

# PRINCIPIOS BÁSICOS PARA EL USO Y MANEJO SOSTENIBLE DE LOS SUELOS

## RECUPERAR Y MANTENER LA CAPACIDAD DEL SUELO DE SUPLIR NUTRIENTES A LAS PLANTAS CULTIVADAS.

M. Sc. Jorge Luis Álvarez Marqués<sup>1</sup>

*1 Universidad de Matanzas, [jorge.alvarez@umcc.cu](mailto:jorge.alvarez@umcc.cu)*

### Resumen

En la estrategia para lograr un manejo sostenible de los suelos, después de tomar medidas y controlar la conservación del suelo y el agua, y lograda la recuperación y mantenimiento de la estructura del suelo y su estabilidad, lo cual fue discutido en la primera parte del presente documento, se deben acometer las medidas para recuperar y mantener la capacidad del suelo de suplir nutrientes a las plantas cultivadas, donde resulta importante optimizar el reciclaje de los nutrientes y la materia orgánica, para lograr el mantenimiento de la fertilidad de los suelos, potenciar la recuperación de la biodiversidad y actividad de la biomasa edáfica y establecer los Sistemas Integrados de Nutrición Vegetal., aspectos que se desarrollan en esta segunda parte.

*Palabras claves: manejo de nutrientes; fertilidad del suelo; biodiversidad; sistemas integrados de nutrición vegetal*

---

Esta segunda parte del documento titulado “Principios básicos para el uso y manejo sostenible de los suelos” complementa los objetivos generales del documento haciendo énfasis en la mejora de la fertilidad de los suelos mediante el adecuado reciclaje de nutrientes y la materia orgánica, así como la recuperación de la actividad de la biomasa edáfica en el agroecosistema, haciendo énfasis en los principios de los sistemas integrados de nutrición vegetal al momento de concebir las prácticas de fertilización orgánica y mineral de los suelos.

Retomando lo anterior, se indicó que los pasos a seguir, en su orden, en el establecimiento del manejo sostenible de los suelos son los siguientes:

- 1ro Establecer las medidas para la conservación del suelo y el agua.
- 2do Recuperar y mantener la estructura del suelo y su estabilidad.
- 3ro Recuperar y mantener la capacidad del suelo de suplir nutrientes a las plantas cultivadas.

Los dos primeros pasos ya fueron explicados en la primera parte del documento, por lo que se prosigue con el tercer paso sobre “Recuperar y mantener la capacidad del suelo de suplir nutrientes a las plantas cultivadas”.

La principal cualidad del suelo en relación con el crecimiento y desarrollo de las plantas es su fertilidad, la cual depende del conjunto de sus características físicas, físico-químicas, químicas y biológicas. Existen muchas definiciones para el término fertilidad, pero generalmente algo estrechas, el termino es más amplio, tal como lo define desde el punto de vista agroecológico Labrador (2001) como “la capacidad de los suelos agrícolas para mantener de manera perdurable un nivel de producción estable y de calidad, conservando su estado de alta estabilidad frente a los procesos que implican su degradación, y todo ello dentro de una amplia gama de condiciones locales agroambientales, socioeconómicas y culturales”. De forma más concreta Gómez (2013) define la fertilidad del suelo como “la capacidad del suelo de suministrar todos los nutrientes que requieren las plantas para su crecimiento y que es producto de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo”.

Cuando hablamos de fertilidad del suelo solemos utilizar algunos términos para caracterizarla y que no debemos confundir, como son:

**Fertilidad natural:** Esta dada por los procesos de formación del suelo en el medio natural, es propia de los suelos vírgenes en los que existe un equilibrio dinámico entre el suelo y la vegetación que soporta.

**Fertilidad adquirida:** Cuando el hombre en su actividad socio-económica actúa sobre el ecosistema natural modificando las propiedades del suelo, siendo propia de suelos cultivados o de aquellos que han sufrido algún tipo de intervención humana.

**Fertilidad Actual:** Es la fertilidad que posee el suelo en un momento determinado, ya sea natural o adquirida.

**Fertilidad Potencial:** Es la capacidad del suelo para mantener su fertilidad natural. En este sentido, cuando el suelo posee una alta cantidad de minerales alterables su fertilidad potencial generalmente tiende a estar asegurada, mientras que la poca presencia de estos minerales y el predominio de arcillas silicatadas del tipo 1:1 e hidroxídicas en el complejo adsorbente facilita el detrimento de la misma. En general, los suelos jóvenes con buena profundidad y nivel de desarrollo, poseen una elevada fertilidad potencial, lo que asegura el mantenimiento de la vegetación, mientras que en los suelos mucho más desarrollados o viejos tiende a manifestarse todo lo contrario.

Una vez sentadas las bases de forma prioritaria de un manejo encaminado a la conservación del suelo y el agua, así como a la mejora de sus condiciones físicas, mediante el mantenimiento y mejora de las condiciones estructurales del suelo (Fertilidad física), nos encontramos en condiciones ideales para actuar de forma eficiente sobre la nutrición de los cultivos y las condiciones químicas del suelo (Fertilidad química), muchas propiedades químicas y biológicas del suelo dependen de las condiciones del medio físico, fenómeno que puede corroborarse cuando se aplica la fertilización recomendada a un cultivo y no se obtienen respuestas en los rendimientos, porque las condiciones físicas existentes no potenciaron la acción del suministro de nutrientes, sino por el contrario limitaron por diferentes razones la absorción de los mismos por la planta.

En el manejo de la fertilidad del suelo y fundamentalmente en lo relacionado con la capacidad del mismo de suplir nutrientes de forma equilibrada a las plantas, se debe trabajar en función de acometer de manera integrada las siguientes acciones:

- Optimizar el reciclaje de los nutrientes y la materia orgánica, para lograr el mantenimiento de la fertilidad de los suelos.
- Potenciar la recuperación de la biodiversidad y actividad de la biomasa edáfica.
- Establecer Sistemas Integrados de Nutrición Vegetal.

A continuación, se desarrollarán cada uno de estas acciones, las cuales están muy relacionadas entre sí, pero para su estudio resulta aconsejable separarlas.

- Optimizar el reciclaje de los nutrientes y la materia orgánica, para lograr el mantenimiento de la fertilidad de los suelos.

En los ecosistemas, los nutrientes no se encuentran fijos o estáticos, sino que se mueven del ambiente a los organismos vivos, y de estos de nuevo al ambiente, formando ciclos, llamados también *ciclos biogeoquímicos*, según (Abbona y Sarandón, 2013), donde los productores del ecosistema (autótrofos: plantas verdes) toman los nutrientes del ambiente (el suelo y el aire) y lo transforman en elementos orgánicos, los cuales luego son utilizados

por los organismos heterótrofos, es decir, los herbívoros, carnívoros y descomponedores. Así los nutrientes atraviesan y posibilitan las cadenas alimentarias. Con la muerte y posterior descomposición de los organismos vivos (también con las excreciones y orina) los nutrientes retornan al ambiente quedando disponibles para ser aprovechados nuevamente por las plantas, lo que constituye el reciclaje natural que mantiene la fertilidad del ecosistema, siendo muy eficiente el aprovechamiento de los nutrientes en los ecosistemas naturales, debido a la utilización plena de los recursos.

La agricultura es una actividad que transforma los ecosistemas naturales con el fin de producir alimentos y fibras, gran parte de los cuales no son consumidos dentro de los propios agroecosistemas, sino que son destinados al mercado. Esto implica una apertura del ciclo de los nutrientes, a través de su salida en los productos de cosecha. De esta forma los agroecosistemas modernos son sistemas abiertos a los nutrientes, al tener un producto de cosecha. Por esta razón, a diferencia de un ecosistema natural, un agroecosistema no puede autoabastecerse de nutrientes, sino que requiere la incorporación de nutrientes externos al mismo para compensar las salidas.

En los sistemas agrícolas es necesario entonces reponer los nutrientes, lo cual en los sistemas agrícolas convencionales la reposición está basada casi exclusivamente en el uso de fuentes minerales (rocas) o fertilizantes sintéticos. Por lo tanto, de continuar este modelo en el largo plazo, las fuentes de nutrientes serán cada vez más escasas, y los sistemas tendrán cada vez más dificultad para reponer los nutrientes del suelo llevando a su agotamiento, ya que la mayoría de los mismos se encontrarán dispersos en los océanos. Aunque el contenido total de los diferentes nutrientes en el planeta, prácticamente no varía, sí lo hace la concentración de los mismos. La extracción y pérdida de nutrientes del área agrícola seguirá creciendo en el futuro, incrementándose por el aumento constante de la población mundial, lo cual causará grandes daños productivos, económicos, ambientales y sociales por su efecto negativo sobre la seguridad alimentaria (Abbona y Sarandón, 2013).

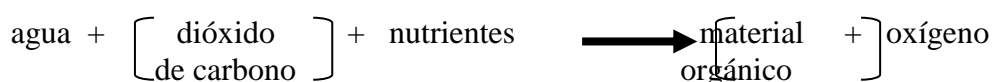
Para evitar lo anterior es necesario cambiar el modelo agrícola degradativo, por el desarrollo de una agricultura sostenible, que logre mantener lo más duradera posible, el capital natural y la calidad de los recursos, como un deber ético con las futuras generaciones. Para ello en los agroecosistemas sostenibles es esencial analizar el ciclo y flujo de nutrientes con un enfoque sistémico y ambientalista con vista al manejo de la fertilización, ya que los nutrientes deben ser repuestos en las cantidades en que son extraídos, para evitar su agotamiento y mantener la fertilidad de los suelos.

El término manejo de la nutrición vegetal (Socorro *et al.*, 2000) implica conocer el suelo y su relación con la demanda en calidad y cantidad de elementos nutrientes de la planta y su disponibilidad, es decir conocer que práctica agronómica realizar para que la planta tenga disponibles los nutrientes que demanda para expresar su potencial de rendimiento en el momento oportuno.

El ecosistema agrícola necesita de un constante y suficiente reciclaje de la materia orgánica y los nutrientes, que potencia la eficiencia energética del agroecosistema, para conservar un nivel de productividad sustentable, lo cual se consigue cuando se promueve su diversificación; de lo contrario, cuando los agroecosistemas son altamente simplificados, como los sistemas agrícolas convencionales, cada vez más irá disminuyendo la fertilidad y capacidad productiva de los suelos, en estas condiciones la producción agrícola va a depender cada vez más de los recursos e insumos externos que lleguen a la finca para poder sostener un determinado nivel de agroproductividad, elevando los costos de producción y haciendo más vulnerables los rendimientos esperados de los cultivos.

Para sobrevivir de forma sostenible, un agroecosistema necesita por tanto un abastecimiento continuo de materiales esenciales, tales como materia orgánica, nutrientes, dióxido de carbono y oxígeno, estos pueden venir de fuera del sistema, del reciclaje de los materiales o de ambos.

Lo anterior se comprende bien cuando analizamos lo que sucede en la fotosíntesis, donde las plantas verdes utilizan la energía del sol, el agua y nutrientes del suelo y el dióxido de carbono del aire para producir materia orgánica:



Lo contrario ocurre en el proceso del consumo orgánico por los consumidores, parte de la materia orgánica producida en la naturaleza es alimento de los animales, el hombre y los insectos, parte es consumida por los microorganismos al caer al suelo y otra parte puede ser quemada por el fuego. Así, durante el desarrollo del consumo se invierte el proceso, el material orgánico se oxida, liberando energía, agua, dióxido de carbono y nutrientes que son utilizados en mayor o menor medida por los consumidores, liberándose el resto.

En la rotación biológica de la materia orgánica, nutrientes y energía en el ecosistema puede observarse los residuos vegetales y animales que llegan al suelo, son transformados por los microorganismos, donde los compuestos más estables se humifican y acumulan, pero todos con mayor o menor rapidez en el tiempo sufren el proceso de mineralización, liberándose lentamente nutrientes que pueden mantenerse en el suelo de forma asimilable o no para las plantas, una parte de ellos puede perderse de las capas superiores del suelo en forma líquida (lavado) o gaseosa, otra puede ser inmovilizada por las plantas y microorganismos al nutrirse de los mismos, cerrándose así este importante ciclo de los nutrientes en el ecosistema, el cual resulta importante su dinámica para el mantenimiento de la fertilidad de los suelos.

En los ecosistemas naturales y en algunos agroecosistemas sustentables, existe una fuente de reservas de nutrientes en la biomasa aérea de las plantas, debido a que ésta o gran parte de la misma, en su momento, va a ser incorporada y reciclada en el propio ecosistema,

resultando mínimas las pérdidas dadas a las buenas condiciones de manejo y el balance nutricional e hídrico que puede mantener su dinámica en un nivel bueno y estable.

En los sistemas intervenidos, en dependencia del manejo, la situación es diferente, puesto que diversos factores están alterando este balance nutricional e hídrico en el agroecosistema. En primer lugar, las especies vegetales cultivadas y el incremento de la intensidad de explotación del predio, hacen que la extracción de nutrientes sea más selectiva e intensa y se incrementen las pérdidas, sin que la restitución natural sea suficiente. Generalmente, esta situación va acompañada siempre de un manejo inadecuado del suelo donde: se tiende al monocultivo, no se cuenta con un buen manejo de la estructura del suelo y sus propiedades físicas, no existe manejo de residuos de cosecha, ni el uso de abonos verdes u otros orgánicos, las prácticas de conservación de suelo y agua que se emplean no son eficientes, no se considera el establecimiento de cultivos múltiples u otro tipo de arreglo entre especies como el establecimiento de los sistemas silvopastoriles o agroforestales, entre otros.

La investigación en las tierras tropicales y semi-tropicales ha establecido que los insumos de materia orgánica a través de la devolución de los residuos y fuentes externas de material orgánico, tales como el estiércol y abono al suelo, son esenciales para la restauración de la fertilidad en los suelos degradados, pero que la baja producción de residuos y el uso limitado de abonos orgánicos limita el incremento del carbono orgánico del suelo (FAO y GTIS, 2016).

En un estudio realizado en Guantánamo por Blanco *et al* (2018) sobre suelo Pardo Sialítico con aporte o no de estiércol vacuno parcialmente descompuesto, aplicado a razón de 57.1 t.ha<sup>-1</sup>, con la cual se realizó un aporte de 10 t.ha<sup>-1</sup> de materia orgánica pura, obtuvo como resultado, mediante el monitoreo durante dos años, una tendencia superior a la mejora de los indicadores físicos (densidad aparente, humedad, resistencia a la penetración, velocidad de infiltración), químicos (pH, contenido de materia orgánica, fósforo y potasio) y biológicas (microorganismos totales, respiración basal e inducida) en los suelos de los campos seleccionados donde se aplicó la materia orgánica.

Los procesos de tala y quema también causan profundas modificaciones en el ciclaje de los elementos esenciales, donde se altera la dinámica del K, Ca, Mg, la cobertura viva, muerta y el humus, los cuales tienen un papel fundamental en los procesos de pérdidas. Inicialmente, después de la quema, los contenidos de estos elementos se incrementan, pero por efectos de lavado y erosión, las pérdidas llegan a la mitad y hasta a la cuarta parte de esos contenidos después de un año. (Gómez, 2013).

Las malas prácticas de manejo en el tiempo conducen a la degradación acelerada de la fertilidad de los suelos, siendo necesario recurrir inevitablemente cada vez más al uso de insumos externos al sistema, con el fin de tratar de restituir, aunque sea en forma parcial, el nivel de disponibilidad nutricional del suelo, para lo cual se acude a la aplicación de

fertilizantes químicos de forma intensiva, incrementando los costos, la dependencia exterior y los efectos residuales adversos al medio ambiente y a la calidad agrícola de la producción.

La conservación y reciclaje de la materia orgánica en el agrosistema contribuye a la conservación de los recursos naturales, lo cual es una de las principales prácticas que el agricultor debe establecer de forma consciente si desea mantener las condiciones de fertilidad de los suelos, para lo cual no debe perder o quemar los residuos orgánicos que se produzcan en el sistema de producción, por el contrario necesita identificar todas las fuentes de residuos orgánicos, fundamentalmente en zonas cercanas a la finca, para producir a bajo costo abonos orgánicos de alta calidad, mediante el desarrollo del compostaje y la lombricultura.

Por su importancia práctica se caracteriza brevemente estos dos procesos de manejo de los residuos biodegradables que son básicos para lograr el reciclaje de los residuos orgánicos y la sostenibilidad del agrosistema al utilizarlos como abonos de buena calidad.

### **Proceso de compostaje:**

El compostaje consiste en la descomposición aeróbica de residuos sólidos biodegradables, dado a la degradación microbiana de sustancias orgánicas de desecho de origen animal y vegetal, permitiéndonos la eliminación de su olor, su higienización y su empleo como abono orgánico de alto valor. Constituyendo la práctica más popular de procesar y reciclar los residuos orgánicos en las unidades de producción agropecuarias y en todas las fincas campesinas agroecológicas.

Una característica peculiar de este proceso es formar una pila o banco de diversos residuos orgánicos superpuestos en capas donde no debe faltar el estiércol para aportar una buena masa microbiana al proceso, las pilas con posterioridad se mezclan y humedecen durante determinados momentos para favorecer el proceso.

El proceso de compostaje contempla la descomposición de una mezcla compleja de sustancias orgánicas que se acelera por la autocalefacción y cuya velocidad de descomposición, entre otros, estará condicionada fundamentalmente por la proporción de nitrógeno con relación al carbono contenida en el material de partida, ya que los microorganismos que actúan en la degradación de la materia orgánica se reproducen y su biomasa alcanza una relación C/N de 5 – 10 (2,5 % N, 45–50 % C), por lo que en su acción necesitan utilizar el  $\text{NH}_4^+$  liberado durante la descomposición para la reproducción de la biomasa microbiana que actúa en la degradación, así en la medida que la relación C/N de los materiales que componen la pila se hace más alta (mayor de 30) el proceso se ralentiza y su velocidad de transformación disminuye, por lo que se sugiere en este caso suplementar de 1 a 2 kg de N amoniacal a la pila por cada 100 kg de material, en dependencia del carácter de los materiales originales y su relación C/N.

En la fase inicial del proceso los compuestos orgánicos de fácil descomposición son degradados biológicamente, le sigue una fase termófila activada por bacterias, actinomicetos y hongos termófilos, durante el cual las pectinas, hemicelulosas y otros compuestos orgánicos son degradados por la alta actividad biooxidativa de los microorganismos, provocando autocalfacción en un ambiente húmedo y cálido con temperaturas de 55 – 60°C y producción de CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O y especies inorgánicas, también ocurre la higienización del sustrato donde se eliminan fitotóxicas y agentes patógenos a plantas y animales. En esta fase del proceso los compuestos orgánicos más estables (lignina) sufren cierta descomposición al final del período.

Cuando la temperatura de la pila comienza a declinar comienza la fase de enfriamiento o estabilización, donde disminuye la velocidad de descomposición y se recoloniza la pila con microorganismos mesófilos que estabilizan la materia orgánica, esto es seguido por una fase de curado o maduración, que no es más que la prolongación del período de estabilización y mineralización, que permite elevar el nivel de humificación final del producto, es decir, durante la segunda mitad del proceso de compostaje el sustrato en descomposición se humifica, enriqueciéndose en lignina en transformación, productos de descomposición de alta masa molar y productos del metabolismo de los microorganismos, por lo que esta fase final resulta de suma importancia para la calidad del compost y puede durar unos dos meses, por lo que el período total de un compostaje puede durar un mínimo de cuatro a seis meses, según la composición inicial.

El humus formado en el proceso de compostaje está compuesto por polímeros de alta masa molar y que carece de una estructura química definida, constituyendo un excelente abono orgánico, que se caracteriza entre otras condiciones por su baja relación C/N, composición nutricional balanceada, buenas condiciones físicas, alta carga biológica y libre de patógenos y semillas de plantas indeseables.

Existe mucha información bibliográfica detallada sobre el proceso de compostaje factibles de consultar, algunas de ellas son: (Röben, 2002; Socorro *et al.* 2004; Altamirano y Cabrera, 2006)

### **La Lombricultura:**

Las lombrices son animales invertebrados del tipo anélidos, o sea, gusanos segmentados. Son hermafroditas y depositan sus huevos protegidos en una cápsula llamada cocón.

Hasta la actualidad se conocen entre 6 y 7 mil especies diferentes de lombrices, siendo la más conocida la *Lumbricus terrestris* (lombriz de tierra); ésta vive exclusivamente en la tierra y se alimenta de la materia orgánica descompuesta presente en los suelos. En estado adulto llega a medir entre 9 y 30 cm de largo. La puesta de huevos se realiza a razón de un cocón por animal cada 45 a 60 días y vive de 4 a 5 años. No todas las especies son aptas para la cría, la mayoría requiere condiciones muy precisas y difíciles de lograr.



Sin embargo, existe una especie llamada *Eisenia foétida*, conocida como Lombriz Roja Californiana, que no sólo es la que mejor se adapta al cautiverio, sino que posee características sorprendentes. En estado adulto mide entre 3,5 cm y 8,5 cm de largo. Su peso oscila entre 0,4 y 0,6 gramos, aunque se logran ejemplares que pueden alcanzar 1 gramo.

Es capaz de ingerir también grandes cantidades de materia celulósica, como rastrojos, aserrines, pulpas de celulosa, y en general cualquier desecho orgánico en descomposición de origen vegetal o animal en desmenuzados en tamaños pequeños, siendo los estiércoles los más utilizados. Es muy voraz, llegando a comer hasta el 90 % de su propio peso por día. De esta ingesta, excreta entre el 50 y 60 % convertido en un nutriente natural de altísima calidad, conocido como lombricompost, vermicompost, worm casting o humus de lombriz. Hay que resaltar que un alto porcentaje de los componentes químicos del humus son proporcionados, no por el proceso digestivo de las lombrices, sino por la actividad microbiana que se lleva a cabo durante el periodo de reposo que éste tiene dentro del lecho. Por ejemplo, el 50% del total de los ácidos húmicos que contiene el humus, son proporcionados durante el proceso digestivo y el 50% restante durante el período de reposo o maduración.

Lo importante de esta especie es que resulta muy prolífica, las lombrices adultas se aparean semanalmente, poniendo un cocón por lombriz cada diez días. Estos huevos eclosionan a las 2 ó 3 semanas de puestos y dan a luz entre 2 y 20 lombrices cada uno. Estas recién nacidas alcanzan la madurez sexual luego de 6 a 10 semanas. Son inmunes a enfermedades y tienen una increíble capacidad de regeneración. La longevidad de esta especie se estima en alrededor de 15 ó 16 años. Cuando el sistema de cría se realiza con todos los cuidados, se obtienen muy buenos resultados.

El humus de lombriz es inodoro, no se pudre, ni fermenta y su apariencia general es similar a la borra de café. En los análisis químicos realizados al humus de lombriz se detecta la presencia de hasta un 5% de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente, un 4% de calcio, una carga bacteriana de 2 billones por gramo y un pH entre 7-7,5; por lo que constituye un fertilizante orgánico de altísima calidad, acción prolongada, relativamente fácil y económica su producción, en Cuba aplicado en dosis de 3 a 5 t/ha logrado elevar los rendimientos de los cultivos, al mismo tiempo se puede combinar su aplicación junto con fertilizante químico, disminuyendo así las dosis de este último y haciendo más efectiva los resultados de la fertilización órgano-mineral.

En este sentido resulta evidente el fracaso de la implementación sistemática de los fertilizantes químicos con respecto a su efecto residual tóxico, por lo cual, a finales del siglo XX, se remarca en la necesidad de lograr la mayor implementación de las lombrices para reciclar los desechos orgánicos. Y no es que la utilización de fertilizantes sea el causante directo de la contaminación agrícola, más bien es el uso indiscriminado y negligente de estos productos, que ya están llegando a su límite de tolerancia por parte de la

biodiversidad productiva, y es por esto que la utilización de las lombrices contribuye enormemente a reducir el impacto producido por estos productos sintéticos, ayudando a conservar el medio natural, donde el hombre también como ser vivo, tarde o temprano podría sufrir las consecuencias por su contaminación.

La lombricultura es una actividad centrada en la crianza de lombrices, la cual tiene sus cuidados y limitaciones, para lo cual existen Instructivos Técnicos (Peña *et al.*, 2002; Socorro *et al.*, 2004; Restrepo *et al.*, 2014) que pueden consultarse para más detalles, siendo éste un proceso importante, ya que todos los productos resultantes del proceso de producción se utilizan con diversos fines agropecuarios y otros.

El aspecto más importante de la lombricultura desde el punto de vista agrícola es el referente a la producción de un abono orgánico excelente, lo que está íntimamente ligado al reciclado de los residuos orgánicos dispuestos en fragmentos pequeños, ya que la lombriz ingiere los mismos y excreta humus, transformando muchas veces un grave problema sanitario de desperdicios en un rico fertilizante orgánico.

La carne de la lombriz se transforma, mediante distintos sistemas de secado, en una harina de altísimo valor proteico. Esta harina se utiliza, en alimentación humana, como complemento proteico en la elaboración de hamburguesas, picadillos y embutidos. En alimentación animal, se emplea para preparar alimentos balanceados. También se usa la lombriz viva, como alimento para peces y ranas, tanto en acuarios como criaderos, sin dejar de mencionar su condición de carnada en el mercado de la pesca en algunos países.

En la industria farmacéutica se utiliza el colágeno presente en las lombrices y, a partir del líquido celomático, se han elaborado antibióticos. La medicina también ha puesto en estudio a este anélido por su capacidad de regeneración de los tejidos y su inmunidad.

La energía que se aporta y consume en los sistemas de producción agrícola revierte una importante significación para elevar la producción manteniendo una nivel adecuado eficiencia energética. La energía se define como la capacidad de realizar trabajo. Por general, esta energía se clasifica en dos tipos básicos: *cinética* (energía en acción o movimiento) y *potencial* (energía almacenada), siendo la energía el soporte fundamental para la vida en el planeta, en general, y para la actividad agropecuaria, en particular. Según Flores y Sarandon (2014) la función de los ecosistemas naturales y de los agroecosistemas es captar y transformar energía. Sin embargo, existen diferencias sustanciales en los flujos de energía entre ambos tipos de ecosistemas. En los Ecosistemas Naturales la energía aportada por el sol es suficiente, en general, para mantener la estructura y complejidad de procesos que ocurren en el mismo, aun en sistemas tan complejos y diversos como una pluviselva tropical. Sin embargo, los Agroecosistemas requieren el aporte de fuentes adicionales de energía en forma de trabajo humano o de diferentes tipos de insumos. El aporte de energía externa varía con el tipo de actividad y el grado de intensificación de la misma.

La intensificación de la producción agrícola de las últimas décadas, ha significado la necesidad de inversión de cantidades cada vez mayores de energía (generalmente fósil) para aumentar el rendimiento, disminuyendo la eficiencia energética de los sistemas. (Pimentel *et al.*, 1998. citados por Flores y Sarandon, 2014) señalan que el abastecimiento mundial de petróleo se acabará, a las tasas actuales de producción, en aproximadamente 34 años y donde los Estados Unidos, con el 4% de la población mundial, consumen casi el 25% de la energía disponible en el planeta.

El problema surge inmediatamente al comprender que aproximadamente el 85% de la energía mundial es fósil. Este hecho cuestiona la posibilidad de sustentar estos de sistemas agrícolas altos consumidores de energía, ya que el uso ineficiente de altas cantidades de energía se contraponen con el objetivo de mantener la base de los recursos naturales no renovables, y convierte a los sistemas agrícolas en sistemas dependientes de recursos que, sin dudas, se agotarán en un futuro relativamente inmediato.

A fin de resumir este amplio aspecto, analizaremos a continuación las principales vías para la conservación y optimización de la dinámica de la materia orgánica, nutrientes y energía en los agroecosistemas, a fin de mantener la fertilidad potencial del suelo y hacer sostenible su manejo, las cuales deben estar encaminadas a:

- Adecuar siempre el sistema de cultivo elegido a la capacidad productiva del suelo, como un principio básico.
- Desarrollar policultivos, rotaciones y cultivos asociados. Su uso aumenta la cantidad de residuos orgánicos, el ciclado de nutrientes y su diversidad, al conseguir la exploración de diferentes profundidades en el perfil con sus diversos sistemas radiculares.
- Minimizar las pérdidas por erosión, evitando las pérdidas de materias orgánicas y nutrientes en la superficie del suelo.
- Aumentar la utilización de abonos orgánicos disponibles en el predio o cerca del mismo.
- Utilizar los abonos verdes dentro de la rotación o como cobertura en plantaciones de frutales. Se reportan beneficios inmediatos sobre la actividad metabólica microbiana y actúa sobre la movilización biológica de elementos esenciales de las capas profundas hacia la superficie del suelo.
- Manejar adecuadamente los residuos de cosecha y los residuos biodegradables industriales o de otro origen disponible, potenciando la producción “*in situ*” del compost y el vermicompost.
- Potenciar el desarrollo de la biodiversidad edáfica, para promover una actividad biológica capaz de activar los procesos de biodegradación de la materia orgánica y la

biodisponibilidad de los nutrientes (ciclo orgánico y mineral), así como los macro organismos (lombrices) para activar el transporte ascendente de elementos minerales en el perfil.

- Introducir la utilización de productos biofertilizantes en relación a los cultivos a establecer y las condiciones del suelo, que permita además de sus posibles efectos bioestimuladores, el incremento de la disponibilidad y absorción de algunos nutrientes.
  - Mejorar la conservación del agua de lluvia y la gestión del agua de riego y su calidad, ya que la dinámica del agua en el suelo y su uso eficiente, influye en la fertilidad y disponibilidad de los nutrientes.
  - Desarrollar sistemas mixtos de producción (agroforestales, agroganaderos). Su establecimiento facilita cerrar ciclos de nutrientes, evitando pérdidas y optimiza la interacción de distintas especies, donde juegan un gran papel los árboles al extraer nutrientes de las profundidades del suelo y producir altos volúmenes de biomasa.
  - Aportar materiales minerales naturales (rocas molidas) o fertilizantes químicos fundamentalmente para cubrir carencias, desequilibrios que pueda presentar el abonado orgánico y en los períodos críticos de deficiencias nutritivas o mayores necesidades en la fisiología del vegetal, evitando la contaminación y velando por la calidad biológica de los productos cosechados.
- **Potenciar la recuperación de la biodiversidad y actividad de la biomasa edáfica.**

Los suelos albergan una gran diversidad de organismos que desempeñan papeles fundamentales como impulsores de muchos servicios ecológicos de los cuales depende el funcionamiento de los ecosistemas terrestres. De este modo, los organismos del suelo y las interacciones entre ellos y con plantas impactan en varios servicios de ecosistemas, incluyendo la formación del suelo y el ciclo de nutrientes, la producción de alimentos y fibra, regulación climática, enfermedades y el control de plagas. La biodiversidad del suelo es inmensa en comparación con la biodiversidad sobre el suelo: por ejemplo, diez gramos de suelo contienen alrededor de 1 010 células bacterianas de más de 106 especies y unas 360 000 especies de animales habitan el suelo. Se ha estimado que la biodiversidad del suelo podría llegar hasta un 25 por ciento de la cantidad total de las especies vivas descritas en todo el mundo, aunque la mayor parte de esta diversidad permanece desconocida. (FAO y GTIS, 2016).

El suelo en sí mismo es un recurso natural vivo, ya que en el mismo ocurren una serie de relaciones de alimentación, muerte, degradación, y convivencia, donde participan una amplia diversidad de macro y microorganismos propios del suelo conjuntamente con las raíces de las plantas.

La palabra "biodiversidad" se compone de la palabra griega "bios" (vida) y la palabra latina "diversitas" (diversidad o diferencia). De manera general, por consiguiente, biodiversidad quiere decir: diversidad o variedad de la vida.

La agrobiodiversidad se refiere a la variedad y variabilidad de animales, plantas y microorganismos que son importantes para la alimentación y la agricultura. En su sentido más amplio comprende, según Zaccagnini *et al.* (2014), no solo los recursos genéticos de especies cultivadas, sino también toda aquella diversidad biológica necesaria para sostener funciones claves del agroecosistema, conservar su estructura y procesos, contribuir a generar bienes y servicios a la producción (servicios ecosistémicos), para asegurar la alimentación y permitir el desarrollo agropecuario sustentable, manteniendo la diversidad del ecosistema y de su funcionamiento, en los diversos usos de la tierra y del agua.

Los suelos constituyen el hábitat para un gran número de especies de la flora y la fauna, hoy referidos como biodiversidad y crean uno de los ambientes más diversos y contienen una de las colecciones más variadas de organismos vivos, incluyendo microorganismos como bacterias y hongos, y macroorganismos como por ejemplo lombrices, orugas y larvas de artrópodos, ácaros, hormigas, arañas, etc. Así el suelo de un metro cuadrado de bosque tropical puede contener más de 1000 especies de invertebrados y el número y la diversidad de microorganismos en un solo gramo de tierra puede ser aún mucho mayor. Los organismos del suelo aportan servicios esenciales para el funcionamiento sostenible de todos los ecosistemas, y por lo tanto, son recursos importantes para los ecosistemas agrícolas. Por ejemplo estos macroorganismos cavadores de túneles mezclan las partículas minerales y la materia orgánica, redistribuyen los nutrientes y aumentan la infiltración del agua.

En un sentido estricto, la rizosfera es la parte del suelo inmediata a las raíces, tal que, al extraer una raíz, es aquella porción de tierra que queda adherida a la misma. Debido a la alta densidad de raíces que emiten las plantas se puede considerar la rizosfera de una forma más amplia, como "la porción de suelo en que se desarrollan las raíces de las plantas".

La rizosfera se diferencia del resto de la capa superior del perfil del suelo por tener una mayor densidad de organismos, tales como bacterias, actinomicetos, hongos (micorrízicos o no) y la microfauna, también el suelo en esta zona posee mayor estabilidad estructural, tanto por la acción mecánica de las raíces, como por la acción agregante de los exudados.

La importancia que ejercen los organismos del suelo en el funcionamiento del agroecosistema se pueden resumir en los siguientes roles:

- La simbiosis del rizobium y las micorrizas incrementa la eficiencia de la asimilación de nutrientes por las plantas (N y P fundamentalmente).

- Un amplio rango de hongos, bacterias y animales inferiores participan en los procesos de transformación, mineralización e inmovilización de nutrientes, siendo determinante su acción en los ciclos de los elementos (C, N, S).
- Los microorganismos actúan en la descomposición de la materia orgánica del suelo y la síntesis del humus.
- Las galerías y transporte de partículas producidas por la fauna del suelo y la agregación de partículas por los hongos y bacterias tienen una amplia influencia en la estructura del suelo y su régimen hídrico.
- La carga microbiológica incrementa el rango de control de organismos causantes de plagas y enfermedades.

Una vez comprendida la importancia de la biota del suelo en la capacidad productiva del mismo, debemos reconocer que la “Agricultura Convencional” tiende a degradar los suelos y principalmente la actividad biológica del mismo, en la medida que implanta el monocultivo, se intensifica el uso de la maquinaria en la preparación del suelo, los suelos se quedan desnudos, se quemen los rastrojos, se incrementa la aplicación de biocidas y se utilizan los fertilizantes químicos (sobre todo amoniacales) como única o mayoritaria fuente de nutrientes. La aplicación de pesticidas y fertilizantes químicos afecta bastante a la población de la rizosfera, tanto en su cantidad como en la presencia de especies concretas. Si bien la fertilización mineral, aplicada con medida, suele tener un efecto beneficioso respecto a la población microbiana, propiciando su desarrollo, en exceso puede disminuir la proporción de las especies presentes, fundamentalmente de la mesofauna, la cual generalmente se ve perjudicada por los fertilizantes, de todos ellos son los fertilizantes amoniacales uno de los más dañinos a la actividad biológica de los suelos.

Por el contrario, la “Agricultura Ecológica” dentro de sus principios tiende a conservar el “suelo vivo”, potenciando la actividad de los macro y microorganismos, mediante el desarrollo de prácticas agronómicas dirigidas a:

- La conservación del suelo y el agua, prestando atención a la calidad de esta última que se utiliza para el riego.
- El mantenimiento y mejora de la estructura del suelo y en fin de las condiciones físicas del mismo.
- El aporte sistemático de abonos orgánicos al suelo resulta básico, no solo por el aporte de nutrientes y energía, sino por el alto contenido de microorganismos que aporta (carga biológica).
- El desarrollo de plantas de cobertura y abonos verdes, conjuntamente con policultivos, rotaciones y asociaciones, que incrementan la diversidad de la

cobertura vegetal y propicie una mayor actividad microbiana en la rizosfera por las excreciones de las raíces.

- La disminución de la intensidad de laboreo e implementación de labranzas conservacionistas.
- Evitar los suelos desnudos mediante el uso de coberturas vivas y muertas.
- Eliminación del uso de productos biocidas.
- Potenciar el uso de productos biofertilizantes a base de rizobacterias y micorrizas, capaces de influir directamente sobre el metabolismo de las plantas, promoviendo el aumento de la toma de agua y nutrientes, el desarrollo del sistema radical y la estimulación del funcionamiento de otros organismos beneficiosos presentes en la rizosfera. También se puede incrementar la resistencia de las plantas a las enfermedades.
- Uso preferencial de fertilizantes minerales naturales ante los fertilizantes químicos solubles que deben ser reducidos a un mínimo.
- La introducción de animales y árboles en los agrosistemas, para lograr un mayor reciclaje de la materia orgánica, nutrientes y energía.

### **Establecer Sistemas Integrados de Nutrición Vegetal.**

Los nutrientes, junto con el agua y la energía, constituyen elementos esenciales para la vida y el funcionamiento de los agroecosistemas.

En la agricultura convencional el uso continuado de prácticas nocivas al recurso suelo, han provocado una reducción de la productividad, acelerando el proceso erosivo y consecuentemente promueven la degradación de las tierras agrícolas; para contrarrestar este fenómeno la productividad ha sido muchas veces mantenida en base al incremento de la aplicación de los fertilizantes minerales, como única fuente de nutrientes, lo cual ha resultado insostenible (De Freitas, 2000). Esto se explica porque en los primeros años, con el uso de los fertilizantes químicos, se obtienen rendimientos agrícolas espectaculares, pero luego ocurre una drástica disminución y para contrarrestar las mermas de las cosechas, se tiene que aplicar mayores dosis de fertilizantes, como resultado en pocos años, los rendimientos descienden drásticamente por el aniquilamiento de los microorganismos y la “muerte del suelo vivo”, lo que obliga a abandonar el campo y buscar otras tierras para continuar con este círculo pernicioso (Chilón, 2017).

Los sistemas de fertilización convencional más científicos se fundamentan en el monitoreo de los elementos minerales del suelo, su extracción y aprovechamiento por las plantas atendiendo a las distintas formas de aportación, con el objetivo de aportar los mismos en

formas solubles y aprovechables, en dosis, momentos y métodos apropiados a la tecnología y condiciones de cultivo. Según Socorro *et al.* (2004), si analizamos el concepto, las intenciones son nobles y científicamente argumentadas, sólo que la variable ambiental fue considerada sólo en algunos casos en función de disminuir en algo la contaminación de las aguas y no en función de los efectos sobre los ecosistemas en cuanto a la vida del suelo y la salud humana, entre otros.

Según FAO (2016), muchos estudios enfatizan la incapacidad de los fertilizantes minerales como única alternativa para incrementar significativamente la producción de alimentos en las regiones donde la brecha de rendimiento es mayor, a no ser que el aporte significativo de materia orgánica a través de los residuos de cultivo o abonos también ocurra.

El concepto de fertilización metodológicamente deber ser retomado en el manejo agroecológico en cuanto a lo sistémico y metodológico, pues la fertilización, ya sea química o natural no deja de ser una práctica artificial y, ambas tienen en común el propósito de aportar los nutrientes en cantidad y calidad necesarias para obtener cosechas productivas. La fertilización como labor agrícola invariante del manejo de suelos y nutrición vegetal, tiene que ser vista agroecológicamente en el sentido del aporte al agroecosistema de todas las fuentes disponibles, traducido en la atención a las necesidades cíclicas y estacionales de las plantas, a la disponibilidad y equilibrio de nutrientes y su dinámica bioquímica dentro del agroecosistema. Debe ser considerada como una fertilización que requiere del concurso de una mayor cantidad de disciplinas científicas, que consideren el suelo como recurso natural “vivo”, donde se fertiliza el suelo y no las plantas, para alcanzar una nutrición indirecta de los cultivos, que considera como indicador de la fertilidad, la calidad y cantidad de los nutrientes, así como la actividad biológica. Así la fertilización como labor agrícola invariante del manejo de suelos y la nutrición vegetal, tiene que ser vista en el sentido del aporte al agroecosistema, traducido en la atención a las necesidades cíclicas y estacionales de las plantas, a la disponibilidad y equilibrio de nutrientes y su dinámica bioquímica, a fin de mantener la fertilidad natural del suelo dentro de agroecosistema. (Socorro *et al.*, 2004).

La fertilidad constituye la capacidad de los suelos de proporcionar los elementos esenciales para el crecimiento de las plantas en las cantidades apropiadas y en el momento preciso. Pocos suelos se ajustan a las especificaciones requeridas de manera perfecta y la mayoría requiere de suministros adicionales de nutrientes para satisfacer las necesidades de las plantas. Para desarrollar un sistema de manejo de la nutrición vegetal como parte de un sistema de cultivo (FAO 2001), es necesario considerar los siguientes factores:

- la asimilación de los nutrientes por parte del cultivo para obtener un rendimiento razonable;
- la cantidad que potencialmente puede ser suministrada por el suelo sin degradarse;
- la eficacia de utilización del nutriente desde su fuente.



Para satisfacer estas consideraciones, un suelo puede requerir realmente, no solo los 3 elementos principales (N, P y K), sino cualquiera o una combinación de todos los otros que son esenciales para garantizar el mejor nivel de nutrición del cultivo. La roca madre, a partir de la cual se forma el suelo, regula en gran medida los niveles de la mayoría de los elementos esenciales presentes, fundamentalmente en los suelos donde hay buena existencia de minerales primarios. En particular el Nitrógeno (N), el Fósforo (P) y el Azufre (S) son aportados en buena cantidad por la materia orgánica en los suelos y por tanto son afectados por cualquier actividad que ejerza influencia sobre el estado de la materia orgánica. A pesar de la presencia de estos elementos nutrientes en el suelo, sólo una pequeña fracción de ellos está realmente disponible para la asimilación por parte de las plantas. En consecuencia, el N, P y K por ser altamente demandados por las plantas, pueden necesitar su suministro adicional para satisfacer las necesidades de las plantas.

En la década del 90 cogió auge en el ámbito mundial el empleo de los Sistemas Integrados de Nutrición Vegetal (SINV), como respuesta a los problemas generados por el uso excesivo y dependiente de los fertilizantes químicos en la Agricultura. Los SINV pretenden lograr el mantenimiento y mejora de la fertilidad del suelo, así como el mantenimiento del suministro de nutrientes a las plantas, con un nivel óptimo de sostenibilidad en la producción de los cultivos, a través de la optimización de los beneficios obtenidos de todas las fuentes de nutrientes, manejados de forma integrada, expresado a modo de concepto se puede decir que los SINV se sustentan en el mantenimiento o ajuste de la fertilidad del suelo y de suministro de nutrientes a las plantas a un nivel óptimo, para sostener la productividad de los cultivos mediante la optimización de todas las fuentes de nutrientes de manera integrada.

La combinación adecuada del empleo de los fertilizantes minerales, abonos orgánicos, residuos de cosecha e industriales, compost, los abonos verdes y la fijación biológica del N por medio de los biofertilizantes varía acorde a las especies de plantas cultivadas y las condiciones ecológicas, sociales y económicas de la finca. Por lo que el adecuado manejo de los SINV conlleva dedicación, experiencia y cierto nivel de conocimiento de los productores que los emplean, dado al carácter holístico de las medidas tomadas en el manejo de la fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas cultivadas.

Contrario a la Agricultura Orgánica que propone una baja dependencia externa, el empleo de los SINV conlleva a una posible dependencia de baja a media de suministros externos en la finca, sin embargo, los SINV constituyen un proceso cuya filosofía se basa en disminuir las pérdidas de nutrientes del sistema y potenciar sus fuentes, no comportándose como un proceso exclusivo de suministro de nutrientes al sistema, como se concibe comúnmente en la Agricultura Convencional.

Los objetivos principales de SINV, según FAO (2001), son racionalizar el manejo de la nutrición vegetal con el fin de:

- incrementar la eficacia en el suministro de los nutrientes al suelo en cuanto a: (I) mejorar las relaciones entre el rendimiento del cultivo y la cantidad de nutrientes aplicados; (II) la posibilidad de que los nutrientes transiten a través del sistema suelo/cultivo y satisfacer la demanda de estos elementos por parte del cultivo en cualquier momento.
- mantener y mejorar la reserva de nutrientes en el sistema suelo/cultivo.
- reducir las pérdidas de nutrientes.
- proporcionar la tasa de retorno más económicamente alta al agricultor.

En resumen: los principios fundamentales en que se basa la fertilización mediante el empleo de los SINV los siguientes:

- Aprovechar adecuadamente la fertilidad del suelo, mediante la elección de los cultivos, sus rotaciones y asociaciones.
- Evitar las quemas de la cubierta vegetal del suelo y los residuos de cosecha, utilizando las mismas como cobertura viva o muerta, o incorporándolas al suelo.
- Aportar materia orgánica y reciclar nutrientes aprovechando todas las fuentes disponibles de residuos vegetales e industriales, mediante el compostaje y la lombricultura.
- Dar vida al suelo y movilizar los nutrientes del mismo con el empleo de los abonos verdes dentro de la rotación de cultivos.
- Potenciar los organismos beneficiosos del suelo (Micorrizas, rizobacterias y otros) mediante inoculaciones de productos biofertilizantes y bioestimuladores.
- Emplear la fertilización química de forma racional y puntual, acorde a las máximas exigencias fisiológicas de nutrientes en la rotación o para corregir los desequilibrios que pudieran presentarse, minimizando las pérdidas y logrando la máxima eficiencia en su aplicación.

Así, el manejo de la fertilidad del suelo en una Agricultura Ecológica va a estar basado en tres vías complementarias:

- La encaminada a potenciar la biodiversidad edáfica.
- La encaminada a incrementar la disponibilidad de los nutrientes.
- La encaminada a potenciar aquellos aspectos que impidan la degradación del suelo y el agua.

Cuando los rendimientos disminuyen debido al suministro excesivo, reducido o nulo de fertilizantes, se evidencia la necesidad de mejorar el manejo de los nutrientes mediante:

- La evaluación de fuentes alternativas de nutrientes más baratas y disponibles localmente.
- Mejorar la eficacia en el uso de fertilizantes.

Para ello se hace necesario realizar algunas acciones como son:

- variar las fuentes de nutrientes, es decir, orgánicos, inorgánicos y biológicos.
- variar las dosis de aplicación de los nutrientes.
- mejorar el momento de aplicación de los nutrientes.
- mejorar la rotación de cultivos para incluir leguminosas o abonos verdes en la rotación.

### **Consideraciones finales en la mejora de los suelos.**

En la mejora de la capacidad productiva de los suelos pueden aplicarse un gran número de medidas que tiendan a disminuir o eliminar el efecto de los factores limitantes al desarrollo de los cultivos, las cuales entre otras van desde el uso intensivo de métodos de conservación del suelo, la aplicación de enmiendas químicas y orgánicas y el establecimiento de sistemas de drenaje, hasta la extracción de piedras y eliminación de obstáculos, entre otros.

Las acciones o medidas que se acometen en la producción agrícola en función de elevar la capacidad productiva del suelo, mediante la mejora o rehabilitación de campos de cultivo que se encuentran sometidos a limitantes agroproductivas de carácter edáfico, son en general beneficiosas, aunque no siempre se logran en toda su magnitud los objetivos propuestos o en corto período de tiempo se vuelven a restablecer las anteriores condiciones.

Todo lo anterior sucede cuando se acometen de forma aislada la rehabilitación y mejora de los suelos, sin tomar en consideración en primer lugar el hecho de eliminar las causas que condicionan esas limitantes agroproductivas y la realización de un manejo más integrado y sostenible del suelo.

Por eso cuando se acomete el manejo ecológico de un suelo degradado, es aconsejable antes de tratar de iniciar el mismo por acometer medidas de mejora, como pueden ser entre otras la extracción de piedras, drenaje, encalado, enyesado y el abonado, se debe trabajar en garantizar en un inicio la conservación del suelo y el agua, para después cuando se tomen medidas en relación a elevar la fertilidad física, química y biológica, se vayan introduciendo según las condiciones locales de la unidad de producción y sus suelos, las

medidas complementarias que propicien la rehabilitación de la capacidad productiva del suelo.

Existen tres principios básicos que debemos respetar al momento de determinar las posibles medidas de mejora que pueden aplicarse:

1. Debemos eliminar o controlar las causas que provocan la manifestación de las limitantes, a fin de evitar que los suelos rehabilitados vuelvan con el tiempo a degradarse.
2. Debe mejorarse en primer orden la principal limitante y después las secundarias, ya que se corre el riesgo de no obtener resultados positivos en los rendimientos de los cultivos cuando se acometen acciones sobre limitantes secundarias.
3. Debemos reconocer que no todas las limitantes de los suelos son económicamente mejorables, por lo que en esos casos es necesario adaptar los cultivos al suelo, buscando un mayor nivel de agroproductividad sin perder de vista la protección y conservación del este importante recurso natural.

### Referencias bibliográficas

ABBONA, E. y SARANDÓN, J. Capítulo 8. Manejo de nutrientes en los agroecosistemas. En; Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. 1a ed. La Plata. Universidad Nacional de La Plata, 2014.

ALTAMIRANO FLORES, M. Y CABRERA CARRANZA, C. Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual. Editora Produce Sinaloa, A.C. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG Vol. 9, N° 17, 75-84 2006.

BLANCO, A.; FERNÁNDEZ, I.; CINTRA FUENTE, J.; GONZÁLEZ, R.; CASTILLO, A.; VIDEAUX, M. R.; LAFARGUE, M. Y MILIAN, J. Comportamiento de los indicadores físicos, químicos y biológicos de un suelo Pardo Sialítico a partir del cambio de Manejo. VI Simposio de edafología y nutrición de las plantas. XXI Congreso Científico Internacional. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Cuba. 2018.

CHILÓN, E. “Revolución Verde” Agricultura y suelos, aportes y controversias. Revista de la Carrera de Ingeniería Agronómica–UMSA. Apathapi 3(3): p 844-859, 2017.

DE FREITAS, V. Manejo del suelo en pequeñas fincas. Estrategias y métodos de introducción, tecnologías y equipos. Boletín de suelos de la FAO No. 77 Roma. 2000.

FAO. Directrices para ensayos y demostraciones de nutrición vegetal y manejo de suelos a nivel de finca. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 2001.

FAO. Ahorrar para crecer en la práctica maíz-arroz-trigo. Guía para la producción sostenible de cereales. Roma. 2016.

FAO y GTIS. Estado Mundial del Recurso Suelo (EMRS). Resumen Técnico. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura y Grupo Técnico Intergubernamental del Suelo, Roma, Italia. 2016.

FLORES, C. Y SARANDON, J. Capítulo 7 La energía en los agroecosistemas. En: Agroecología. Bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables. 1ª ed. La Plata. Universidad Nacional de La Plata, 2014

GÓMEZ GUZMÁN S. Manejo y conservación de suelos. Contenido didáctico del curso Metodología del Trabajo Académico. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. 2013.

LABRADOR, J. La materia orgánica en los Agroecosistemas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ediciones Mundi- Prensa 293 p. 2001

PEÑA TURRUELLA, E.; CARRIÓN RAMÍREZ, M.; MARTÍNEZ, F.; RODRÍGUEZ NODALS, A. Y COMPANIONI CONCEPCIÓN, N. Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura Urbana. Patrocinado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Edición INIFAT Ciudad de La Habana, Cuba. 2002.

RESTREPO, J; GÓMEZ, J. Y ESCOBAR, R. Utilización de los Residuos Orgánicos en la Agricultura. Fundación para la Investigación y el Desarrollo Agrícola FIDAR. GráficaTextos Cali, Colombia. 2014.

RÖBEN, E. Manual de compostaje para municipios. DED/ Ilustre Municipalidad de Loja, Ecuador 2002.

SOCORRO, A.; PADRÓN, W.; PARETS, R. y PRETEL, R.. *Modelo alternativo para la racionalidad agrícola*, pp. 2, (Edición especial para la Universalización de la Educación Superior), Universidad de Cienfuegos, Universo Sur. Cienfuegos, Cuba, 2004.

ZACCAGNINI, M. E.; WILSON, M. Y OSZUST, J. Manual de buenas prácticas para la conservación del suelo, la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo-PNUD. Secretaría de ambiente y desarrollo sustentable de la nación-INTA. Buenos Aires. 2014. 95p