

# DE RESIDUO A RECURSO

El Camino hacia la Sostenibilidad

Editores Científicos

J. Moreno - R. Moral - J.L. García Morales - J.A. Pascual - M.P. Bernal

**III** Recursos Orgánicos:  
Aspectos agronómicos y medioambientales

**4** Residuos orgánicos en la  
restauración/rehabilitación de  
suelos degradados y contaminados

COORDINADOR: Francisco de Paula Cabrera Capitán

AUTORES: M<sup>a</sup> Teresa Hernández Fernández  
Carlos García Izquierdo  
Francisco de Paula Cabrera Capitán  
Florencio Ingelmo Sánchez  
Engracia M<sup>a</sup> Madejón Rodríguez  
M<sup>a</sup> Pilar Bernal Calderón  
Alegria Cabrera Mesa  
Rafael Clemente Carrillo  
Lucía Cox Meana



## **Prefacio del volumen**

El suelo es un recurso no-renovable y su contenido en materia orgánica es vital en el equilibrio entre los procesos de degradación y las prácticas de conservación. Aunque la materia orgánica constituye una pequeña proporción de los componentes del suelo, la influencia en su calidad (propiedades físicas, químicas y biológicas), así como sobre el desarrollo de las plantas, es crucial para la sostenibilidad del sistema suelo-planta. La materia orgánica en los suelos es un componente dinámico, cuya concentración depende de las condiciones edafoclimáticas, que en los suelos naturales puede permanecer más o menos constante, pero que en los suelos cultivados tiende a disminuir debido a prácticas agronómicas inadecuadas. La incorporación de materiales orgánicos exógenos (lodos de depuradora, residuos sólidos urbanos, residuos de plantas, residuos agroindustriales, etc.) puede contribuir a restablecer los niveles de materia orgánica. La aplicación de residuos orgánicos ofrece una muy buena posibilidad para restaurar los suelos agrícolas erosionados y los suelos marginales. Asimismo, las enmiendas orgánicas están jugando un papel muy importante en la recuperación de suelos contaminados mediante técnicas blandas de bajo impacto. La utilización de enmiendas contribuye además a la eliminación de residuos con alta carga orgánica, así como al secuestro del C, coadyuvando de esta forma a la disminución del CO<sub>2</sub> atmosférico.

Este volumen presenta el estado actual del uso residuos orgánicos para la restauración-rehabilitación de suelos degradados y contaminados. Está escrito por nueve investigadores españoles vinculados a tres centros de investigación, con reconocida experiencia sobre el tema, y autores de numerosos artículos científicos en las más prestigiosas revistas internacionales. Este volumen constituye un gran esfuerzo por parte de los autores y de la REC para hacer llegar la información recopilada a los lectores castellano-parlantes, ya que no existe ningún libro sobre el tema en castellano.

En el Capítulo 1, los profesores M<sup>a</sup> Teresa Hernández Fernández y Carlos García Izquierdo, ponen de relieve la importancia del recurso suelo y la necesidad de su protección y conservación, abordando la problemática de la degradación del suelo, sus causas y sus efectos, así como la necesidad de incrementar el contenido de materia orgánica de estos suelos si se quiere acometer su recuperación. Se propone la adición de residuos orgánicos como estrategia para la recuperación de estos suelos degradados y la lucha contra la erosión y pérdida de suelo, comentando ampliamente los tipos de residuos más

adecuados y sus efectos sobre las propiedades físicas, químicas, físico-químicas, microbiológicas y bioquímicas del suelo. Asimismo, se aborda en este capítulo el importante papel que en suelos semiáridos, caracterizados por su bajo nivel de materia orgánica, pueden jugar las enmiendas orgánicas como estrategia para incrementar las reservas de carbono orgánico del suelo mediante la fijación de la materia orgánica añadida a la fracción orgánica e inorgánica del mismo y el desarrollo de una cubierta vegetal estable, contribuyendo a disminuir, en parte, el efecto invernadero derivado de la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

En el Capítulo 2, el Dr. Florencio Ingelmo Sánchez expone la necesidad de encontrar técnicas sostenibles de restauración de suelos degradados, basándose en la eficacia de las enmiendas orgánicas para el mantenimiento o la mejora de las características hidrofísicas de los suelos. Se presentan ejemplos de aplicaciones prácticas en el ámbito agrícola, en la restauración de áreas degradadas por el abandono de los cultivos tradicionales, en la revegetación de un vertedero sellado de RSU y en la producción de sustratos alternativos a las turbas.

En el Capítulo 3, redactado por el Prof. Francisco Cabrera Capitán y la Dra. Engracia Madejón Rodríguez, se expone la problemática de los elementos traza en los suelos y la contaminación y recuperación de los mismos. Se repasan distintos métodos de recuperación de estos suelos, haciendo especial hincapié en la utilización de las técnicas blandas o de bajo impacto, basadas en la utilización de enmiendas, especialmente las orgánicas, y en la fitorrecuperación. Se exponen también en este capítulo las bases teóricas en las que se basa la estabilización de los elementos traza en los suelos mediante la materia orgánica, así como los efectos de la aplicación de las enmiendas orgánicas sobre la calidad de los suelos. El capítulo termina exponiendo ejemplos de experimentos de campo de la recuperación de suelos contaminados con elementos traza, mediante la aplicación de enmiendas orgánicas, describiendo sus efectos sobre el pH, las propiedades bioquímicas y la disponibilidad de los elementos traza en el suelo, el establecimiento de una cubierta vegetal (natural o inducida), etc., así como la perdurabilidad de estos efectos.

En el Capítulo 4, la Prof. M<sup>a</sup> Pilar Bernal Calderón y el Dr. Rafael Clemente Carrillo, abordan el tema de la utilización de residuos orgánicos como enmiendas en la recuperación de suelos contaminados con elementos traza como consecuencia de

actividades mineras. Se describen los problemas específicos de los suelos mineros, prestando especial atención a los efectos de la aplicación de residuos orgánicos sobre la activación de los procesos biológicos del suelo, a la vez que a los cambios en la solubilidad y movilidad de los elementos traza. En el capítulo se incluyen ejemplos y casos concretos que han estudiado la utilización de residuos orgánicos en la recuperación de suelos de la Sierra Minera de La Unión (Murcia), evaluando los efectos en las propiedades del suelo y en la biodisponibilidad de los elementos traza, y determinando parámetros microbiológicos que pueden actuar como indicadores de la salud del suelo.

En el Capítulo 5, las Dras. Lucía Cox Meana y Alegría Cabrera Mesa, exponen la dinámica de los plaguicidas en el suelo, los procesos en que intervienen (adsorción-desorción, lixiviación, escorrentía, volatilización y absorción por las plantas y organismos de suelo), las transformaciones (degradación química, biodegradación y fotodegradación) que sufren y la importancia de la materia orgánica (contenido total y naturaleza de la misma). Asimismo, describen numerosos estudios de los efectos de la aplicación de enmiendas orgánicas en la dinámica de los plaguicidas en los suelos.

*Francisco de Paula Cabrera Capitán,  
coordinador del volumen*

## **Coordinador del Volumen**

**Francisco de Paula Cabrera Capitán.** Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla IRNAS - CSIC, Sevilla.

## **Autores**

**M<sup>a</sup> Teresa Hernández Fernández.** Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura CEBAS - CSIC, Murcia.

**Carlos García Izquierdo.** Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura CEBAS - CSIC, Murcia.

**Florencio Ingelmo Sánchez.** Centro de Investigaciones sobre Desertificación (CIDE), CSIC-UVEG-GVA, Valencia.

**M<sup>a</sup> Pilar Bernal Calderón.** Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura CEBAS - CSIC, Murcia.

**Rafael Clemente Carrillo.** Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura CEBAS - CSIC, Murcia.

**Francisco de Paula Cabrera Capitán.** Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla IRNAS - CSIC, Sevilla.

**Engracia M<sup>a</sup> Madejón Rodríguez.** Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla IRNAS - CSIC, Sevilla.

**Alegría Cabrera Mesa.** Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla IRNAS - CSIC, Sevilla.

**Lucía Cox Meana.** Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla IRNAS - CSIC, Sevilla.

# III Recursos Orgánicos: Aspectos agronómicos y medioambientales

## 4 Residuos orgánicos en la restauración/rehabilitación de suelos degradados y contaminados

<b>Capítulo 1. Enmiendas orgánicas para la recuperación ecosostenible de suelos degradados</b>	.15
1.1. El suelo como recurso natural	.17
1.2. Problemática de la degradación del suelo.	.24
1.3. Utilización de residuos orgánicos como estrategia para la recuperación de suelos degradados	.29
1.4. Contribución de las enmiendas orgánicas al secuestro y fijación de carbono en el suelo	.45
<b>Capítulo 2. Enmiendas orgánicas para la restauración de la fertilidad del suelo</b>	.53
2.1. Uso de enmiendas orgánicas compostadas o estabilizadas para la conservación y restauración de suelos	.55
2.2. Aplicaciones prácticas	.63
<b>Capítulo 3. Enmiendas orgánicas para la recuperación de suelos contaminados por elementos traza</b>	.73
3.1. Elementos traza en el suelo. Biogeoquímica.	.75
3.2. Recuperación de suelos contaminados con elementos traza.	.78
3.3. Las enmiendas orgánicas en la recuperación de los suelos contaminados con elementos traza	.87
3.4. Ejemplos en casos prácticos de los efectos de la aplicación de enmiendas orgánicas a suelos contaminados con elementos traza	.94
<b>Capítulo 4. Enmiendas orgánicas para la recuperación de suelos afectados por la minería</b>	.117
4.1. La contaminación por elementos traza en suelos afectados por la minería	.119
4.2. Uso de residuos orgánicos como enmiendas en suelos mineros	.124
4.3. Casos prácticos: Utilización de residuos orgánicos en la fitorrecuperación de suelos de la Sierra Minera de La Unión (Murcia)	.135

<b>Capítulo 5. Enmiendas orgánicas para la recuperación de suelos contaminados por plaguicidas.</b> . . . . .	151
5.1. Presencia de los plaguicidas en el suelo y procesos que afectan a su dinámica . . . . .	153
5.2. Importancia de la materia orgánica en la dinámica de plaguicidas . . . . .	160
5.3. Influencia de la adición de enmiendas orgánicas en la dinámica de plaguicidas . . . . .	164
<b>Bibliografía</b> . . . . .	177

EDITORES CIENTÍFICOS

Joaquín Moreno Casco, Universidad de Almería

Raul Moral Herrero, Universidad Miguel Hernández de Elche

José Luis García Morales, Universidad de Cádiz

José Antonio Pascual Valero, C. Superior Investigaciones Científicas, CEBAS-CSIC

María Pilar Bernal Calderón, C. Superior Investigaciones Científicas, CEBAS-CSIC



Desde la Red Española de Compostaje se observa con interés el creciente acercamiento de la sociedad a la gestión sostenible de los residuos orgánicos, así como a la aparición y paulatina implantación de tecnologías que permiten transformar los residuos en recursos, con la obtención de valor añadido a nivel energético, fertilizante, medioambiental.

Por ello, hemos desarrollado un proyecto editorial denominado **DE RESIDUO A RECURSO, EL CAMINO HACIA LA SOSTENIBILIDAD** que desde la Ciencia y aprovechando nuestra formación didáctica y de divulgación integra todo el conocimiento científico-técnico necesario para poder comprender y participar a nivel experto de la gestión de los residuos, a través del conocimiento de su naturaleza, sus potenciales alternativas de tratamiento así como ejemplos avanzados de gestión sostenible.

El suelo es un recurso no-renovable y su contenido en materia orgánica es vital en el equilibrio entre los procesos de degradación y las prácticas de conservación. Aunque la materia orgánica constituye una pequeña proporción de los componentes del suelo, la influencia en su calidad (propiedades físicas, químicas y biológicas), así como sobre el desarrollo de las plantas, es crucial para la sostenibilidad del sistema suelo-planta. La materia orgánica en los suelos es un componente dinámico, cuya concentración depende de las condiciones edafoclimáticas, que en los suelos naturales puede permanecer más o menos constante, pero que en los suelos cultivados tiende a disminuir debido a prácticas agronómicas inadecuadas. La incorporación de materiales orgánicos exógenos (lodos de depuradora, residuos sólidos urbanos, residuos de plantas, etc.) puede contribuir a restablecer los niveles de materia orgánica. La aplicación de residuos orgánicos ofrece una muy buena posibilidad para restaurar los suelos agrícolas erosionados y los suelos marginales. Asimismo, las enmiendas orgánicas están jugando un papel muy importante en la recuperación de suelos contaminados mediante técnicas blandas de bajo impacto. La utilización de enmiendas contribuye además a la eliminación de residuos con alta carga orgánica, así como al secuestro del C, coadyuvando de esta forma a la disminución del CO<sub>2</sub> atmosférico.

Este volumen presenta el estado actual del uso residuos orgánicos para la restauración-rehabilitación de suelos degradados y contaminados. Está escrito por nueve investigadores españoles vinculados a tres centros de investigación, con reconocida experiencia sobre el tema, y autores de numerosos artículos científicos en las más prestigiosas revistas internacionales. Este volumen constituye un gran esfuerzo por parte de los autores y de la REC para hacer llegar la información recopilada a los lectores castellano-parlantes, ya que no existe ningún libro sobre el tema en castellano.