

**REVISIÓN: EFECTO DE ABONOS ORGANICOS EN LAS
PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO, Y
SOBRE CRECIMIENTO DE PLANTAS DE PLÁTANO (*Musa AAB*).**

Juan David Sánchez López

Juan David Villanueva Fernández

Universidad libre – Seccional Pereira

Facultad de ciencias de la salud

Microbiología

Revisión bibliográfica

2020

Marco teórico

¿Qué es un abono orgánico?

Los abonos de origen orgánico son aquellos que se obtienen a partir de la degradación y mineralización de materiales orgánicos (estiércoles, desechos de la cocina, pastos incorporados al suelo en estado verde, etc.) estos materiales son utilizados en suelos agrícolas con el propósito de activar e incrementar la actividad microbiana de la tierra, este abono es rico en materia orgánica, energía y microorganismos, pero bajo en elementos inorgánico (1). El compostaje como lo conocemos es un proceso por el cual una parte del suelo es tratada para el uso y beneficio de las plantas. El compost es un material biológicamente estable derivado del proceso de compostaje y que también hace parte de la descomposición biológica de materia orgánica al mezclar y apilar tal manera que promueva la descomposición aerobia y/o anaerobia. El proceso inhibe patógenos, semillas de malezas viables y olores. (2). Es importante mencionar que en el suelo viven y se desarrollan muchas especies de microorganismos que tienen la capacidad de contribuir al mismo desarrollo de las plantas, así como también pueden dificultar su crecimiento y desarrollo normal. Las plantas necesitan de un ambiente muy específico debido a que en el entorno hay muchos factores que juegan un papel muy importante en las plantas tales como el pH, temperatura, nutrientes y minerales provenientes del suelo, humedad, entre otros.

¿Qué es micropedología?

La micropedología es un método que se utiliza para estudiar muestras de suelo alterados con la ayuda de técnicas microscópicas y ultramicroscópicas para la identificación de diferentes componentes y determinar sus relaciones mutuas, en el espacio y el tiempo, en la medida de lo posible (3). Todo esto significa que las investigaciones que se van a hacer en el suelo deben llevarse a cabo en muestras de suelo no alteradas (y en su mayoría de origen natural), en comparación con los otros métodos analíticos utilizados en el estudio del suelo (por ejemplo, análisis mineralógicos, químicos y físicos) los cuales necesitan principalmente una mezcla, trituración, solubilización o fraccionamiento de las muestras del suelo.

El término micromorfología se puede referir a todos los aspectos y características que tiene el suelo a nivel microbiológico. Este término se utilizó principalmente para hacer referencia a este campo de micropedología que se ocupa únicamente del análisis de tejidos, pero pronto ambos se usaron como sinónimos. Algunos estudios micromorfológicos se pueden enfocar en la genética del suelo, así también como estructura, porosidad y arqueología en algunos casos (3).

¿Qué se va a hacer?

Mediante búsquedas de artículos en bases de datos como ScienceDirect, Scopus, Scielo y también Google académico, con términos de búsqueda y palabras clave tales como: abonos orgánicos, suelos, microorganismos eficientes, características del suelo, análisis fisicoquímico del suelo, *Fusarium spp* y *Musa AAB*. Haremos una indagación metodológica para hacer la revisión de tema y así poder concluir y saber que métodos son de gran ayuda en el ámbito de agricultura y la agroindustria gracias a la acción de microorganismos y que reacciones físicas y químicas tienen los suelos con los abonos orgánicos.

Objetivo general

Hacer una búsqueda minuciosa de literatura sobre métodos que pueden ayudar a caracterizar que tipos de microorganismos son beneficiosos para las plantas, en este caso la *Musa AAB* y qué propiedades químicas y microbiológicas puede adquirir los suelos al añadir abono orgánico.

Objetivos específicos.

1. Hacer una búsqueda en bases de datos.
2. Búsqueda de estudios basados en el efecto bioquímico producido por los abonos en el suelo.
3. Hacer un análisis bibliográfico del efecto producido por el compost en la microbiota saprófita del suelo.
4. Identificar y estudiar los microorganismos presentes en el compost preparado.

Características químicas y microbiológicas del suelo.

En este punto se dan a conocer características generales muy importantes de los suelos que deben ser tenidas en cuenta empezando por:

- **Características químicas**

Estas características son de las más importantes en cuanto a propiedades fisicoquímicas del suelo debido a que de estas propiedades depende la disponibilidad de nutrientes para las plantas, determinando su solubilidad y la actividad de los microorganismos, los cuales mineralizan la materia orgánica. También determina la concentración de iones tóxicos, los elementos y diversas propiedades importantes que en últimas apuntan a la fertilidad del suelo(4).

A continuación, se nombrarán algunos de los elementos más importantes para las plantas disponibles en el suelo:

- Nitrógeno
- Fosforo
- Magnesio
- Calcio
- Potasio
- Azufre
- Hierro
- Manganeso
- Cobre
- Zinc
- Boro
- Molibdeno

- **Características biológicas**

La biología del suelo es la ciencia que se ocupa del estudio de los organismos que de una u otra forma actúan sobre el suelo modificando su composición, su estructura y su funcionamiento. Los microorganismos del suelo se clasifican según su tamaño:

Fauna: se considera fauna del suelo a aquellos animales que se alimentan de los restos orgánicos existentes en el suelo. La fauna suele conformar cerca del 15% de la biomasa total del suelo, pero es muy variable dependiendo de las condiciones climáticas y de manejo de cada suelo. La fauna es considerada detritívora, ya que consume restos orgánicos y los metaboliza mediante respiración aeróbica (producen CO₂ y H₂O). Por lo tanto, a diferencia de los microorganismos, la fauna no posee metabolismos especiales que les permitan liberar nutrientes inorgánicos, vivir en anaerobiosis, degradar moléculas recalcitrantes, etc. La fauna del suelo suele clasificarse según el tamaño de los organismos en: micro, meso y macrofauna(5) que su tamaño puede ser de un diámetro entre 20 y 200 micras, 200 micras y 1 cm y mayores a 1 cm de diámetro respectivamente(4).

Bacterias que intervienen en las reacciones más importantes dentro de los suelos:

Las que transforman compuestos de azufre: *Thiobacillus thiooxidans*, *T. novellus*, *T. thioparus*, *T. denitrificans*.

Las encargadas de transformar y fijar los compuestos de nitrógeno: *Bacilos*, *pseudomonas*, *Clostridium*, *Nitrosomonas*, *nitrobacter*. *Achromobacter*. También dentro de éstas se encuentran los *actinomyces* y las algas verde-azules (4) estas se denominan como de gran importancia microbiológica para las plantas por sus funciones.

Después de este punto, en el artículo se nombran algunos de los procesos de algunos elementos en el suelo que son de gran importancia para las plantas y su desarrollo, estructura y funcionamiento.

Abonos orgánicos, microorganismos y *Musa spp.*

Para este punto nos vimos en la necesidad de enfocarnos en características más relevantes y generales a base de “**Diagnóstico y manejo de las limitaciones de nutrientes en las bananas (*Musa spp.*)**”(6). El plátano o banano es un producto agrícola conocido a nivel mundial, pero debemos resaltar que se cultiva en una amplia gama de suelos como lo son

los “inceptisoles” que se denominan como aquellos suelos que están empezando a mostrar el desarrollo de los horizontes puesto que los suelos son bastante jóvenes todavía en evolución.(7) (fértil y jóvenes) que cuentan con una gran capacidad de almacenamiento de potasio. Los “andisoles” o “andosoles” son suelos desarrollados sobre materiales piroclásticos (material volcánico) depositados por erupciones volcánicas cuya principal característica es la variedad de material parental debido a la naturaleza de los materiales expulsados en las erupciones (8) que tiene la capacidad de liberación moderada de K a los ferralesoles y acrisoles (otros grupos de suelos) viejos y de baja fertilidad. En general, las características de los suelos es que son profundos y libres de arcilla y/o drenaje libre, porque los plátanos no toleran la acumulación de agua extrema. La profundidad de la raíz determina el movimiento de la misma en el suelo (6).

El mejor rango de pH conocido según estudios, para un buen crecimiento de banano es 5.5–8.0. El pH bajo que varía entre 4.0 y 4.5 en el suelo, causa una disminución del rendimiento del banano en un 50%. Los plátanos son alimentadores pesados por lo tanto los requerimientos de nutrientes se ordenan de la siguiente manera: potasio > nitrógeno > fósforo. Además, los plátanos absorben grandes cantidades de otros nutrientes como el calcio y el magnesio para su desarrollo normal (6).

En conclusión, se puede decir que las gamas de suelos y el pH son un factor importante a la hora de sembrar y cultivar las plantas del plátano en general y que las gamas de suelo cuentan con diferentes características que son beneficiosas para las plantas de plátano mencionadas anteriormente.

El uso de fertilizantes o abonos orgánicos y biofertilizantes nombrados en “**subproductos del banano: una biomasa alimentaria renovable infrautilizada con gran potencial**”(9) son de gran importancia para las industrias dedicadas a la industrialización de estos productos y ha ganado impulso como un sustituto de sintetizado químicamente fertilizantes debido a su efectividad reportada, el aumento del costo de algunos fertilizantes químicos y la conciencia hacia los efectos peligrosos de los fertilizantes químicos para humanos y el entorno. La tecnología que se utiliza en la creación de fertilizantes orgánicos también se basa en gestionar, reciclar y convertir desechos sólidos biodegradables a un medio de crecimiento vegetal rico gran diversidad de nutrientes y/o amenador del suelo. Los biofertilizantes tienen una diferencia con los fertilizantes orgánicos normales por su capacidad de entregar y retener un gran número de microorganismos que son beneficiosos para el suelo. Los fertilizantes orgánicos y biofertilizantes de materiales vegetales y

animales normalmente se procesan a través de compostaje y fermentación. Un microbio iniciador tiene como fundamento la mezcla de microorganismos en descomposición y después se agregan bacterias que mejoran las características del suelo o especies de gusanos y/o lombrices seleccionados para iniciar el proceso de compostaje. También cabe recalcar el uso de hongos micorrícicos como una alternativa biotecnológica debido a que también que además de la promover el crecimiento de las plantas, la inoculación micorrízica también reduce significativamente la pudrición de las raíces a causada de algunos fitopatógenos(10). Recientemente, la utilización de los desechos de banano como fertilizantes orgánicos y biofertilizantes se ha mejorado considerablemente mediante la incorporación de métodos biotecnológicos(9).

El uso de esta biotecnología reduce en gran medida la mortalidad de los retoños plantados, mejora la biomasa de las plantas y aumenta el rendimiento de la fruta. que el fertilizante orgánico preparado a partir del compostaje de los residuos de banano también se destaca por ser un fertilizante más barato y económico con un efecto significativo sobre el crecimiento y el rendimiento del cultivo de banano en comparación con los fertilizantes químicos y el estiércol de aves de corral. También se informó que los desechos de banano eran un portador adecuado de *Azospirillum*, *Azotobacter* estas bacterias usan mecanismos como fijación de nitrógeno, solubilización de fósforo, producción de índoles y sideróforos, los géneros *Azospirillum*, *Azotobacter* y *Pseudomonas* son ampliamente utilizados por sus características como fijadores de nitrógeno, propiedades que hacen de estos microorganismos potenciales como biofertilizantes(11)(9).

En cuanto a la caracterización agronómica descrita en “**Descripción morfoagronómica de materiales de plátano**” el cual es un estudio que se realizó en San Andrés islas (12), se hizo un análisis de las características de plátano (*Musa AAB*, *ABB*) y banano (*Musa AAA*), se encontraron varios materiales del subgrupo de los triploides: entre los *Musa AAB* un tipo Hartón y tres Dominico Hartón, un *ABB* (Bluggoe), y un *ABB* (Felipita). En el subgrupo banano (*AAA*) se hallaron dos materiales tipo Gros Michel denominados bananos Común y chino, así como uno conocido como Banano Rojo. (Fig. 6)(12).

En el siguiente cuadro se encerró en un recuadro negro la especie de banano (*Musa AAB*), debido a que el proyecto se basa en esta especie que es de gran importancia agroindustrial y podemos ver sus características morfológicas.

Fig. 6: características morfológicas de los materiales del plátano y banano cultivados en san Andrés

| Cultivar | Grupo | Subgrupo | Altura (m) | Número de | | Longitud de frutos (cm) | Forma | Color de | | Uso del fruto |
|--------------|-------|-------------|------------|-----------|---------|-------------------------|---------------------------|----------------|-----------------|---------------|
| | | | | hijos | frutos* | | | cáscara madura | pulpa madura | |
| Horse | AAB | Hartón | 2.1-2.9 | 3-5 | < 12 | 26-30 | Rectos en la parte distal | Amarilla | Crema | Cocción |
| Tallo Negro | | | | | | | Curvados | | | |
| Tallo Blanco | | | | | | | | | | |
| Cincuenta | | | | | | | | | | |
| Bosco | ABB | Bluggoe | > 3 | > 6 | 12-17 | 21-25 | Rectos | Amarilla | Crema pálido | En fresco |
| Felipita | | Felipita | | | | | | | | |
| Banano Común | AAA | Gros Michel | 2.1-2.9 | 3-5 | 12-17 | 21-25 | Rectos en la parte distal | Amarilla | Amarillo pálido | En fresco |
| Banano Chino | | | | | | | | | | |
| Banano Rojo | | Rojo | | | | | 16-20 | | | |

Imagen tomada de: Oscar Javier Parra Pachón, Daniel Gerardo Cayón Salinas, Jaime Polanía Vorenberg (2009)(12).

Los aportes de materia orgánica al suelo resultan críticos para el mantenimiento de este componente y de la fertilidad del suelo a largo plazo. Los nutrientes contenidos en la materia orgánica (N, P, S, entre otros) se hallan en forma orgánica por lo que no son directamente asimilables por las plantas. Se requiere la acción microbiana para que las formas orgánicas de los nutrientes pasen a formas minerales que son las utilizadas en la biomasa de la planta. Por otro lado, hasta hace poco los desechos orgánicos han sido considerados como una fuente de contaminación y no se han valorado como el subproducto de la agricultura susceptible de originar abonos orgánicos de calidad. Además, se han registrado problemas de fitotoxicidad, lixiviación de nitratos y contaminación de mantos acuíferos, debido al mal manejo de fuentes orgánicas al ser incorporadas al suelo sin un tratamiento previo(13).

Las poblaciones de bacterias cultivables se pueden estimar por medio de placas de dilución y haciendo conteo en agar Luria-Bertani (LB). La densidad de estas bacterias se usa normalmente como un indicador del tamaño de la población bacteriana total. La densidad de *Fusarium spp.* en el suelo se estima por dilución en placa en el medio de Komada, el cual es un medio selectivo para *Fusarium*.

Este artículo también habla acerca de la pcr DGGE, pero siendo más específico y directo en el procedimiento y centrándose en *Fusarium spp* debido a que es un género de hongos filamentosos que contiene muchos patógenos de plantas agrónomicamente importantes, productores de micotoxinas y patógenos humanos oportunistas. Los análisis comparativos revelaron que el genoma de *Fusarium* está segmentado en regiones las cuales son responsables del metabolismo primario y también de la reproducción, y la virulencia del patógeno(14)(15).

Una alternativa agroecológica que contribuye con este desafío es la aplicación de microorganismos benéficos como el Bacthon (*Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Saccharomyces cerevisiae*), Tricho-D (minerales nutrientes y esporas en latencia del hongo *Trichoderma harzianum*) y Micosplag (esporas en latencia de los hongos entomopatógenos *Paecilomyces lilacinus*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*). El Bacthon es un inoculante biotecnológico que desintoxica el suelo agrícola y las raíces, formulado con microorganismos benéficos que contribuye a la formación de humus en el suelo y a la recuperación de su fertilidad. El Tricho-D es un acondicionador de suelo, bioestimulante, actúa como antagonista de varios problemas del suelo que dañan raíces y plantas y disminuye la población de hongos. El Micosplag que es un agente biológico actúa protegiendo las raíces de los cultivos del daño por los nematodos y también protege los cultivos del daño por insectos plaga(16)(17).

Se puede decir que los efectos regulatorios que tienen algunos microorganismos ayudan a controlar la población de nematodos sin recurrir a productos químicos, pero siendo aplicado como una siembra directa y no por acción de abonos orgánicos.

Una alternativa de abono orgánico es el “**Bocashi**” el cual es un abono orgánico fermentado que hace un proceso de semi descomposición aeróbica de residuos orgánicos por medio de microorganismos quimiorganotrofos, estos microorganismos son los que oxidan los compuestos orgánicos y su fuente de energía es obtenida a partir de un compuesto químico (18)(19). En este estudio elaboraron este tipo de abono y le hicieron un seguimiento a sus

propiedades químicas y microbiológicas, en este seguimiento se determinó presencia de macronutrientes y micronutrientes tales como N, P, K, Ca, Mg, y S, así como las poblaciones de microorganismos (bacterias, actinomicetos, hongos, levaduras y *Lactobacillus*)(20).

Un aspecto importante para tener en cuenta son los **agentes biológicos de control** (BCA) por sus siglas en inglés “Biological control agents” que refieren una gran efectividad del control de FWB “Fusarium wilt of banana” por sus siglas en inglés que es la marchitez de banana causada por *Fusarium oxysporum*. utilizaron cepas de *Pseudomonas spp*, hongos endófitos y *Trichoderma spp*, mostrando un control de este microorganismo patógeno de un 79%, 70% y entre 42-55% respectivamente para cada cepa (21).

Un posible agente biológico puede ser el ácaro depredador *Phytoseiulus macropilis* debido a que las presas de este ácaro suelen ser otros ácaros y es considerado de gran importancia para la industria de la agricultura (22). Este acaro puede ser un agente biológico de control de la araña roja (*Tetranychus urticae*) este es una especie de acaro que se alimenta de plantas y se le considera una plaga de importancia agroindustrial. (23)

La enfermedad de Panamá es la infección más común causada por *Fusarium oxysporum* a diferentes variedades de banano, de allí viene el nombre técnico *cubense* que es el que se le da por nombre a la infección de Foc (*Fusarium oxysporum cubense*)(24).

También como agente de control biológico, en estudios se evidenció la implementación de productos vegetales contra la marchitez del plátano por *Fusarium*. El extracto de hoja de *Datura metel* fue el producto vegetal e indicó una inhibición completa del crecimiento micelial de Foc (*Fusarium oxysporum cubense*). Por otro lado utilizaron como otro agente biológico, cepas PGPR que es como se le denomina a un grupo de bacterias que habitan en la rizosfera (lugar de interacción entre raíces y microorganismos del suelo) y que producen en las plantas todo tipo de beneficios como potenciar el crecimiento, mejorando la disponibilidad o la absorción de minerales, ayudan a la producción de hormonas necesarias en el desarrollo de los vegetales, Además protegen a plantas y cultivos contra posibles agentes patógenos y combaten la contaminación de los suelos, ya sea por contaminantes de tipo orgánico o inorgánico(25)(26). Investigadores han llevado a cabo estudios que demuestran que los cultivos de plantas medicinales también se pueden usar en el control agrícola. Estudios han demostrado una altamente efectividad contra los hongos por parte de estas plantas que causan efectos nocivos en otras plantas. Para este

estudio, se han recapitulado todos los efectos antifúngicos de las especies de *Datura* (*Datura stramonium* L, *D. metel* L. ve *D. innoxia* Mill.)(27).

Estudios demuestran que un posible agente biológico de control es el microorganismo *Bacillus amyloliquefaciens* el cual es una bacteria del suelo gram positiva que está muy relacionada con *Bacillus subtilis* debido a que estas dos especies comparten muchos genes homólogos y son muy similares por lo que es muy poco probable hacer una diferenciación de estas especies (28). La especie *Bacillus amyloliquefaciens* cepa NJN-6 produce compuestos volátiles, estos compuestos aparte de que cumplen con actividad antifúngica, también reprimen el crecimiento y la multiplicación de las esporas producidas por *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cubense*(29). Además, se conoce que las cepas de la bacteria *B. amyloliquefaciens*, que están relacionadas con algunas plantas, sintetizan varias sustancias antibióticas diferentes, que incluyen bacillaeno, macrolactina y difficidina. Las sustancias mencionadas anteriormente son de gran ayuda para la protección de la planta huésped contra infecciones producidas por hongos u otras bacterias, y han sido estudiadas por su utilidad en la agroindustria e importancia agronómica(30).

Unas propiedades del compostaje orgánico que son importantes y caben resaltar son la mejora de las propiedades físicas del suelo, mejora las propiedades químicas y mejora la actividad biológica, estas propiedades son las más considerables al momento de utilizar un abono orgánico(31). La buena actividad del compostaje depende de varios factores como físicos , químicos y biológicos como lo son la aireación, temperatura, humedad en el compostaje, pH y los microorganismos que son de importancia primordial por su actividad(32).

Estudios demuestran que la inoculación de microorganismos que utilizan la celulosa en cada etapa del compostaje puede descomponer en gran magnitud la lignocelulosa (materia seca vegetal) en los sustratos, y esto permite la aceleración del proceso de co-compostaje y mejorar la calidad de la producción de compostaje(33). La fermentación del compostaje es un proceso aeróbico normalmente llevado a cabo en estado sólido, este proceso es realizado por microorganismos los cuales degradan los compuestos orgánicos a compuestos más estables. El producto que se obtiene de este proceso es llamado compost y este al ser usado en el suelo tiene la capacidad de mejorar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas, por desgracia su uso en la agricultura se ve afectado negativamente debido a su lentitud con la cual se obtienen resultados y al efecto reductor en los nutrientes del suelo para los cultivos. Para mejorar el contenido de nutrientes asimilables

por las plantas en el compost, se ha propuesto su suplementación con nutrientes e inoculación con microorganismos(34)

La agricultura orgánica se está promoviendo con el fin de mantener estable la salud del suelo y de reducir costos especialmente a los pequeños agricultores que buscan en estos compostajes una manera natural que los ayude a ellos y al medio ambiente incluyendo en el compost orgánico un consorcio de microorganismos y también dosis de fertilizantes químicos que contienen los abonos orgánicos(35). La implementación de microorganismo eficientes es con el fin de dar solución a problemas relacionados con el uso de fertilizantes químicos y pesticidas que se aplican en el ámbito de la agricultura orgánica. Estos microorganismos eficientes se dividen en 4 grupos que son las levaduras, actinomicetos, bacterias productoras de ácido láctico (*Lactobacillus spp.* y *Pediococcus spp.*) y las bacterias fotosintéticas(36).

Características de consideración del suelo

I. Fertilizantes orgánicos y pesticidas

Se llega a evidenciar a través de este estudio la influencia que puede llegar a tener diferentes tipos de fertilizantes sintéticos y pesticidas en la salud y microbiología en función del suelo. Entre estos fertilizantes sintéticos o inorgánicos encontramos los fertilizantes de nitrógeno (N), fósforo (P) y de potasio (K) estos elementos son clasificados como nutrientes primarios. Estos 3 elementos hacen parte de los casi 13 elementos esenciales para las plantas lo cuales aportan para el desarrollo y crecimiento normal de éstas. Los fertilizantes inorgánicos provienen de fuentes que no están vivas, e incluyen y en su mayoría son fertilizantes de petróleo y fertilizantes comerciales hechos por el hombre. Por otro lado, los pesticidas son los compuestos aplicados para prevenir, destruir, repeler, o mitigar plagas, estos compuestos incluyen una amplia gama de productos químicos tales como insecticidas, fungicidas, herbicidas, rodenticidas, nematocidas, reguladores del crecimiento de las plantas, defoliantes, diluyentes de frutas, desecantes, agentes para prevenir la caída prematura de frutas y productos químicos aplicados poscosecha(37).

Por otro lado, si hablamos de los organismos del suelo tenemos microorganismos en los cuales se pueden incluir bacterias, hongos, algas, protozoos y algunos nematodos que están involucrados en todos los procesos bioquímicos que ocurren en los suelos, incluida

la descomposición de la materia orgánica, formación de humus, y transformación y ciclo de nutrientes, pero también juegan un papel vital e importante en el mantenimiento de la productividad del suelo(38). Concluyendo que se puede decir que el uso de los fertilizantes sintéticos es una opción para aplicar en el área de la agricultura. Cabe mencionar que hay una gran similitud entre los fertilizantes inorgánicos y los naturales, por un lado, los fertilizantes sintéticos se disuelven fácilmente en agua y están disponibles de inmediato para las plantas para la captación, estos tipos de fertilizantes suministran eficientemente los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas y son seguros para el medio ambiente. Los fertilizantes químicos como lo pueden ser los fertilizantes de N, P y K son, en su mayoría usados por los agricultores en los suelos agrícolas. Uno de los más importantes pueden ser los hongos micorrícicos que les aportan muchos beneficios como, por ejemplo, facilitándole a la planta la toma de nutrientes de baja disponibilidad o de poca movilidad en el suelo, evitando la acción de microorganismo patógenos en la raíz, aumentando la tolerancia de la planta a condiciones de stress abiótico en el suelo, entre otros beneficios(39).

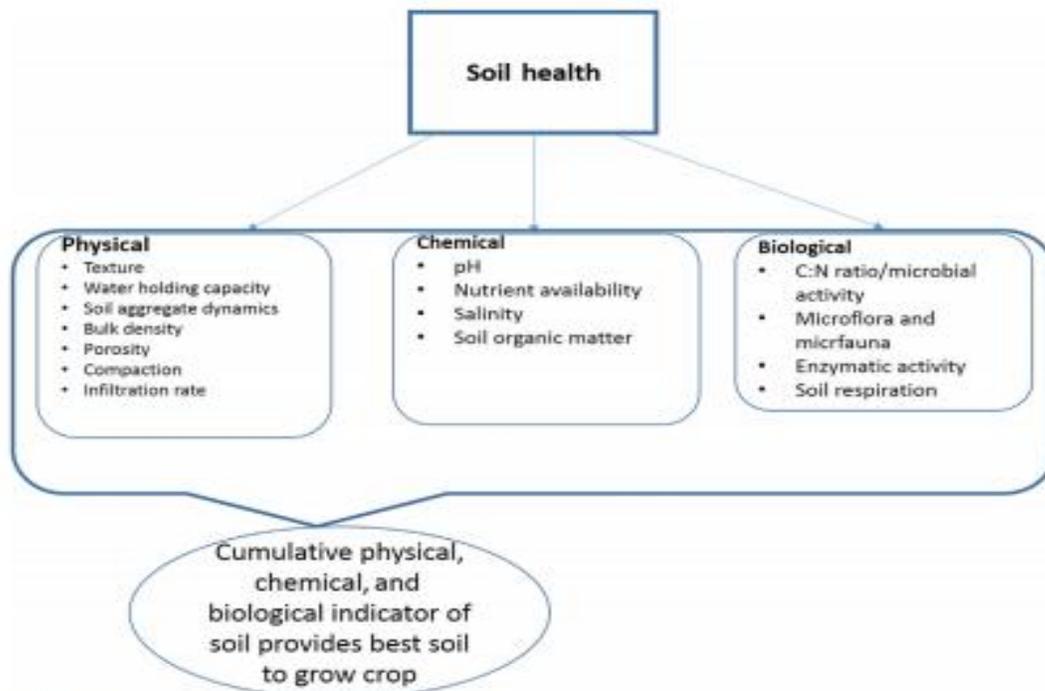


FIGURE 2.1 Indicator of soil health.

Fig. 2: indicadores de salud del suelo

Imagen tomada de: Sachchidanand T, Pratap S, Rajkumari S. Devi and Rahul B.(2020)(37).

II. Características microbiológicas de suelos contaminados con metales pesados

En este artículo se hizo un importante proceso en el análisis microbiológico que se determinó a partir de varios puntos como lo era el carbono de la biomasa microbiana, respiración basal del suelo, la actividad catalasa y la actividad ureasa.(40) estas mediciones corresponden a importantes parámetros bioquímicos en la identificación y caracterización de microorganismos que pueden estar presentes en el suelo. En particular el análisis de las muestras según el artículo fue muy específico con las medidas de las muestras del suelo. El análisis microbiológico anteriormente mencionado y el análisis fisicoquímico, haciendo énfasis en algunos métodos que son importantes de recalcar que fueron la determinación de los metales pesados en el suelo, allí implementaron el uso de agua regia para la extracción de los metales pesados que se basa en mezcla de ácido clorhídrico y ácido nítrico la cual es una mezcla fuertemente oxidante que disuelve muchos de los minerales con sulfuros de metales comunes, así como el oro y el platino(41), después los metales pesados se determinaron por espectrofotómetro de absorción atómica con una llama o horno de grafito (40). La utilización de un instrumento llamado **hidrómetro** el cual es un dispositivo que permite medir la densidad de la solución en la cual se suspende. En el caso del hidrómetro de suelos la densidad total de la solución compuesta por agua, suelo y dispersante (42).

En conclusión, podemos decir que los métodos de detección de microorganismos utilizados son muy buenos a la hora de determinar metales pesados en el suelo y cuáles son sus efectos sobre el mismo y la realización de estos métodos se tienen que hacer de manera rigurosa y muy perfecta a la hora de cumplir con las medidas en las tomas de las muestras y los análisis realizados a lo largo del artículo.

III. Comparación de los cambios químicos y microbiológicos durante el compostaje aeróbico y el vermicompostaje de residuos verdes

En este punto nos centramos en la diversidad microbiológica que hay en las muestras del suelo en diferentes tiempos al comenzar con el compostaje aeróbico y de la implementación

de vermicompostaje, en las siguientes figuras se muestra la diversidad microbiológica hallada en el trabajo (43).

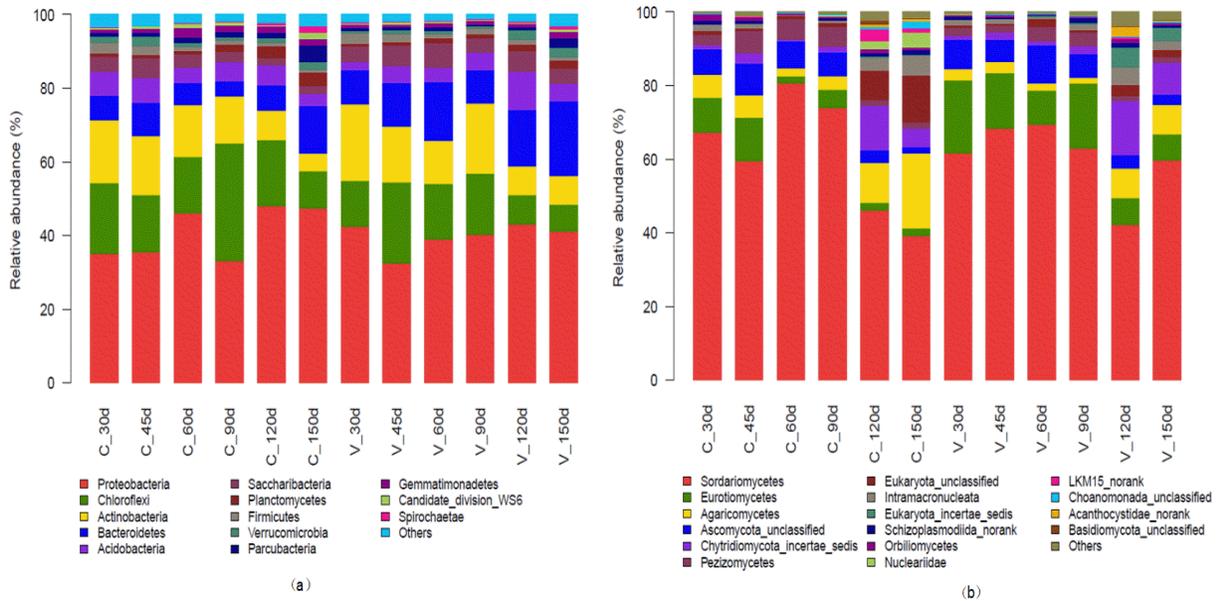


Fig. 3: La abundancia relativa de filamentos bacterianos (a) y hongos y otros filamentos (b) en diferentes momentos después del inicio del compostaje aeróbico y del vermicompostaje.

Imagen tomada de: Cai, Linlin. Gong, Xiaoqiang. Sun, Xiangyang. Li, Suyan. Yu, Xin. (2018)(43).

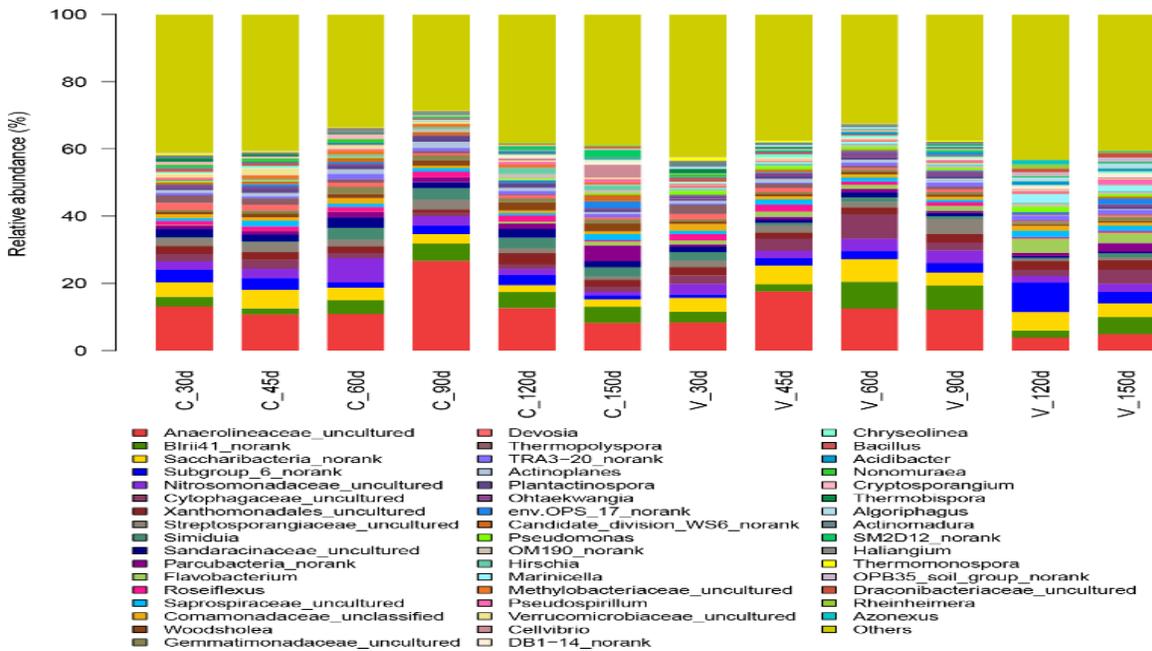


Fig. 4: la abundancia relativa de los géneros bacterianos de todas las muestras de compost aeróbico y vermicompost.

Imagen tomada de: Cai, Linlin. Gong, Xiaoqiang. Sun, Xiangyang. Li, Suyan. Yu, Xin. (2018)(43).

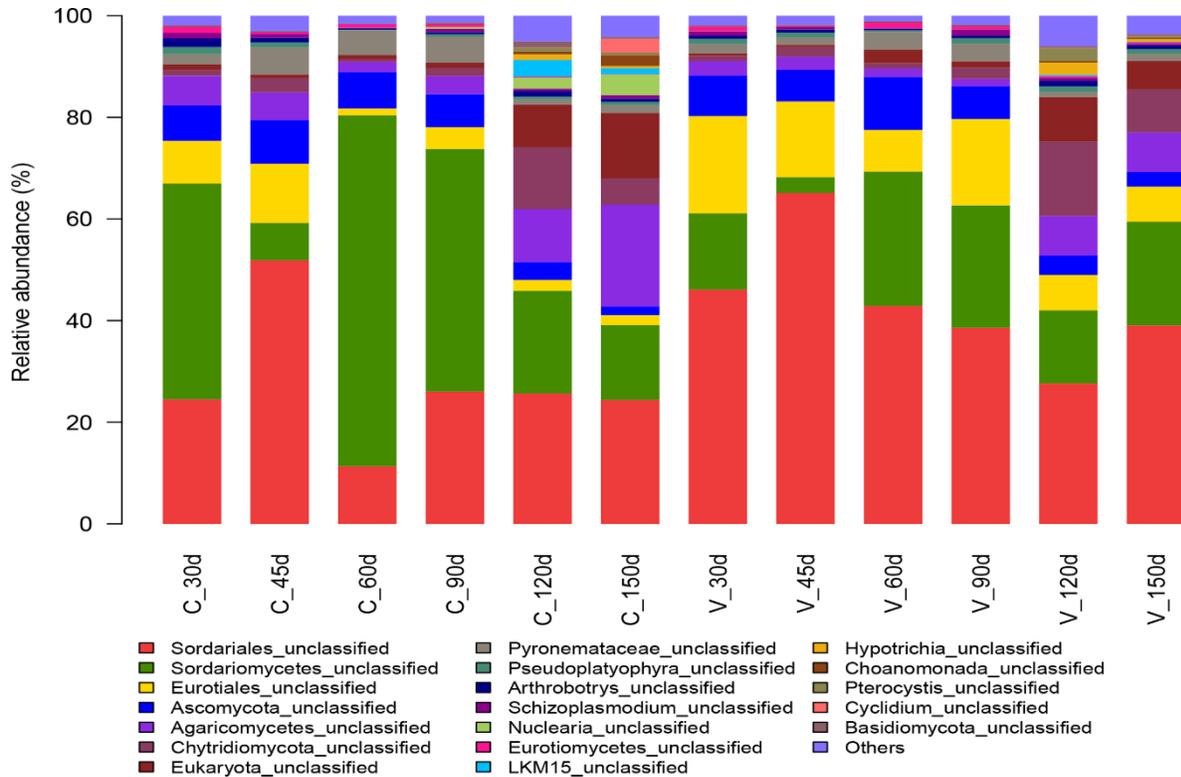


Fig. 5: La abundancia relativa de hongos y otros géneros de todas las muestras de compost aeróbico y vermicompost.

Imagen tomada de: Cai, Linlin. Gong, Xiaoqiang. Sun, Xiangyang. Li, Suyan. Yu, Xin. (2018)(43).

Diferentes estudios informan aumentos en la materia orgánica del suelo y las existencias de C en áreas cultivadas con cultivos de ganado asociados con la labranza cero que es una técnica de cultivo sin la alteración del suelo mediante arado, el arado es una herramienta utilizada para hacer surcos en la tierra, en base a cultivos anuales como la soja y el maíz intercalados con pasturas en sistemas de cultivo donde el sistema integrado de cultivo de ganado (ICLS) es adoptado, se ha observado una mejora significativa a largo plazo en la calidad de los atributos químicos, físicos y biológicos del suelo se informó que la recuperación de pasturas degradadas mediante el establecimiento de sistemas de integración de cultivos y ganado en Oxisoles, aumentó el carbono de biomasa microbiana (MBC), incluso en comparación con la vegetación nativa de Cerrado (es la sabana con

mayor biodiversidad del mundo y hogar del 5% de los animales y plantas de todo el mundo)(44). El monocultivo comparado con los grupos de MBC pueden aumentar hasta en un 20% en cuanto a la rotación de cultivos, pero esto se hace notar mas en los sistemas agrícolas con cultivos de cobertura(45).

También se hace referencia sobre el **ICLS** o **Sistema integrado de cultivos** el cual es una contribución ecológica para producir con sostenibilidad. Demuestra que un mayor uso de la tecnología, acompañada por la intensificación de insumos y servicios, dan como resultado el empobrecimiento del ambiente. La diversificación de los cultivos en el tiempo y en el espacio tiene un gran potencial para aumentar la producción con sustentabilidad. (46). En cuanto a sustentabilidad, un nivel superior o una región puede consistir en granjas especializadas individuales y sistemas de servicios que en compañía, actúan como un sistema mixto de labrado. Otras formas de agricultura mixta incluyen el cultivo de diferentes cultivos en un mismo campo, como el mijo y el caupí o el mijo y el sorgo, o diferentes variedades del mismo cultivo pero con diferentes ciclos de vida, que utilizan todo el espacio de manera mucho más eficiente y distribuyen los riesgos de manera más equitativa(47).

Esto nos hace deducir que el sistema integrado de cultivos o también llamado “agricultura mixta”, dada a conocer en el artículo (45) como (ICLS) dio buenos resultados y pueden ser una herramienta de gran ayuda para el mejoramiento de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo tratado con este método.

Conclusiones

En esta revisión se evidencio un gran rango de estudios con base en el tema de abonos orgánicos a nivel nacional y mundial, debido a que son de gran importancia en la industria de agricultura en cuanto a siembra y cosecha de la *Musa spp.* y su efecto producido en dichos abonos, plantas y también en el suelo.

Las bases de datos fueron de gran ayuda para la realización de este trabajo, los estudios fueron muy puntuales e importantes otorgando información necesaria y así poder describir diferentes características como lo fueron efectos químicos en el suelo, propiedades microbiológicas y la gran variedad de microorganismo que hay en el suelo y que son beneficiosos tanto para las plantas como para el suelo, abonos orgánicos en general y efectos bioquímicos en las diferentes especies de *Musa spp.* Fue una revisión muy interesante que brinda información muy clara sobre este tema tan extenso que es de gran ámbito de la agricultura y la agroindustria.

BIBLIOGRAFÍAS

1. FONAG MB. Abonos orgánicos protegen el suelo y garantizan alimentación sana. Fonag [Internet]. 2010;25. Available from: www.fonag.org.ec
2. Control A of APF. Product Label Guide Association of American Plant. 2019;
3. Stoops LRHYMYW. Micromorfología [Internet]. 2016. Available from: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-1-4020-3995-9_355
4. Ramirez Carvajal R. Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. St Fe Bogotá, Septiembre [Internet]. 1997;13–23. Available from: <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6636/1/083.pdf>
5. Μ. ΘΕΟΔΩΡΟΥ ΜΜ. Δομή και Λειτουργία του Ελληνικού Συστήματος Υγείας(Διοικητικές και Νομικές Διαστάσεις)No Title. :65–72.
6. Nyombi K. Diagnosis and management of nutrient constraints in bananas (*Musa spp.*) [Internet]. Fruit Crops. Elsevier Inc.; 2020. 651–659 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-818732-6.00044-7>
7. Ibáñez S, Gisbert JM, Moreno H. Inceptisoles. Editor Univ Politec Val. 2011;8.
8. Moreno R, Ibáñez A, Gisbert J. Andisoles. Univ Politec Val [Internet]. 2011;1(1):7. Available from: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13676/Andisoles.pdf?sequence=3>
9. Padam BS, Tin HS, Chye FY, Abdullah MI. Banana by-products: an under-utilized renewable food biomass with great potential. *J Food Sci Technol*. 2014;51(12):3527–45.
10. Walter N, Vega O, Luz S, Gómez S, Elena B, Restrepo M. Use of Soil Microorganisms as a Biotechnological Strategy to Enhance Avocado (*Persea americana*)-Plant Phosphate Uptake and Growth. *Rev Fac Nal Agr Medellín*. 2012;65(2):6645–57.
11. Pérez-Pazos JV, Sánchez-López DB. Caracterización y efecto de *Azotobacter*, *Azospirillum* y *Pseudomonas* asociadas a *Ipomoea* Batatas del Caribe Colombiano. *Rev Colomb Biotecnol*. 2017;19(2):35–46.
12. Oscar Javier Parra Pachón, Daniel Gerardo Cayón Salinas JPV. Descripción morfoagronómica de materiales de plátano (*Musa* AAB, ABB) y banano (*Musa* AAA) cultivados en San Andrés Isla. *Acta Agronómica*. 2009;58(4):292–8.
13. Hernández-Rodríguez OA, Ojeda-Barríos DL, Lopez Diaz JC, Arras Vota AM. Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Tecnociencia Chihuahua* [Internet]. 2010;IV(1):1–6. Available from: http://www.ecosdeltajo.org/descargas/recursos/abonos_organicos_y_su_efecto_en_las_propiedades_fisicas_quimicas_biologicas_del_suelo.pdf
14. Deltour P, França SC, Liparini Pereira O, Cardoso I, De Neve S, Debode J, et al. Disease suppressiveness to *Fusarium* wilt of banana in an agroforestry system: Influence of soil characteristics and plant community. *Agric Ecosyst Environ*

[Internet]. 2017;239:173–81. Available from:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2017.01.018>

15. Ma L-J, Geiser DM, Proctor RH, Rooney AP, O'Donnell K, Trail F, et al. Fusarium Pathogenomics. *Annu Rev Microbiol.* 2013;67(1):399–416.
16. BIOTECH O, Soluciones, Asociados B, La CON, Plaga I, Con S, et al. Protege las raíces del daño por Nematodos y por Insectos Nematodos y por Insectos. 2015;
17. Lazo Y, Morales A, Guanolisa D, Olalla T, Arteaga Y, García Y. Efecto de la aplicación de microorganismos eficientes en la producción de *Musa paradisiaca* variedad valery. *Rev Amaz Cienc y Tecnol* ISSN-e 1390-5600, Vol 6, N° 3, 2017, págs 191-200 [Internet]. 2017;6(3):191–200. Available from:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6413707>
18. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Elaboracion Y Uso Del Bocashi. *Minist Agric Y Ganad* [Internet]. 2011;1–12. Available from: www.pesacentroamerica.org
19. Rojas Loria CC. Lectura sobre nutrición microbiana *Microbiología General Prof: César Cuahutémoc Rojas Loria NUTRICIÓN MICROBIANA.* 2012; Available from:
http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/crl/Microbiologia/16P/NUTRICION_MICROBIANA.pdf
20. Agüero DR, Alfonso ET, Carreño FS, Rodríguez AC. Bocashi: Abono Orgánico Elaborado a Partir De Residuos De La Producción De Plátanos En Bocas Del Toro, Panamá. *Cultiv Trop.* 2014;35(2):90–7.
21. Bubici G, Kaushal M, Prigigallo MI, Cabanás CGL, Mercado-Blanco J. Biological control agents against Fusarium wilt of banana. *Front Microbiol.* 2019;10(APR).
22. EcuRed. *Phytoseiulus macropilis* [Internet]. Available from:
https://www.ecured.cu/Phytoseiulus_macropilis
23. Oliveira H, Fadini MAM, Venzon M, Rezende D, Rezende F, Pallini A. Evaluation of the predatory mite *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) as a biological control agent of the two-spotted spider mite on strawberry plants under greenhouse conditions. *Exp Appl Acarol.* 2009;47(4):275–83.
24. Xue C, Penton CR, Shen Z, Zhang R, Huang Q, Li R, et al. Manipulating the banana rhizosphere microbiome for biological control of Panama disease. *Sci Rep* [Internet]. 2015;5(April):1–11. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/srep11124>
25. Akila R, Rajendran L, Harish S, Saveetha K, Raguchander T, Samiyappan R. Combined application of botanical formulations and biocontrol agents for the management of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Foc) causing Fusarium wilt in banana. *Biol Control* [Internet]. 2011;57(3):175–83. Available from:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.02.010>
26. De Sevilla U, Benjumeda Muñoz D. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal: Mecanismos y aplicaciones. 2017;
27. öz arık ummahan. THE ANTIFUNGAL EFFECTS OF *DATURA STRAMONIUM* L., *D. METEL* L. , *D. INNOXIA* Mill. IN *FLORA OF TURKEY.* *Mugla J Sci Technol.* 2017;3(2):96–103.

28. Muradian M. *Bacillus amyloliquefaciens* [Internet]. 2015. Available from: https://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Bacillus_amyloliquefaciens
29. Yuan J, Raza W, Shen Q, Huang Q. Antifungal activity of *Bacillus amyloliquefaciens* NJN-6 volatile compounds against *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. *Appl Environ Microbiol*. 2012;78(16):5942–4.
30. Encyclopædia Britannica I. *Bacillus* [Internet]. 2020. Available from: <https://www.britannica.com/science/bacillus-bacteria>
31. Medio POR, Utilización DELA, Chaglla CH. Universidad de huánuco. 2016;
32. Nekliudov AD, Fedotov GN, Ivankin AN. Intensification of composting processes by aerobic microorganisms: a review. *Prikl Biokhim Mikrobiol*. 2008;44(1):9–23.
33. Huang DY, Lu WJ, Wang HT, Zhou HY WZ. Application of high-efficient cellulose utilization microorganisms in co-composting of vegetable wastes and flower stalk [Internet]. 2004. Available from: <https://europepmc.org/article/med/15202253#similar-articles>
34. Sánchez ÓJ, Ospina DA, Montoya S. Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process. *Waste Manag*. 2017;69(26):136–53.
35. Sharma A, Saha TN, Arora A, Shah R, Nain L. Efficient Microorganism Compost Benefits Plant Growth and Improves Soil Health in *Calendula* and *Marigold*. *Hortic Plant J* [Internet]. 2017;3(2):67–72. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.hpj.2017.07.003>
36. Jair Benjamin Quispe Arpasi RSAG. “Compostaje de residuos sólidos orgánicos utilizando microorganismos eficientes en el distrito de Cacatachi.” *Univ Peru UNIÓN Fac Ing Y Arquitect Esc Prof Ing Ambient*. 2019;1–83.
37. Tripathi S, Srivastava P, Devi RS, Bhadouria R. Influence of synthetic fertilizers and pesticides on soil health and soil microbiology [Internet]. *Agrochemicals Detection, Treatment and Remediation. LTD*; 2020. 25–54 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-103017-2.00002-7>
38. Zhong WH, Cai ZC. Long-term effects of inorganic fertilizers on microbial biomass and community functional diversity in a paddy soil derived from quaternary red clay. 2007;36:84–91.
39. Barrera Berdugo S. El uso de hongos micorrizicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. *Biotecnol en el Sect Agropecu y Agroindustrial BSAA*. 2009;7(1):123–32.
40. Kizilkaya R, Akin T, Bayrakli B, Sālam M. Microbiological characteristics of soils contaminated with heavy metals. *Eur J Soil Biol*. 2004;40(2):95–102.
41. S.A.S SC. ORO MEDIANTE AGUA REGIA [Internet]. Available from: <https://www.sgs.co/es-es/mining/analytical-services/geochemistry/precious-metals/gold-by-aqua-regia>
42. González HM, García J, Núñez D. El método del hidrómetro : base teórica para su empleo en la determinación de la distribución del tamaño de partículas de suelo The hydrometer method : theoretical basis for its employment in determining the soil particle-size distribution. *Rev Ciencias Técnicas Agropecu*. 2007;16(3):19–25.

43. Cai L, Gong X, Sun X, Li S, Yu X. Comparison of chemical and microbiological changes during the aerobic composting and vermicomposting of green waste. *PLoS One*. 2018;13(11):1–16.
44. WWF © National Geographic Stock / Scott Warren/. El Cerrado. 2019; Available from: <https://www.worldwildlife.org/descubre-wwf/historias/el-cerrado>
45. dos Santos Soares D, Ramos MLG, Marchão RL, Maciel GA, de Oliveira AD, Malaquias JV, et al. How diversity of crop residues in long-term no-tillage systems affect chemical and microbiological soil properties. *Soil Tillage Res* [Internet]. 2019;194(January):104316. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104316>
46. Agropecuaria IN de T. Sistema integrado de cultivos, una contribución ecológica para producir con sostenibilidad [Internet]. 2018. Available from: <https://inta.gob.ar/documentos/sistema-integrado-de-cultivos-una-contribucion-ecologica-para-producir-con-sostenibilidad>
47. Agricultura O de las NU para la A y la. ¿Qué son los sistemas integrados de cultivos y ganado? [Internet]. Available from: <http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/spi/scpi-home/managing-ecosystems/integrated-crop-livestock-systems/icls-what/en/>