**CAPITULO I**

**1. ENMIENDAS ORGÁNICAS EN EL CULTIVO DEL BANANO**

**Introducción**

En el presente capítulo se explica lo referente a: que es la agricultura orgánica y su sostenibilidad; la importancia y fertilidad del suelo; la deficiencia de nutrientes, especialmente en el cultivo del banano; que es la materia orgánica y el uso que se le da en la agricultura. Asimismo se detalla lo que son las enmiendas orgánicas, su tipo, clasificación y sus beneficios como nutriente del suelo. Finalmente se tratará también acerca de la calidad del suelo y sus indicadores especialmente en el caso particular del cultivo del banano.

**1.1. Generalidades**

El fundamento de la producción agrícola radica principalmente en el suelo, por lo que un manejo adecuado de esta plataforma debe incluir prácticas de principios edafológicos que deben desarrollarse en relación a la naturaleza y propiedades de este componente primario.

La producción de banano, no es la excepción, y esta fuertemente correlacionada con el estatus nutricional del suelo debido a que grandes cantidades de nutrientes son requeridas para la producción del fruto. Por otro lado, el monocultivo e incremento de los rendimientos por unidad de producción se ha basado en el uso de grandes cantidades de fertilizantes y pesticidas.

Prácticas agrícolas, que sin ser negativas, con el aumento de los años, causan modificación en la estructura del suelo, deterioro de la capa vegetal, reducción de la microfauna entre otros, merecen la atención de cada uno de los aspectos que ayudarían a contrarrestar su efecto, siendo uno de los mas importantes la salud del suelo. En este objetivo, es importante dirigir la atención a actividades que permitan recuperar o mantener apropiadamente los procesos físicos, químicos y biológicos involucrados en la sostenibilidad de la producción bananera.

Una de estas actividades es la adición de enmiendas o mejoradores de suelo, los cuales por su origen y proceso pueden ofrecer productos muy variables, lo que fundamenta todo tipo de investigación dirigida a mejorar su desarrollo.

**1.2. Agricultura Orgánica**

El uso indiscriminarte de agroquímicos en la agricultura, especialmente de los plaguicidas, cuya acción es cada vez mas cuestionada por la resistencia que presentan las plagas ha recibido en estos últimos años serios cuestionamientos, en vista de que la acción de estos productos ha causado graves trastornos al medio ambiente y a la salud de los seres humanos. Varias investigaciones han dado alerta sobre este peligro. Esto ha hecho que en la actualidad aumente la importancia de la Agricultura Orgánica.

En Ecuador no existen mecanismos que permitan tener un control adecuado al uso de agroquímicos en la agricultura, motivo por el cual se han denunciado evidentes deterioros del medio ambiente. Este hecho ha determinado que muchos productores vegetales no tradicionales hayan sido rechazados en los mercados internacionales, con perdidas de millones de dólares.

**1.2.1. Que es la Agricultura Orgánica**

La agricultura Orgánica, se define como una visión sistemática de la producción agrícola que usa como guía los procesos biológicos de los ecosistemas naturales. (Suquilanda Manuel B.,1996).

De acuerdo a la definición propuesta por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la agricultura orgánica es un sistema global de gestión de la producción que fomenta y realza la salud de los agro ecosistemas, inclusive la diversidad biológica, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo. (Comisión del Codex Alimentarius, 2004)

La agricultura orgánica también puede definirse como la agricultura apropiada a las particularidades de los ecosistemas en los que se desarrolla y con los cuales guarda relaciones armoniosas. (Grupo Latino Ltda., 2004).

Sintetizando los diferentes conceptos hasta aquí enunciadas, se puede decir que la Agricultura Orgánica, es una forma por la que el hombre puede practicar la agricultura acercándose en lo posible a los procesos que se desencadenan de manera espontánea en la Naturaleza. Este acercamiento presupone el uso adecuado de los recursos naturales que intervienen en los procesos productivos, sin alterar su armonía.

**1.2.2. Los Planteamientos de la Agricultura Orgánica**

La Agricultura Orgánica, aparece como una propuesta alternativa a la Agricultura Convencional:

Mientras que la Agricultura Convencional, propone alimentar a las plantas mediante el suministro de fertilizantes y compuestos hormonales sintéticos que aplicados al suelo van a ser absorbido inmediatamente para nutrir el organismo de los vegetales y de igual manera plantea el control de los insectos y nematodos plagas, las enfermedades, las malezas y otras pestes, mediante el uso de agrotòxicos (insecticidas, fungicidas, herbicidas, raticidas, rodenticidas).

La Agricultura Orgánica, por su parte, propone alimentar los microorganismos del suelo, para que estos a su vez de manera indirecta alimenten a las plantas. Esta alimentación se hará mediante la adición del suelo de desechos vegetales reciclados, abonos verdes con énfasis en las leguminosas inoculadas con bacterias fijadoras de nitrógeno, estiércol de animales, desechos orgánicos urbanos comportados, conjuntamente con polvo de rocas minerales, etc.

Por otra parte la agricultura Orgánica propone tanto para el mantenimiento de la vida del suelo, como para el manejo de plagas y enfermedades: la conservación del principio de la biodiversidad a través de la implementación de agroecosistemas altamente diversificados, el uso de plantas compañeras y/o repelentes, la asociación y rotación de cultivos, el uso de insectos benéficos (predadores y parasitoides), nematodos, entomopatogenos (hongos virus, bacterias, rickettsias), hongos antagonistas, insecticidas y fungicidas de origen botánico, permitiendo la utilización de algunos elementos químicos puros como: azufre, cobre, cal y oligolementos, de manera que ello contribuya a conservar el equilibrio ecológico , manteniendo la actividad biológica del suelo, fortaleciendo los tejidos de las plantas para que soporten los ataques de los insectos plagas para que se mantengan en niveles que no hagan daño a los cultivos.

En resumen, el planeamiento de la Agricultura Orgánica se propone observar las leyes que regulan la estructura y el funcionamiento de la naturaleza y no en contra de ella. (Suquilanda Manuel B., 1996).

**1.2.3. Sostenibilidad de la Agricultura Orgánica**

En las últimas décadas del presente siglo, el uso irracional de los recursos renovables naturales ha provocado alteraciones graves a los ecosistemas, poniendo en peligro la sostenibilidad de los sistemas de producción agropecuaria y forestal y como es lógico la seguridad alimentaria de las naciones.

Estas condiciones unidas a la presión sobre la tierra y el crecimiento demográfico han favorecido la expansión de la frontera agrícola a ambientes frágiles ecológicamente. Las prácticas intensivas de producción involucran el uso de grandes cantidades de insumo (laboreo, agroquímicos, fertilizantes, entre otros) y han impactado negativamente sobre la sanidad y conservación de sistema agrícola y del medio ambiente.

El abuso del uso de estas prácticas ha traído como consecuencia la contaminación de aguas superficiales y subterráneas con agroquímicos, fertilizantes y sedimentos, reducción en los niveles productivos de los sistemas agrícolas asociados al aumento en la magnitud de la degradación de los recursos, especialmente la erosión y la perdida de nutrientes por lixiviación ; han aumentado los requerimientos de laboreo y han propiciado la destrucción de habitas naturales, eliminando la “estructura biológica” del sistema y en consecuencia las posibilidades de control natural de organismos dañinos al cultivo.

La “Agricultura sostenible” entendida como la generación de agricultura “estable” es un termino genérico que supone tanto una filosofía, valores y concepción del mundo en la relación sociedad-naturaleza, como de practicas y sistemas agrícolas. Visto de una manera holistica, la sostenibilidad abarca aspectos ecológicos, económicos y culturales en cuyo examen se deben emplear las herramientas conceptuales y los aportes derivados de la investigación en las ciencias agronómicas y sociales. (Suquilanda Manuel B.,1996).

**1.3. Importancia del Suelo**

El suelo es un recurso natural renovable de importancia básica para la vida sobre la tierra. Es la fuente de vida para las plantas, los animales y la especie humana. (Grupo Latino LTDA, 2004)

**1.3.1. Fertilidad del Suelo**

La fertilidad del suelo esta representada por la cantidad adecuada de nutrientes, agua y aire que este es capaz de suministrar a las plantas para permitirles crecer y producir bien. De la vida que hay en el suelo, de los miles de seres vivos que en el habitan provienen en gran parte su fertilidad, es decir la capacidad de producir alimentos en forma abundante, sana y permanente.

La base de la fertilidad de los suelos, esta representada por el “humus”. Esta proviene de la materia Orgánica de origen vegetal y animal, que al ser atacada por los microorganismos del suelo, se transforma en humus. Este humus después de complejos procesos llega al estado de humus permanente en que las sustancias nutritivas se han mineralizado para ser de esta manera asimiladas por las raíces de las plantas. (Grupo Latino LTDA, 2004)

**1.4. Nutrientes del Suelo**

Para que las plantas crezcan sanas y produzcan bien, es necesario que el suelo posea suficientes nutrientes. Para satisfacer adecuadamente las necesidades individuales de los cultivos es importante que los nutrientes se mantengan balanceados en el suelo. La escasez de solo uno de ellos puede mermar seriamente los rendimientos y utilidades en la agricultura.

De los 17 elementos químicos que son necesarios para el desarrollo de las plantas, 13 son nutrientes derivados de la tierra, debido a que normalmente entran a la planta a través de las raíces.

Según las cantidades que las plantas necesitan para su desarrollo, los nutrientes se clasifican en macroelementos o elementos mayores y microelementos o elementos menores. Los macroelementos se dividen a su vez en elementos primarios y secundarios. (Suquilanda Manuel B., 1996)

**1.4.1. Problemas de Nutrientes en el Suelo**

Las plantas dependen de los nutrientes del suelo para crecer. Ellas combinan el aire con productos que sintetizan la energía del sol y con los elementos que el suelo provee. Los elementos que necesitan son numerosos, los más importantes son nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Estos son elementos primarios.

El suelo requiere muchos más elementos para poder ser saludable. Muchos otros nutrientes son importantes, pero son usados en cantidades menores por las plantas y otros organismos del suelo, como ejemplo de ellos tenemos al Boro (B), Cobre (Cu), Hierro (Fe) y Molibdeno (Mo). La cantidad y la forma de la liberación de estos elementos menores, en la disponibilidad de nutrientes a la planta, es lo que diferencia a un suelo bueno de uno pobre.

Un factor importante que debe considerarse es que los nutrientes del suelo deben estar en cantidades balanceadas y en una forma química para que puedan ser aprovechados de forma efectiva por las plantas.

Usualmente los suelos no pueden proveer los nutrientes necesarios para una u otra clase de plantas. Estos problemas son denominados deficiencias nutricionales. Las principales deficiencias son:

* *Deficiencia de Nitrógeno (N)*
* *Deficiencia del Fósforo (P)*
* *Deficiencia de micronutrientes*

**1.4.2. Deficiencia de Nutrientes en el Cultivo del Banano**

* *Deficiencia de N (Nitrógeno):* clorosis general en hojas mas viejas, por lo que retrasa el crecimiento y desarrollo de la planta.
* *Deficiencia de K (Potasio):* clorosis general en las puntas de las hojas más viejas, enrollan y mueren; retrasa el crecimiento, deformación de racimos y ruptura de caquis, con el debilitamiento del pseudotallo, es más susceptible al ataque de plagas y enfermedades.
* *Deficiencia de P (Fósforo):* se manifiesta con necrosis en los bordes de hojas viejas, pobre en raíces y disminuye la vida útil de la cepa; a demás de disminuir maduración y forma del racimo.

**1.4.3. Deficiencia en Micronutrientes**

* *Deficiencia del Zinc:* interviene en la síntesis de sustancias reguladoras del crecimiento y como activador de enzimas necesarias para su metabolismo. La deficiencia se manifiesta como rayas cloróticas blanquecinas perpendicular a la vena central que se alterna con rayas verdes, se encuentra en suelos arenosos y con altos contenidos de Ca. En suelos arcillosos es retenido fuertemente en el suelo, por lo que el banano no lo puede obtener.
* *Deficiencia de Boro:* Esta relacionado con la movilización del K y por lo que al faltarle ocurre que el peso de los racimos es pobre, y se presenta con rayas cloróticas paralelas a la vena central, y disminuye la cantidad de hijuelos por lo que la vida útil de la planta es menor. Además en casos severos deforma el racimo.
* *Deficiencia de Cobre (Cu):* El borde de las hojas presenta quemaduras. Reacción severa con algunos herbicidas. Bronceamiento de las puntas de las hojas. Puede causar esterilidad y bajo peso en frutales.
* *Deficiencia del Hierro (Fe):* La deficiencia de este elemento provoca un crecimiento lento, amarillamiento en frutales.
* *Deficiencia del Molibdeno (Mo):* Reduce el crecimiento, produce amarillamiento, marchites, caída de hojas.

**1.5. Materia Orgánica**

La Materia Orgánica es la suma de todo lo orgánico en o encima del suelo, incluyendo organismos vivos y muertos, en cualquier estado de descomposición. El suelo es un recurso natural renovable de importancia básica para la vida sobre la tierra. Es la fuente de vida para las plantas, los animales y la especie humana. Los niveles deseables de materia orgánica en los suelos de cultivo varían desde el 2% en zonas áridas, al 5% y mas en los valles fértiles.

En los suelos agrícolas la materia orgánica procede prácticamente de los residuos de las cosechas, abonos verdes, aportaciones de estiércol y/o abonos orgánicos. La mayor parte de estas aportaciones (del 60% al 70%) desaparece en una fase de mineralización activa que puede durar dos años, aproximadamente; el resto queda como humus, el cual se mineraliza lentamente en una proporción variable que depende de las condiciones del clima y suelo.

El contenido de materia orgánica en los suelos varían en función de las condiciones climáticas, prácticas culturales, rotación de los cultivos y la adición de los abonos frescos: estiércoles de animales, residuos de cosecha y otros materiales orgánicos. Cuando se añade fertilizantes al suelo sin la adición de componentes carbonados orgánicos, frecuentemente la tierra se deteriora. (Duicela G. Luis Alberto, et. al., 2003)

Hay varios tipos de materia orgánica. El suelo puede contener como primer tipo de materia orgánica, la que ha sido descompuesta. Ésta ayuda a mejorar la estructura del suelo y la capacidad de retención del agua, esta materia Orgánica ha estado en el suelo por muchos años y no contiene suficientes nutrientes.

El segundo tipo de materia orgánica es la parcialmente descompuesta. Esta sustenta la mayoría de la vida existente en el suelo, ya que provee los nutrientes para los organismos vivientes del suelo. Compost, abonos viejos y materia orgánica verde que ha estado en el suelo por dos semanas, son partes de este tipo de materia orgánica. Un suelo debe ser abastecido regularmente con este tipo de materia para que funcione bien.

Un tercer tipo de materia orgánica es la fresca. Ejemplos de ésta son las partes de plantas incorporadas en el suelo, o materia orgánica fresca de los desperdicios de la casa. Este tipo de materia orgánica está llena de azúcares que pueden ser fácilmente usados como fuentes con alto valor energético, el cual es usado por muchos organismos primarios. Debido a la intensa actividad biológica, este tipo de materia orgánica es peligrosa para las plantas ya que puede quemar las raíces.

**1.5.1. Beneficios del uso de la Materia Orgánica**

La materia orgánica no debe valorarse únicamente por su contenido de nutrientes, sino también por su benéfico efecto en el suelo. A continuación se indican algunos beneficios de la materia orgánica:

* Mejora la estructura
* Mejora la aireación y la penetración del agua
* Favorece la retención de la humedad
* Induce a un mayor desarrollo radicular
* Constituye un agente regulador de pH en los suelos
* Suministra carbono, fuente de energía para los microorganismos del suelo
* Actúa como regulador de la temperatura edáfica
* Activa los procesos Microbiales
* Promueve la diversidad microbial del suelo
* Provee energía a los microorganismos del suelo
* Actúa como granuladores de las partículas minerales del suelo
* Aumenta el contenido de macro nutrientes N, P, K y micro nutrientes
* Aumenta la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C)
* Es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos
* Retarda la fijación del ácido fosfórico mineral
* Suministra productos de descomposición orgánica

La evolución de los microorganismos de la materia orgánica en el suelo depende de muchos factores, tales como: clima (temperatura y humedad), suelo (textura, estructura y origen), y clases de residuos. Algunos de estos factores activan la mineralización, en tanto que otros favorecen la Humificación.

La influencia de la materia orgánica en las propiedades del suelo es bastante grande e incluso mayor de los que se podría creer, si se toma en cuenta que su contenido en el suelo es relativamente bajo y sin esta no habría actividad biológica. (Duicela G. Luis Alberto, et. al., 2003)

**1.5.2. Suelos con poca Vida y poca Materia Orgánica**

La base para lograr un suelo sano es el suministro continuo de suficiente materia orgánica, la cual, al descomponerse por la acción alimenticia de las lombrices, bacterias, hongos, insectos, mil pies y nematodos, entre otros, la transforman en humus. Este último libera minerales, brindando nutrientes a las plantas y buenas condiciones ecológicas y de alimento para los organismos vivos del suelo. Un buen suelo usualmente contiene de 3 a 8% de materia orgánica.

1.6. Requerimiento de Nutrientes Minerales en el Cultivo del Banano

Cuando en el suelo no existen limitantes nutricionales el rendimiento potencial del banano está estrechamente relacionado con la disponibilidad de agua y con la densidad de plantación. Según estudios realizados en años anteriores sobre los nutrientes minerales en el cultivo del banano se demostró que con el aporte de N y K en plantaciones densas con suelos irrigados y naturalmente bien provistos de Mg, Ca y P; los rendimientos alcanzan las 100 tn/ha/año.

Como en todos los cultivos se ha demostrado la importancia de la correcta nutrición durante el desarrollo de la planta, haciendo particular énfasis en el K, cuyos síntomas de deficiencias son más evidentes antes de la floración.

**1.7. Abonos Orgánicos**

Los abonos orgánicos son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto, que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, químicas y biológicas. Los abonos orgánicos pueden ser residuos de cultivos dejados en el campo después de la cosecha; cultivos para abonos verdes (principalmente leguminosas fijadoras de nitrógeno); restos orgánicos de la explotación agropecuaria (estiércol, purín); restos orgánicos del procesamiento de productos agrícolas; desechos domésticos (basuras de vivienda, excretas); compost preparado con las mezclas de los compuestos antes mencionados; etc.

**1.7.1. Tipos de Abonos Orgánicos**

Los abonos orgánicos pueden categorizarse según su fuente principal de nutrientes, los cuales se liberan gracias a la actividad microbiana. Lo abonos orgánicos a su vez se subdividen en abonos orgánicos procesados (materia orgánica estabilizada) y no procesados (aplicación directa sin previa descomposición). Véase ***Tabla 1.1***.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tabla 1.1**  **Diferentes tipos de Abonos Orgánicos según la fuente de aporte de Nutrientes y el grado de Procesamiento** | | | |
| **Fuente de nutrientes** | **Grado de procesamiento** | **Sólidos** | **Líquido** |
| Materia orgánica | Sin procesar | **Desechos vegetales**: Pulpa de café, de naranja, etc.  **Desechos animales**: gallinaza, estiércol fresco.  **Coberturas/abonos verdes**: Arachis sp., Mucuna sp. | **Efluentes:** de pulpa de café, etc |
| Procesados | **Compost Lombricompost Bocashi Ácidos Húmicos** | **Biofermentos Té de estiércol Té de compost Ácidos Húmicos Extractos de algas** |
| Microorganismos | | **Biofertilizantes:** Inoculante en turba de Rhizobium para leguminosas, micorrizas, Bacillus subtilis**.** | **Biofertilizantes líquidos:** ME2 o microorganismos benéficos, etc. |

Fuente: Soto, (2003) Autor: Pamela Crow

**1.7.2. Usos y Beneficios**

Los abonos orgánicos mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Los efectos de los abonos orgánicos sobre las propiedades físicas van dirigidos hacia dos objetivos concretos: el mejoramiento de la estabilidad estructural y la regulación del balance hídrico del suelo. En las propiedades químicas, los abonos orgánicos aumentan el poder tampón del suelo, y en consecuencia reducen las oscilaciones de pH de éste. Estos aumentan también la capacidad de intercambio catiónico del suelo, con lo que se aumenta la fertilidad. En las propiedades biológicas, los abonos orgánicos favorecen la aireación y oxigenación del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular y mayor actividad de los microorganismos aerobios. Así, se constituyen en una fuente de energía para los microorganismos, los cuales se multiplican más rápidamente (García y Monje, 1995 ; Kolmans y Vásquez, 1996).

La materia orgánica es uno de los principales factores que contribuyen a la fertilidad y productividad de los suelos, ya que su influencia determina grandemente la mayoría de los procesos biológicos, químicos y físicos que rigen el sistema suelo-planta.

**1.8. Enmiendas Orgánicos**

**1.8.1. Enmiendas Orgánicas Sólidas**

Dentro de los principales Abonos Orgánicos sólidos procesados que se dispone en nuestro país, tenemos en el siguiente cuadro el rango de macronutrientes en tres de las principales fuentes de materia orgánica para este estudio.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tabla 1.2**  **Rango de Macronutrientes en diferentes Fuentes de Materia Orgánica** | | | | | |
| **Fuentes** | **N** | **P** | **K** | **Ca** | **Mg** |
| *Compost*  *Lombricompost*  *Bocashi* | 1,44%  2,90%  0,90% | 0,69%  0,57%  2,00% | 1,57%  0,14%  1,00% | 4,72%  1,72% | 45,00%  38,00% |

Fuente: Soto, (2003) Autor: Pamela Crow

**1.8.1.1. Compost**

El compost es un producto natural resultante de la Humificación de los materiales de origen vegetal y/o animal, que tiene la capacidad de mejorar la fertilidad y estructura del suelo, ayuda a reducir la erosión, facilita la absorción del agua y nutrientes por parte de las plantas; pues contiene elementos como: Calcio, Hierro, Magnesio, Cobre, Zinc, Magneso, Boro, entre otros. El compostaje es un proceso biológico aeróbico, mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia biodegradable (restos de cosecha, excremento de animales y residuos urbanos), permitiendo obtener excelente abono para la agricultura.

El compost es el estado mas avanzado en la descomposición de la materia orgánica, se obtiene por fermentación mediante una técnica especial, que da lugar a un producto similar al Humus natural, Este proceso de maduración y fermentación de los residuos orgánicos comportados duras aproximadamente 6 meses, periodo en el cual el producto esta listo para ser utilizado. (Duicela G. Luis Alberto, et. al., 2003).

**1.8.1.2. Bocashi**

Los abonos orgánicos fermentados son fertilizantes que se elaboran empleando como materia prima los desechos de origen vegetal y animal que salen de las fincas o de las agroindustrias (como las plantas de procesamiento de alimentos y de las viviendas).

La palabra “bocashi” es de origen japonés y significa materia orgánica fermentada. Este abono es muy rico en nutrientes y en microorganismos benéficos, favorece la aireación del suelo e incorpora materia orgánica.

**1.8.1.3. Lombricompost**

La aplicación del abono de lombriz al suelo (lombricomposta o vermicomposta) tiene como objetivo mantener o incrementar la flora microbiana, la cual actúa directamente en los ciclos de carbono, nitrógeno y fósforo. También el abono adiciona vitaminas, fitohormonas y enzimas. Estas tienen relación directa con la disponibilidad de los nutrientes a las plantas.

El proceso mediante el cual las lombrices trasforman los desechos orgánicos en abono orgánico, se conoce como lombricomposteo y da como resultado la lombricomposta o abono de lombriz. La lombriz tiene la capacidad de transformar todo los desechos orgánicos en abono, entre estos se encuentran los desechos agroindustriales (pulpa de café, bagazo y cachaza), agropecuarios (estiércoles, rastrojos) y urbanos (domésticos, de mercado) entre otros. El contenido de nutrientes que este producto presenta esta en función del desecho que consume la lombriz, por tanto puede ser un producto muy rico en nutrientes como puede no serlo (Martinez C.Claudia y Ramirez F. Leonel, 2000).

**1.8.2. Enmiendas Orgánicas Liquidas**

**1.8.2.1. El Té Orgánico y sus tipos de Sistemas de Extracción**

El Té Orgánicos es una preparación que convierte la materia orgánica sólida en un abono líquido. En el proceso de hacerse Té, la materia orgánica suelta sus nutrientes al agua y así se hace disponible para las plantas.

Los sistemas de Té Orgánico a través del tiempo se los ha conocido como sistemas “anaeróbica o aeróbicos”1, dependiendo del grado de aireación dado del sistema. Como resultado de varias observaciones y experimentos se ha encontrado estas distinciones bastantes engañosas, ya que todo sistema de Té Orgánico diseñado correctamente puede ser completamente aeróbico. La real distinción es el grado de aeración dado al sistema a fin de que permita esta extraerse durante un periodo de tiempo prolongado. También estos sistemas de Té Orgánico son conocidos con los términos de “pasivo” (una mezcla contenida o empaquetada al cual simplemente se deja empapando en agua) y “activo” o aireado (un sistema de Té Orgánico que recibe un aumento de oxigeno con el uso de mezcladoras mecánicas, columna empaquetada o aire forzado).

En recientes años, se ha dado más atención a la preparación de Tés en sistemas aireados. Los dispositivos de Té aireados amplían el tiempo de extracción de modo que una cantidad más alta y calidad una cantidad mas alta y calidad de sustancias nutritivas y de microbios alta y calidad de de sustancias nutritivas y de microbios pueden ser descritas en la materia prima (materia orgánica).

------------------------------------------------------------------------

1*Aerobico/ Anaeróbico* es usado para describir organismos que utilizan oxigeno en su metabolismo (aeróbico o “con aire”) y (anaeróbico o “sin aire”).

**1.8.2.2. Sistema Pasivo (“Anaeróbico”)**

Llamamos sistemas de extracción de Té Pasivo a una mezcla contenida o empaquetada de materia orgánica, la cual simplemente se deja remojando en agua. Después de pocos días, el sistema pasivo se convertirá en anaeróbico y como resultado comenzara a producirse varios ácidos orgánicos tales como butírico, propriónico y acético más los olores de reducida forma de nitrógeno (NH4) y el Azufre (H2S). Existen algunas evidencias que indican que los subproductos de decaimiento anaeróbico pueden dañar raíces de planta.

**1.8.2.3.** **Sistema Activo (“Aeróbico”)**

El problema con los métodos pasivos de extracción es que estos muy rápidamente se hacen anaeróbicos. Cuando se remoja Materiales Orgánicos en agua por no mas de pocos días, los microbios aeróbicos que se encuentran dentro de la mezcla empaquetada arrastran todo el oxigeno que hay dentro de esta hacia fuera del agua. Este cambio sobre la producción de Te evita la oxigenación de microbios (anaeróbico), lo cual hace producir un Te inferior con muy poca disponibilidad de nutrientes y ácidos orgánicos bastante perjudiciales para el crecimiento de la planta. En investigaciones pasadas se indica que en estas circunstancias es usualmente suficiente disolver oxigeno en agua limpia así que los microbios anaeróbicos no son dominantes por al menos las ultimas 24 - 48 horas bajo mayores condiciones. Luego de esto la calidad del Te empieza a deteriorarse. Todo tipo de sistema de Te podría ser aeróbico. La principal variable es la longitud de tiempo en la que toma lugar la extracción aeróbica.

Hay muchas pruebas para indicar que la agregación del aire (oxígeno) a una mezcla de té orgánica mejora la calidad del té extraído. Esto parece ser debido al hecho que la aireación amplía el tiempo de extracción antes de varios días, que permite el retiro de compuestos de microbios beneficiosos como vitaminas, enzimas, quelatos orgánicos2, más un grupo de microbios beneficiosos. (Merrill, R., and McKeon, J., 1998).

**1.9. Calidad de Suelo**

La calidad y la salud del suelo son conceptos equivalentes, no siempre considerados sinónimos (Doran y Parkin, 1994). La calidad debe interpretarse como la utilidad del suelo para un propósito específico en una escala amplia de tiempo (Carter et al., 1997). El estado de las propiedades dinámicas del suelo como contenido de materia orgánica, diversidad de organismos, o productos microbianos en un tiempo particular constituye la salud del suelo (Romig et al., 1995).

---------------------------------------------------------------------

2*Los Quelatos* son compuestos orgánicos que tienen la habilidad de atrapar iones que están disueltos en el agua convirtiéndolos en sustancias solubles.

A pesar de la preocupación creciente acerca de la degradación del suelo, de la disminución en su calidad y de su impacto en el bienestar de la humanidad y el ambiente, aún no hay criterios universales para evaluar los cambios en la calidad del suelo (Arshad y Coen, 1992). Para hacer operativo este concepto, es preciso contar con variables que puedan servir para evaluar la condición del suelo. Estas variables se conocen como indicadores, pues representan una condición y conllevan información acerca de los cambios o tendencias de esa condición (Dumanski et al., 1998). Según Adriaanse (1993) los indicadores son instrumentos de análisis que permiten simplificar, cuantificar y comunicar fenómenos complejos. Tales indicadores se aplican en muchos campos del conocimiento (economía, salud, recursos naturales, etc). Los indicadores de calidad del suelo pueden ser propiedades físicas, químicas y biológicas, o procesos que ocurren en él (SQI, 1996). Para Dumanski et al. (1998) dichos indicadores, no podrían ser un grupo seleccionado para cada situación particular, sino que deben ser los mismos en todos los casos. Esto con el propósito de facilitar y hacer válidas las comparaciones a nivel nacional e internacional.

**1.9.1. Condiciones que deben cumplir los Indicadores de Calidad del Suelo**

Para que las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo sean consideradas indicadores de calidad deben cubrir las siguientes condiciones (Doran y Parkin, 1994):

a) describir los procesos del ecosistema; b) integrar propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; c) reflejar los atributos de sostenibilidad que se quieren medir; d) ser sensitivas a variaciones de clima y manejo; e) ser accesibles a muchos usuarios y aplicables a condiciones de campo; f) ser reproducibles; g) ser fáciles de entender; h) ser sensitivas a los cambios en el suelo que ocurren como resultado de la degradación antropogénica; i) y, cuando sea posible, ser componentes de una base de datos del suelo ya existente.

En virtud de que existen muchas propiedades alternativas para evaluar la calidad del suelo, Larson y Pierce (1991); Doran y Parkin (1994) y Seybold et al. (1997) plantearon un conjunto mínimo de propiedades del suelo para ser usadas como indicadores para evaluar los cambios que ocurren en el suelo con respecto al tiempo **(*Tabla1.3*).** Los indicadores disponibles para evaluar la calidad de suelo pueden variar de localidad a localidad dependiendo del tipo y uso, función y factores de formación del suelo (Arshad y Coen, 1992). La identificación efectiva de indicadores apropiados para evaluar la calidad del suelo depende del objetivo, que debe considerar los múltiples componentes de la función del suelo, en particular, el productivo y el ambiental. La identificación es compleja por la multiplicidad de factores químicos, físicos y biológicos que controlan los procesos biogeoquímicos y su variación en intensidad con respecto al tiempo y espacio (Doran et al., 1996).

**1.9.1.1. Indicadores Físicos**

Las características físicas del suelo son una parte necesaria en la evaluación de la calidad de este recurso porque no se pueden mejorar fácilmente (Singer y Ewing, 2000). Las propiedades físicas que pueden ser utilizadas como indicadores de la calidad del suelo **(*Tabla1.3*)** son aquellas que reflejan la manera en que este recurso acepta, retiene y transmite agua a las plantas, así como las limitaciones que se pueden encontrar en el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración o el movimiento del agua dentro del perfil y que además estén relacionadas con el arreglo de las partículas y los poros. La estructura, densidad aparente, estabilidad de agregados, infiltración, profundidad del suelo superficial, capacidad de almacenamiento del agua y conductividad hidráulica saturada son las características físicas del suelo que se han propuesto como indicadores de su calidad.

**1.9.1.2. Indicadores Químicos**

Los indicadores químicos propuestos **(*Tabla1.3*)** se refieren a condiciones de este tipo que afectan las relaciones suelo-planta, la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo, la disponibilidad de agua y nutrimentos para las plantas y microorganismos (SQI, 1996). Algunos indicadores son la disponibilidad de nutrimentos, carbono orgánico total, carbono orgánico lábil, pH, conductividad eléctrica, capacidad de adsorción de fosfatos, capacidad de intercambio de cationes, cambios en la materia orgánica, nitrógeno total y nitrógeno mineralizable.

**1.9.1.3. Indicadores Biológicos**

Los indicadores biológicos propuestos **(*Tabla1.3*)** integran gran cantidad de factores que afectan la calidad del suelo como la abundancia y subproductos de micro y macroorganismos, incluidos bacterias, hongos, nemátodos, lombrices, anélidos y artrópodos. Incluyen funciones como la tasa de respiración, ergosterol y otros subproductos de los hongos, tasas de descomposición de los residuos vegetales, N y C de la biomasa microbiana (SQI, 1996; Karlen et al., 1997).

De acuerdo con estas ideas, no habría un enfoque único para generar un conjunto de indicadores para cada propósito. Los enfoques pueden cambiar con el tiempo conforme incremente el entendimiento de los problemas ambientales y conforme los valores sociales evolucionen. Uno de los enfoques ampliamente utilizados por lo inmediato de su comprensión es en el que trabaja la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tabla 1.3**  **Conjunto de Indicadores Físicos, Químicos y Microbiológicos propuestos para monitorear los cambios que ocurren en el Suelo** | | |
| **Propiedad** | **Relación con la condición y función del suelo** | **Valores o unidades relevantes ecológicamente; comparaciones para evaluación** |
| **Físicos** | | |
| Textura | Retención y transporte de agua y compuestos químicos; erosión del suelo | % de arena, limo y arcilla; pérdida del sitio o posición del paisaje |
| Profundidad del suelo, suelo superficial y raíces | Estima la productividad potencial y la erosión | cm o m |
| Infiltración y densidad aparente | Potencial de lavado; productividad y erosividad | minutos/2.5 cm de agua y g/cm3 |
| Capacidad de retención de agua | Relación con la retención de agua, transporte, y erosividad; humedad aprovechable, textura y materia orgánica | % (cm3/cm3), cm de humedad aprovechable/30 cm; intensidad de precipitación |
| **Químicos** | | |
| Materia orgánica (N y C total) | Define la fertilidad del suelo; estabilidad; erosión | Kg de C o N ha-1 |
| pH | Define la actividad química y biológica | comparación entre los límites superiores e inferiores para la actividad vegetal y microbiana |
| Conductividad eléctrica | Define la actividad vegetal y microbiana | dSm-1; comparación entre los límites superiores e inferiores para la actividad vegetal y microbiana |
| P, N, y K extractables | Nutrientes disponibles para la planta, pérdida potencial de N; productividad e indicadores de la calidad ambiental | Kg ha-1; niveles suficientes para el desarrollo de los cultivos |
| **Biológicos** | | |
| C y N de la biomasa microbiana | Potencial microbiano catalítico y depósito para el C y N, cambios tempranos de los efectos del manejo sobre la materia orgánica | Kg de N o C ha-1 relativo al C y N total o CO2 producidos |
| Respiración, contenido de humedad y temperatura | Mide la actividad microbiana; estima la actividad de la biomasa | Kg de C ha-1 d-1 relativo a la actividad de la biomasa microbiana; pérdida de C contra entrada al reservorio total de C |
| N potencialmente mineralizable | Productividad del suelo y suministro potencial de N | Kg de N ha-1d-1 relativo al contenido de C y N total |

Fuentes: Larson y Pierce, 1991; Doran y Parkin, 1994; Seybold et al., 1997).  
Autor: Pamela Crow

**1.9.2. Calidad y salud del suelo a través del uso de indicadores en los cultivos del Banano**

Históricamente, las fincas bananeras se establecieron en áreas que sostenían bosques tropicales. En estos ecosistemas naturales las relaciones equilibradas entre sus componentes producen un sistema eficiente, estable y con una alta capacidad de resistencia al cambio. El monocultivo y uso intensivo de insumos, provocó cambios sustanciales en este ambiente como la disminución de la biodiversidad, la pérdida del recurso suelo por erosión, y desequilibrios entre los componentes químicos, físicos y biológicos de los suelos (OEC, 1999).

Como resultado general de varios estudios se ha concluido que el uso intensivo de agroquímicos ha reducido las poblaciones de microorganismos benéficos asociados a la rizosfera del banano y ha incrementado las poblaciones de los fitonematodos y patógenos del suelo que afectan al sistema radical del banano. Para superar el problema que representa la pérdida de productividad del cultivo de banano, es necesario adoptar y adaptar prácticas y sistemas de cultivo que consideren las relaciones suelo-planta y la biota asociada a la rizosfera3.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

3*La rizosfera* es la porción de suelo en la que están las raíces de las plantas, es una zona donde se dan toda una serie de relaciones físicas y químicas que afectan a la estructura del suelo.

A partir de una clara definición de la calidad y salud del suelo bananero podría diagnosticarse con precisión, a través de indicadores relevantes, el impacto del manejo del suelo sobre la sostenibilidad del sistema de producción de banano. Con el uso de una Guía de diagnóstico de calidad y salud de suelos bananeros sería posible identificar, diseñar y validar alternativas tecnológicas apropiadas para restaurar el equilibrio natural de los suelos en beneficio de una producción sostenible que redundaría en una alta calidad de vida social y económica para la población de nuestro país.

Actualmente, los métodos utilizados para medir la capacidad o potencial productivo de un suelo para el cultivo de banano, se basan principalmente en el estudio de las propiedades físicas y químicas del mismo y de sus relaciones con algunas características especiales como la topografía y las condiciones climáticas predominantes. Estos métodos raramente consideran los niveles o estado de la salud del suelo y no son suficientes para explicar las complejas interacciones del suelo y su rizosfera.

**1.9.3. Caracterización Química, Física y Microbiológica de las Enmiendas Orgánicas Sólidas y Líquidas**

Dentro de los indicadores químicos, físicos y microbiológicos, la mayoría de los parámetros analizados no cuentan con rangos que clasifiquen a un producto final de enmiendas orgánicas como estable y/o de buena calidad. Internacionalmente se manejan valores considerados normales en productos finalizados para los parámetros señalados.

En la ***Tabla 1.4.*** y la ***Tabla 1.5*** se muestran los estándares de calidad de las enmiendas orgánicas sólidas y líquidas en términos totales:

|  |  |
| --- | --- |
| **Tabla 1.4**  **Estándares Internacionales de Calidad de Enmiendas Orgánicas Sólidas** | |
| **Indicadores/Parámetros** | **Rango** |
| **Químicos** | |
| Nitrógeno total  Fósforo  Potasio  Calcio  Magnesio  Cobre  Zinc  Manganeso  Carbono Total  Materia Orgánica  CE  pH  CIC  Ácidos Húmicos | 0,5 - 2,5 %  0,74%  2,11%  2%  1 – 1,3 %  0,5 p.p.m.  160 p.p.m.  500 p.p.m.  54%  20 - 35 %  5 -15 mS/cm  6,5 - 8,5  > 60 meq/100 g  5 - 15 % |
| **Físicos** | |
| Humedad  Tamaño de Partículas | 30 - 40 %  Gránulos de aprox 2 mm |
| **Microbiológicos** | |
| Bacterias Totales  Hongos y levaduras  Actinomicetos | 133 x 10e7 CFU/g  1,00E+03 - 1,00E+05 CFU/g  1,00E+06 - 1,00E+08 CFU/g |

Fuentes: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow

|  |  |
| --- | --- |
| **Tabla 1.5**  **Estándares Internacionales de Calidad de Enmiendas Orgánicas Líquidas** | |
| **Químicas** | |
| PH H20  Materia Orgánica  C/N  Humedad  CIC  Nitrógeno Total  Fósforo (P)  Potasio (K)  Calcio (Ca)  Magnesio (Mg)  Cobre (Cu)  Zinc (Zn)  Magneso (Mn)  Ácidos Húmicos | 7 - 8,8  35 - 40 %  12 - 14  40 - 45 %  16 meq/100gr  2 - 2,6  1,5 - 2 %  1,5%  2%  1 - 1,3 %  0,5 p.p.m.  160 p.p.m.  500 p.p.m.  3 - 4 % |
| **Microbiológica** | |
| *Microorganismos Benéficos*  Bacterias Totales  Actinomicetos  Hongos  Germinación | 133 x 10e7 (U.F.C./gr)  41 x 10e4 (U.F.C./gr)  48 x 10e3 (U.F.C./gr)  Inferior al 8% |
| Coliforme termo tolerantes  E. Coli  Huevos de Helmito  Salmonella | Se elimina a Tº superiores a 60-65ºC |

Fuentes: CIBE – ESPOL Autor: Pamela Crow