

## LA BIOTA DEL SUELO Y SU RELACIÓN CON LA AGROECOLOGÍA EN LA AGRICULTURA

### SOIL BIOTA AND ITS RELATIONSHIP WITH AGROECOLOGY IN AGRICULTURE

Yadira Flores

Dra. Ambiente y desarrollo, MSc. Manejo de los recursos agua y suelo. Instituto de la Agroindustria Sustentable. Docente Asociado de la UNELLEZ - San Carlos, Cojedes. Venezuela. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-5177-6693>. Correo: [Yaflo62@gmail.com](mailto:Yaflo62@gmail.com)

**Autor de correspondencia:** [Yaflo62@gmail.com](mailto:Yaflo62@gmail.com)

**Recibido:** 11/09/2024 **Admitido:** 12/10/2024

#### RESUMEN

El objetivo del ensayo es analizar la importancia de la biota del suelo y su relación con los principios de la agroecología para fomentar la sostenibilidad y salud de los agroecosistemas. Utilizando una investigación documental, el estudio resalta cómo organismos del suelo como bacterias, hongos, nematodos y lombrices contribuyen a la fertilidad, reciclaje de nutrientes y control de patógenos. Examina también cómo las prácticas agroecológicas, como la diversificación de cultivos y el uso de abonos orgánicos, pueden mejorar la biodiversidad y funcionalidad de la biota del suelo en comparación con los efectos negativos del manejo agrícola convencional. Se concluye que la biota del suelo es esencial para la salud del suelo y la sostenibilidad de los ecosistemas, con bacterias que descomponen materia orgánica y fijan nitrógeno, y hongos que mejoran la nutrición y resistencia de las plantas a través de asociaciones simbióticas. La agroecología promueve prácticas que conservan y mejoran la biota del suelo, mientras que el manejo convencional, con su uso intensivo de agroquímicos y labranza profunda, deteriora esta biota y su funcionalidad. Además, la agroecología contribuye a la mitigación del cambio climático al aumentar el secuestro de carbono.

**Palabras clave:** biota, agroecología, suelo.

#### ABSTRACT

The aim of the essay is to analyse the importance of soil biota and its relationship to the principles of agroecology in promoting the sustainability and health of agroecosystems. Using desk research, the study highlights how soil organisms such as bacteria, fungi, nematodes and earthworms contribute to fertility, nutrient recycling and pathogen control. It also examines how agroecological practices, such as crop diversification and the use of organic fertilizers, can improve the biodiversity and functionality of soil biota compared to the negative effects of conventional agricultural management. It concludes that soil biota is essential for soil health and ecosystem sustainability, with bacteria decomposing organic matter and fixing nitrogen, and fungi improving plant nutrition and resilience through symbiotic associations. Agroecology promotes practices that conserve and improve soil biota, while conventional management, with its intensive use of agrochemicals and deep tillage, deteriorates this biota and its functionality. Furthermore, agroecology contributes to climate change mitigation by increasing carbon sequestration.

**Keywords:** biota, agroecology, soil.

## INTRODUCCIÓN

La biota del suelo engloba los organismos vivos que habitan en el suelo, desempeñando roles esenciales en la salud y funcionalidad de los ecosistemas terrestres. Incluye desde microorganismos como bacterias y hongos hasta organismos más grandes como lombrices de tierra y nematodos. Estos organismos son cruciales para procesos como el reciclaje de nutrientes, la descomposición de materia orgánica, y el control de patógenos. La agroecología, al aplicar principios ecológicos al manejo agrícola, busca promover sistemas agrícolas sostenibles que respeten y potencien la biota del suelo, contribuyendo a la fertilidad del suelo y a la resiliencia de los agroecosistemas. El objetivo de este ensayo es analizar la importancia de la biota del suelo y su relación con los principios de la agroecología para promover la sostenibilidad y salud de los agroecosistemas.

## DESARROLLO ARGUMENTAL

### Biota del suelo

La biota del suelo se refiere al conjunto de organismos vivos que habitan en el suelo, desempeñando un papel crucial en la dinámica de los ecosistemas terrestres y en la agricultura sostenible. Estos organismos incluyen desde microorganismos como bacterias, hongos, y protozoos, hasta organismos más grandes como nematodos, lombrices de tierra, artrópodos y pequeños mamíferos (Brussaard, Ruiters y

Brown, 2007). Además, según (Lavelle, Decaëns, Aubert, Barot, Blouin, 2006), la biota del suelo es fundamental para el reciclaje de nutrientes, la formación de la estructura del suelo, la descomposición de la materia orgánica, y el control de patógenos de plantas.

Entre los componentes principales de la biota del suelo, las bacterias son los microorganismos más abundantes, responsables de procesos esenciales como la descomposición de materia orgánica y la fijación biológica de nitrógeno. En este sentido, Torsvik, Øvreås y Thingstad (2002), afirman que las bacterias del suelo poseen una inmensa diversidad genética, lo que les permite adaptarse a diferentes condiciones ambientales y participar en diversos ciclos biogeoquímicos. Además, de acuerdo a (Compant, Clément y Sessitsch, 2010), estas pueden clasificarse en varias categorías funcionales, como bacterias fijadoras de nitrógeno (ej., *Rhizobium*), bacterias descomponedoras (ej., *Bacillus*), y bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR).

Por otro lado, los hongos son también un componente clave de la biota del suelo y contribuyen significativamente a la descomposición de la materia orgánica, especialmente de compuestos difíciles de degradar como la lignina y la celulosa (García, Hernández y Pascual, 2005). Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), por ejemplo, forman asociaciones simbióticas con las raíces

de las plantas, mejorando la absorción de nutrientes y la resistencia a patógenos (Smith y Read, 2008). Según Rillig (2004), los HMA no solo mejoran la nutrición de las plantas, sino que también desempeñan un papel importante en la agregación del suelo, contribuyendo a la estabilidad de los ecosistemas agrícolas.

Además de los microorganismos, los nematodos también son un grupo importante dentro de la biota del suelo. Estos pequeños gusanos redondos se encuentran en una amplia variedad de ambientes y se clasifican en función de su dieta en nematodos bacterívoros, fungívoros, omnívoros, y depredadores (Neher, 2010), además, de acuerdo a (Bongers y Ferris, 1999), actúan como bioindicadores de la salud del suelo debido a su sensibilidad a los cambios en las condiciones ambientales y prácticas de manejo agrícola

Otro grupo significativo de la biota del suelo son las lombrices de tierra, conocidas como "ingenieros del ecosistema" por su capacidad para modificar la estructura del suelo a través de su actividad de excavación y consumo de materia orgánica (Lavelle y Spain, 2001), asimismo, mejoran la porosidad del suelo, lo que facilita la infiltración de agua y el intercambio de gases, al tiempo que mezclan la materia orgánica en el perfil del suelo, promoviendo un entorno más fértil y estructuralmente estable. En conjunto, la biota del suelo es un componente vital en los agroecosistemas, desempeñando

funciones clave que no solo favorecen la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, sino que también mejoran la productividad de los cultivos de manera natural y ecológica (Altieri, 1999).

### **Agroecología en la agricultura**

La agroecología se define como la aplicación de principios ecológicos al diseño y manejo de sistemas agrícolas sostenibles. Se basa en una visión holística que integra aspectos ecológicos, sociales, y económicos para promover la sostenibilidad de los agroecosistemas (Altieri y Toledo, 2011). Según Gliessman (2014), la agroecología no solo implica el manejo de los recursos naturales de manera eficiente, sino que también busca la justicia social y la equidad económica en las comunidades rurales, fomentando prácticas que armonicen la producción agrícola con la conservación de los ecosistemas.

Entre los principios fundamentales de la agroecología, uno de los más destacados es la diversidad de cultivos, que implica el uso de rotaciones de cultivos, policultivos, y la incorporación de especies perennes. Esta diversidad mejora la resiliencia de los agroecosistemas frente a plagas, enfermedades y cambios climáticos, mientras que simultáneamente optimiza el uso de recursos naturales como la luz solar, el agua y los nutrientes del suelo (Altieri y Nicholls, 2004). Al respecto, Perfecto, Vandermeer y Wright (2019) señalan que los sistemas agrícolas

diversificados, como los agroforestales y los sistemas de cultivos mixtos, son más eficientes en términos de producción de biomasa y menos dependientes de insumos externos como fertilizantes y pesticidas sintéticos.

Otro principio clave es el manejo sostenible del suelo, que se centra en la conservación de la estructura y fertilidad del suelo a largo plazo. Esto se logra a través de prácticas como la adición de materia orgánica (compost, estiércol, abonos verdes), la reducción del laboreo intensivo, y el uso de coberturas vegetales para evitar la erosión (Lal, 2017). Según Altieri y Toledo (2011), estas prácticas no solo mejoran la salud del suelo, sino que también promueven la biodiversidad edáfica, favoreciendo un ecosistema de suelo más funcional y robusto.

El uso de abonos orgánicos y la reducción de insumos químicos es otro principio fundamental de la agroecología. Los abonos orgánicos, como el compost y el estiércol, proporcionan nutrientes esenciales a los cultivos y mejoran la capacidad del suelo para retener agua, mientras que reducen la dependencia de fertilizantes sintéticos que pueden contaminar el agua y el suelo (Pretty, Noble, Bossio, Dixon, Hine, Vries y Morison, 2006). Además, prácticas como el manejo integrado de plagas (MIP) buscan reducir el uso de pesticidas químicos mediante la introducción de controles biológicos, como insectos depredadores y parasitoides, que

ayudan a mantener las poblaciones de plagas bajo control (Deguine, Ferron y Russell, 2009).

La integración de animales y cultivos es otro principio agroecológico importante. Este enfoque, también conocido como sistemas integrados de agricultura y ganadería, permite un ciclo cerrado de nutrientes y una mayor eficiencia en el uso de los recursos (Murgueitio, Calle, Uribe y Solorio, 2011). En este orden de ideas, los mencionados autores aseveran que la integración de animales en los sistemas agrícolas puede mejorar la fertilidad del suelo a través de la aplicación de estiércol, reducir la dependencia de alimentos concentrados, y proporcionar un ingreso adicional a los agricultores.

La participación comunitaria y la construcción de conocimiento local son componentes esenciales de la agroecología. Según Altieri y Toledo (2011), los enfoques agroecológicos dependen en gran medida del conocimiento tradicional de los agricultores y su capacidad para adaptar las prácticas de manejo a las condiciones locales. Este enfoque participativo permite a las comunidades rurales ser autosuficientes y resilientes frente a los desafíos socioeconómicos y ambientales.

Además, la economía circular y el comercio justo son prácticas que buscan asegurar que los sistemas agroecológicos sean viables económicamente y sostenibles socialmente. Este enfoque promueve circuitos cortos de comercialización, precios justos para los

agricultores, y el empoderamiento de las comunidades locales en la cadena de valor agrícola (Tittonell, 2014).

En conjunto, los principios de la agroecología en la agricultura ofrecen un enfoque multifacético para construir sistemas agrícolas más sostenibles que no solo sean productivos, sino también resilientes, equitativos y en armonía con el medio ambiente. La adopción de prácticas agroecológicas ha demostrado ser una estrategia viable para enfrentar los retos de la seguridad alimentaria, la conservación de la biodiversidad y la mitigación del cambio climático (Gliessman, 2018).

#### Relación entre biota del suelo y agroecología

La biota del suelo y la agroecología están íntimamente relacionadas debido a su enfoque común en la sostenibilidad de los sistemas agrícolas y la salud del ecosistema. La biota del suelo, que incluye microorganismos como bacterias, hongos, y macroorganismos como lombrices de tierra y nematodos, juega un papel crucial en la agroecología al mejorar la fertilidad del suelo, promover el reciclaje de nutrientes, y mantener la estructura y estabilidad del suelo (Brussaard et al., 2007). En este contexto, la agroecología reconoce a la biota del suelo como un componente esencial para el desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles que buscan minimizar el uso de insumos químicos y maximizar los servicios ecosistémicos naturales (Altieri y Nicholls, 2004).

Los principios agroecológicos, como la diversificación de cultivos y la integración de abonos orgánicos, fomentan la diversidad y actividad de la biota del suelo. Diversificar los cultivos, mediante la rotación y el policultivo, crea hábitats diversos que sostienen una amplia gama de organismos del suelo, desde microorganismos hasta fauna meso y macro. Esta diversidad funcional ayuda a mantener la resiliencia del suelo frente a patógenos y a facilitar procesos como la mineralización de nutrientes y la formación de agregados del suelo (Turbé, De Toni, Benito, Lavelle, Lavelle, Ruiz y Mudgal, 2010), por lo tanto, un suelo con una comunidad biológica diversa es más capaz de resistir y recuperarse de perturbaciones, como las sequías o el uso excesivo de pesticidas.

Además, la agroecología enfatiza el uso de prácticas de manejo del suelo que promuevan la salud y diversidad de la biota del suelo, tales como la incorporación de abonos verdes, compost, y la reducción del uso de labranza. Estas prácticas fomentan un entorno favorable para organismos como las lombrices de tierra, que son clave en la ingeniería del ecosistema del suelo. Las lombrices de tierra mejoran la porosidad del suelo y la infiltración de agua, al mismo tiempo que facilitan la mezcla de materia orgánica en el perfil del suelo, lo cual es esencial para mantener una estructura del suelo saludable y una alta actividad microbiana (Turbé et al., 2010). Las prácticas agroecológicas que

preservan la estructura del suelo, como el no laboreo o el laboreo reducido, también favorecen la proliferación de hongos micorrícicos arbusculares, que son cruciales para la absorción de nutrientes por las plantas (Rillig, 2004).

Un aspecto importante de la relación entre la biota del suelo y la agroecología es el control biológico de plagas. La agroecología promueve métodos de control biológico que dependen de la acción de la biota del suelo para controlar poblaciones de plagas y enfermedades de las plantas. Por ejemplo, algunos hongos del suelo, como los del género *Trichoderma*, son conocidos por su capacidad para inhibir patógenos del suelo a través de mecanismos como la competencia, el antibiosis, y el parasitismo (Harman, Howell, Viterbo, Chet y Lorito, 2004). Asimismo, las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) no solo favorecen la nutrición de las plantas, sino que también pueden actuar como agentes de control biológico al inducir resistencia sistémica en las plantas contra una variedad de patógenos (Compant et al., 2010).

La agroecología también se centra en la reducida dependencia de insumos externos como fertilizantes químicos y pesticidas, lo cual beneficia a la biota del suelo al evitar efectos negativos sobre los microorganismos beneficiosos. Fertilizantes químicos y pesticidas pueden alterar significativamente la composición y actividad de la biota del suelo,

disminuyendo su capacidad para proporcionar servicios ecosistémicos esenciales (Rillig, ob. cit.). En cambio, la aplicación de abonos orgánicos y el manejo integrado de plagas promueven un equilibrio natural de organismos del suelo que contribuyen a la fertilidad del suelo y al control de plagas de manera sostenible.

La interdependencia entre la biota del suelo y la agroecología se extiende también a la mitigación del cambio climático. La biota del suelo juega un papel clave en el secuestro de carbono, un proceso fundamental para la regulación del clima. Según Lal (ob. cit.), las prácticas agroecológicas que mejoran la materia orgánica del suelo y aumentan la biomasa subterránea, como el uso de cultivos de cobertura y la agroforestería, contribuyen a aumentar la capacidad del suelo para secuestrar carbono, al mismo tiempo que promueven un ecosistema de suelo sano y diverso.

La biota del suelo es un componente esencial en la agroecología, no solo por su papel en la fertilidad del suelo y el reciclaje de nutrientes, sino también como un agente activo en la construcción de agroecosistemas más resilientes y sostenibles. La agroecología, por su parte, proporciona un marco para maximizar los beneficios de la biota del suelo a través de prácticas de manejo que respetan y potencian los procesos ecológicos naturales.

### **Impactos del manejo convencional y agroecológico en la biota del suelo**

El manejo agrícola convencional, caracterizado por el uso intensivo de agroquímicos como fertilizantes sintéticos y pesticidas, así como por la labranza intensiva, tiene efectos adversos sobre la biota del suelo. Para Mäder, Fließbach, Dubois, Gunst, Fried, Niggli, (2002), el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados puede llevar a la acidificación del suelo, lo que reduce la biodiversidad de microorganismos benéficos, como bacterias fijadoras de nitrógeno y hongos micorrízicos arbusculares, los cuales son cruciales para la absorción de nutrientes por las plantas. Además, los pesticidas no selectivos pueden eliminar no solo las plagas, sino también organismos benéficos del suelo, alterando la red trófica del suelo y reduciendo la resiliencia del ecosistema (Goulson, 2013). El laboreo intensivo, por su parte, destruye la estructura del suelo y perturba el hábitat de macroorganismos clave, como lombrices de tierra, que juegan un papel fundamental en la aireación del suelo y el ciclo de nutrientes.

Por el contrario, el manejo agroecológico promueve prácticas que apoyan y fortalecen la biota del suelo. Estas prácticas incluyen la incorporación de abonos orgánicos, como compost y estiércol, la reducción del laboreo, el uso de coberturas vegetales y la rotación de cultivos. Según Lori, Symnaczik, Mäder, De

Deyn y Gattinger (2017), el uso de abonos orgánicos en lugar de fertilizantes sintéticos aumenta la materia orgánica del suelo y favorece la diversidad microbiana, lo que a su vez mejora la actividad enzimática y la disponibilidad de nutrientes. La agroecología también enfatiza el manejo del suelo que evita la alteración excesiva, favoreciendo técnicas como el no laboreo o el laboreo reducido, que ayudan a mantener la estructura del suelo y la diversidad de organismos del suelo.

Además, la rotación de cultivos y el uso de cultivos de cobertura, dos prácticas agroecológicas clave, contribuyen a un entorno favorable para la biota del suelo. Estas prácticas no solo mejoran la diversidad de organismos del suelo al proporcionar diferentes fuentes de alimento y refugio, sino que también ayudan a suprimir patógenos del suelo a través de la competencia biológica y la interrupción del ciclo de vida de las plagas (Finney, White y Kaye, 2017). Además, los sistemas de manejo agroecológico que incluyen una mayor diversidad de cultivos y coberturas vegetales muestran una mayor diversidad microbiana del suelo y mejoran la actividad de las lombrices de tierra, lo cual está relacionado con el incremento de la formación de agregados del suelo y un mejor ciclo de nutrientes.

Asimismo, el uso de controles biológicos y biofertilizantes en la agroecología también favorece la biota del suelo al reducir la necesidad

de insumos químicos nocivos. Por ejemplo, los biofertilizantes a base de bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) y hongos micorrícicos arbusculares no solo mejoran la nutrición de las plantas, sino que también promueven la salud del suelo al aumentar la población de microorganismos beneficiosos y mejorar la resistencia de las plantas a enfermedades (Bashan et al., 2014). Además, de acuerdo a (Altieri y Nicholls, 2004), los controles biológicos, como la introducción de depredadores naturales y parásitos de plagas, permiten un control efectivo de las plagas sin dañar a los organismos benéficos del suelo, manteniendo un equilibrio ecológico.

Comparando ambos enfoques de manejo, se observa que los sistemas de manejo agroecológico promueven una biota del suelo más diversa y funcional en comparación con los sistemas de manejo convencional. Los sistemas convencionales tienden a simplificar la biodiversidad del suelo y su funcionalidad a través del uso intensivo de insumos externos y prácticas que degradan el suelo (Lal, ob. cit.). En cambio, los sistemas agroecológicos, al fomentar una mayor biodiversidad y la salud del suelo, permiten el desarrollo de agroecosistemas más resilientes y sostenibles que pueden adaptarse mejor a las fluctuaciones ambientales y reducir la dependencia de insumos químicos (Gliessman, 2014).

## METODOLOGÍA

Este ensayo se desarrolló dentro del marco de un diseño bibliográfico, el cual, según Palella y Martins (2012), "se fundamenta en la revisión sistemática, rigurosa y profunda de material documental de cualquier clase" (p. 96). Este tipo de investigación se centra en la búsqueda y análisis de documentos relevantes para fundamentar y contextualizar el tema de estudio. La investigación bibliográfica permite no solo sustentar la investigación que se desea realizar, sino también evitar duplicar estudios ya existentes, aprovechar y replicar experimentos previos cuando sea necesario, continuar investigaciones que hayan quedado inconclusas, y encontrar información que pueda ofrecer nuevas perspectivas. Además, facilita la selección de un marco teórico adecuado que guíe el desarrollo del estudio. Por tanto, la investigación que aquí se presenta es de tipo documental, ya que, de acuerdo con Arias (2012):

La investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos" (p. 31).

En este contexto, la metodología bibliográfica es esencial para construir un cuerpo

de conocimiento robusto y fundamentado, proporcionando un panorama amplio y detallado sobre el tema en cuestión a través de la revisión de diversas fuentes de información, como libros, artículos científicos, tesis, informes técnicos, entre otros. Este enfoque permite al investigador identificar las principales teorías, enfoques, resultados y tendencias en el área de estudio, lo que contribuye a una comprensión más profunda del tema investigado.

### CONCLUSIONES

La biota del suelo, compuesta por bacterias, hongos, nematodos, lombrices y otros organismos, juega un papel fundamental en la salud y funcionalidad de los ecosistemas terrestres. Estos organismos son esenciales para procesos como la descomposición de materia orgánica, el reciclaje de nutrientes, la formación de la estructura del suelo y el control de patógenos.

Las bacterias, abundantes y genéticamente diversas, descomponen materia orgánica y fijan nitrógeno, adaptándose a distintas condiciones. Los hongos, al descomponer compuestos complejos y formar asociaciones simbióticas con las raíces, mejoran la nutrición y resistencia de las plantas. Los nematodos, como bioindicadores de la salud del suelo, y las lombrices de tierra, que mejoran la estructura y la infiltración de agua, también juegan roles cruciales en la fertilidad y estabilidad del suelo.

La agroecología promueve un enfoque holístico que integra aspectos ecológicos, sociales y económicos para diseñar y manejar sistemas agrícolas sostenibles, sus principios incluyen la diversidad de cultivos, el manejo sostenible del suelo, el uso de abonos orgánicos, y la integración de animales y cultivos.

La agroecología fomenta prácticas que mejoran la biodiversidad y funcionalidad de la biota del suelo. La diversificación de cultivos, la reducción del laboreo, y la incorporación de abonos orgánicos crean hábitats favorables para una amplia gama de organismos del suelo y promueven un equilibrio natural que favorece la fertilidad y la salud del suelo.

El uso intensivo de agroquímicos y la labranza profunda en la agricultura convencional tienen efectos negativos sobre la biota del suelo, reduciendo la biodiversidad y la funcionalidad de los organismos beneficiosos, y alterando la estructura del suelo.

Las prácticas agroecológicas ayudan a mantener la estructura del suelo, aumentar la actividad microbiana, y reducir la dependencia de insumos químicos, resultando en agroecosistemas más resilientes y sostenibles.

La agroecología, al promover prácticas que aumentan la materia orgánica del suelo y la biomasa subterránea, contribuye al secuestro de carbono y a la mitigación del cambio climático. La biota del suelo juega un papel crucial en estos procesos, mejorando la capacidad del suelo para

almacenar carbono y mantener un ecosistema sano.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altieri, M. 1999. *Aplicación de la agroecología para mejorar la productividad de los sistemas agrícolas campesinos en América Latina*. Medio Ambiente, Desarrollo y Sostenibilidad, 1, 197–217.
- Altieri, M., Nicholls, C. 2004. *Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas*. Interciencia, 29(9), 436-441.
- Altieri, M., Toledo, V. 2011. *The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants*. The Journal of Peasant Studies, 38(3), 587-612.
- Arias, F. 2012. *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica*. Caracas Venezuela: Episteme.
- Bongers, T., Ferris, H. 1999. *Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring*. Trends in Ecology & Evolution. 14(6), 224-228.
- Bashan, Y., Bashan, L., Prabhu, S., Hernández, J. 2014. *Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998–2013)*. Plant and Soil, 378(1-2), 1-33.
- Brussaard, L., Ruiters, P., Brown, G. 2007. Soil diversity for agricultural sustainability. Agriculture, Ecosystems & Environment, 121(3). 233-244.
- Compant, S., Clément, C., Sessitsch, A. 2010. *Plant growth-promoting bacteria in the rhizosphere: recent developments and future challenges*. Soil Biology and Biochemistry. 42(5), 669-678.
- Deguine, J., Ferron, P., Russell, D. 2009. *Sustainable pest management for cotton production in Africa*. Agricultural Systems, 92(1-3), 1-9.
- Finney, D., White, C., Kaye, J. 2017. Biomass production and carbon/nitrogen ratio influence ecosystem services from cover crop mixtures. *Agronomy Journal*, 109(1), 1-12.
- García, C., Hernández, T., Pascual, J. 2005. *Biología del suelo*. Editorial de la Universidad de Castilla-La Mancha.
- Goulson, D. 2013. *An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides*. Journal of Applied Ecology, 50(4), 977-987.
- Gliessman, S. 2014. *Agroecology: The ecology of sustainable food systems*. CRC Press.
- Gliessman, S. 2018. *Transforming food systems with agroecology*. Agroecology and Sustainable Food Systems, 42(8), 812-813.
- Harman, G., Howell, C., Viterbo, A., Chet, I., Lorito, M. 2004. *Trichoderma species—opportunistic, avirulent plant symbionts*. Nature Reviews Microbiology, 2(1), 43-56.
- Lavelle, P., Spain, A. 2001. *Ecología del suelo*. Springer Science & Business Media.

- Lavelle, P., Decaëns, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F., Rossi, J. 2006. *Invertebrados del suelo y servicios ecosistémicos*. European Journal of Soil Biology, 42, S3-S15.
- Lal, R. 2009. *Soil degradation as a reason for inadequate human nutrition*. Food Security, 1(1), 45-57.
- Lori, M., Symnaczik, S., Mäder, P., De Deyn, G., Gattinger, A. 2017. *Organic farming enhances soil microbial abundance and activity—A meta-analysis and meta-regression*. PLOS ONE, 12(7).
- Mäder, P., Fliessbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., Niggli, U. 2002. *Soil fertility and biodiversity in organic farming*. Science, 296(5573), 1694-1697.
- Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., Solorio, B. 2011. *Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands*. Forest Ecology and Management, 261(10), 1654-1663
- Neher, D. 2010. *Ecología de plantas y nematodos de vida libre en suelos naturales y agrícolas*. Revista anual de fitopatología. 48, 371-394.
- Palella, S., Martins, F. 2012. *Metodología de la investigación cuantitativa*. Caracas: Fondo editorial de la UPEL.
- Perfecto, I., Vandermeer, J., Wright, A. 2019. *La matriz de la naturaleza: vinculando la agricultura, la conservación y la soberanía alimentaria*. Edición 2da. London. ImprintRoutledge. Pp- 316.
- Pretty, J., Noble, A., Bossio, D., Dixon, J., Hine, R., Vries, F., Morison, J. 2006. *Resource-conserving agriculture increases yields in developing countries*. Environmental Science & Technology, 40(4), 1114-1119.
- Rillig, M. 2004. *Micorrizas arbusculares, glomalina y agregación del suelo*. Revista canadiense de ciencias del suelo, 84(4), 355-363.
- Smith, S., Read, D. 2008. *Simbiosis micorrízica*. Academic Press.
- Tittonell, P. 2014. *Ecological intensification of agriculture—sustainable by nature*. Current Opinion in Environmental Sustainability, 8, 53-61.
- Torsvik, V., Øvreås, L. Thingstad, T. 2002. *Diversidad procariota: magnitud, dinámica y factores de control*. Revista Science, 296(5570). Pp. 1064-1066.
- Turbé, A., De Toni, A., Benito, P., Lavelle, P., Lavelle, P., Ruiz, N., Mudgal, S. 2010. *Soil biodiversity: functions, threats, and tools for policy makers*. European Commission.