

LA MATERIA ORGÁNICA

Índice del capítulo I

Introducción

I.1 Procedencia de los componentes orgánicos del suelo

I.2 Importancia de la materia orgánica en el suelo

Propiedades físicas

Propiedades químicas

Propiedades biológicas

I.3 Transformación de la materia orgánica y formación del humus

I.4 La transformación “artificial” de la materia orgánica. Abonos orgánicos

La materia orgánica introducción

La materia orgánica o componente orgánico del suelo agrupa varios compuestos que varían en proporción y estado e incluye:

- Materia orgánica no transformada, representada por la biomasa vegetal, animal y microbiana en estado fresco.
- Materia orgánica semitransformada, compuesta por restos orgánicos en proceso de transformación, poco parecidos al material original.
- Materia orgánica transformada, dentro de la cual está el humus en sentido estricto que se encuentra ligado a la parte mineral formando los complejos arcillohúmicos.

Dentro de la materia orgánica no transformada y semitransformada se encuentran compuestos sencillos, como azúcares y aminoácidos, además de otros de mayor complejidad como polisacáridos y proteínas. Con el término humus se reconocen aquellas sustancias orgánicas que se derivan del proceso de humificación (principalmente ácidos húmicos, fúlvicos y huminas) y puede entenderse como un constituyente orgánico de la fase sólida del suelo, compuesto por biomoléculas coloidales de alto peso molecular y color oscuro. El humus juega un papel de extraordinaria importancia en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y por consiguiente en su fertilidad.

I.1 Procedencia de los componentes orgánicos del suelo

El suelo recibe una gran cantidad de restos orgánicos por diferentes vías y orígenes. En primer lugar, los de las plantas y animales que llegan al suelo por depósito directo en la superficie o porque quedan atrapados en su masa como es el caso de las raíces, la biomasa microbiana y otros organismos que viven normalmente en el suelo.

El hombre durante el proceso de uso y manejo del suelo aporta un gran número de materiales orgánicos beneficiosos como estiércoles, restos de cosechas, compost, etc., así como otros productos orgánicos perjudiciales (herbicidas, plaguicidas, hidrocarburos, etc.).

Las sustancias húmicas proceden de la degradación química y biológica de los residuos de plantas y animales, así como de las actividades de síntesis, polimerización y policondensación llevadas a cabo principalmente por los microorganismos del suelo.

I.2 Importancia de la materia orgánica en el suelo

El desarrollo de los cultivos se sustenta en la capacidad que tiene el suelo de proporcionarle las cantidades necesarias de nutrientes para su correcto desarrollo. La disponibilidad de dichos nutrientes depende de varios factores, siendo el contenido y calidad de la materia orgánica presente uno de los más determinantes.

Un suelo fértil tiene que poseer necesariamente un adecuado contenido de materia orgánica, el que oscila entre un 2 % para suelos arenosos hasta un 6 % para suelos húmicos. La influencia favorable de la materia orgánica y en especial del humus en los suelos ha sido reconocida desde la antigüedad.

A continuación se señalan sus principales efectos sobre las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo.

Propiedades físicas

- Mejora la estructura del suelo, principalmente a través de la formación de agregados estables.
- Disminuye la densidad aparente del suelo, por tener una menor densidad que la fracción mineral.
- Aumenta la porosidad del suelo, mejorando su aireación, penetración y retención de agua.
- Reduce los efectos negativos de la acción mecánica del paso de maquinaria sobre el suelo, por ser menos compactable que el constituyente mineral.
- Contribuye al aumento de la conductividad hidráulica del suelo como consecuencia de los espacios vacíos que se forman en la interfase entre las partículas orgánicas y minerales.
- Contribuye a reducir las pérdidas de suelo por erosión gracias a su capacidad de cohesionar las arcillas.
- Favorece el mantenimiento de temperaturas constantes en el suelo, al tener una conductividad térmica más baja que la fracción mineral.

Propiedades químicas

- Influye directamente en la disponibilidad de nitrógeno, ya que la mayor parte de este elemento se encuentra almacenado en el suelo en forma orgánica.
- Mejora la nutrición fosfórica de las plantas ya que favorece el desarrollo de microorganismos fosfolubilizadores que actúan sobre los fosfatos insolubles en el suelo.
- Mejora la disponibilidad de micronutrientes para las plantas (principalmente hierro, manganeso, zinc y cobre).
- Aumenta la capacidad de intercambio catiónico en los suelos, particularmente en aquellos con bajo contenido en arcilla.
- Favorece indirectamente la absorción de nutrientes por las plantas, acidificando ligeramente el medio.
- Contribuye a la absorción de moléculas de agua, por el elevado número de grupos funcionales que posee (carboxílicos, hidroxílicos, aminoácidos, amídicos, cetónicos y aldehídicos).

Propiedades biológicas

- Estimula el desarrollo y la actividad de los microorganismos del suelo ya que constituye su principal fuente de energía y nutrientes.
- Favorece la presencia de lombrices y otros organismos que contribuyen a mejorar la estructura del suelo.
- Puede limitar el desarrollo de microorganismos patógenos, directamente o favoreciendo el desarrollo de antagonistas.
- Puede proporcionar actividad enzimática y por tanto facilitar la hidrólisis de moléculas de cadena larga, haciendo disponibles algunos nutrientes para las plantas.
- Juega un papel importante en la absorción de sustancias reguladoras del crecimiento y de los plaguicidas aplicados al suelo.
- Puede servir de soporte de diversos microorganismos de interés agrícola, como los fijadores simbióticos y no simbióticos de nitrógeno, fosfolubilizadores, hongos vesículoarbusculares y agentes de control biológicos.

I.3 Transformación de la materia orgánica y formación del humus

Los materiales orgánicos que llegan al suelo por lo general contienen gran cantidad de carbono, nitrógeno y otros componentes minerales no asimilables por las plantas, pero que constituyen una fuente importante de nutrientes y energía para los organismos heterótrofos que habitan los suelos

(Fig. 1.1).

La actividad biológica del suelo, dominada principalmente por los microorganismos, es la encargada de llevar a cabo los procesos de mineralización de estos compuestos orgánicos, y liberar los nutrientes para que sean asimilados por las plantas.

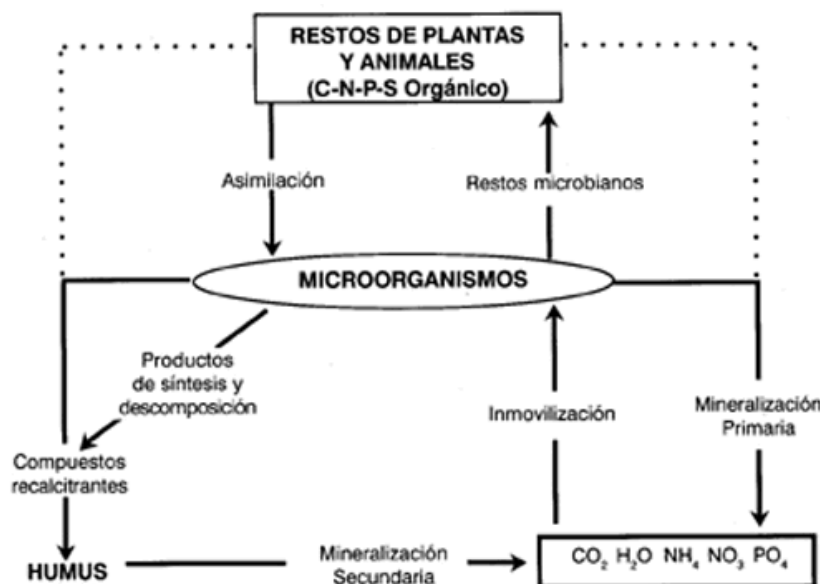


Fig. 1.1. Procesos de degradación de la materia orgánica y síntesis del humus.

La velocidad con que un residuo orgánico es transformado por los microorganismos depende de su composición química y de las condiciones ambientales imperantes. Así, residuos con alto contenido de lignina y sustancias carbonadas complejas son de difícil descomposición, mientras que aquellos con alto contenido de carbohidratos son fácilmente descompuestos. Por otra parte, los factores que influyen directamente en la actividad biológica del suelo como la temperatura, aireación, pH y humedad, también modifican la intensidad de los procesos de mineralización de los residuos orgánicos.

Estos residuos, que contienen carbono (C), nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S), son metabolizados por los diferentes grupos de microorganismos que habitan en el suelo, los cuales mediante complejos mecanismos bioquímicos los transforman en dióxido de carbono (CO₂), agua (H₂O), elementos minerales (mineralización) y biomasa microbiana (inmovilización).

La dinámica e intensidad de los procesos de mineralización e inmovilización resulta de gran interés para conocer la fertilidad del suelo y la disponibilidad de nutrientes para las plantas, dependiendo fundamentalmente de la composición del residuo en descomposición y en particular de las relaciones que posea entre el contenido de carbono y el de nitrógeno, fósforo y azufre (Tabla 1.1).

Tabla 1.1. Incidencia de las relaciones C/N, C/P y C/S de la materia orgánica sobre los procesos de mineralización e inmovilización y la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Relación			Inmovilización (I) Mineralización (M)	Disponibilidad de nutrientes
C/N	C/P	C/S		
> 30	> 300	> 400	I > M	Reducida
20 - 30	200 - 300	200 - 400	I = M	No alterada
< 20	< 200	< 200	I < M	Incrementada

En el suelo existe un determinado nivel de nitrógeno utilizable tanto por las plantas como por los microorganismos.

Al incorporarse residuos orgánicos al suelo, los microorganismos que actúan sobre ellos utilizarán cierta cantidad de nitrógeno. Si en el residuo incorporado hay mucho carbono y poco nitrógeno (relación C/N superior a 30), los microorganismos competirán con las plantas tomando el nitrógeno del suelo y reduciendo así su disponibilidad. Esto causa el efecto de “agotamiento” o “hambre de nitrógeno”, lo que provoca el amarillamiento de la planta por falta de este elemento.

Este fenómeno, pero en menor magnitud, se presenta también para el caso del fósforo y el azufre.

Cuando la relación C/N se encuentra entre 30 y 20, la cantidad de nitrógeno necesaria para la actividad metabólica de los microorganismos es obtenida del mismo residuo orgánico incorporado, utilizando muy poco del existente en el suelo sin propiciar una liberación de nitrógeno soluble para la absorción por la planta.

Si la relación C/N es inferior a 20, se libera nitrógeno soluble al suelo, el cual mayoritariamente es absorbido por las plantas.

El proceso de humificación no es más que el conjunto de transformaciones que por vía de la degradación o de la síntesis biológica sufre la materia orgánica y que genera la formación de distintos compuestos orgánicos que conforman el humus.

Por lo general, del 70 al 80 % de los restos vegetales que caen al suelo se mineralizan aportando nutrientes para las plantas, y del 20 al 30% se humifican. El humus posee una relación C/N cercana a 10, es de color oscuro o negro y tiene un carácter coloidal formando complejos con las arcillas.

Los coloides son pequeñas partículas unidas por una red de enlaces que tienen en su superficie cargas eléctricas que capturan moléculas de los principales elementos, que liberarán más tarde cuando las plantas los demanden.

Las sustancias húmicas contienen núcleos aromáticos más o menos esféricos, resultantes de la precipitación y condensación de compuestos fenólicos ligados entre sí por cadenas alifáticas (péptidos y polisacáridos) de largo variable. El tamaño global de la molécula, el largo relativo de las cadenas laterales, el tamaño de los núcleos y el número de grupos funcionales (sobre todo carboxílicos y fenólicos) determinan su grado de solubilidad e influencia sobre las propiedades del suelo.

Los componentes principales del humus son: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas; cada uno de estos tiene sus características de donde se deriva una influencia distinta sobre el suelo (Fig. 1.2).

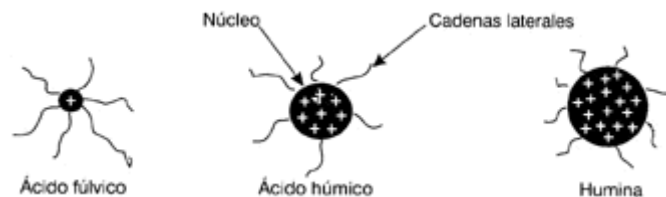


Fig. 1.2. Esquema de los componentes del humus

Los ácidos fúlvicos son ácidos orgánicos poco polimerizados, con núcleos relativamente pequeños y abundantes cadenas laterales. Son solubles en medio ácido y básico, con gran capacidad de reacción con los elementos minerales del suelo, los cuales arrastran consigo debido a su alta movilidad. Los ácidos húmicos son más polimerizados y complejos que los fúlvicos, con núcleos más grandes y cadenas laterales más cortas, solubles en medio básico y tienen poca movilidad en el suelo. Las huminas son compuestos orgánicos muy polimerizados y núcleos muy condensados, cadenas laterales pequeñas, muy estables y poco móviles en el suelo.

La formación de una u otra fracción está determinada por la dirección que tome el proceso de humificación, y éste a su vez depende del medio biológico en el cual se desarrolle. Si el medio es activo (abundante cantidad de arcilla tipo 2:1, presencia de bases cambiables y otros estabilizadores del humus) entonces el proceso tendrá una dirección polimerizante. En caso contrario, la dirección será hacia la formación de ácidos orgánicos poco polimerizados, como los fúlvicos.

I.4 La transformación “artificial” de la materia orgánica. Abonos orgánicos

El proceso natural de transformación de la materia orgánica en el suelo, hasta la formación de sustancias húmicas, ocurre de forma espontánea en la naturaleza caracterizándose fundamentalmente por su lentitud. Ello impide, en los suelos dedicados a la explotación agrícola intensiva, garantizar la cantidad y calidad de estas sustancias necesarias para el mantenimiento de su fertilidad y por ende de los niveles productivos.

La labor antropogénica sobre el suelo, a través de la introducción en la agricultura de agrotecnologías modernas cada vez más agresivas, ha provocado la aceleración de los procesos biológicos de transformación de los restos orgánicos de los suelos, caracterizados por una intensa mineralización hasta CO_2 y agua (combustión biológica), disminuyendo considerablemente la síntesis de humus, con la consiguiente degradación del suelo.

Para mejorar los suelos afectados por este problema, se hace necesaria la incorporación de abonos orgánicos y particularmente de aquellos previamente estabilizados mediante un proceso de transformación.

La biodegradación y transformación de los residuos orgánicos puede acelerarse mediante el desarrollo de procesos biológicos, gracias a los cuales se obtienen productos de propiedades agrobiológicas más favorables que las del sustrato original y que se integran fácilmente en el ambiente del suelo.

Las transformaciones que ocurren durante estos procesos presentan características comunes con los mecanismos de humificación en condiciones naturales.

Sin embargo, se diferencian fundamentalmente porque se producen en condiciones ecológicas menos complejas por la ausencia de un sustrato mineral predominante, por la duración más reducida del proceso y porque permiten su realización en condiciones que posibilitan un control de la calidad del producto final.

Para esta transformación “artificial” de los materiales orgánicos se han utilizado varios métodos, sin embargo, los más comunes para el caso de los residuales sólidos son: por vía microbiana con y sin inoculación de microorganismos (compostaje) y mediante la inclusión de lombrices (lombricultura o compostaje con lombrices). En ambos casos se obtienen materiales orgánicos con características húmicas, con la diferencia que cuando se obtienen por la acción combinada de las lombrices y microorganismos, éstas quedan más enriquecidas en sustancias biológicamente activas y presentan una mayor estabilidad orgánica.

La utilización de abonos orgánicos para mantener y mejorar la fertilidad de los suelos se aplica desde la antigüedad y mucho antes que surgieran los fertilizantes químicos.

Entre los abonos orgánicos se incluyen: estiércoles animales, residuos de cosecha, abonos verdes, residuos industriales, compost, humus de lombriz y más recientemente los biofertilizantes o inoculantes microbianos que por sus características pueden incluirse dentro de ellos.

Independientemente de las diferencias en las características físicas, composición química y microbiológica que presenta la gama de abonos orgánicos mencionados, está demostrado que su aplicación correcta mejora considerablemente las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos y por tanto su fertilidad.