

Su vinculación a las técnicas de conservación

Manejo de la materia orgánica del suelo

Consideraciones generales divulgativas



L. M. Muñoz-Guerra*
J. J. Lucena**

En el ámbito agrícola la fertilidad del suelo puede definirse como su capacidad para mantener una producción agraria adecuada. Es decir, un suelo fértil es aquel que tiene todas las características necesarias para que la planta no encuentre impedimentos en el suelo que limiten su desarrollo. Estas necesidades de la planta para completar su ciclo vital se muestran en la **Figura 1**. Se observa que la planta precisa luz y dióxido de carbono de la atmósfera, mientras que del suelo debe tomar el agua y los nutrientes minerales necesarios. Las raíces requieren además oxígeno para respirar y poder efectuar su labor de absorción.

Dado que en cultivos al aire libre el agricultor apenas puede ejercer ninguna acción sobre la atmósfera que envuelve al cultivo, tendrá que centrar todos sus cuidados en el suelo para asegurar las mejores condiciones de crecimiento a la planta.

¿QUÉ CARACTERÍSTICAS TIENE UN SUELO FÉRTIL?

Un suelo fértil es aquel que tiene una "estructura" estable, entendiendo por estructura la ordenación de los componentes sólidos del suelo, que condicionará la distribución del agua y los gases en el suelo. Gracias a esa estructura el suelo permite el crecimiento de las raíces, no se encharca y, a la vez, tiene una buena capacidad de retención de agua, que pone a disposición del cultivo. Además el suelo fértil tiene una reserva nutritiva adecuada para alimentar a todos los organismos que viven del suelo, incluido el cultivo. Con estas condiciones físicas y químicas, lógicamente un suelo alberga una mesofauna y microfauna muy abundante, que además mejora continuamente sus propiedades. Siempre que el trabajo agrícola mejore y mantenga estas propiedades del suelo, se le dará a la planta

* Investigador.

** Profesor Titular de Universidad. Universidad Autónoma de Madrid. Facultad de Ciencias. Dpto. de Química Agrícola.

Atmosfera

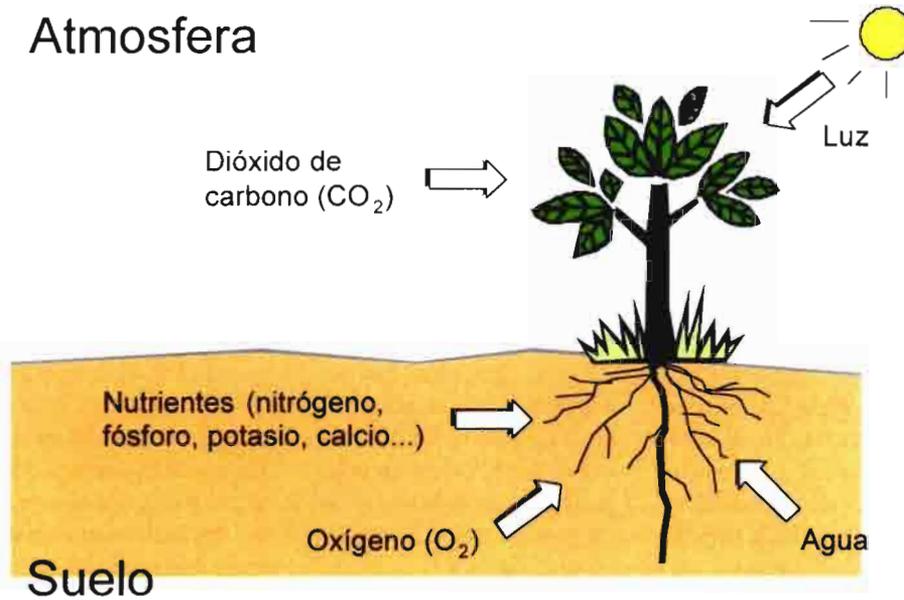


Figura 1. Necesidades generales de las plantas.

¿POR QUÉ SE PIERDE LA MATERIA ORGÁNICA?

La materia orgánica en el suelo desaparece debido a su consumo por parte de los microorganismos, que lo transforman en gases y agua (proceso denominado mineralización) y una pequeña parte en el humus, la materia orgánica más estable y de más lenta degradación en el suelo. Otra causa importante de pérdida de materia orgánica es la erosión del suelo, que arrastra la capa superficial del suelo, zona de máxima riqueza de materia orgánica.

En los suelos naturales sin alterar existe un equilibrio entre la materia orgánica que cada año se mineraliza y aquella que se aporta en forma de restos vegetales, con lo cual la mineralización se ve compensada por el aporte de materia orgánica fresca. En los suelos cultivados este reciclado de biomasa no se respeta dado que una parte importante de la biomasa producida se retira como cosecha. Por ejemplo, las cosechas anuales devuelven en forma de restos únicamente un 15-20% de la biomasa producida durante su crecimiento. En los suelos naturales sin alterar predominan las plantas perennes, que devuelven un 60-90% de la biomasa que producen (Reicosky, 2001). Un tercer factor que acelera la pérdi-

el mejor de los ambientes de crecimiento posible, se conservará el suelo para el futuro y se fomentará una mejora general del ecosistema en el que se desarrolla la agricultura.

¿QUÉ COMPONENTES DEL SUELO SON CLAVE EN LA FERTILIDAD DEL SUELO?

El suelo está formado por constituyentes inorgánicos y orgánicos (sustancias formadas básicamente por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno). Los componentes inorgánicos proceden de la transformación de las rocas sobre las que se forma el suelo, de donde provienen los nutrientes esenciales para la planta (Figura 1). El otro componente, la materia orgánica, se forma por la actividad de los seres vivos. En suelos normalmente la materia orgánica está en porcentajes bajos, inferiores al 3 o 4%; sin embargo, a pesar de que la planta no se nutre directamente de la materia orgánica, es un componente clave del suelo. La materia orgánica

El carbono orgánico tiene gran peso en la conservación del suelo

muerta y los organismos del suelo, junto con las partículas más pequeñas (arcillas), son los responsables de conformar la estructura del suelo; además la materia orgánica es el componente químicamente más activo del suelo, pues sirve de almacén para los nutrientes y el agua del suelo y moviliza nutrientes de este, especialmente los denominados "micronutrientes", como el hierro, el manganeso, el cobre o el cinc (Rodríguez, 2000).

El carbono orgánico del suelo condiciona directamente la actividad biológica de éste ya que es su fuente de alimentación primaria (Reicosky, 2001). La cantidad, diversidad y actividad de los microorganismos están directamente relacionadas con el contenido y la calidad de la materia orgánica presente.

Si bien es posible preparar un suelo fértil sin materia orgánica (aportando de forma controlada todos los

requerimientos especificados en la Figura 1), conservarlo resulta muy complejo debido a la necesidad de un control extremo del medio en el que se desarrollaría el cultivo. Por tanto, la materia orgánica constituye un factor que tiene la capacidad de aportar estabilidad al suelo frente a múltiples factores ambientales que se pueden presentar (climáticas, falta de nutrientes, adición de compuestos tóxicos al suelo, etc.), dando durabilidad a la fertilidad del suelo.

Sin embargo la conservación y mejora de la materia orgánica del suelo es una cuestión a la que la agricultura convencional ha dado de lado en gran medida. Sin embargo, poco a poco se han abierto metodologías como la agricultura de conservación, la producción integrada o la producción orgánica, que incluyen la idea del papel central del carbono orgánico en la conservación del suelo.

da de materia orgánica de los suelos cultivados es el laboreo del suelo, dado que al labrar se produce una fuerte entrada repentina de oxígeno al suelo, que favorece la proliferación de microorganismos que degradan la materia orgánica.

¿CÓMO PODEMOS MEJORAR LA CONSERVACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO?

Existen tres ideas básicas: evitar la mineralización de la materia orgánica, incorporar la máxima cantidad posible de materia orgánica al suelo y reciclar biomasa y nutrientes (Vieira, 2001).

Para *disminuir la mineralización* de la materia orgánica se debe evitar en lo posible la labranza del suelo, por lo que sistemas de cultivo como la siembra directa aumentan el contenido de materia orgánica del suelo.

En la **Figura 2** se muestra un esquema que refleja la importancia del *reciclado y del aporte de materia orgánica*; aparecen el ciclo de los nutrientes y el de la materia orgánica, ambos fuertemente relacionados.

En esta figura se pueden ver las entradas en el suelo, los reciclados y las pérdidas. En el apartado **a)** se muestra el ejemplo para un cultivo frutal que tiene cultivos de cobertura entre líneas. En este caso se produce la **salida de biomasa** (materia orgánica) y de nutrientes en forma de producción frutal. Una parte de lo extraído se puede **reciclar** como hojas, madera (triturada previamente) y frutos desechados. Por otra parte la biomasa y los nutrientes extraídos por el cultivo de cobertura van enteramente al suelo. Si además este cultivo es fijador de nitrógeno (leguminosas), se produce una **ganancia** de este nutriente. Otra salida

de nutrientes se puede producir, sobre todo en el nitrógeno, por *lixiviación* (movimiento de nutrientes hacia las capas profundas del suelo), *volatilización* (mineralización de la materia orgánica, nitrógeno) y *erosión* (arrastrado por agua y viento). La diferencia entre las salidas y las ganancias se deberán aportar mediante fertilización, ya sea orgánica o inorgánica. El apartado **b)** muestra un caso similar pero en un cultivo extensivo que se alterna con otro cultivo para no dejar al suelo desnudo. Como se ve en la figura, los cultivos de cobertura son fundamentales para producir biomasa que se incorpora al suelo y por proteger al suelo contra la erosión.

Se deduce también de la **Figura 2** la necesidad de una incorporación pequeña pero constante de nutrientes al suelo que compensen las pérdidas. La producción y los demás procesos de sali-

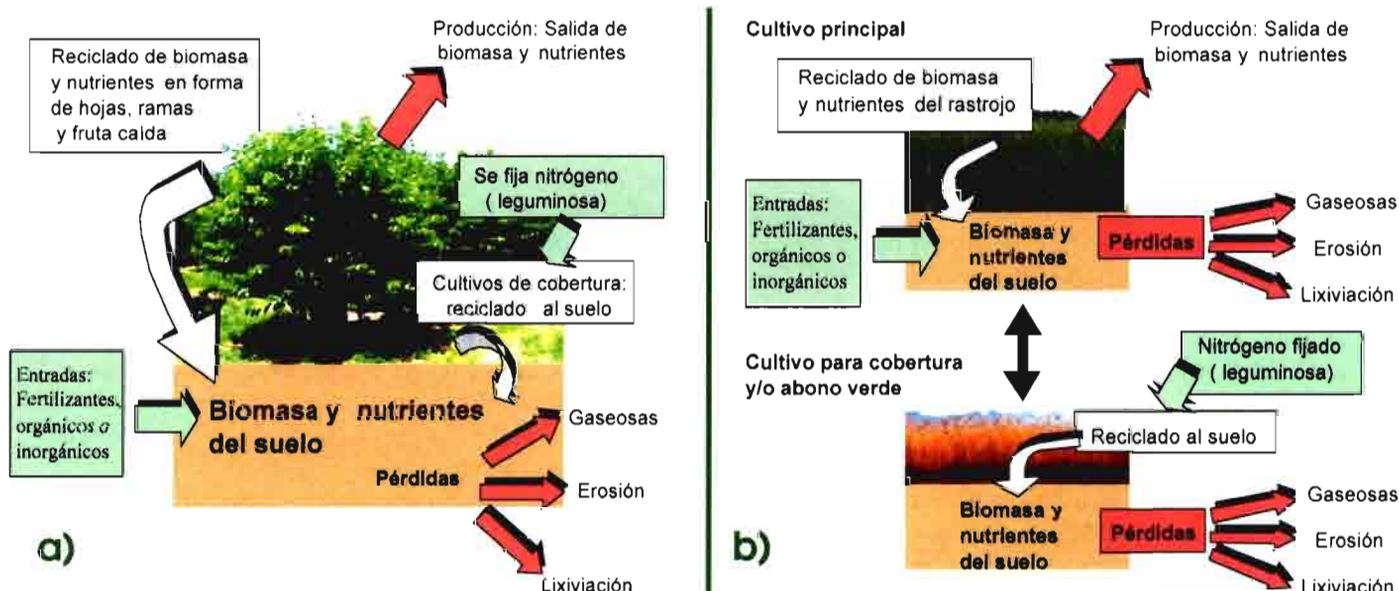
da del suelo originan un flujo de salida de nutrientes. Alguno de ellos, como el nitrógeno, podría obtenerse en mayor o menor cantidad a través del abono verde; sin embargo, otros, como el fósforo, potasio, calcio o magnesio, sólo podrían proceder del agua de riego y de la liberación lenta por parte de los minerales del suelo. Sin embargo estos dos procesos no suelen ser suficientes para compensar las pérdidas.

EL ABONADO DEL SUELO EN LOS SISTEMAS DE CONSERVACIÓN

Los aportes de nutrientes se podrían efectuar mediante abonos inorgánicos sintéticos o bien mediante residuos orgánicos, tales como estiércoles. Ambas posibilidades tienen ventajas y desventajas.

- **Los abonos inorgánicos sintéticos.** Son productos cuyo contenido de nu-

Figura 2. Ciclo de los nutrientes y de la biomasa (carbono orgánico) en los sistemas agrícolas. a) Cultivo frutal con cultivo de cobertura. b) Cultivo extensivo herbáceo con rotación entre cosechas.



¿Interesados en el futuro?
- formamos parte de él...

hoqballe 

NUEVO



M3W

la de mayor capacidad en el mercado

1800 - 4050 L



Distribución de abono totalmente automática

Conexión a PC a través de CALIBRATOR UNIQ

Sistema de pesada experimentado desde 1991



ANTONIO CARRARO IBÉRICA, S.A.

Paseo de la Campsa, 65 • 08940 Cornellà de Llobregat (Barcelona)

Tel.: 93 377 99 57 • Fax: 93 377 84 70

e-mail: carraro@abaforum.es

trientes es siempre conocido. Estos productos en general son puros, por lo que no poseen sustancias distintas de las que se desea añadir. Su comportamiento en el suelo resulta previsible hasta cierto punto debido a que por su solubilidad son inmediatamente utilizables por las plantas. Su manejo es cómodo por que están preparados para facilitar su uso agrícola. Su principal desventaja es que no mejoran al suelo en ningún otro aspecto que no sea el del aporte de nutrientes. Al ser solubles y aplicarse a veces en concentraciones altas, pueden originarse fuertes pérdidas, con perjuicio económico y ecológico. La adición continuada durante muchos años de estos abonos puede producir efectos tales como la acidificación del suelo, así como modificaciones en la microbiología de éste.

- **Los residuos orgánicos.** Engloban productos co-



mo estiércoles, purines, basura compostada, etc. Presentan una composición muy variable (Muñoz-Guerra y Lucena, 2000). Aportan materia orgánica al suelo, por lo que en general influyen muy favorablemente en las propiedades físicas, químicas y biológicas de éste. Son sustancias complejas en su composición química, por lo que pueden adaptarse o no a las necesidades de nuestro campo de cultivo. Su uso presenta mayor incomodidad y se necesitan ciertos conocimientos específicos para

que su uso sea seguro.

Para los sistemas agrícolas de conservación del suelo reviste mayor interés el uso de residuos orgánicos como restituyentes de todas las necesidades del suelo. Sin embargo no se debe olvidar que los residuos orgánicos son sustancias químicamente muy activas, que pueden crear problemas graves en el suelo en caso de mala utilización. Es fundamental su utilización en las dosis y momentos adecuados; de lo contrario su uso podría ser tan perjudicial como la utilización única de abonos inorgánicos. Esta idea se puede resumir en una frase: "el suelo no se usa para deshacerse de los residuos orgánicos sino que los residuos orgánicos se utilizan para mejorar las propiedades del suelo".

Teniendo siempre en cuenta lo anterior, en los sistemas agrícolas de conservación se considera adecuado compaginar la ganadería con la agricultura para conseguir más reciclado de recursos naturales (Lampkin, 1998). Esta política ahorra costos al agricultor y puede suponer también un

ahorro energético adicional, por no ser necesario el transporte de estos residuos. Los residuos orgánicos se aplican en cantidades muy grandes al suelo para aportar una cantidad apreciable de materia orgánica y nutrientes al suelo. El transporte de estas cantidades encarece su uso, dado también su habitual alto contenido de agua.

CONCLUSIONES PRÁCTICAS

Como conclusión a todo lo expuesto nos permitimos dar algunas indicaciones generales sobre el manejo del carbono orgánico en los suelos.

- Para que los cultivos se desarrollen adecuadamente de forma sostenible a lo largo del tiempo, es imprescindible plantear los trabajos agrícolas siempre pensando en la conservación del suelo.
- En el aspecto agrícola conservar la fertilidad del suelo significa mantener un medio en el que la planta puede satisfacer sus necesidades de agua, nutrientes y oxígeno (para la respiración de las

Figura 3. Panorámica de una explotación frutal en la que se utilizan residuos orgánicos en la fertilización. Las zonas entre los árboles se dejan cubiertas con plantas adventicias.



Los suelos agrícolas convencionales tienen importantes déficit de materia orgánica.

raíces). Además la conservación del suelo supone efectos ambientales favorables en los demás componentes del entorno agrícola.

- La materia orgánica del suelo es un factor fundamental en la conservación del suelo al ser el factor que más influye en las buenas propiedades químicas, físicas y biológicas de éste. La conservación y mejora del contenido de materia orgánica del suelo es el mejor camino para conservarlo.
- En España los suelos agrícolas convencionales tienen importantes déficit de materia orgánica.
- La materia orgánica se pierde por su consumo (mineralización) en el suelo y por la erosión principalmente.
- La restitución y conservación de la materia orgánica y de los nutrientes del suelo puede satisfacerse, al menos en parte, adoptando técnicas de la agricultura de conservación, buscando minimizar las salidas de materia orgánica y favorecer el reciclado de biomasa y nutrientes:
 - Uso de la siembra directa. El no laboreo del suelo disminuye la mineralización de los residuos y permite conservar en mayor medida la materia orgánica del suelo.
 - Incorporación superficial de los restos de la cosecha: Según Crovetto (2001). "El grano es para el hombre, la paja para el suelo". Esta práctica reci-



- la biomasa y nutrientes. Controla la erosión al evitar el impacto directo de agua y viento sobre el suelo y también porque mejora la estructura del suelo.
- Cubiertas vegetales. Especialmente en cultivos frutales se recomienda establecer cultivos que cubran el suelo desnudo entre los árboles. Aportan biomasa al suelo, movilizan nutrientes y evitan la erosión. En el uso de estos cultivos siempre se debe tener cuidado con la competencia hídrica; en algunos casos puede ser necesario eliminar estos cultivos en la época de máxima necesidad de agua.
- Uso del abono verde. Si los cultivos de cobertura son además fijadores de nitrógeno, incorporaremos este importante nutriente al suelo, pudiendo satisfacer al menos en parte la necesidad de nuestro cultivo.
- Los aportes externos de nutrientes se deben hacer

en lo posible mediante residuos orgánicos, de la propia explotación si es posible.

Como conclusión decir que la necesidad de la conservación de la materia orgánica del suelo para mantener su fertilidad ha quedado demostrado en muchas regiones de cultivo y también en abundantes estudios científicos. Sin embargo existen otras motivaciones para adoptar métodos de conservación del suelo. La primera es la económica, invertir en conservar el recurso del que se vive es la más lógica de las actitudes. La segunda es la adopción de las filosofías agrícolas que social y políticamente tienen más posibilidades de futuro.

BIBLIOGRAFÍA

- Crovetto, C. No till, the strubble and the soil nutrition. Libro de contribuciones del 1^{er} Congreso Mundial de Agricultura de Conservación.

Edita: XUL (Córdoba). Madrid, 2001. p.388.

- Lampkin, N. Agricultura ecológica. Ed. Mundiprensa, 1998, p. 724.

- Muñoz-Guerra, L.M.; Luceña, J.J. Metodología para el estudio del uso de residuos orgánicos en cultivos frutales. *Fruticultura profesional*. 115. 2000. p. 8-12.

- Reicosky, D.C. Conservation agriculture: Global environmental benefits of soil carbon management. Libro de contribuciones del 1^{er} Congreso Mundial de Agricultura de Conservación. Madrid, 2001. Edita: XUL (Córdoba) p.388.

- Rodrigues, M.S. 2000. The use of compost in agriculture: a literature review. <http://www.geocities.com/athens/8974/compost.html>

- Vieira, V. Innovations in mineral and organic fertilization management. Libro de contribuciones del 1^{er} Congreso Mundial de Agricultura de Conservación. Madrid, 2001. Edita: XUL (Córdoba) p. 388.