

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

Ecuador es un país donde predomina la actividad agrícola, favorecida por las características climáticas y ubicación geográfica. Dentro de los productos que se cultivan en el Ecuador uno de los más importantes es el banano.

El banano es uno de los productos de mayor consumo en el mundo gracias a su alto contenido en vitaminas, minerales y proteínas. “500 millones de personas son dependientes de ese fruto (especialmente en África y Asia) como su principal fuente de proteínas. A escala comercial el banano es la fruta más popular y consumida en todo el mundo” (21). El Ecuador actualmente es uno de los países exportadores de banano líderes en el mundo, por lo que la producción del banano es una de las principales fuentes de ingreso para la economía del país. “Las exportaciones de este producto son dirigidas en un 70% por exportadores nacionales y el 30% por compañías transnacionales. Representan el 3% del PIB total de producción y el 13% del PIB agrícola del país” (21). El Ecuador empezó a “promover sus exportaciones de banano a EE. UU., Perú y Chile a partir del año 1910 con un total de 71.617 racimos, tomando cierta importancia su producción desde 1934 durante el cual totaliza 1’452.230 racimos luego, sube su exportación y declina hacia 1941 por efecto de la Segunda Guerra Mundial. En 1946 adquiere un ritmo de crecimiento en firme y en 1952 se convierte en el primer país exportador de banano del mundo con 16’755.066 de racimos, para el 2000 la producción anual superó los 216’000.000 de cajas.”(3)

Al ser el banano uno de los productos más consumidos alrededor del mundo, la demanda por cantidad y calidad del producto es cada vez más exigente para los países productores que compiten por el mercado. Esta competencia le exige al productor una mejora continua en sus frutos, para lo que el productor se ve en la necesidad de fertilizar.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La producción de banano es un monocultivo que genera continuamente residuos del proceso de cosecha. Estos residuos se dejan en el lugar donde caen para que pasen por un proceso natural de degradación, que toma alrededor de seis meses. Este proceso origina lixiviados que ocasionan la disminución de fertilidad del suelo, obligando al productor a utilizar constantemente abonos orgánicos o químicos que no pasan por pruebas previas de aplicabilidad.

OBJETIVOS:

General:

Validar el producto comercial “Bacthon SC + Tricho _D” para la obtención de bioabono *in situ* mediante de la biotransformación de residuos de banano bajo condiciones normales de producción.

Específicos:

- Acelerar el proceso de biotransformación de los subproductos de banano.
- Aumentar contenido de nutrientes presentes en el suelo.
- Poblar el suelo con bacterias benéficas contenidas en el producto.

JUSTIFICACIÓN

La producción de banano genera desechos que constituyen una fuente de contaminación para el suelo circundante a cada una de las plantas productoras, ya que atrae a insectos, y con el agua, al no ser retirado a tiempo produce ácidos que se lixivian en el suelo y que posteriormente la planta absorbe.

En el proceso de producción de banano es común la utilización de fertilizantes para mejorar la cantidad y calidad del producto, pero los mismos contaminan el suelo y el agua que se utiliza, ocasionando un efecto inverso al disminuir la cantidad y calidad del banano en tamaño, número de frutos y produce un aumento en el % de plagas y enfermedades que afectan al cultivo de banano.

Estos problemas hacen necesario buscar el correcto manejo de los subproductos, mediante un método que nos permita reducir los riesgos de contaminación y el uso de fertilizantes inorgánicos, de una manera menos agresiva tanto para la planta como para el suelo y así mejorar la absorción de nutrientes por parte de la planta y aprovechar los subproductos generados para optimizar los procesos y el tiempo en que dichos subproductos se degradan actualmente.

CAPÍTULO I

BANANO

1.1 Origen del banano

El origen de esta planta se desconoce, pruebas e indicios de su uso y existencia nos remontan a más de mil años AC. En fósiles de la época terciaria se encuentran y noticias de su cultivo en bajo relieves asirios y egipcios. Se asume que el banano es originario de Asia sur oriental, posteriormente se extiende hacia la Malasia Oriental y hacia la India, llega al Mediterráneo hacia el 650 DIC., se introduce en África por el 500 DIC., llega al pacífico por polinesios por los años 1000 – 1200. Los portugueses lo llevan a las Canarias, y finalmente Fray Tomás de Berlanga lo introduce a Santo Domingo, Centro América. (3, 7,20)

1.2 Sistemática (3, 7, 20)

Nombre Científico: *Musa sapientum* L.

Reino: Vegetal

Clase: Angiospermas

Subclase: Monocotyledoneae

Orden: Scitamineae

Familia: Musaceae

Género: *Musa*

Especie: *sapientum* L.

1.3 Descripción de la Planta

El banano es un fruto que nace a partir de especies silvestres no-comestibles, que sufren una serie de mutaciones genéticas y cambios cromosomales. Estas plantas silvestres (diploides) daban un fruto pequeño y con numerosas semillas, evolucionan naturalmente dando origen al banano comestible y comercial (triploide) que se conoce actualmente. El banano, guineo o plátano es una planta herbácea, monocotiledónea, perenne y su fruto es partenocarpio (ausente de semilla). (7)

- a. Raíces.** “Las raíces del banano son superficiales, se distribuyen en una capa de 30 a 40 cm. Se componen de raíces primarias y secundarias. Las raíces primarias tienen un diámetro que varía de 5 a 8 mm, y las secundarias entre 2 mm y 2.5 mm. Crecen longitudinalmente de 2.5 a 3 m, y hasta 1.3 m de profundidad” (3), siendo su poder de penetración débil en comparación a su crecimiento longitudinal. Las características del sistema radicular de la planta dependen de algunas variables, estas determinan la cantidad y distribución de las raíces. Las variables son: textura, estructura, humedad del suelo, infestación de nemátodos, ataques de hongos, bacterias e insectos, y características del clima. (3)
- b. Rizoma.** De esta zona interna es de donde se originan las raíces y yemas vegetativas que eventualmente serán los nuevos retoños o hijos. El rizoma se convierte en el tejido que acumula sustancias esenciales para el desarrollo de la planta. (3)
- c. Hojas.** Se originan el meristemo terminal, situado en el la parte superior del rizoma. La hoja se forma del pseudo tallo. Emerge en forma tubular, el desenvolvimiento comienza una vez que las dos terceras partes de la longitud de la misma han emergido. La pigmentación clorofílica empieza inmediatamente, mientras la hoja se desenvuelve. La producción de hojas se detiene una vez que la planta inicia el proceso de brote. (3, 7)
- d. Inflorescencia.** El meristemo terminal se convierte en la yema floral (corta y cónica) tras sufrir varios cambios, causando así que la producción de hojas se detenga. Este proceso de transformación se da aproximadamente cuando la planta ha producido la mitad de sus hojas. Este cambio marca el comienzo del crecimiento del tallo, que

hasta entonces permanece a ras del suelo, este pasará entonces a ser un tallo aéreo y se desarrollara por el centro del pseudo tallo. Eventualmente emergerán por la parte superior de la planta. Una vez que el capullo emerge los brotes florales ya están diferenciados y el número de manos, y dedos por mano ya se encuentran determinados.(3, 7)

- e. Fruto._** Se desarrolla de los ovarios de las flores, los ovarios abortan y se oscurecen, mientras que los tejidos de la o cáscara se engruesan. La actividad de los canales látex va disminuyendo hasta que para por completo en el fruto maduro. “La cáscara se compone de epicarpio, de células con paredes externas duras y brillantes; del mesocarpio en el que se distinguen la zona externa, coloreada con fibras y haces vasculares y la más interna, de parénquima o tejido fundamental más suelto e incoloro que está rellena de almidón y células con taninos. En el corte transversal aparecen haces vasculares como puntos de color más claros sobre el fondo blanco del parénquima y del endocarpio que está representado por paredes de células delgadas, radiales, que en la madurez permiten separar la cáscara de la parte central del fruto.”(3) La parte del fruto que es comestible es una masa de parénquima cargada de azúcar y almidón. Cuando este madura no hay células activas de taninos, ni tejidos fibrosos. La placenta y óvulos se pueden ver en el centro de color oscuro, ennegrecidos. (3, 7, 31, 32)

1.4 Valor Nutritivo

El banano es una fruta de fácil digestión por su textura y de alto contenido en vitaminas y minerales, lo que la convierte en una de las frutas más consumidas en el mundo.

Su valor nutricional se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 1: Composición Nutricional de una Banana de 100 gr.

Agua	75.1 g
Proteínas	1.2 g
Grasa	0.3 g
Carbohidratos	23,2 g
Energía 95kcal	403 g

Fuente: <http://www.zulay.com/esp/productos/banano/nutricional.html>

Tabla 2: Composición Aproximada de un Banano maduro

Vitaminas (por cada 100 g)		Minerales (mg por g)			
A	430 U.I	Sodio	006-415	Hierro	0,6
Tiamina	0,4 mg	Potasio	300-450	Fósforo	28
Riboflavina	0,05 mg	Calcio	8	Azufre	78-125
Ácido Ascórbico	10,0 mg	Manganeso	064-03	Yodo	0,02
Piridoxina	0,52 mg	Cobre	0,16-0,21	Zinc	0,26

Fuente: Programa Nacional del banano, pg. 13

1.5 El banano en el Ecuador

El dato más antiguo del consumo del banano en el Ecuador son notas de los españoles que evidenciaron un licor fabricado por los indígenas a partir del banano. Se sabe que las variedades de Gros Michel y Cavendish se introdujeron a principios del siglo XIX. (31)

En 1910 se realizó la primera exportación desde Ecuador. Para 1952 se convierte en el primer exportador de banano, y en el segundo mayor productor. En 1967 se produce un cambio progresivo de variedad por que las plantaciones sufren un ataque brusco del **Mal de Panamá**. En 1985, Ecuador expande su mercado y exporta puré de banano, el cual es elaborado con bananos Cavendish en óptima maduración. En 1990, Ecuador pasa a ser el primer proveedor de banano en la Unión Europea y el segundo mayor proveedor de los

Estados Unidos. A partir de 1996 se ubica como segundo mayor productor de banano. “En el periodo de 1998 a 2002 la producción mundial de bananos presentó una tasa de crecimiento del 3% (27, 31).

En el año 2001 se ubica como uno de los principales exportadores junto a Filipinas y Costa Rica, mientras que los mayores importadores fueron Estados Unidos y la Unión Europea (27)

1.5.1 Superficie de cultivo en el Ecuador

La superficie de cultivo en el Ecuador se encuentra distribuida en toda la costa del país, desde las zonas costaneras hasta las estribaciones con la cordillera y desde la provincia de Esmeraldas hasta la provincia de El Oro. (3)

La superficie aproximada de cultivo se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 3: Superficie cultivada en el Ecuador

El 77.4 % de la superficie cultivada con banano está ubicada en las zonas Sur y Oriental.
El Ecuador en su totalidad tiene una superficie de cultivo de aproximadamente 180.000 hectáreas produciendo actualmente.

Fuente: www.sica.gov.ec/agronegocios/Biblioteca/Ing%20Rizzo/banano/banano_nuevo.pdf

1.5.2 Variedades de banano en el Ecuador

Comercialmente las variedades que se cultivan en Ecuador son *Gros Michel* y *Cavendish*.

- a. **Gros Michel o “Plátano de seda”.**_ Se caracteriza por ser una variedad grande y robusta. El pseudotallo tiene una longitud de 6 u 8 metros. Hay manchas color marrón en la base de los pecíolos, y los limbos son de grandes dimensiones. Los racimos de fruta cuelgan verticalmente, son alargados de forma cilíndrica y contiene un promedio de 10 a 14 manos. En esta especie el fruto crece paralelo,

por lo que la fila interna presenta frutos rectos, estos casi no se curvan. La maduración del fruto es regular y homogénea.

Esta variedad es de las más consumidas mundialmente por su sabor y textura. Sus características la hacen muy sensible al “Mal de Panamá.” (3, 7, 32)

b. Cavendish._ Se divide en cuatro subespecies, dependiendo de su altura principalmente:

1. Lacatán._ Su altura varía de 4 a 6 metros, los racimos son alargados y cilíndricos. Los frutos crecen curvos, y son sensibles al ataque de parásitos, especialmente después de cosechados. La maduración de esta especie requiere de mayor atención, y estéticamente su apariencia no es muy atractiva. (3, 7)

2. Valery._ Se le conoce también como ***Robusta***, su altura varía de “2.8 a 4 metros.”(7) Esta especie se caracteriza por ser de hojas más cortas y por su altura resiste el viento. Se desarrolla rápidamente y tiene capacidad para sembrarse densamente, lo que lo hace más productivo. El racimo es más corto y los frutos son largos y sin curvatura notable, prácticamente rectos.

3. Gran Cavendish._ Se le conoce también como *Gran Enano*, *Mons. Mari* o *Gran Naine*. Su altura varía de 2.8 a 3 metros. Las hojas son cortas y anchas. La forma de racimo es particular por ser troncocónico. Es de las especies más productivas y es ligeramente cubierta por flores. (3,7)

4. Cavendish Enano._ Su altura llega a un máximo de 2 metros, de allí su nombre. Las hojas son cortas y anchas, presenta una característica en el crecimiento de las hojas, estas no nacen normalmente, ya que el espacio entre pecíolos impidiendo la salida de las nuevas hojas. Los racimos tienen forma troncocónicos definidos, y sus frutos son curvos. (3)

1.5.3 Enfermedades y plagas que afectan al banano en Ecuador (3,7,20,24)

Existen enfermedades y plagas que afectan el cultivo de banano en el Ecuador. Estas plagas podrían afectar en forma sensible la capacidad de producción de algunas

variedades de alto consumo en el mundo. Entre las enfermedades y plagas de mayor riesgo para la planta se encuentran:

- a. **Mal de Panamá.**_ producida por el hongo *Fusarium oxysporum*, ataca el sistema vascular de la planta (3). Este hongo infecta paulatinamente desde la semilla ascendiendo por el tallo a toda la planta. Los síntomas aparecen en las hojas, comienzan a marchitarse, y se doblan paulatinamente. Las nuevas hojas pueden presentar arrugas y presentar un color amarillento moteado. Las hojas entonces quedan colgando de la planta. El tiempo que toma el hongo para este proceso, es aproximadamente dos meses. Este hongo se transmite de planta a planta por medio de la maquinaria y herramientas.

Las plantas de la variedad Gros Michel son susceptibles al Mal de Panamá y las variedades Cavendish son resistentes. (3)

- b. **Sigatoka Negra.**_ producida por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*. (3). Este hongo penetra por las hojas. El primer síntoma se al cabo de unos veinte días en forma de una franja delgada decolorada. Después toma forma ovalada con colores plomos y grises en el centro de la mancha y un amarillo oscuro en el exterior. En casos graves se aglomeran las manchas causando la desecación de parte o de toda la hoja, reduciendo el área fotosintética. El rendimiento de la planta decrece como consecuencia de la escasez de hojas funcionales. Este hongo llega a causar “pérdidas en el rendimiento de hasta el 50%, y madurez prematura, un defecto muy serio de la fruta para exportación” (25).

Para controlar la *Sigatoka Negra* se necesita interrumpir el ciclo antes descrito y disminuir la producción de esporas. La presencia de los síntomas tempranos de *Sigatoka Negra* depende de algunas características de las diferentes regiones en el Ecuador, la presencia varía según la zona, frecuencia de lluvias y la influencia de temperatura. (3,20)

- c. **Moko o Marchitez bacteriana.**_ Es producida por la bacteria *Pseudomonas solanacearum* (3). La bacteria penetra a la planta a través de las raíces e invade toda la extensión por los vasos transportadores de savia. En una planta adulta las

hojas centrales se tornan amarillas verdosas y el limbo un color amarillo sucio hacia el pecíolo y la nervadura. Luego se produce la rotura de los pecíolos, la desecación y finalmente la muerte de las hojas centrales. En las plantas jóvenes la caída puede ser tan rápida que las hojas no llegan a amarillearse. El desarrollo del racimo se detiene y los frutos se agrietan y toman un color negruzco. Ciertos casos presentan la pudrición de la pulpa, estos se presentan cuando los ataques son tardíos.

Su propagación se da cuando se usa la misma herramienta en una planta infectada y en una sana y por la utilización de cepas infectadas para sembrar.(3,20)

1.5.4 Importancia económica, exportación y comercialización

El banano ecuatoriano es fundamental en el comercio mundial. Ecuador es un país reconocido en el mundo entero por la calidad de su banano. Cuenta con aproximadamente 180.000 hectáreas sembradas y existe disponibilidad de la fruta todo el año. (23, 31)

La actividad bananera, incluyendo todo el proceso de producción, comercialización y exportación; constituye la mayor fuente de empleo: entre un “12 % y 16% de la población, depende directa o indirectamente de este sector. Esta actividad representa para el país el segundo producto con mayor ingreso, después del petróleo, con un equivalente al 3% del PIB” (23). Ecuador actualmente “abastece cerca del 40% del mercado mundial de la fruta. Produce aproximadamente una cuarta parte del banano que se consume en **EE.UU.** y **Europa**. El grueso del mercado está abastecido por las marcas **Dole**, **Chiquita** y **Del Monte**, que juntas comercian el 60% del banano que se consume en el mundo. Durante el año pasado, aproximadamente el 31% del total del banano exportado por **Dole** provenía de **Ecuador**, frente al 13% del exportado por **Del Monte** y el 7% del exportado por **Chiquita...**” (23). La importancia de la exportación del banano reside en el mercado consumidor de la fruta el principal mercado para el banano ecuatoriano es “... **EE.UU.** con 26% de la oferta exportable, seguido por **Europa del Este** (17%) y la **Unión Europea** (16%). El 41% restante se dirige a **Asia**, el **Cono Sur de América**, **Medio Oriente** y **Mediterráneo.**” (23,25).

Ecuador ofrece al mercado internacional en especial tres especies: Cavendish, Orito y Rojo. En los últimos años se ha desarrollado la agricultura orgánica, dando como resultado el banano con certificación orgánica y también otras con certificaciones amigables con el medio ambiente, lo laboral y lo social. Ecuador tiene ventajas comparativas para la producción del banano, ya que posee factores climatológicos propicios para su crecimiento: adecuada luminosidad, temperatura entre 25 y 30 grados centígrados, suelos profundos de buena estructura y buen drenaje interno. El lugar que ocupa el banano ecuatoriano en el mercado se muestra en los siguientes cuadros y tablas:

Tabla 4: Concentración del mercado bananero

BLOQUE	Concentración				Tres principales proveedores	
	Alta	Media	Relativa	Baja		
Comunidad Andina					Ecuador	98%
					Venezuela	2%
					Estados Unidos	1%
Mercado Común C.A					Guatemala	88%
					Nicaragua	15%
					Honduras	3%
MERCOSUR					Ecuador	81%
					Brasil	18%
					Bolivia	1%
Nafta					Costa Rica	32%
					Ecuador	24%
					Guatemala	17%

Fuente: http://www.inibap.org/publications/factsheets/factsheet_spa.htm Fuente: FAOSTAT

Tabla 5: Exportaciones de Ecuador al mundo

Volumen de Exportaciones 2001 :	14,24 millones de ton.
Mayor Exportador del mundo:	Ecuador con 3,53 millones de ton.

Fuente: http://www.inibap.org/publications/factsheets/factsheet_spa.htm

Tabla 6: Proyección de la actividad bananera del Ecuador, Quevedo. 2003

Años	TM	Incremento %
1983 - 1985	993.	-
1994 - 1995	3'209	323.16
1996 - 2001	3'842	16.47
Proy. - 2005	4'184	20.19

*Fuente: "Escenarios Tecnológicos de la Cadena Agroalimentaria en la Producción y Comercialización del Plátano." **Rafael Horna Z., Dr.Agrónomo y BiólogoReg.***

CAPÍTULO II

CULTIVO DE BANANO

2.1 Requerimientos para su desarrollo

El cultivo de banano requiere de ciertas características para su desarrollo.

2.1.1 Clima

El banano puede cultivarse en teoría desde el nivel del mar hasta los 1800 metros de altura. En la práctica el clima para su óptimo desarrollo es el denominado tropical húmedo. “La temperatura no puede ser inferior a 17°C, ni mayor de 35°C, y la ideal es de 28°C. Cuando la temperatura es menor de 16°C, el crecimiento es más lento, y cuando la temperatura es mayor a 40°C no hay complicaciones siempre y cuando la planta sea abastecida de agua suficiente.” (3,7)

El banano tolera la luz intensa siempre y cuando sus requerimientos hídricos sean satisfechos, al igual que con la temperatura que se relaciona directamente con la luz solar, un promedio que se considera apropiado esta entre las dos mil y dos mil cuatrocientas horas de luz al año. (3)

En cuanto al viento, es preferible que no se presenten vientos fuertes pues afectan al la planta, en especial en los climas secos.

La capa freática debe estar a una “profundidad mínima de 1,20 metros” (3).

2.1.2 Agua

La planta de banano es exigente en cuanto a su requerimiento de agua, necesita aproximadamente un medio entre “125 y 150 mm de agua mensuales en zonas cálidas húmedas,” (20) y varía dependiendo de la zona en donde se encuentra el cultivo. Estas plantas no soportan largos períodos de sequía, por lo que en Ecuador al tener marcadas las dos temporadas es necesario un sistema de riego (no presente en todas las plantaciones, las que lo tiene se las denomina tecnificadas).

2.1.3 Suelo

Dependiendo de las propiedades del suelo la planta puede satisfacer sus necesidades de agua y nutrientes. Estas propiedades se ven afectadas por la composición del suelo.

Tabla 7: Propiedades del suelo según su composición

	arenoso	arcilloso	calizo
Permeabilidad	alta	Nula	media
Almacenamiento de agua	poco	Mucho	poco
Aireación	buena	mala	buena
Nutrientes	pocos	muchos	mucho calcio

Fuente: www1.ceit.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/05PrinEcos/110Suelo

2.1.3.1 Propiedades del Suelo

a. Propiedades físicas

Textura. Es la relación existente entre los porcentajes de las diferentes fracciones (arena, limo y arcilla). Las combinaciones posibles de estos porcentajes pueden agruparse en unas pocas clases de tamaño de partículas o clases texturales. (13,15)

La textura del suelo es clave en la lixiviación y en la escorrentía. Los suelos con textura gruesa, es decir con mayor contenido de arena tienen una capacidad de retención de agua baja, mientras que su conductividad hidráulica es alta. Los suelos de textura fina, es decir con mayor contenido de arcillas y sedimentos, tienen capacidad de retención de agua baja y conductividad hidráulica más baja que los suelos de textura gruesa. (13,15)

El banano crece en suelos de topografía de preferencia plana, que disponga de buen drenaje y de estructura blanda (suelos francos), no son apropiados los suelos que contengan un porcentaje alto de arcilla o de fácil compactación, ya que no le

permitiría a la planta obtener con facilidad sus nutrientes y agua. Debe tener buena retención de agua (los suelos arcillosos y compactos retienen humedad pero no facilitan el drenaje).(3,7,20)

Estabilidad. La resistencia de estos suelos a ser destruidos por influencia del cultivo. Determina la extensión con que los suelos pueden transmitir el agua y el aire, por lo tanto su capacidad para degradar residuos. La estabilidad de los poros para separarse en partículas, el tamaño de estos poros y el grado en que se interconectan influyen en la conductividad hidráulica, retención del agua. (13,15,28)

El cultivo de banano requiere de grandes cantidades de agua y por consiguiente necesita retener y transmitir el agua a través del suelo con facilidad. La estabilidad afecta la transmisión de agua y por tanto la lixiviación de nutrientes, ácidos, fertilizantes y demás. (3,7,20)

La consistencia. Se refiere a la resistencia para la deformación o ruptura. Según la resistencia el suelo puede ser suelto, suave, duro, muy duro, etc.(13,15)

El cultivo de banano necesita e suelos de consistencia suave, los suelos duros no le permiten desarrollar su sistema radicular y le dificultan la absorción de nutrientes y de agua. (7)

La densidad. Se refiere al peso por volumen del suelo (porosidad). Un suelo muy poroso será menos denso; un suelo poco poroso será más denso. A mayor contenido de materia orgánica, más poroso y a menor contenido menos poroso.(9,13)

Un suelo poroso le facilita a la planta de banano la obtención de nutrientes.

La aireación. Se refiere al contenido de aire del suelo y es importante para el abastecimiento de oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono en el suelo y por tanto a la planta. La aireación es crítica en los suelos anegados. Se mejora con la labranza, la rotación de cultivos, el drenaje, y la incorporación de materia orgánica. (11,13)

Temperatura. Es importante porque determina la distribución de las plantas e influye en los procesos bióticos y químicos. (15)

Color. Depende de los componentes del suelo y varía con el contenido de humedad. Nos permite deducir rasgos importantes en el suelo: color rojo indica contenido de óxidos de hierro y manganeso; el amarillo indica óxidos de hierro hidratado; color oscuro o negro indica contenido alto en materia orgánica; color blancuzco presencia de carbonatos y/o yesos. (15)

b. Propiedades físico-químicas (3,4,7,8,15)

Cambio iónico._ Se define como los procesos reversibles por los cuales las partículas sólidas del suelo, adsorben iones de la fase líquida liberando al mismo tiempo otros iones en cantidades equivalentes, estableciéndose el equilibrio entre ambos. Los iones adsorbidos son asimilables, constituyéndose en la reserva de nutrientes para la planta de banano. Dentro del cambio iónico el más importante es la capacidad de intercambio catiónico. En el suelo son varios los materiales que pueden cambiar cationes, como las arcillas y la materia orgánica.

pH._La acidez del suelo mide la concentración en hidrogeniones (H^+). En los suelos los hidrogeniones están en la solución, pero también existen en el complejo de cambio. Entre los factores que determinan el valor del pH estan:

- **Factor biótico** Los residuos de la actividad orgánica son de naturaleza ácida.

- **Precipitaciones:** Tienden a acidificar al suelo y desaturarlo al intercambiar los H^+ del agua de lluvia por los Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ de los cambiadores.

Los suelos con pH=7 son neutros, con pH mayor a 7 son alcalinos y menores a 7 son ácidos.

El pH influye en las propiedades físicas y químicas.

En las propiedades físicas. Los pH neutros son los mejores para las propiedades físicas de los suelos. A pH muy ácidos hay una intensa alteración de minerales y la

estructura se vuelve inestable. En pH alcalino, la arcilla se dispersa, se destruye la estructura.

Propiedades químicas y fertilidad. La asimilación de nutrientes del suelo está influenciada por el pH, ya que determinados nutrientes se pueden bloquear en determinadas condiciones de pH y no son asimilables para las plantas. Alrededor de pH 6-7,5 son las mejores condiciones para el desarrollo de las plantas.

Para el cultivo de banano el “el pH conveniente esta comprendido entre 6 y 7.5” (3, 7).

Potencial de oxidación – reducción. Las condiciones de oxidación-reducción del suelo son importantes para procesos de meteorización, formación de diversos suelos y procesos biológicos, y están relacionadas con la disponibilidad de ciertos elementos nutritivos. (16,18)

La formulación química de las reacciones de oxidación-reducción es la siguiente:

ESTADO OXIDADO + ELECTRONES \rightleftharpoons ESTADO REDUCIDO (16)

En el suelo existe un equilibrio entre los agentes oxidantes y reductores. La materia orgánica se encuentra reducida y tiende a oxidarse, es reductora, ya que al oxidarse tiene que reducir a otro de los materiales del suelo. Por el contrario el oxígeno es oxidante. Por otra parte hay muchos elementos químicos que funcionan con valencias variables, pudiendo oxidarse o reducirse según el ambiente que predomine.(15,18)

c. Propiedades químicas

Están determinadas por las fracciones minerales del suelo. Corresponden a los contenidos de diferentes sustancias importantes como macronutrientes (N, P, Ca, K, Mg , S) y micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Cl) para las plantas, o por dotar al suelo de determinadas características (Carbono orgánico, Carbonato cálcico, Fe en diferentes estados).a gruesa. (15,19)

d. Población biológica del suelo

En el suelo encontramos seres vivos que se desarrollan y cumplen papeles importantes dentro del desarrollo de las plantas. Composición de los organismos vivos del suelo se ve en la siguiente tabla:

Tabla 8: Composición de la población biológica del suelo

FAUNA	Macrofauna	Tamaño mayores a 10.4 mm ejemplo roedores lombrices
	Mesofauna	Tamaño de 0.6 a 10.4 mm Coleopteros, acaros, arañas
	Microfauna	Tamaño menor de 0.16 mm Nematodos, Protozoos, etc.
FLORA	Macroflora	Plantas superiores
	Microflora	Bacterias, hongos, actinomicetos y algas.

Fuente: Suquilanda M. FERTILIZACION ORGANICA, Manual Técnico. FUNDAGRO. Ed. UPS, 1995, pag.10

2.1.4 Nutrientes para el banano

En cuanto a los nutrientes, el suelo para cultivo de banano debe contener materia orgánica, nitrógeno, potasio y fósforo, esenciales para su desarrollo. Otros compuestos que son importantes dentro de la nutrición de la planta son: magnesio, calcio, azufre, boro, zinc, hierro y manganeso. El banano es un cultivo limpio, por lo que el suelo debe estar y mantenerse libre de malezas y yerbas durante todo el ciclo de vida del cultivo. (3,20)

a. Nitrógeno. La función del Nitrógeno dentro de la nutrición de la planta radica en la síntesis de aminoácidos y proteínas, metabolismo de compuestos y composición de la planta.

Compuestos: aminoácidos, proteínas, aminos, amidas, purinas, pirimidinas, alcaloides, coenzimas, vitaminas y pigmentos. (7, 20)

b. Fósforo._ La función del Fósforo radica en el almacenamiento y la transferencia de energía, es el elemento móvil de la planta. El momento más importante del fósforo para la planta es al inicio del cultivo, luego su influencia no es tan importante.

Compuestos: Azúcares, fosfatos, fosfolípidos y coenzimas.(7, 20)

c. Potasio._ La función del potasio es activar las enzimas que actúan en el crecimiento de la planta. Una vez dentro de la planta no forma compuestos. Es esencial en la activación de las enzimas que producen ATP (fuente de energía de la planta), en la síntesis de proteínas y para la fotosíntesis. Es vital para el transporte de agua y nutrientes a través del xilema. Regula el cierre y apertura de las estomas, regulando así el uso del agua en la planta.(7,20)

El K presente en las raíces produce un gradiente de presión osmótica que hace que el agua ingrese a la planta. El K sintetiza proteínas, regula el movimiento de azúcares en la planta, activa la enzima que sintetiza almidones, e incrementa resistencia a enfermedades. (2,7,9)

d. Magnesio._ Sus funciones son: activador enzimático, estabilizador de ribosomas. Participa en fotosíntesis, respiración, regulación de pH celular y transferencia de energía. Es el átomo central de la molécula de clorofila, e interviene en el metabolismo del fósforo y es retenido por la fase de intercambio de los coloides del suelo.(2,9)

e. Calcio._ Su función principal es mantener las paredes celulares fuertes, y la regulación osmótica. Actúa como un estabilizador de membranas. Es retenido por la fase de intercambio de los coloides del suelo. (20,11)

f. Azufre._ Su función es la de centro activo de enzimas y coenzimas, estructura de proteínas y participa en la respiración. Forma vitaminas, síntesis de clorofila, síntesis de aminoácidos esenciales (cisteína, cistina y metionina), Forma glucósidos componentes de los aceites que dan olor a la planta, forma ferredoxina, activa la enzima sulfurilasa del ATP.

El azufre es absorbido por las plantas como ion sulfato. En las hojas el SO_4 es reducido e incorporado a los compuestos orgánicos. (11,19,20)

g. Boro ._Sus funciones principales son: Síntesis de ácidos nucleicos, transporte de carbohidratos, división y crecimiento celular, metabolismo de carbohidratos, permeabilidad de las membranas y germinación de polen. Se encuentra en ciertos tipos de azúcares y en boratos.(20)

h. Zinc._ Es un componente metálico, cofactor de enzimas, sintetiza carbohidratos, proteínas, auxinas y triptófano. Metabolismo de clorofila. (20)

i. Manganeso._ Es un activador de enzimas, fotosíntesis, síntesis de proteínas, carbohidratos y lípidos, división y extensión celular.(20)

j. Hierro._Es un centro activo de enzimas, transporte de electrones.(20)

2.1.4.1 Deficiencia de nutrientes

La deficiencia de nutrientes se da cuando el suelo no presenta los nutrientes en forma asimilable y suficiente para cubrir las necesidades de la planta. Cada uno de los nutrientes causa un síntoma en la planta que alerta de la deficiencia.

a. Nitrógeno._ La deficiencia de nitrógeno produce retraso en el crecimiento, clorosis generalizada de los limbos, pecíolos cortos, y escasa producción de colinos. En general color amarillento enfermizo y quemado de las hojas. (3,17,19)

b. Fósforo._ La deficiencia de fósforo produce menor crecimiento, menor cantidad de hojas, estrangulamiento de hojas. Los iones fosfato forman rápidamente compuestos insolubles. (3,17,19)

c. Potasio._La deficiencia de K reduce la tasa de fotosíntesis y producción de ATP, incrementa la respiración en la planta causando un crecimiento más lento, deprime el transporte de fosfatos, nitratos, Ca y Mg. Puede producir una pérdida de agua por el cierre deficiente de estomas. No permite que se formen proteínas, aunque exista suficiente N, este se acumula por que la enzima no se activa.

Los síntomas visibles son el quemado en las puntas y bordes de las hojas que se inician en las hojas viejas, los tallos son débiles, y el fruto es más pequeño. (7,19,20)

d. Magnesio._ La deficiencia causa la clorosis marginal en las hojas viejas dejando parches necróticos, las hojas se tornan amarillas o rojizas, mientras las nervaduras siguen verdes. Las deficiencias ocurren con más frecuencia en suelos arenosos y ácidos.(19)

e. Calcio._ La deficiencia de calcio se nota por la distorsión en los filos de las hojas jóvenes, las nervaduras secundarias se engrosan y se da una necrosis marginal. Las deficiencias ocurren en suelos arenosos y ácidos.

f. Azufre._ La deficiencia de azufre produce síntomas iguales a los de N. Al ser inmóvil en la planta las deficiencias aparecen en las hojas nuevas, clorosis en la hoja.(17,19)

g. Boro ._ La deficiencia del Boro produce hojas de colino acartonadas, necrosis y acortamiento y ensanchamiento de las mismas. Cuando la deficiencia es aguda se reduce el tamaño del racimo, los dedos se deforman, y la pulpa presenta manchas necróticas color marrón. (19)

h. Zinc._ Los síntomas de deficiencia son: Coloración violeta en hojas jóvenes, reducción notable del tamaño de los dedos. (7, 19)

i. Manganeso._ La deficiencia produce clorosis marginal en hojas jóvenes, necrosis moteada y manchas negras en hojas y manchas finas negras en los frutos.(5,7,20)

j. Hierro._ La deficiencia de este produce clorosis intervenla de las hojas jóvenes que se va generalizando hacia el resto de las hojas.

2.1.5 Importancia de la materia orgánica del suelo

Materia orgánica._Se compone de restos orgánicos: heces, organismos muertos o en descomposición, fragmentos de vegetales. Mantiene la estructura del suelo, aporta de nutrientes, activa biológicamente el suelo, mejora las características y propiedades del mismo, y sobre todo incrementa la fertilidad. (5,6,13)

2.2 Procesos de cultivo (2,3,7,10,20)

2.2.1 Siembra

Se cava un hoyo en el que se coloca la semilla, se tapa con tierra sobre y alrededor, se apisona y riega. Algunos productores aplican estiércol descompuesto o materia orgánica, este paso no lo practican siempre. Existen tres métodos de siembra, los que tienen diferentes beneficios. Se puede sembrar en:

Tres bolillo o triangulo._ para conseguir un mejor aprovechamiento de suelo en espacio.

Hexágono._ Se obtiene mejor iluminación beneficiando el proceso de fotosíntesis.

Rectángulos, cuadros o líneas dobles._ Se facilitan los procesos de cultivo y de aplicación de cualquier producto.

Las semillas deben plantarse aproximadamente a razón de “1500 o 2500 plantas/ha, según el desarrollo de la variedad y el número de cargadores (tallos productivos) por planta.” (7)

2.2.2 Cosecha

El estado en el que se cosecha el banano se conoce como *Grado* y depende de la distancia de su destino final. El banano se cosecha cuando aún está verde, mientras más lejos sea el destino, más verde (menor grado) se cosechará. La fruta aumenta en tamaño y grosor y va perdiendo las angulosidades conforme aumenta el grado. El grado se determina midiendo el grosor del fruto. La consideración general para su cosecha es de 60 a 90 días después de aparecer la flor. El corte se realiza

cuidadosamente para evitar el maltrato del racimo y de los frutos. Hay dos opciones de corte, de todo el racimo o por manos. En este proceso se generan la mayor cantidad de residuos.

2.2.3 Transporte

Los racimos o manos se transportan en camas o cunas por trabajadores o por un funicular hasta la empacadora. El funicular lleva automáticamente los racimos o manos por un cable aéreo que pasa por el cultivo. Con el uso del funicular se disminuye la probabilidad de que el producto sufra maltratos.

2.2.4 Empaque

El empaque del producto se hace en construcciones adecuadas para este proceso que consta de algunos pasos como: desflore (secas), desmane (separa manos de racimo), lavado (eliminan manos pequeñas, deformadas o desperfectos), enjuague y desleche, peada, desinfección, etiquetado y empacado.

2.2.5 Practicas Culturales (7,20)

Embolse._ El racimo se enfunda, amarra y etiqueta para diferenciar las edades de los mismos. Este proceso favorece al aumento de longitud y grosor del fruto, y lo protege de daños mecánicos y del ataque de insectos.

Drenaje._ Este proceso consiste en remover exceso de agua del suelo mediante zanjias de 1 metro de profundidad. No se practica en todas las bananeras.

Fertilización._ Se realiza mínimo dos veces por año. Se usan fertilizantes ricos en nutrientes y potasio. Existen dos métodos de aplicación:

1. **En corona:** cuando el terreno es plano, y consiste en regar el abono alrededor de la planta y a 70 cm del pseudotallo, cubriéndolo luego con materia orgánica o tierra.
2. **En media luna:** en terreno con pendiente, se hace una pequeña excavación por la parte alta del terreno a 70 cm del pseudotallo y se repite el mismo proceso anterior.

CAPÍTULO III

FERTILIZACIÓN

3.1 Fertilización

Es la práctica más importante para el cultivo de banano, ya que al ser un monocultivo este extrae nutrientes y empobrece el suelo.

Se conoce como fertilización o abonado al proceso de regenerar y mejorar la calidad de suelo incorporando sustancias minerales u orgánicas, restituyendo los nutrientes extraídos por el cultivo, y evitando el empobrecimiento del suelo. Este proceso de fertilizar es un factor determinante en la productividad del cultivo.

3.2 Fertilización Orgánica.

Consiste en alimentar a los microorganismos responsables de la descomposición que están presentes en el suelo para que ellos se encarguen de suministrarle o devolverle al suelo de los nutrientes en formas asimilables para las plantas.

Objetivo Central: Mejorar el suelo

Ventajas

- Contribuye al incremento de materia orgánica del suelo, de la capacidad de intercambio catiónico.
- Mejora la estructura del suelo y retención de agua
- Aumenta resistencia de plantas y genera menor contaminación ambiental o nula contaminación
- Permite manejo de residuos naturales orgánicos de actividades agrícolas y de estiércoles.
- Se basa en recursos internos y naturales lo que lo hace de bajo costo

Desventajas

- Concentración y disponibilidad de nutrientes inferior que en abonos minerales.
- Manejo y aplicación un poco más difícil que en abono inorgánico.

3.3 Abono Orgánico (Bioabono)

Es un fertilizante hecho a base de desechos de origen vegetal y/ o animal (estiércol), que pasan por procesos de fermentación, descomposición o biodegradación, dependiendo el caso. Contribuye a la nutrición y mejoramiento de la calidad del suelo. (9,14,)

3.3.1 Fuentes para abono orgánico (19,29)

- Estiércoles.**_Resulta de la mezcla de los excrementos sólidos y líquidos de los animales mezclados con los residuos vegetales que les sirvieron de cama. No es un abono de composición fija, depende de la edad, alimentación y especie del animal de donde procede, además del tipo de residuo vegetal.
- Residuos de agroindustria.**_Son de origen animal o vegetal, capaces de mejorar la calidad física, química y biológica de los suelos de cultivo. Sirven también para la elaboración de compost, vermicompost y abonos líquidos. Ejemplos de estos residuos son. Sangre seca, harina de huesos, cenizas de madera, etc.
- Residuos de cosechas.**_ Consiste en incorporar al suelo residuos de tallos, hojas, flores, frutas, etc. Incrementan la materia orgánica del suelo, modificando sus propiedades químicas, físicas y biológicas.

3.4 Bioabono a partir de residuos de banano

Se obtiene del resultado de la degradación y descomposición de los compuestos orgánicos. Entendiendo por descomposición al “proceso por el que una sustancia compleja se transforma en otra más simple,” (17), los procesos de descomposición son metabólicos, es decir “actividades químicas de un organismo.”(16)

3.4.1 Principios y variables a considerar en la formación del bioabono(4,9,26,29)

Para la formación del bioabono se debe tomar en cuenta principios y variables que pueden afectar al proceso.

Principios para formación de bioabono (4,8,9,13,26,29)

- a. **Biología.**_ La pila de residuos de banano es una granja microbiológica. Las bacterias comienzan el proceso de descomponer la materia. Los hongos y protozoos se unen a las bacterias y después miriápodos, insectos y gusanos. Los insectos y gusanos varían dependiendo del sitio donde se realice el compostaje.
- b. **Superficie.**_ Las partículas menores tienen más superficie para ser atacada por los microorganismos, mientras mayor sea la superficie de los residuos en que puedan trabajar los microorganismos, más rápido se empezaran a descomponer los materiales. Los residuos de banano son bastante grandes por lo que para facilitar el trabajo es mejor trozar o desmenuzar los residuos a un tamaño pequeño para acelerar el proceso.
- d. **Volumen.**_Una pila grande de residuos retiene el calor de la actividad que ejercen los microorganismos. Su centro será más cálido que sus bordes, facilitando el proceso.
- e. **Humedad y Ventilación.**_Se facilita el proceso si los materiales están húmedos y tienen buena ventilación. La humedad debe ser equilibrada. El sol, el viento y la lluvia pueden afectar adversamente esta humedad equilibrada.
- f. **Tiempo y Temperatura.**_La temperatura y el tiempo tiene una relación directamente proporcional, a mayor temperatura más rápido se dará el proceso.

Variables de consideración (4,9,26,29)

La descomposición de la materia será eficiente si las siguientes variables llegan a un valor óptimo, estas variables son influenciadas por las condiciones ambientales, el tipo de residuo a tratar, la técnica, el desarrollo de la operación y la interacción entre ellas.

- a. pH.** Influye en el proceso debido a su acción sobre los microorganismos. Los hongos toleran un margen de pH entre 3.5-6, mientras que las bacterias toleran entre 6-8.5.
- b. Oxígeno.** Se requiere dentro del proceso por ser aerobio, por que los microorganismos lo necesitan para su metabolismo. Debe ser suficiente para mantener la actividad microbiana.
- c. Temperatura.** parámetro que indica el desarrollo del proceso. “Debe mantenerse entre 35 - 65 °C.” (12)
- d. Humedad.** Teóricamente los valores de humedad para la fermentación aerobia están entre el 30% y el 70%, con buena aireación. En la práctica tanto la excesiva humedad como la poca humedad es perjudicial. Excesiva humedad cierra los poros por donde tiene que pasar el aire y el proceso pasaría a anaerobio; y poca humedad impide la correcta actividad de los microorganismos. “Por debajo del 8% el proceso se detiene. La humedad ideal es del 50%”(9).
- e. Contenido de Nutrientes.** Los microorganismos necesitan nutrientes para crecer y reproducirse. Las cantidades varían de elemento a elemento manteniendo una relación constante unos con respecto a otros. La variación de ésta puede suponer el descenso de la población bacteriana, incluso su desaparición, afectando negativamente el proceso. El mantenimiento de este balance es especialmente importante para el carbono y nitrógeno. Durante el proceso degradativo, la relación C/N se estrecha, resultando finalmente en el humus un contenido medio del 5% de nitrógeno.

Importancia de la relación C/N

Cuanto más alta sea la relación de los residuos vegetales, más se tarda el proceso, es decir cuando esta sobre $R\ C/N = 33$. Cuando la $R\ C/N$ está entre 17 y 23 hay un equilibrio adecuado para la producción de humus y nitrógeno. Cuando la $R\ C/N$ es menor a 17, hay una descomposición muy rápida y se establece bien el N para las plantas. (19)

1. Dinámica del N._ Al inicio de este proceso predomina el N en forma de amonio, y al final aumenta la fracción de nitratos. Parte del N contenido en la materia orgánica se mineraliza durante el proceso de compostaje. Como parte de la masa microbiana o como sustancias húmicas cierto porcentaje del N mineral es incorporado nuevamente a los compuestos orgánicos. El N se puede perder de cuatro formas principalmente: 1) volatilización durante la elevación de temperatura en la primera fase; 2) Desnitrificación en zonas anaerobias; 3) Escurrimiento y 4) Lixiviados. (15)

2. Dinámica del C._ Durante el proceso de compostaje parte del C se convierte en CO_2 , y otra es utilizada por los microorganismos para en la síntesis de sus tejidos y del humus. Se pierde más cantidad de C que N, la relación C/N disminuye. (15)

f. Población microbiana._Es la más importantes dentro del proceso, actúan diferentes especies, su procedencia puede ser a través de la atmósfera, del agua, del suelo o de la materia a tratar. Más adelante se detalla su actuación dentro del proceso. (1,12,19)

3.4.2 Formación de bioabono

Existen dos procesos por los cuales se descompone la materia:

a. Anaerobio._ El método anaeróbico se realiza en ausencia de oxígeno, mediante fermentación dentro de cámaras cerradas (digestores) que impiden la entrada del aire, y donde los microorganismos descomponedores desarrollan una atmósfera creada por la formación de gases como el metano. Se producen olores en el

proceso desagradable. Este método es más rápido que el aeróbico, pero requiere control e instalaciones adecuadas; se trata de un sistema similar al utilizado para fabricar los biocombustibles.

b. Aerobio._ Se basa en la descomposición aerobia (en presencia de oxígeno) o también llamada fermentación aerobia del material orgánico-biológico, sometiéndolo a la acción de microorganismos. Se estimulan dichos microorganismos y se les da condiciones para que actúen. No se producen olores en absoluto, si se producen olores esto se controla aireando la materia, para que penetre el aire y pase a degradación aeróbica. No se forma metano por lo que no contribuye al efecto invernadero, ya que el metano es uno de los gases que producen este fenómeno. Al mismo tiempo contribuimos a reciclar al suelo la energía del sol convertida en materia orgánica.

El material a tratar se puede situar de dos formas:

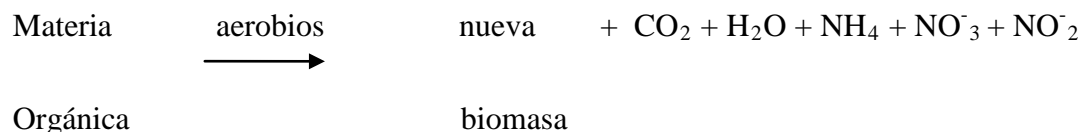
- In situ (alrededor de la base de la planta) completamente al aire libre.

-En cámaras cubiertas pero que dispongan de buena aireación, ya sea natural o mediante ventilación forzada

4.4.3 Proceso aerobio de biotransformación (15, 16,26)

Todos los compuestos orgánicos que existen de forma natural pueden ser degradados o respirados o por algún microorganismo. El proceso implica degradación o descomposición y reajuste o síntesis de nuevos productos.

Modelo general de proceso aerobio viene representado por:



En el proceso se dan varias fases en las que actúan diferentes microorganismos.

Fases dentro del proceso aerobio

Se divide en cinco fases dependiendo de la evolución de la temperatura

- a. Pre-fermentación o fase mesofílica.**_ Los residuos están a temperatura ambiente, los microorganismos mesófilos se empiezan a multiplicar, se alimentan de las sustancias menos resistentes (proteínas e hidratos de carbono). Esta actividad libera energía, una parte los microorganismos usan esta energía para su metabolismo y otra parte se transforma en calor, la temperatura del material asciende de 60 a 70°C., matando a los microorganismos mesófilos. Esta elevación de temperatura varía en tiempo, en casos con humedad y aireación suficiente puede darse entre el segundo y tercer día. En condiciones normales se da entre el tercer y séptimo día, y en condiciones que no le favorecen en quince días e incluso más. En esta fase se generan ácidos orgánicos lo que provoca una ligera reducción de pH. Este proceso tarda entre 2 semanas y 1 mes. Entre los hongos que actúan en este proceso se encuentran: *Penicillium spp.*, *Absidia glauca*, *Verticillium tenerum*, *Nectria inventa* y *Trichoderma* sp. (Klamer & Sochting, 1998).
- b. Fase termofílica.**_ Se alcanza una temperatura de 40°C. En esta fase aparecen microorganismos termófilos que reemplazan a los microorganismos mesófilos que mueren por las altas temperaturas de la fase anterior. Estos empiezan a transformar el nitrógeno en amoníaco, y el pH del centro se hace alcalino. A los 60° C los hongos termófilos desaparecen y aparecen bacterias esporígenas y actinomicetos que empiezan a descomponer las ceras, proteínas y hemicelulosas. En esta fase predominan la presencia de bacterias gram-positivas del género *Bacillus* y la presencia de hongos es casi nula. En esta fase el pH sube por la liberación de bases de la materia orgánica y se empiezan a degradar los ácidos orgánicos que se forman en la fase anterior. La temperatura empieza a reducir, desde fuera se empieza a poblar de microorganismos mesófilos, dando lugar a la siguiente fase.
- c. Nueva fase mesofílica.**_ Predominan las bacterias Gram-negativas, algunas sobrevivientes de la primera fase que logran pasar la etapa termofílica en las

capas exteriores de la compostera o en forma de esporas, y la mayoría inmigrantes de afuera. Durante esta etapa la temperatura se mantiene entre los 35° y 45° C. (Klamer & Sochting, 1998). Predominan los hongos *Paecilomyces variotii*, *Setalidium thermophilum*, *Thermomyces lanuginosus* y un basidiomyceto no identificado (Klamer & Sochting, 1998).

- d. **Fase de enfriamiento.** La pila es invadida de actinomicetos y por cierta macrofauna. La temperatura empieza a bajar, cuando llega a 60° C, reaparecen los hongos termófilos cubriendo el mantillo y empiezan a descomponer celulosa. La temperatura baja a 40°C y los mesofilos reinician su actividad. El compost tierno se transforma en humus fertilizador higiénico de alta calidad. En esta fase si no existe un control del proceso la compostera se puede cubrir de malezas.
- e. **Fase de maduración.** Esta fase requiere aproximadamente de tres a cuatro meses, la temperatura se mantiene ambiente, alrededor de los 25° C. En este tiempo dan procesos secundarios de condensación y polimerización del humus.

El proceso completo tarda aproximadamente entre 3 y 9 meses dependiendo del clima y de la técnica aplicada.

En algunos textos se unifican las fases de enfriamiento y maduración en una sola.

3.5 Actores en el proceso

El proceso se da por la interacción de microorganismos. Dentro del proceso actúan dependiendo de la fase en la que encuentra. Los compuestos orgánicos son “utilizados como substrato para el metabolismo respiratorio de los microorganismos.” (11). Los microorganismos son los responsables de la transformación de la materia orgánica. Su importancia y actuación se detalla en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO IV

MICROORGANISMOS

4.1 Microorganismos

Pertenecen al medio biótico y se los encuentra como agentes activos en el suelo, aire y agua.

4.2 Clasificación de microorganismos

Se los clasifican por su tamaño, evolución celular o según su composición celular.

4.3 Microorganismos del suelo

En el suelo encontramos macrofauna y microflora constituida básicamente por bacterias, hongos, algas, etc. La superficie de las partículas sólidas del suelo es el lugar donde suelen formar colonias estos microorganismos. La población de microorganismos depende de las características del suelo y del clima del sector.

4.4 Importancia de los microorganismos del suelo para el banano

Los microorganismos del suelo son los responsables de la descomposición de los residuos orgánicos, como el banano. Lo que permite el reciclaje de los nutrientes de vuelta al suelo y disponibles para las plantas. Además de estos microorganismos encontramos otros organismos que aportan a esta actividad como los protozoos, nemátodos, etc. Algunas de los microorganismos más significantes se muestran en la tabla .

4.4.1 Relación entre microorganismos del suelo y las plantas

Las plantas son la principal fuente de materia orgánica de la que dependen los microorganismos. Los microorganismos se asocian con las hojas, tallos, flores, semillas y raíces. A su vez los microorganismos le devuelven a las plantas nutrientes por el proceso de descomposición.

4.5 Microorganismos dentro del proceso de descomposición de residuos

Diferentes especies de microorganismos interactúan entre si para descomponer. Pueden sucederse o coincidir en el tiempo, por el gradiente de temperatura que se forma durante el proceso. Estos microorganismos, ya sean bacterias u hongos deben pertenecer a una de las siguientes categorías:

Mesófilos._ Crecen a una “temperatura óptima de 20 a 45°C, siendo la mínima de 15 a 20 °C y la máxima de casi 45°C.” (12) La mayoría de microorganismos pertenecen a esta categoría.

Termófilos._Crecen a una temperatura óptima de “55 a 65°C, la temperatura mínima es es normalmente de 45°C y pueden crecer a temperaturas superiores de hasta 90°C” (1).

Bacterias, hongos y algas pueden ser microorganismos termófilos o mesófilos. Se encuentran en diferentes habitats, y crecen rápidamente. Los microorganismos producirán compuestos oxidados como: nitrato, sulfato y dióxido de carbono con la degradación de la materia. La actividad de los microorganismos puede ser afectada por la composición de los residuos o materia que van a descomponer, por la relación de nutrientes, la humedad y otros factores.

La siguiente tabla nos muestra los microorganismos más representativos dentro del ambiente.

Tabla 9: Bacterias Significantes

Grupo de bacterias	Género	Significancia ambiental
Degradantes	<i>Pseudomonas</i>	Degradan materia orgánica
	<i>Flavobacterias</i>	Degradan proteínas
	<i>Clostridium</i>	Producen ácidos grasos de los productos orgánicos en la digestión anaerobia
	<i>Micrococos</i>	Producen ácidos grasos de los productos orgánicos en la digestión anaerobia
	<i>Metanobacterias</i>	Producen gas metano en la digestión anaerobia de los ácidos grasos
	<i>Metanosarcina</i>	Producen gas metano en la digestión anaerobia de los ácidos grasos
Nitrificantes	<i>Nitrobacter</i>	Oxidan los compuestos nitrogenados inorgánicos
	<i>Nitrosomonas</i>	Oxidan los compuestos nitrogenados inorgánicos
Desnitrificantes	<i>Bacilos</i>	Reducen nitrato y nitrito a nitrógeno gas o óxido de nitrógeno
	<i>Pseudomonas</i>	Reducen nitrato y nitrito a nitrógeno gas o óxido de nitrógeno
Fijadoras de nitrógeno	<i>Azotobacteria</i>	Fijan nitrógeno atmosférico a NH_3
	<i>Beijerinckia</i>	Fijan nitrógeno atmosférico a NH_3

Fuente: Adaptada de Kiely G. Ing. Ambienta., Fundamentos entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Vol. I

4.5.1 Microorganismos degradantes

Son los microorganismos encargados de descomponer materia orgánica. Esta degradación puede ser: cambio en una molécula, fragmentación o la mineralización.

Estos procesos son de importancia no solo ambiental, sino también para la industria alimenticia.

Al degradar materia orgánica compleja a compuestos orgánicos más simples moléculas inorgánicas, liberando carbono, nitrógeno, fósforo y otros componentes que los organismos vivos pueden asimilar.

a. ***Lactobacillus acidophilus***. _ denominado como *Bacilo de Döderlein*. Bacteria del género *Lactobacillales*, mesófilo, grampositivo, quimioheterotrófo e inmóvil, facultativos o microaerófilos, fermentadores. Producen ácido láctico en la fermentación de polímeros orgánicos, carbohidratos (sustrato). El pH para su óptimo crecimiento debe estar entre 6.4 y 6.8, con un límite mínimo de 4.0 – 4.6 y un máximo 6.8 (12). Se encuentra en las superficies de las plantas, carne, productos lácteos, frutas y otros. Obtiene su energía y fosforilación a nivel de sustrato, requiere de medios ricos en vitaminas, aminoácidos, purina y pirimidinas. Su tamaño va de 0.5-1.2 x 1.0-10 μm (1); por lo general son bacilos largos, regulares no espiralados. Su rango de temperatura para sobrevivir está entre 15° C mínimo y 45° C máx. (1).

b. ***Pseudomonas***. _ Bacteria anaerobia facultativa, gram-negativas, móviles con flagelación polar. Cumple funciones de degradante de materia y de desnitrificante (nitrato a nitrógeno gas) con lo que se empobrecen los suelos de nitrógeno utilizable desde el punto de vista agrícola. Este proceso de reducción del nitrógeno (que actúa como aceptor de electrones en un proceso de respiración anaerobia) se denomina reducción disimilatoria del nitrógeno. Presentan una versatilidad metabólica muy grande que se traduce en su capacidad de utilizar como fuente de carbono sustratos muy variados. La versatilidad se debe a plásmidos en los que se encuentran codificadas enzimas capaces de degradar, al menos parcialmente, compuestos orgánicos derivados del petróleo o compuestos órgano-clorados u órgano-fosfatados. Estas enzimas suelen ser inducibles y la selección de las cepas adecuadas puede permitir reducir los niveles de contaminación por estos compuestos xenobióticos.

Las *Pseudomonas* fluorescentes promueven el crecimiento vegetal, es mediante la supresión de microorganismos patógenos más o menos importantes. Aparentemente las pseudomonas pueden manifestar sus efectos promotores del crecimiento indirectamente, “estimulando la acción beneficiosa de otros microorganismos asociados a las raíces, como las micorrizas. Cuando la estimulación del crecimiento vegetal se produce en ausencia de otros microorganismos, ésta se ha atribuido al incremento de la disponibilidad de nutrientes minerales, como el fosfato o el nitrógeno, debido a la producción de fitohormonas estimuladoras del crecimiento vegetal o a la degradación de precursores del etileno en la raíz por parte de estas bacterias.” (Glick. 1995)

Bacterias de las especies *Pseudomonas fluorescens* y *Pseudomona putida* se encuentran a menudo asociadas a plantas, en la superficie de raíces y semillas y en la rizósfera. Se trata de una asociación mutualista, en la que la planta proporciona nutrientes a la bacteria, y ésta a su vez puede movilizar nutrientes para la planta.

- c. ***Saccharomyces cerevisiae*.**_ género *Saccharomyces*, de la familia *Saccharomycetaceae* especie *cerevisiae*, pertenece a la clase de hongo superior *ascomycete*. Eucariote unicelular gram-positivo. Es unicelular, de reproducción asexual por gemación y división o sexual por formación de esporas. Crece en forma de filamentos, forma hifas (pseudohifas), esporular. Su actividad es la fermentación de sustratos como la glucosa, almidón su principal producto es el etanol. Este es un microorganismo no patógeno, usado en algunos procesos de biotecnología, de biomedicina y de fabricación de alimentos. Por ejemplo en la fabricación de cerveza, vino y pan.
- d. ***Clostridium*.**_ Bacteria gram-positiva, del género *Clostridium*, bacilos rectos o curvos, de diferente tamaño, esporulados anaeróbicos obligados (1). Formadores de esporas por lo que pueden sobrevivir en el ambiente por muchos años. Su actividad es la fijación no simbiótica del nitrógeno atmosférico, la fermentación, y descomposición de proteínas, carbohidratos solubles (almidón), glucosa y compuestos nitrogenados. Por ejemplo una de las especies de *clostridium* que se asocia con la fijación de nitrógeno no simbiótica es *clostridium pasteurianum*.

4.5.2 Bacterias nitrificantes

Pertenecen a uno de los cuatro subgrupos de bacterias quimioautótrofas aerobias. Estas bacterias utilizan compuestos inorgánicos reducidos de nitrógeno como fuente de energía. Pueden tener forma de bacilo o ser elipsoidales, esféricos, espirales o lobulados, y pueden tener flagelos polares o peritricos. Su importancia ecológica radica en su capacidad de oxidar el amoníaco a nitrito y este a nitrato. Este proceso se da en dos pasos, y estos lo realizan dos géneros diferentes por ejemplo: *Nitrosomonas* (pasan amoníaco a nitrito) y *Nitrobacter* (nitrito a nitrato). Su especificidad es alta, pues ninguno de estos géneros puede oxidar ambos. Su desarrollo se da en condiciones de pH neutro o levemente alcalino.

El proceso se da en dos pasos, en dos reacciones y en cada una actúa un género diferente.

1. Oxidación de amoníaco a nitrito



2. Nitrito oxidado a nitrato

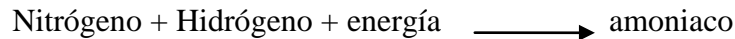


Cuando los dos géneros trabajan juntos se da la nitrificación.

4.5.3 Bacterias Fijadoras de Nitrógeno

Se entiende por fijación de nitrógeno a la acción metabólica de microorganismos de reducir nitrógeno atmosférico o gaseoso a amoníaco. Existen microorganismos capaces de fijar nitrógeno atmosférico en la mayoría de los hábitats: en el suelo (*Azotobacter*), en los nódulos de las raíces de las plantas (*Rhizobium*), en el mar (*Tricodesmium*), en las masas de agua dulce e incluso en las fuentes termales. “La fijación del nitrógeno la hacen únicamente microorganismos procariotes.” (26). Las bacterias fijadoras de nitrógeno o diazótrofes, suplen de nitrógeno fijado al ciclo global del nitrógeno.

La reacción de fijación básicamente es:



Este proceso se da por: 1) bacterias de vida libre como por ejemplo *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Klebsiella*, *Clostridium* y *Methanococcus*; 2) bacterias que viven en asociación simbiótica con plantas como: *Rhizobium*, *Beijerinck* y 3) cianobacterias.

Estas bacterias reducen el nitrógeno atmosférico en amoniaco rompiendo el triple enlace de los átomos por una enzima llamada *nitrogenasa*, la cual está formada por dos proteínas: una proteína que contiene hierro (proteína-Fe) y otra que contiene molibdeno y hierro (proteína Mo-Fe). La nitrogenasa que contiene molibdeno Mo es la más ampliamente distribuida.

Algunas de estas bacterias son más eficientes que otras en la fijación de nitrógeno, como lo muestra la siguiente tabla:

a. *Azospirillum brasilense*. El género *Azospirillum* pertenece a la subclase alfa de las proteobacterias, pertenece al grupo de las denominadas bacterias promotoras del crecimiento vegetal (llamadas PGPR: plant-growth promoting rhizobacteria), fin por el cual se las emplea habitualmente como inoculantes (Bashan and Holguin, 1997). Se conocen siete especies del género *Azospirillum* (Eckert *et al.*, 2001). Mantiene una asociación simbiótica, de forma vibroide, el pleomorfismo y su movilidad en espiral. Tiene varios plásmidos, y un plásmido. El pH del suelo para que se desarrolle la especie de *A. brasilense* debe tener valores de pH cercanos al neutro 7, en este pH se las puede encontrar en gran cantidad. Cuando el pH está abajo de 5 se les encuentra en forma esporádica, y no se las encuentra con un pH de 4.5 o menos (22). Algunos factores abióticos tales como porcentaje de arcilla, contenido de materia orgánica, capacidad de retención de agua y contenido de nitrógeno afectan positivamente a *Azospirillum. brasilense*, y el tamaño de las partículas de arena y especialmente la alta concentración de carbonato de calcio afectan negativamente a esta especie. No obstante, la sobrevivencia de *A. brasilense* en la rizosfera es independiente de la aridez del suelo. Para el uso de diferentes fuentes de carbono. Tiene la capacidad de crecer autotróficamente con

H₂ y CO₂. *A. brasilense* manifiesta actividad quimiotáctica hacia diversos azúcares, ácidos orgánicos y aminoácidos. *A. brasilense* presenta sensibilidad a los antibióticos estreptomicina, tetraciclina y cloranfenicol.

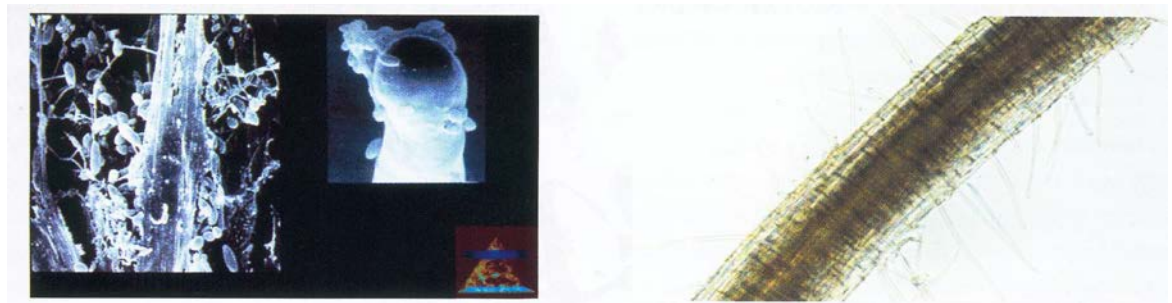
A. brasilense tiene la capacidad para adherirse a las raíces de plantas gramíneas y a otras como algodón y tomate, e incluso a superficies inertes como poliestireno y arena. La capacidad de adhesión es mayor que la de otras bacterias como *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Klebsiella* o *Pseudomonas*, e incluso que *E. coli*

La siguiente figura nos muestra la colonización de la superficie de la raíz de trigo por *Azopirillum brasilense*.

En el lado izquierdo: la coloración azul es debida a la presencia de un gene, que permite la detección de la bacteria; se observa también el aumento considerable de los pelos radicales.

En el lado derecho: Testigo de la raíz no colonizada

Figura 1



Fuente: [www..elementos.buap.mx/num38/htm/nitrogen.html](http://www.elementos.buap.mx/num38/htm/nitrogen.html)

b. *Azotobacter chroococcum*. Bacteria gram-negativa, pertenece a la familia *Azotobacteriaceae*, del género *Azotobacter*. Son aerobios, pero pueden crecer en concentraciones de oxígeno bajas. Única con sistema de protección de nitrogenasa del oxígeno. Tiene velocidad de respiración alta, posibilidad de formar cistos. Se reproducen por fisión binaria, son células ovoides y grandes de 1.5 a 2.0 µm de diámetro (12). Son pleomórficas varían su morfología desde bacilos hasta cocos, peritricas o inmóviles. Se les observa como células individuales, como pares o

formando agregados irregulares, y algunas veces formando cadenas de tamaño variable. *A. chroococum* sufre un proceso de diferenciación para formar quistes resistentes a la desecación. Se mueven por flagelos peritricos. Su actividad principal es la fijación de nitrógeno por una asociación no simbiótica con la planta. *A. chroococum* utiliza como sustrato azúcares, alcoholes y sales inorgánicas para crecer, y nitrato y sales de amonio y ciertos aminoácidos como fuentes de nitrógeno. El rango de pH en el que crecen en presencia de nitrógeno combinado es 4.8-8.5 el pH óptimo para crecer cuando fijan nitrógeno es 7.0-7.5. En vida libre fijan al menos 10 mg de N₂ por gramo de carbohidrato (glucosa) consumido. Requieren molibdeno para fijar nitrógeno que puede ser parcialmente reemplazado por vanadio. *Azotobacter chroococcum* es una de las bacterias más estudiadas. (1,12)

c. *Trichoderma harzianum* . _es un hongo que cumple dos funciones: 1) antagonista de patógenos vegetales, y 2) descomponedor de celulosa y lignina, compuestos difíciles de biotransformar. Se encuentra presente en la mayoría de los suelos. Su crecimiento se ve favorecido por la presencia de raíces de plantas, a las cuales coloniza rápidamente. Algunas cepas, son capaces de colonizar y crecer en las raíces a medida que éstas se desarrollan y actúan como estimuladores del crecimiento radicular. *Trichoderma harzianum* tiene excelentes propiedades para el control biológico, siendo efectiva contra *Rhizoctonia*, *Fusarium* y *Pythium* y oros.

4.6 Productos del ensayo

En el ensayo se usaron dos productos comerciales de ***ORIUS Biotecnología Ltda.***; empresa colombiana dedicada la biotecnología.

4.6.1 Bachton SC.

Es un biofertilizante que contiene microorganismos benéficos del suelo en estado latente. Estos actúan como bio-transformadores de materiales orgánicos y minerales como: subproductos orgánicos, socas, abonos orgánicos, y abonos químicos, para convertirlos en nutrientes para las plantas. Esta nutrición extra

pretende activar el crecimiento de las plantas, balancear la nutrición y mejorar la producción. Su composición se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 10: Composición de Bacthon SC

COMPOSICIÓN GARANTIZADA		
<i>Azospirillum brasilense</i>	Cuarenta millones	UFC */ml
<i>Azotobacter chroococcum</i>	Treinta millones	UFC */ml
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Cien millones	UFC */ml
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Cien mil	UFC */ml
Ingredientes aditivos: c.s.p.		1 Litro
* UFC: Unidades formadoras de colonias.		

Fuente: *www.Orius.biotecnología.com*

4.6.1.1 Aplicación

Bacthon se debe utilizar para el tratamiento de todo tipo de semillas, esquejes y meristemos; en semilleros, almácigos y bancos de enraizamiento y en cualquier etapa durante el desarrollo de las plantas en cultivos establecidos.

4.6.1.2 Compatibilidad de la Aplicación

Bacthon SC se aplica solo o en mezcla con agroquímicos de uso común en los cultivos. Las aplicaciones de **BACTHON SC** deben dirigirse al suelo, alrededor de la base del tallo de las plantas en drench o en aspersión dirigida con aplicaciones aéreas o terrestres.

4.6.1.3 Ventajas y Beneficios

- Bioactivación y repoblación de la vida en el suelo.
- Bio-Transformación de los materiales orgánicos alrededor de las raíces de la plántula.
- Bio-Transformación de socas de los cultivos anteriores para convertirlas en nutrientes para el nuevo cultivo
- Estimula mayor formación de raíces, mejor toma de nutrientes, mejor anclaje.
- Mejor vigor y desarrollo inicial, para tolerar condiciones difíciles de campo y competir con - las malezas
- Balance nutricional, para un mejor desarrollo vegetal, mayor tolerancia a plagas y enfermedades
- Aprovechamiento más rápido de los abonos orgánicos y abonos químico
- Bio-Transformación muy rápida y completa (30 a 60 días)
- Prehumus completamente transformado sin reacciones químicas
- Prehumus que no le causa daño a las plantas y no les transmite enfermedades
- Prehumus con altos contenidos de nutrientes y población microbiana enriquecida
- Bio-Regulación de los hongos fitopatógenos

Fuente: www.Orius.bioteconología.com

4.6.2 Tricho- D WP

Es una formulación del hongo *Trichoderma harzianum*. Es un bio regulador y antagonista natural de los fitopatógenos como: *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium rosseum*, *Botrytis cinerea*, *Sclerotium rolfsii*, *Sclerotinia spp*, *Phythium spp*, *Alternaria spp*, *Armillaria mellea*, *Rosellinia sp*.

Tabla 11: Composición Garantizada de Tricho-D WP

Especie	Cantidad
<i>Trichoderma harzianum</i>	Cien millones de esporas por gramo
Ingredientes aditivos c.s.p	300 gramos

Fuente: www.Orius.bioteconología.com

4.6.2.1 Modo de acción de TRICHO-D WP

El hongo *Trichoderma harzianum* es un Bio-regulador que inhibe el desarrollo de fitopatógenos y contribuye con la nutrición en la planta al bio-transformar las celulosas y ligninas de los materiales orgánicos que se encuentran en el suelo. Crece y coloniza muy rápidamente el suelo, protegiendo las raíces de las plantas, quitándole espacio a los fitopatógenos por antagonismo. Es un Bio-Regulador de las enfermedades en los lotes altamente contaminados y las disminuye en un mediano plazo. Cuando la población de fitopatógenos es muy alta y las enfermedades son drásticas hay que recurrir al manejo integrado utilizando fungicidas. Luego se establecen los Bio-Reguladores y Antagonistas naturales de los fitopatógenos, para evitar la reinfestación y ataques mas severos en un corto plazo.

5.6.2.2 Ventajas y Beneficios Beneficios

- Bio-regula y antagoniza los fitopatógenos *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotium*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium rosseum*, *Botrytis cinerea*, *Sclerotium rolfsii*, *Rosellinia sp*, *Phythium sp*, *Armillaria mellea*, *Alternaria sp*.

- Incrementa la población de antagonistas en los lotes agrícolas para regular la población de fitopatógenos a mediano y largo plazo.
- Reduce el potencial del inoculo en lotes con problemas severos causados por fitopatógenos.
- Contribuye con la toma de nutrientes al degradar muy bien las celulosas y ligninas que se encuentran en el suelo de manera que los otros microorganismos pueden continuar con la degradación de los recursos orgánicos.
- Favorece el manejo bio-ecológico de los cultivos. No causa contaminación al medio y ningún impacto ambiental.
- No afecta la población de insectos benéficos depredadores y parásitoides que contribuyen a la regulación de plagas.
- No es tóxico para el hombre ni para los animales vertebrados.

CAPÍTULO V

METODOLOGÍA

5.1 Ubicación de experimento

1. Ubicación geográfica

Provincia: Los Ríos

Cantón: Baba

Parroquia: Pimocha

Latitud: 2°

Longitud: 80°.

Nombre de hacienda: “El Retiro cod. 508,”

Área total: 49,45 has de banano y 2,03 de cacao.

Lote: # 3

Propietario: Ing. Jaime Chávez.

2. Características Climáticas

Clima: Tropical monzón

Precipitación promedio anual: 2000 a 3000 mm

Temperatura promedio anual: 32 ° C

5.2 Materiales y equipos

1. Productos

- *Bachton SC*, (complejo de bacterias, hongos y *acetinomicetos*)

- *Tricho-D*
- Ácido cítrico
- Agua destilada

2. Equipo de campo

- Picadora
- Machete
- Rastrillo
- Piola
- Estacas
- Termómetro
- Potenciómetro
- Regadera
- Baldes de 20 lts
- Vaso de 1000 ml. y 500 ml.
- Balanza
- Jeringa de 10 cc
- Clavos, tachuelas
- Guantes
- Mascarilla
- Botas de caucho

- Cámara fotográfica
- Libreta de Campo
- Marcador permanente
- Cinta de embalaje
- Papel

5.3 Factores en estudio

1. Dosis de producto comercial

Se aplicó el producto en dos ocasiones, en tres diferentes dosis (t_1 , t_2 , t_3) con tres replicas de cada una en las parcelas. La segunda aplicación dieciocho días después de la primera. Una de las parcelas fue el testigo, no se aplicó el producto.

Las dosis aplicadas fueron determinadas por la directora del proyecto Ing. Laura Huachi, bajo las recomendaciones de la casa que produce y comercializa el producto.

Aplicación N°1 :

$t_1 = 30$ cc de Bacthon + 6.66 g. de Tricho-D

$t_2 = 60$ cc de Bacthon + 13.33 g. de Tricho-D

$t_1 = 90$ cc de Bacthon + 20 g. de Tricho-D

Aplicación N°2:

$t_1 = 25$ cc de Bacthon + 6.66 g. de Tricho-D

$t_2 = 50$ cc de Bacthon + 13.33 g. de Tricho-D

$t_1 = 75$ cc de Bacthon + 20 g. de Tricho-D

2. Tratamientos

Cuadro 1: Diferentes dosis de solución preparadas para 1era aplicación del producto Bacthon Sc + Tricho-D WP en el ensayo.

Tratamiento	Dosis por parcela		Solución
	Bacthon SC (cc)	Tricho - D (g.)	Agua de riego
t ₀			
t ₁	30 cc	6,66 g	20 lt
t ₂	60 cc	13, 33 g	20 lt
t ₃	90 cc	20 g	20 lt

Cuadro 2: Diferentes dosis de solución preparadas para la 2nda aplicación del producto Bacthon Sc + Tricho-D WP

Tratamiento	Dosis por parcela		Solución
	Bacthon SC (cc)	Tricho - D (g.)	Agua de riego
t ₀			
t ₁	25 cc	6,66 g	20 lt
t ₂	50 cc	13, 33 g	20 lt
t ₃	75 cc	20 g	20 lt

3. Diseño de aplicación en parcelas

Características de parcelas

- Dimensión = 2m x 3m aproximadamente
- Número de parcelas = 10
- Total = 60 m²

4. Variables a medir en suelo

Físicas

- Temperatura (°C)
- Textura
- Color

Químicas

- pH
- % de Materia Orgánica
- Relación Carbono/ Nitrógeno
- N,P,K

Biológicas

- Presencia de microorganismos aplicados
- Recuento de microorganismos aplicados

En los cuadros 3 y 4 se detallan el día que se realizaron las diferentes actividades y la frecuencia de las medidas de parámetros significantes.

.

Cuadro 3: Frecuencia de actividades y medición de parámetros realizadas durante el ensayo de validación del producto Bacthon SC + Tricho-D previa su aplicación

Antes de Aplicación				
Día	Actividad	Parámetro	Factor Ambiental	Equipo usado
1	Delimitación de parcelas	Temperatura	Ambiente	HACH
2	Preparación de residuos	Temperatura	Ambiente	HACH
	1ra Muestra de suelo	% M.O	Suelo	
		N,P,K		
		Textura		
		pH		
		Color		
		R. C/N		

Cuadro 4: Frecuencia de actividades de control y medición de parámetros realizadas durante la 1era aplicación del producto Bacthon SC + Tricho-D y después de transcurridos siete días de la misma.

Después de Aplicación				
Día	Actividad	Parámetro	Factor Ambiental	Equipo usado
3	Preparación de la solución y 1ra aplicación	Temperatura	Ambiente	HACH
			Suelo	Termómetro
			Agua	HACH
		pH	Agua	HACH
		Humedad	Residuos	
8	Control	Temperatura	Ambiente	HACH
			Suelo	Termómetro
			Material	Termómetro
		Aireación	Material	
		Humedad	Material	
9	Control	Temperatura	Ambiente	HACH
			Suelo	Termómetro
			Material	Termómetro
		Humedad	Material	
		Aireación	Material	

Cuadro 5: Frecuencia de actividades de control y medición de parámetros realizadas durante la 2da aplicación del producto Bacthon SC + Tricho-D y el tiempo restante del ensayo

Día	Actividad	Parámetro	Factor Ambiental	Equipo usado
21	Preparación de la solución, 2da aplicación	Temperatura	Ambiente	HACH
			Agua	HACH
			Suelo	Termómetro
		pH	Agua	HACH
		Temperatura	Suelo	Termómetro
			Material	Termómetro
		Humedad	Material	
	Control	Temperatura	Ambiente	HACH
			Material	Termómetro
		Aireación	Material	
		Humedad	Material	
36	Control	Temperatura	Ambiente	HACH
			Material	Termómetro
		Humedad	Material	
		Aireación	Material	
45	Control	Temperatura	Ambiente	HACH
			Material	Termómetro
		Humedad	Material	
		Aireación	Material	
60	Control	Temperatura	Ambiente	HACH
			Material	Termómetro
		Humedad	Material	
		Aireación	Material	
	2da Muestra de suelo	% M. O	Suelo	
		N,P,K		
		Textura		
		pH		
		R. C/N		
		Microbiológico		

5.4 Parte Experimental

1. Reconocimiento del terreno

Se hizo un recorrido por la hacienda de aproximadamente tres horas. Se identificó un área de fácil acceso, con problemas en la producción. Una vez seleccionada el área se procedió a aislarla.

2. Delimitación de parcelas

Se colocaron cuatro estacas cercando cuadrantes con dos plantas en cada uno.

Se cerró los cuadrantes con piola color rosado, para evitar que trabajadores ingresaran al área a ser tratada.

Se rotuló cada parcela con los diferentes tratamientos a aplicarse, cada rótulo fue impermeabilizado previamente para evitar su deterioro.

Se tomó el primer dato de temperatura ambiente con el HACH.

La designación de los tratamientos fue aleatoria, sin orden específico.

3. Preparación de terreno y residuos (parcelas)

Se apiló cierta cantidad de residuos de banano (hojas, fruta, trozos de ronco, etc.) que caen naturalmente y por el proceso de corte y cosecha alrededor de la base de la planta, el resto se dejó en el suelo.

Se trocearon y picaron con machete lo más pequeño posible los residuos apilados y los que cubrían la parcela. Esto da a los microorganismos más superficie a degradar.

Con ayuda de una pala o pico se hizo una marca en el suelo rodeando la planta, aproximadamente a 1 metro de distancia. Esta corona marcó el área de actuación del producto sobre los residuos apilados.

4. Preparación de la solución a aplicarse

Para preparar la solución fue necesario que el agua tenga un pH de 5.5 a 6.

Procedimiento:

Se llenó tres baldes de 20 L cada uno con el agua de riego de la hacienda.

Se tomó el pH del agua con el equipo HACH, tenía un pH inicial de 7.14

Se bajó el pH del agua con ácido cítrico (goteo) hasta tener el pH entre 5.5 y 6, que era el deseado.

De cada uno de los baldes se tomó 1 L de agua aparte.

Se agitó el producto "Bacthon SC", y se tomó la cantidad especificada para cada dosis con ayuda de una jeringa de 10 cc y se mezcló en el balde.

Se retiró en un recipiente 250 cc de la mezcla anterior.

Se pesó en una balanza digital la cantidad de "Tricho-D" correspondiente a la dosis del tratamiento que se preparaba. y se lo mezcló con los 250 cc de la mezcla anterior.

Una vez que el producto se disolvió, se lo añadimos nuevamente al balde de 20 L y mezclamos.

La solución está lista para aplicar.

Nota: Todo el procedimiento detallado anteriormente se hizo tomando las precauciones de seguridad debidas: guantes y mascarilla.

5. Aplicación al terreno

Aplicación a los residuos y al terreno

Aplicación N°1

Los baldes con la solución se los tapó con sus respectivas tapas y fueron dirigidos hasta el lote en una tarabita.

Se ubicó las tres parcelas que correspondan al tratamiento de la solución preparada.

Se pasó la solución a un aspersor y se aplicó en cada parcela de la siguiente forma:

- 8 L sobre los residuos apilados de cada planta (dos por parcela), dentro de la circunferencia que la rodea y sobre el hijo.
- 4 L restantes sobre el suelo dentro de la parcela.

Se tomó la temperatura del suelo y de los residuos apilados introduciendo el termómetro en aprox. 3-5 cm y se lo dejó un minuto para estilizar el dato.

Una vez aplicada la solución se tomó la humedad de los residuos (material a biotransformar de manera manual. Se cogió un puñado del material y se aprieta y abre el puño. Si mientras se cierra el puño chorrea agua tenemos un exceso de humedad, si al abrir el material se abre lentamente y no queda compacto tenemos una humedad adecuada de 50% aprox., si al abrir el puño se desmorona y no deja la mano húmeda es muy poca la humedad.

Se movió el material con un rastrillo para asegurarnos de que la solución estuviera bien distribuida y para airear.

Aplicación N°2

Se repite el procedimiento anterior, dieciocho días después con la variación de la dosificación.

6. Mantenimiento y control del proceso

Se aireó dos veces por semana, volteando el material con pala o rastrillo, por parte del encargado de la hacienda.

Las nuevas hojas y residuos que se generaron dentro de cada parcela, fueron incorporados a las pilas picados y troceados.

Se regó las parcelas normalmente, con el ritmo periódico que se riega en la plantación bajo condiciones normales de trabajo.

7. Toma de muestras de suelo a ser analizadas en laboratorio.

Laboratorios responsables de análisis:

1) INIAP, Estación Experimental Tropical “Pichiligue.” Laboratorio de suelos, tejidos vegetales y aguas. Quevedo _ Ecuador

Análisis Realizado: Análisis físico-químico y textural del suelo previa aplicación

2) MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria. Laboratorio de suelos y aguas

Análisis Realizado: Análisis físico-químico y textural del suelo al finalizar los sesenta días del ensayo.

3) AGRO- DIAGNOSTIC. Prevención y Control. Laboratorio Químico, Microbiológico Especializado

Análisis Realizado: Análisis microbiológico de aislamiento y recuento de *Azotobacter chroococcum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Trichoderma spp.*, *Sacharomyces cereviceae*, presentes en el suelo al finalizar los sesenta días del ensayo

Se tomaron muestras en dos diferentes fechas, la primera muestra antes de aplicar el producto, con el fin de establecer el estado inicial del suelo previo a la aplicación del producto, la segunda muestra sesenta días después de la primera aplicación para establecer el estado del suelo una vez terminado el tiempo de prueba de acción del producto y comparar los resultados.

La primera muestra compuesta de suelo se tomó en siete puntos aleatorios dentro del lote a trabajar. Se recogió un kilo aproximadamente de cada punto. La tierra se recolectó en una tina grande donde se la mezcló entre dos personas y de ésta mezcla se tomaron dos kilos que fueron enviados al laboratorio para el análisis físico-químico.

En el segundo muestreo se tomó un kilo aproximadamente de suelo en cada una de las tres parcelas que les correspondía una misma dosis de producto. Se mezcló todo en una tina grande y de la mezcla se toma dos kilos para enviar al laboratorio para análisis microbiológico. El suelo se recolectó en fundas plásticas con orificios, y ésta a su vez en una de papel. Las dos fundas fueron previamente etiquetadas para evitar confundir los tratamientos. No se cierra herméticamente ninguna de las fundas, y se entregaron al laboratorio el mismo día que se tomaron para reducir el riesgo de perder los microorganismos que estuvieren presentes debido al cambio de temperatura y poca aireación.

Para sacar las muestras fue necesario un instrumento que consiste en un pedazo de tubo abierto de ambos lados y con una agarradera. Mide 15 cm de largo y facilita la recolección de la muestra.

Procedimiento:

Se selecciona el punto a muestrear

Se introduce el instrumento en el suelo golpeándolo fuertemente con un martillo

Una vez que éste penetra el suelo se lo gira de la agarradera y se hala hacia arriba, se golpea hasta que caiga el suelo contenido.

8. Obtención de datos

Se tomaron datos de varios parámetros en los diferentes días de la prueba, como se ve en los cuadros 3 y 4.

CAPÍTULO VII

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Resultados obtenidos:

En los siguientes cuadros se registran los datos obtenidos durante los sesenta días que duró el ensayo de validación del producto.

El siguiente cuadro muestra las variaciones de temperatura ambiente registradas durante el ensayo de validación del producto, este registro nos muestra bajo que condiciones climáticas actuó el producto durante los sesenta días.

Cuadro 5: Datos de temperatura ambiente registrados durante el ensayo de validación de Bacthon SC + Tricho-D wp en un cultivo de banano.

Temperatura ambiente	
Día	Dato / ° C
1	28,6
2	27,5
3	27
8	29,3
9	30,8
21	25,8
36	26,7
45	24,8
60	25,6

Los datos del Cuadro 6. caracterizan el estado inicial del suelo en los parámetros significativos para el ensayo de validación del producto Bacthon Sc + Tricho-D, previa su aplicación. Este análisis servirá de partida para la comparación del estado del suelo antes y después de la aplicación del producto y establecer la influencia y eficacia del producto actuando bajo condiciones normales de producción.

Cuadro 6: Análisis físico-químico para caracterizar el estado inicial del suelo de la bananera

Análisis de muestra inicial						
Parámetro	pH	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Humedad	Textura
Resultado	7,1	8 ppm	62 ppm	3,14 meq/100 ml	33%	Arcillo limosa

En el Cuadro 7 y Gráfico 1. del análisis para evaluar la °T del suelo, del ambiente y del material, se observa que no se registraron cambios, no hay una diferencia significativa en los días que fue tomado el dato, ni en el material ni en el suelo. La temperatura tanto del suelo como del material se mantuvo directamente relacionada con la temperatura ambiente. Se tomó la temperatura al 5to y 6to día después de aplicado el producto, período de tiempo en el que se esperaba el incremento de temperatura por las condiciones climáticas del lugar. La temperatura no fue la esperada para que se de el proceso de biotransformación de los residuos, el incremento de temperatura indicaría el inicio del proceso de biotransformación.

Cuadro 7: Variación de temperatura en suelo y residuos de banano registrada durante el ensayo.

Temperatura °C				
Día		Suelo	Material	Ambiente
1	3	26	26.3	27
2	8	27.5	28.6	29.3
3	9	28	29.2	30.8
4	21	23.8	24.6	25.8
5	36	25.5	25.8	26.7
6	45	23.8	24.5	24.8
7	60	24.8	25	25.6
Promedio:		25.6	26.3	27.1

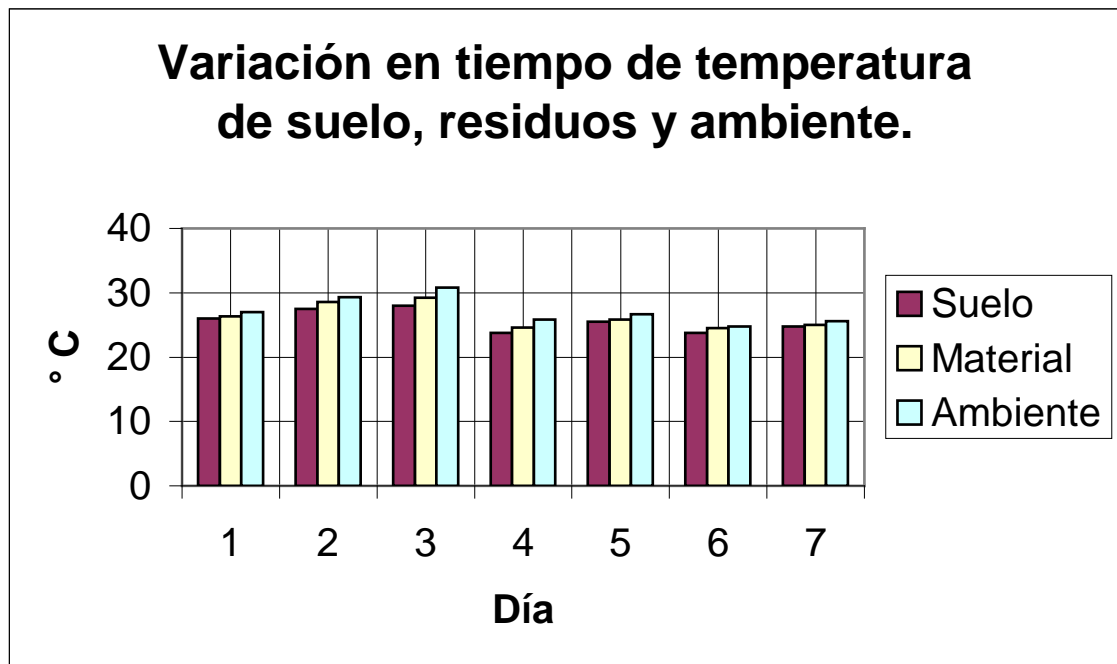


Gráfico 1. Variación de temperatura de suelo, material y ambiente en el tiempo.

Los datos no fueron tomados diariamente, lo que pudo causar que el incremento de temperatura se diera un día que no se registró el dato, por que el “incremento de temperatura varía en tiempo, en casos con humedad y aireación suficiente puede darse entre el segundo y tercer día. En condiciones normales se da entre el tercer y séptimo día, y en condiciones que no le favorecen en quince días e incluso más.” *Cap. IV, 4.4.3.1*

La diferencia de temperaturas se debió posiblemente a factores ambientales normales, por la aireación del material, o por el contenido de humedad debido al riego de las parcelas que se realizaba por la tarde, durante la noche se conserve la humedad con la posible baja de temperatura, esto pudo causar que a la hora de tomar la temperatura, el proceso de evapotranspiración del agua aún no se diera y la temperatura continuara baja.

La temperatura promedio del suelo es de 25.6 ° C y la del material 26.3° C frente a la temperatura ambiente promedio de 27.1° C. Bajo esta condiciones de temperatura se desarrollan bien bacterias mesófilas (de la primera fase de biotransformación), y *Lactobacillus acidophilus*.

En el Cuadro 8 y Gráfico 2. se observa que el pH disminuyó considerablemente en todos los tratamientos, incluyendo el testigo (t_0), frente al pH inicial de 7.1 por lo que no se atribuye este cambio a la acción del producto

Cuadro 8: Variación de pH en el suelo de acuerdo a los diferentes tratamientos aplicados con respecto al pH inicial una vez finalizado el ensayo.

Parámetro : pH	
Tratamiento	Resultado
t_0	5,53
t_1	6,33
t_2	5,74
t_3	5,54
pH inicial	7,1

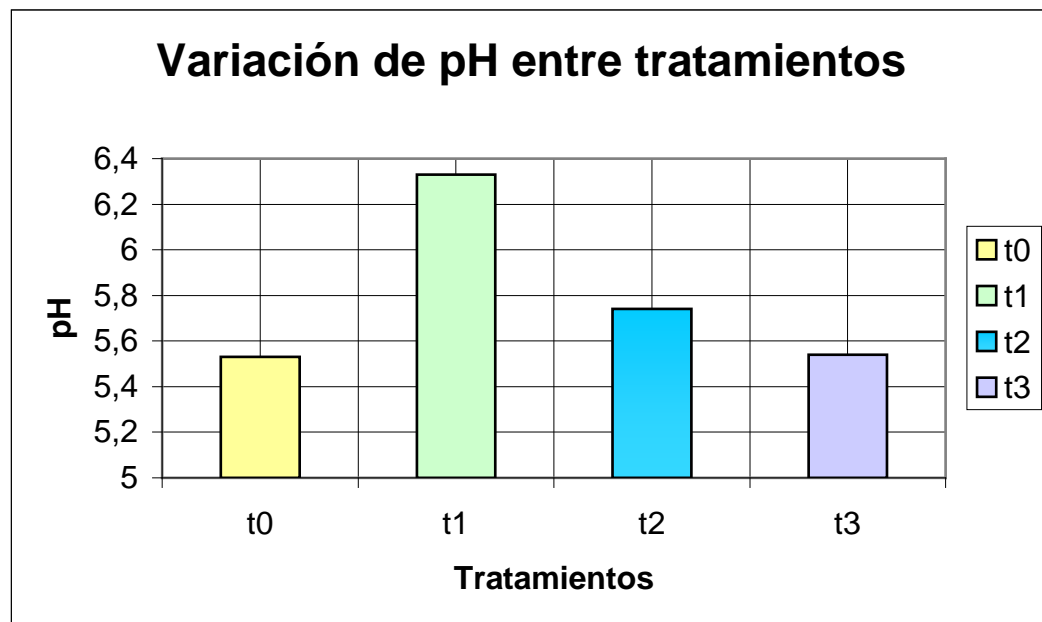


Gráfico 2. Variación de pH del suelo después de finalizado el ensayo.

La disminución de pH se da por la presencia de ácidos orgánicos, los mismos que se generan durante el proceso de biotransformación por la acción de microorganismos con las arcillas y sobre los residuos, estos ácidos se lixivian con el agua de riego bajando el nivel de pH del suelo. Lo que indica que el proceso de descomposición se dio paralelamente en los cuadrantes donde se aplicó el producto y en el que no fue aplicado (t_0). Esto es un indicativo de que no hubo una aceleración en el proceso de

descomposición como se esperaba, el cambio se da entonces bajo la biotransformación natural de los residuos.

En el Cuadro 9 y Gráfico 3. se observa la variación en ppm de N del testigo respecto a los tratamientos en las diferentes dosis de producto. El testigo presenta un 0.26% de N que es un nivel medio, t1 y t2 presentan un incremento de N de 0.26 a 0.35 y 0.33 respectivamente, es decir de un nivel medio a un alto según la tabla de Interpretación de Niveles de Contenido, del Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuario, SESA.(Anexos 2).

Cuadro 9: Contenido de Nitrógeno en el suelo tratado con diferentes dosis del producto Bacthon SC + Tricho-D una vez finalizado el ensayo.

Parámetro : N Total	
Tratamiento	Resultado (%)
t ₀	0,26
t ₁	0,35
t ₂	0,33
t ₃	0,26

Al apilar los residuos troceados, estamos aumentando la cantidad de residuos orgánicos que contienen N en un área determinada. Al empezar el proceso de descomposición natural, esta área aumentará en su contenido de N por que normalmente tiene menos carga de residuos descomponiéndose.

El N de los residuos llega al suelo por la lixiviación que se genera debido al riego de las parcelas.

Este aumento representa un beneficio para el suelo y la planta por que tienen más nitrógeno asimilable.

En el tratamiento (t1) se observa un mayor incremento del contenido de N, sin embargo no se el atribuye el producto por las razones antes expuestas.

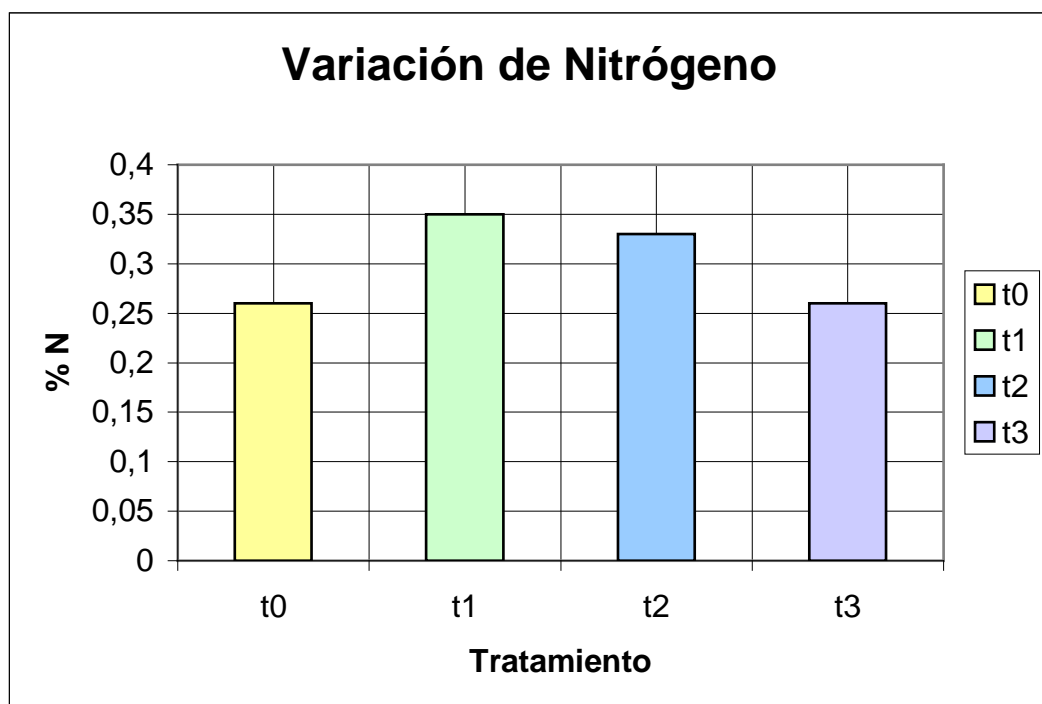


Gráfico 3. Variación de Nitrógeno en el suelo una vez finalizado el ensayo.

El Cuadro 10 y el Gráfico 4. nos muestran el contenido de P en el suelo, este contenido corresponde a un nivel alto según la tabla de interpretación del SESA en Anexos 2, nivel alto tanto en el testigo como en los tratamientos. Esto verifica la poca movilidad del P, además de la característica de encontrarse adherido y de retenerse en las partículas de arcilla, manteniéndose similar en todos los tratamientos, excepto por t1 que muestra un ligero aumento de P, aumentando así la disponibilidad de este para las raíces de la planta.

Cuadro 10: Contenido de P en el suelo tratado con diferentes dosis del producto una vez transcurridos los sesenta días del ensayo

Parámetro: P	
Tratamiento	Resultado (ppm)
t ₀	31
t ₁	38
t ₂	30,5
t ₃	32

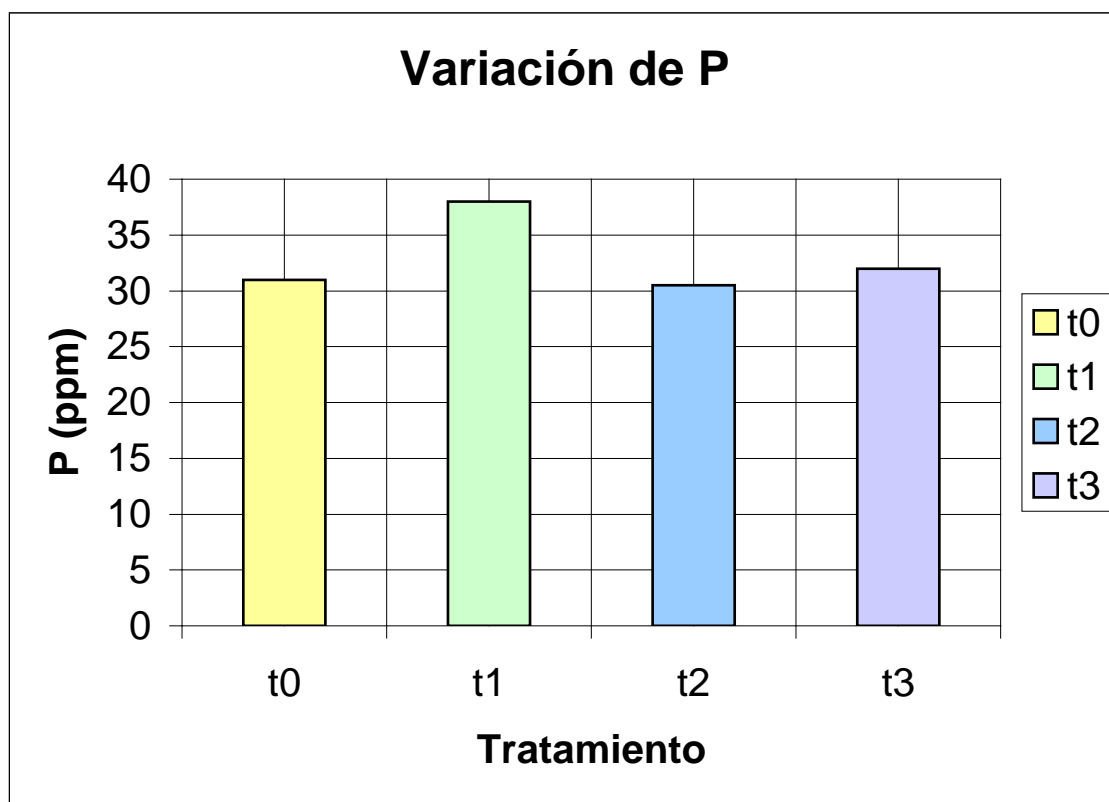


Gráfico 4. Variación de contenido de fósforo en el suelo al finalizar el ensayo.

En el cuadro 11 y gráfico 5 se observa que el tratamiento (t2), presenta el valor más alto en contenido de P, el tratamiento t3 no muestra variación alguna.

Este incremento pudo darse por que los residuos de banano contiene una alta cantidad de K los microorganismos pudieron encontrar una fuente cercana para su desarrollo.

Al igual que en el caso del N, y del P, este incremento se dá principalmente por la carga extra de residuos sobre un área determinada de suelo, los residuos por procesos naturales al degradarse contribuyen al suelo con K, al degradarse mayor cantidad de residuos en la misma área, el contenido de K se incrementará.

Este aumento de K no representa un peligro significativo a la planta por que se trata de un K orgánico

Cuadro 11: Contenido de K en el suelo tratado con diferentes dosis del producto una vez finalizado el ensayo.

Parámetro: K	
Tratamiento	Resultado (ppm)
t ₀	330
t ₁	440
t ₂	560
t ₃	330

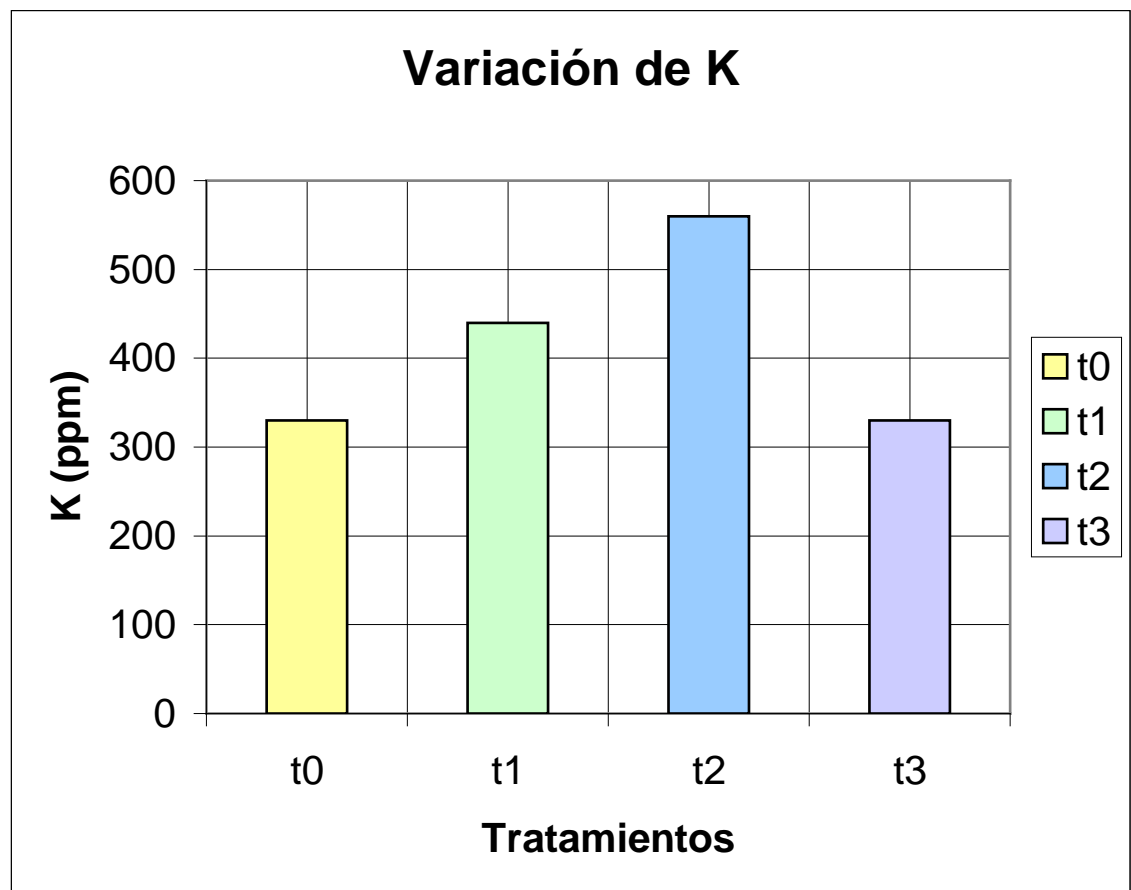


Gráfico 5. Variación de Potasio en el suelo tratado con diferentes dosis del producto una vez finalizada la etapa experimental.

En el Cuadro 12 y Gráfico 6. se observa el aumento de materia orgánica contenido en el suelo.

Cuadro 12: Contenido de Materia Orgánica en suelo tratado con diferentes dosis del producto una vez finalizada la etapa experimental del ensayo.

Parámetro: Materia Orgánica	
Tratamiento	Resultado (%)
t ₀	5,22
t ₁	6,98
t ₂	6,5
t ₃	5,1

El suelo fue sujeto a una carga extra de residuos orgánicos que por procesos naturales se degradan y aportan con materia orgánica al suelo, al ser una cantidad mayor de residuos el aporte de materia orgánica se incrementa, dando como resultado un aumento en su concentración con respecto al testigo, por lo que no se puede atribuir completamente este incremento a la acción del producto, en especial si el mismo no aceleró el proceso natural de degradación.

El riego diario sobre los residuos apilados produce lixiviados, estos llevan consigo nutrientes que al entrar en contacto con la superficie del suelo incrementan el contenido de materia orgánica.

El aumento de materia orgánica en el suelo representa un beneficio para el suelo y la planta, ya que la materia orgánica mejora condiciones y características del suelo vitales para el desarrollo de la planta. Mejora la aireación que permite el paso de oxígeno, mejora la estabilidad, mantiene la estructura del suelo, aporta nutrientes, activa biológicamente el suelo, e incrementa la fertilidad.

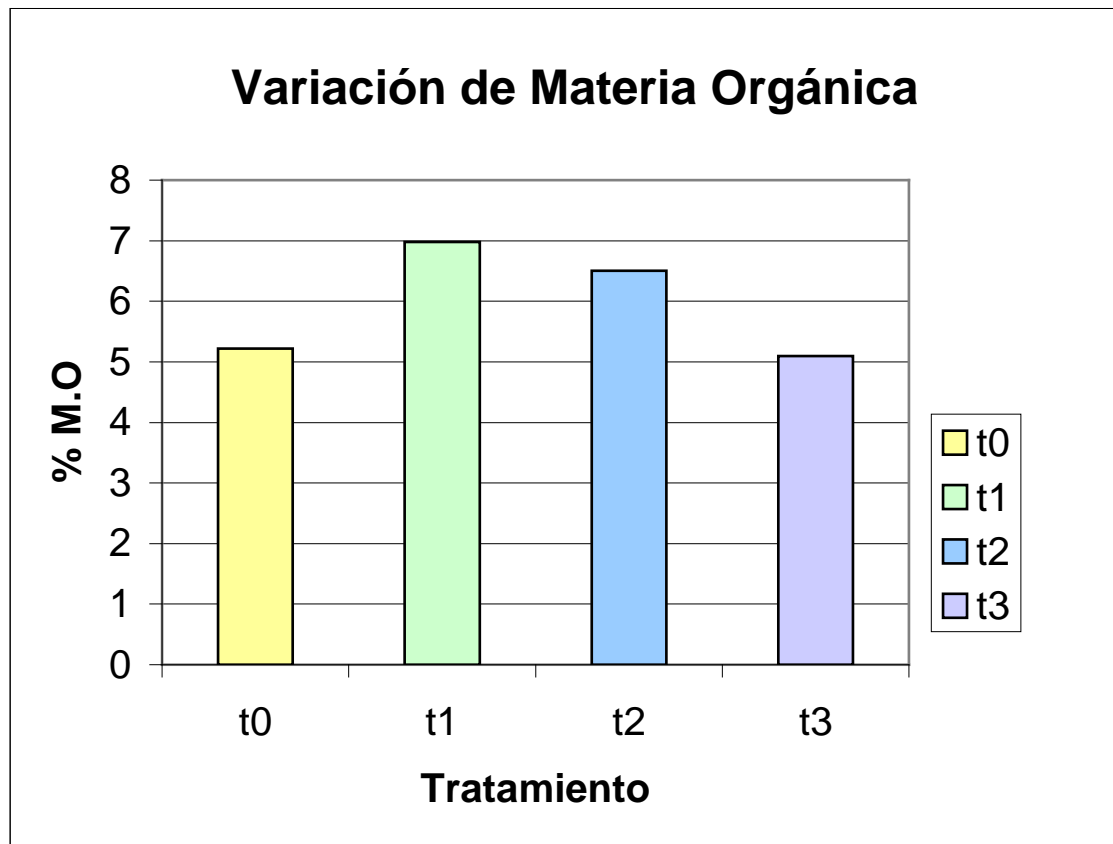


Gráfico 6. Variación en el % de materia orgánica contenida en el suelo tratado con diferentes dosis del producto Bacthon SC + Tricho-D una vez finalizada la etapa experimental del ensayo para validar la eficiencia del producto en la biotransformación de subproductos del banano.

En el Cuadro 13 se especifica la clase textural del suelo de la bananera, que es primordialmente arcilloso, es decir tiene permeabilidad casi nula, lo que pudo dificultar el paso de la solución que contenía las bacterias, la solución al igual que el agua se queda en la superficie, motivo por el que el los análisis microbiológico no se encontraron todas los microorganismos que fueron aplicados. Los microorganismos se adhieren a las partículas de arcilla y aprovechan de los nutrientes que en ella se encuentren.

Cuadro 13: Análisis textural de las muestras de suelo al finalizar el ensayo

Clase Textural				
Testigo	A	L	Arc	Resultado
t ₀	20	44	36	Franco arcillo limoso
t ₁	26	36	38	Franco Arcillos
t ₂	28	36	36	Franco Arcilloso
t ₃	27	36	37	Franco arcillo limoso

En el cuadro. 14 se observa que la dosis de producto del tratamiento t1 aumenta la población de *Azotobacter chroococcum* presentes en el suelo y la de *Lactobacillus acidophilus*. Mientras que las dosis de los tratamientos t2 y t3 disminuyen la población de *Azotobacter chroococcum* y aumentan la de *Lactobacillus acidophilus*.

Cuadro 14: Análisis Microbiológico de identificación y recuento de los microorganismos aplicados en el ensayo

Muestra	Microorganismos aplicados	Recuento
t₀	<i>Azotobacter chroococcum</i>	85% por gramo de suelo
	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	15 x 10 ² UFC/ gramo de suelo
	<i>Saccharomyces cerevisae</i>	No se encontró en la muestra
	<i>Trichoderma harzianum</i>	No se encontró en la muestra
t₁	<i>Azotobacter chroococcum</i>	90% por gramo de suelo
	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	22 x 10 ² UFC/ gramo de suelo
	<i>Saccharomyces cerevisae</i>	No se encontró en la muestra
	<i>Trichoderma harzianum</i>	No se encontró en la muestra
t₂	<i>Azotobacter chroococcum</i>	77% por gramo de suelo
	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	37 x 10 ² UFC/ gramo de suelo
	<i>Saccharomyces cerevisae</i>	No se encontró en la muestra
	<i>Trichoderma harzianum</i>	No se encontró en la muestra
t₃	<i>Azotobacter chroococcum</i>	75% por gramo de suelo
	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	50 x 10 ² UFC/gramo de suelo
	<i>Saccharomyces cerevisae</i>	No se encontró en la muestra
	<i>Trichoderma harzianum</i>	No se encontró en la muestra

En las muestras no se encontró: *Trichoderma harzianum* spp. , y *Sacharomyces cerevisae*.

En t₁, el pH del suelo es de 6.3, lo que pudo haberle permitido a *Azotobacter chroococcum* desarrollarse mejor que los demás microorganismos, por que esta en su rango tolerante de pH, aunque la cantidad encontrada es muy baja. *Lactobacillus acidophilus*., creció en menor cantidad que *Azotobacter chroococcum* en t₁, probablemente por el pH que es más alcalino que ácido, esta bacteria se desarrolla en un pH entre 4.0 - 6.8.

Lactobacillus acidophilus se desarrolló mejor en el resto de tratamientos por que sus niveles de pH son más bajos, en t₂ es 5.7, y en t₃ 5.1. La temperatura del suelo favoreció su desarrollo.

Nota: No se realizo la identificación, ni conteo de *Azospirillum brasilense* por que no se disponía del medio de cultivo necesario.

En el Cuadro 15 y Gráfico 8. se comparan los diferentes tratamientos y su efecto sobre las cantidades de N, P, K y materia orgánica con respecto al testigo, para analizar cual fue la mejor dosis dentro del ensayo.

Cuadro 15. Efectos de los diferentes tratamientos sobre N, P , K y materia orgánica con respecto a el testigo al finalizar el ensayo de validación del producto Bacthon SC + Tricho-D.

Tratamiento	% de N	ppm de P	ppm de K	% M. O
t ₀	0,26	31	330	5,22
t ₁	0,35	38	440	6,98
t ₂	0,33	30,5	560	6,5
t ₃	0,26	32	330	5,1

CAPÍTULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El producto validado durante el ensayo no arrojó los resultados esperados para la obtención de bioabono *in situ* mediante la biotransformación de residuos de banano bajo condiciones normales de producción.
- El producto no aceleró el proceso de biotransformación de los residuos, los microorganismos aplicados al no ser endémicos del lugar no se adaptaron a las condiciones climáticas y del suelo.
- Aunque se dió un incremento en el contenido de N, P, K y materia orgánica en el suelo comparado con el contenido en el testigo, este resultado no se puede atribuir a la acción del producto. Los residuos de banano se degradan naturalmente aportando al contenido de N, P, K y materia orgánica en el suelo. Al apilar los residuos en un área de suelo determinada, el suelo se ve sometido a una carga extra de residuos degradándose, por consiguiente a una mayor contribución de N, P, K y materia orgánica al área, dando como resultado un aumento en su contenido con respecto al testigo.
- La dosis del tratamiento t1 incrementó en un bajo porcentaje la población de *Azotobacter chroococcum*, por el % hallado por gramo de suelo se determinó que, a pesar de las propiedades que esta posee como fijadora, (fija 20kg.N/ha/año (34), no se encontró en suficiente proporción para efectuar su acción benéfica a las plantas.
- Las características del suelo: clase textural arcilloso, permeable, denso, y pobre en nutrientes no brindó las condiciones adecuadas para que los microorganismos se desarrollen y aceleren el proceso de biotransformación de los residuos, produciendo inclusive la muerte de algunos de los microorganismos aplicados.
- El producto no es adecuado para la biotransformación *in situ* de residuos de banano bajo las condiciones climáticas, de trabajo y de suelo de este ensayo.

RECOMENDACIONES

- La biotransformación *in situ* no es recomendable para un área de cultivo tan extenso, puesto que solo su aplicación en el lote de ensayo los trabajadores tuvieron que realizar trabajo extra al picar y apilar los residuos, este trabajo le represento tiempo y dinero al dueño de la hacienda. Los residuos se descomponen solos en aproximadamente 4 a 6 meses sin necesidad de aplicar productos, o invertir en trabajo y tiempo extra, por lo que este método de fertilización *in situ* no satisfizo al productor.
- Para comprobar la eficacia del producto deben hacerse estudios con más tiempo en el campo, y más pruebas de laboratorio, por lo que no podemos aseverar que el mismo es malo, simplemente las condiciones de suelo no son las apropiadas para que el mismo actúe como se esperaba.
- El producto puede ser eficaz, sin embargo su campo de acción no debe ser generalizado, recomendamos siempre realizar ensayos de aplicabilidad del producto, verificando que las condiciones del lugar y cultivo donde será aplicado permitirán la sobrevivencia, desarrollo y acción de los microorganismos del producto. Estos estudios previos a la aplicación del producto orgánico evitarán posibles efectos adversos al cultivo y pérdidas de tiempo y dinero.
- Para realizar estos proyectos es recomendable el auspicio financiero de alguna empresa, institución y/o laboratorio, ya que los altos costos de los análisis no me permitieron realizar un estudio más profundo.

BIBLIOGRAFÍA

1. ADELBERG. E. A., INGRAHAM J.L, STAINER.Y. Microbiología, Ed. REPLA, México. 1986
2. AUBERT, C. El huerto biológico. Ed. Integral Barcelona. 1998 252 pp.
3. ARMAS H. El banano en el Ecuador, Ministerio de agricultura y Ganadería “Programa Nacional del Banano”. Guayaquil-Ecuador 1980
4. BJURSTOM E. Chemical Engineering, Biotechnology Fermentation and downstream Processing. Massachusets, Fulor engineers INC 1985.
5. CANOVAS, A. Tratado de Agricultura Ecológica. Ed. Instituto de Estudios Almerienses de la Diputación de Almería. Almería. . 1993 190 pp.
6. CERISOLA, C.I. Lecciones de Agricultura Biológica. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 1989
7. Enciclopedia Práctica de la Agricultura y La Ganadería, Cáp. ARBORICULTURA
8. ESCARTIN N., FRIEDRICH F., UZCATEGUI J. Fundamentos de Tecnología Ambiental. Publicaciones Técnicas.Madrid 2000
9. FINCK,A. Fertilizantes y Fertilización. Barcelona , Ed. Reuerte.1998
10. GARCÍA, A. Diez temas sobre agricultura biológica. . 1987
11. GUIBERTEAU, A.; LABRADOR, J. Técnicas de cultivo en Agricultura Ecológica. Hoja Divulgadora Num. 8/91 HD. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 1991. 44 pp.
12. HARLEY J; KLEIN D; PRESCOTT L. Microbiología.4º Edición, McGraw Hill Interamericana, España
13. H.A GRATZ. Suelos y fertilización. Ed. Trillas.España 1996
14. JARABE F., Fundamentos de Tecnología Ambiental Cap. V

15. KIELY G. Ingeniería Ambiental Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Vol. I, Vol 2 Vol 3
16. MONROY H. Biotecnología para los desechos Orgánicos. Ed. A.G.T 1990
17. PORTA, J; LÓPEZ-ACEVEDO, M; ROQUERO, C. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 1994
18. SCRAGG. Biotecnología para Ingenieros. Ed. Limusa. Méjico
19. SUQUILANDA M. Fertilización Orgánica, Manual Técnico, FUNDAGRO Ediciones UPS, Quito, 1995.
20. Universidad técnica estatal de Quevedo, Escenarios Tecnológicos de la Cadena Agroalimentaria en la producción y Comercialización del Plátano” 2003.
21. VARIOS. Organic Experiments.6th edición. Massachussets.1987
22. VILLEE, Biología. 3era edición. Ed Mc Graw Hill. Mexico 1996
23. www.agrocadenas.gov.co/inteligencia/int_banano.htm
24. www.biblioweb.dgsca.unam.mx/libros/microbios
25. www.chasque.net/ecocom/ecosur/txt/compost.htm
26. www.ctv.es/clean_world_hispania/CompoStar-2-.htm
27. www.corpei.org/FrameCenter.asp?Ln=SP&Opcion=3_2_1
28. www.elementos.buap.mx/num38/htm/nitrogen.html
29. www.infoagro.com/abonos/compostaje.asp
30. www.rebellion.org/ecologia/040206compost.htm
31. www.sica.gov.ec/agronegocios/Biblioteca/Ing%20Rizzo/banano/banano_nuevo.pdf
32. www.tierraamerica.net/2003/0302/conectate.shtmlx
33. www.zulay.com/esp/productos/banano/nutricional.html

ANEXOS

ANEXOS 1. Fotografías del Ensayo

Fotografía 1. Producto a validar “Bacthon SC + Tricho-D”

Fotografía 2. Parcelas rotuladas y preparadas para aplicación de producto

.

ANEXOS 2. Resultados de los Análisis de Laboratorio

1. Resultado del análisis físico-químico y textural del suelo previa aplicación

INIAP, Estación Experimental Tropical “Pichiligue.” Laboratorio de suelos, tejidos vegetales y aguas. Quevedo _ Ecuador

2. Resultado del Análisis físico-químico y textural del suelo al finalizar los sesenta días del ensayo.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria. Laboratorio de suelos y aguas

2. Resultado del Análisis microbiológico de aislamiento y recuento de *Azotobacter chroococcum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Trichoderma spp.*, *Sacharomyces cereviceae*, presentes en el suelo al finalizar los sesenta días del ensayo

AGRO- DIAGNOSTIC. Prevención y Control. Laboratorio Químico, Microbiológico Especializado

