH₂O)_n se produce un desplazamiento del equilibrio en favor de la reacción de fotosíntesis que deriva un mayor rendimiento en la producción de oxígeno.

En consecuencia, las condiciones atmosféricas actuales son el resultado de una demora de la reacción de respiración frente a la de fotosíntesis y explican cómo una “deficiencia” en el ciclo del carbono favorece la preservación de las actuales condiciones atmosféricas de la biósfera (Figura 1).

A pesar de los mecanismos moleculares realizados para mantener este “desequilibrio”, un acontecimiento afectó definitivamente el curso normal del ciclo del carbono. Con el arribo de la era industrial, el hombre moderno necesitó cada vez más de la gran reserva energética que representan los combustibles fósiles y en un intento por aprovechar tal recurso, ha ido retornando a la atmósfera el carbono que había sido previamente removido del ciclo; con esto, indujo a un aumento inusitado de las concentraciones de CO₂ y a un lento retorno a las condiciones atmosféricas iniciales, donde no son posibles todas las formas de vida.

Se tiene entonces una doble condición: De un lado, la necesidad de restituir a la cadena trófica el carbono orgánico extraído en forma de cosechas con el fin de evitar contaminación por materia orgánica en los ecosistemas terrestres y, de otro lado, el peligro que representa la sobreexplotación de los recursos fósiles, los cuales introducen a los ecosistemas un exceso de CO₂ ocasionando una fuerte contaminación atmosférica.

Es así como la materia orgánica y sus transformaciones cumplen una función vital en los ecosistemas y las acciones

antropogénicas logran afectar dichos mecanismos.

La Materia Orgánica en los Ecosistemas Tropicales. Con relación al flujo de la materia orgánica en las regiones tropicales, se observa que las altas y relativamente constantes temperaturas que se presentan durante todo el año ocasionan una actividad biológica muy intensa, por cuya razón la materia orgánica presenta un reciclaje bastante rápido; esto garantiza una buena disponibilidad de nutrientes. Sin embargo, debido a la misma condición de temperaturas altas y estables, en el trópico el crecimiento vegetal es continuo durante los doce meses del año, lo cual representa una demanda continua de materia orgánica y de nutrientes.

Lo anterior pone de manifiesto el alto consumo de biomasa en el suelo tropical y explica, la baja disponibilidad de humus (el humus es materia orgánica altamente estabilizada que se forma, pedogenéticamente, a través del tiempo y constituye una considerable reserva orgánica del suelo, confiriéndole estabilidad y fertilidad), contrario al fenómeno que sucede en las zonas templadas.

En el trópico se observan, entonces, dos aspectos significativos: el alto coeficiente de mineralización de la materia orgánica y la gran demanda productiva durante todo el año; tal hecho, complementado con la escasa reposición de la materia que se va agotando con el transcurrir de las cosechas, provoca un empobrecimiento de la biomasa de reserva y, por lo tanto, una progresiva desestabilización de los suelos.

Esta doble condición permite concluir que los suelos tropicales presentan una ventajosa capacidad de producción, pero una gran necesidad de materia orgánica de aportación. Cuando lo último falta, comienzan los procesos degradativos.

BIBLIOGRAFIA

- PRIMAVESI, Ana. *Tecnología agrícola tropical*. www.maela-net.org/hoja_a_hoja/rev_15/15_tecnologia_agricola.htm. 2001.
- LOVELOCK, James. *Las edades de Gaia. Una biografía de nuestro planeta*. Madrid: Tusquets S.A, 2000. 23 p.
- GIEM -Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares-, FENAVI -Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Universidad de Antioquia-, FONAV -Fondo Nacional Avícola-. *Producción de Compost en la Industria Avícola CUADERNOS AVICOLAS 11*. Santa Fe de Bogotá: Noviembre 2000.
- KOLAR, Miguel O. et al. *Variación del contenido de Materia Orgánica y la Estabilidad de los Agregados en diferentes tipos de cultivos*. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas, 2000.
- CORONADO, Myriam; -Cendo CIED. “Agricultura orgánica versus agricultura convencional. Primer encuentro: abonos orgánicos vs. Fertilizantes químicos”. <http://www.ciedperu.org/manuales/organico.htm> 2001.
- PLANAS, A. y PELÁEZ, C. “La compostación de residuos agrícolas y ganaderos: variables y procesos”. *Revista Afinidad*. Marzo-Abril 2001.
- ACEVEDO, L.; M.E. MORENO, G.; MORALES, M.; ACEVEDO, C. Peláez. “Gallinaza: Materia Prima en Procesos de Compostación”. Bogotá: Avicultores, 1999. En 53:28-32
- ABAD, M. Limitaciones y riesgos del uso agrícola de los residuos orgánicos. *Residuos orgánicos: aprovechamiento agrícola como abono y sustrato*. Soc. Colom. Ciencias del Suelo. 1-19. 1998.
- ABAD, M. “La gestión de los residuos orgánicos. Residuos orgánicos: aprovechamiento agrícola como abono y sustrato”. Soc. Colom. Ciencias del Suelo. 27. 1998.
- * Director Grupo de Investigaciones y Estudios Moleculares –GIEM–, Universidad de Antioquia –U de A.
- ** Investigadora GIEM, U. de A.-macedo@matematicas.udea.edu.co