

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**



**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**“INOCULACIÓN DE MICROORGANISMOS EN EL PROCESO DE  
COMPOSTAJE”**

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO REQUISITO  
PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO

**AUTOR:** TATIANA GABRIELA CONSTANTE IBARRA

**ASESOR:** Ph. D. Ing. MICHEL LEIVA MORA

**CEVALLOS - ECUADOR**

**2021**

## DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

La suscrita, TATIANA GABRIELA CONSTANTE IBARRA, portadora de cédula de identidad número: 1804802708, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: **“INOCULACIÓN DE MICROORGANISMOS EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE”** es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mí sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Tatiana Constante', written over a horizontal line.

TATIANA GABRIELA CONSTANTE IBARRA

## **DERECHOS DE AUTOR**

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado: **“INOCULACIÓN DE MICROORGANISMOS EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE”**, como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniera Agrónoma, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.



---

TATIANA GABRIELA CONSTANTE IBARRA

# INOCULACIÓN DE MICROORGANISMOS EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE

Revisado por:



Firmado electrónicamente por:  
**MICHEL LEIVA MORA**

---

Ph. D. Ing. Michel Leiva Mora

Aprobado por los miembros de calificación:



Firmado electrónicamente por:  
**MARCO OSWALDO  
PEREZ SALINAS**

15-09-2021

---

Ing. Mg. Marco Pérez, PhD

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

18-09-2021

---

Ing. Mg. Segundo Curay Quispe

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN



Firmado electrónicamente por:  
**LUIS ALFREDO  
VILLACIS  
ALDAZ**

13-09-2021

---

Ing. Luis Alfredo Villacis

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación se lo dedico primordialmente a Dios y a mi madre por darme la vida. Al igual que a mis hermanas Gissela y Micaela por los momentos buenos y malos que hemos compartido. En fin, a toda mi familia quienes con cariño y voluntad me han dado apoyo incondicional, ánimo de seguir y terminar esta carrera con éxito.

A mi amiga Mishell por su apoyo constante, las amigas son las hermanas que uno escoge.

Toda una dedicatoria no bastará para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos, espero jamás defraudarlos.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Universidad Técnica de Ambato, de manera especial a la Facultad de Ciencias Agropecuarias por abrirme las puertas, guiarme en mi carrera profesional y brindarme las herramientas necesarias para conseguirlo.

Al Ph. D. Ing Michel Leiva Mora por ser mi tutor de tesis y brindarme la confianza y el apoyo necesario para la realización de este proyecto.

A mis Docentes que comparten su conocimiento diariamente, tanto académicamente como experiencias de vida.

Un agradecimiento a cada una de las personas que me han apoyado en la culminación de este proyecto, a mi novio Francisco López por todo su amor y darme cada día ánimos para alcanzar el título que tanto anhelo. Y a cada uno de mis amigos en especial a mi Negrita y Pechito por ser los mejores compañeros y amigos por siempre apoyarme y brindarme su amor, gracias por hacer de esta etapa la mejor de todas.

# ÍNDICE

## Lista de contenidos

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I	4
MARCO TEÓRICO	4
Introducción	4
1.1. Antecedentes investigativos	7
1.2 Categorías Fundamentales	11
1.2.1 Abono orgánico	11
1.2.2 Materia orgánica	11
1.2.3 Heces de Cuy	12
1.2.4 Compost	13
1.2.5 Factores que influyen en el Compostaje	14
1.2.6 Microorganismos	19
1.2.7 Conteo de Microorganismos	19
1.2.8 Bacterias	21
1.2.9 <i>Bacillus subtilis</i>	22
1.2.10 Hongos	23
1.2.11 <i>Aspergillus fumigatus</i>	24
CAPÍTULO II	26
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	26
2.1 HIPÓTESIS	26
2.2 OBJETIVOS	26
2.2.1 Objetivo General	26

2.2.2	Objetivos específicos	26
CAPÍTULO III		28
MATERIALES Y METODOLOGÍA		28
3.1	Ubicación del experimento	28
3.2	Caracterización del lugar	28
3.2.1	Clima	28
3.2.2	Suelo	28
3.2.3	Agua	29
3.3	Equipos y materiales	29
3.3.1	Materiales usados en las Composteras	29
3.3.2	Microorganismos	29
3.3.3	Equipos	30
3.3.4	Materiales usados en el conteo de microorganismos	30
3.4	Factores en estudio	31
3.4.1	Bioinoculantes	31
3.5	Variables	31
3.6	Tratamientos	32
3.7	Manejo del experimento	32
3.7.1	Instalación de las composteras	32
3.7.2	Determinación del pH	32
3.7.3	Determinación de la temperatura	33
3.7.4	Determinación de la conductividad eléctrica	33
3.7.5	Conteo de microorganismos	33
CAPÍTULO IV		39
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		39

4.1	Inoculación de 364.3 Estimación de las unidades formadoras de colonias de hongos y bacterias en los tratamientos experimentales al final del compostaje.	44
4.4	Verificación de hipótesis	52
CAPÍTULO V		53
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		53
5.1	Conclusiones	53
5.2	Recomendaciones	53
Referencias bibliográficas		55

## Lista de figuras

<b>Figura 1</b> Fases del compostaje	14
<b>Figura 2</b> Muestras de los tratamientos compostados en fase de maduración y colocados en bolsa de Ziploc.	4
<b>Figura 3</b> Dispensación de medios de cultivo en condiciones de cabina de flujo laminar	4
<b>Figura 4</b> Pesaje de las muestras de cada tratamiento experimental.	5
<b>Figura 5</b> Tubos utilizados para las diluciones seriadas.	5
<b>Figura 6</b> Realización de las diluciones en gradillas que contenía los tubos de ensayo y sus diluciones seriadas.	6
<b>Figura 7</b> Gráfico de distribución de frecuencia donde se aprecia la riqueza de unidades formadoras de colonias fúngicas por cada tratamiento experimental del compostaje	18
<b>Figura 8</b> Gráfico de distribución de frecuencia donde se aprecia la riqueza de unidades formadoras de colonias bacterianas por cada tratamiento experimental.	21

## Lista de tablas

<b>Tabla 1</b> Composición química de las heces de cuy.	13
<b>Tabla 2</b> Clasificación Taxonómica de la bacteria <i>B. subtilis</i>	23
<b>Tabla 3</b> Clasificación Taxonómica de <i>A. fumigatus</i> .	25
<b>Tabla 4</b> Tratamientos investigativos	2
<b>Tabla 5</b> Efecto de bioinoculantes sobre contenido de carbono orgánico, nitrógeno total y relación carbono/nitrógeno	10
<b>Tabla 6</b> Registro de la temperatura los $x$ y $y$ días posterior al montaje de las cajas de composteras.	12
<b>Tabla 7</b> Evaluación de parámetros físicos y químicos de sustratos a los cuales se les adicionaron diferentes bioinoculantes a los días posterior a la inoculación.	14
<b>Tabla 8</b> Conteo de hongos a partir de muestras de suelo	15
<b>Tabla 9</b> Conteo bacterias a partir de muestras de los tratamientos experimentales en compostaje.	19

## RESUMEN

En la Provincia de Tungurahua en la parroquia Montalvo, existe una gran cantidad de criaderos de cuyes que proporcionan una importante fuente de abonos orgánicos, lo cual es una oportunidad ideal para utilizar bioinoculantes de cepas de microorganismos eficientes que permitan desarrollar bioinsumos agrícolas. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de bioinoculantes sobre el contenido de carbono orgánico, nitrógeno total y relación carbono/nitrógeno. De acuerdo al análisis estadístico, se observó que no existen diferencia significativa ( $p=0.05$ ) entre la aplicación de bioinoculantes y el control sin bioinoculantes. Con la aplicación de *Aspergillus fumigatus* y *Bacillus subtilis* se aceleró el proceso de compostaje a 14 días.

La mayor temperatura se alcanzó con la aplicación de *A. fumigatus* a su vez la mayor acidificación mientras que la mayor conductividad eléctrica se logró con la mezcla *A. fumigatus* y *B. subtilis*. La mayor cantidad de unidades formadoras de colonias pertenecen a las comunidades bacterianas seguidas de las comunidades fúngicas.

**Palabras clave:** Bioinoculantes, bioinsumos, carbono orgánico, nitrógeno total, relación carbono/nitrógeno.

## ABSTRACT

In the Province of Tungurahua in Montalvo parish, there are a large number of guinea pig farms that provide an important source of organic fertilizers, which is an ideal opportunity to use bioinoculants from efficient strains of microorganisms that allow the development of agricultural bio-inputs. The objective of this work was to determine the effect of bioinoculants on the content of organic carbon, total nitrogen and the carbon / nitrogen ratio. According to the statistical analysis, it was observed that there were no significant difference ( $p = 0.05$ ) between the application of bioinoculants and the control without bioinoculants. With the application of *Aspergillus fumigatus* and *Bacillus subtilis*, the composting process was accelerated to 14 days.

Great temperature was reached when *A. fumigatus* was inoculated and acidification aswell, while major electrical conductivity was observed in bionoculants composed by *A. fumigatus* y *B. subtilis*. Major number of colony forming unids were represented by bacteria communities and fungal communities.

**Keywords:** Bioinoculants, biosupplies, organic carbon, total nitrogen, carbon/nitrogen relation.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### Introducción

En la Provincia de Tungurahua en la parroquia Montalvo existe una gran cantidad de criaderos de animales, especialmente de cuyes (*Cavia porcellus*). Esto brinda una oportunidad ideal para aprovechar los excrementos que se colectan de esta especie animal. A partir de ellas se puede desarrollar bioinsumos agrícolas como biofertilizantes, bioestimulantes y bioinoculantes. Este tipo de abono orgánico es de gran demanda para la fertilización de cultivos ya que proporciona mejores propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos de uso agrícola.

En los últimos años el incremento de residuos de cuyes se ha incrementado por la gran demanda de consumo en la zona centro del país. Esto ha generado varios inconvenientes referentes al manejo de este material lo cual ha sido un riesgo importante al no tener tratamiento los sobrantes y estos impactan negativamente el ambiente.

El presente trabajo tomando como base esta problemática pretende mediante el uso de bioinoculantes garantizar un manejo eficiente del exceso de estiércol lo cual permite el reciclaje, la reutilización y la elaboración de abonos orgánicos a partir de estos residuos. Esta última genera una alternativa viable que ha dado así paso a una agricultura orgánica más saludable con el entorno.

Para muchos agricultores no es de conocimiento el aprovechamiento de los residuos orgánicos por la falta de incentivación para la realización de dichos abonos. Si bien es cierto el proceso de compostaje es ciertamente largo por lo cual agricultores optan por no realizarlo y seguir con el empleo de los abonos químicos. Otro limitante para los agricultores es la falta

de información para formar estos dichos abonos y de los beneficios que brindan al suelo algunos abonos vegetales y animales **(Rodríguez y Curipallo 2011)**.

El compostaje es un tratamiento para los residuos orgánicos, que mediante la oxidación progresiva y regulada de la materia orgánica convierte tiene por objetivo convertir estos en un bioinsumo productivo y beneficioso (compost) aplicable al suelo como abono orgánico para la incorporación de nutrientes al suelo y el mejoramiento de sus propiedades. El compost, se utiliza comúnmente como mejorador del suelo en la agricultura, jardinería, huerto entre otros. Debido a que el compost se descompone aeróbicamente, con ello evitamos la formación de metano, un gas que posee un fuerte efecto invernadero, siendo uno de los gases que mayor aporte tiene en el aumento de la temperatura de nuestro planeta por el efecto invernadero. Además, al realizar este procedimiento (compostaje), la materia orgánica se transforma desde desechos orgánicos a bioproductos valiosos, con una adicional reducción de la contaminación y un incremento de la producción agrícola **(Román et al 2013)**.

El compost es un material orgánico que se obtiene como producto de la acción controlada de los microorganismos sobre residuos orgánicos tales como hojas, rastrojos, cáscaras, ramas, estiércoles. Con la adecuada humedad y temperatura, se asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas **(Ramos y Terry 2014)**.

Una alternativa para acelerar el proceso de compostaje es la adición de microorganismos. Según literatura se ha seleccionado dos tipos de microorganismos para la inoculación que serán un hongo y una bacteria. En el caso del hongo tenemos a *Aspergillus fumigatus* Fresen. que produce amilasas que degradan el almidón al igual produce proteasas, glucoamilasas y pectinasas. Y en el caso de las comunidades bacterianas tenemos a la especie *Bacillus subtilis* (Ehrenberg) Cohn. Este microorganismo produce enzimas extracelulares que descomponen polisacáridos, ácidos nucleicos y lípidos, permitiendo que el organismo emplee estos productos como fuentes de carbono y donadores de electrones. Algunas especies de *Bacillus*,

poseen capacidad enzimática para degradar diversos componentes de la pared celular de ciertos hongos (**Figueroa et al 2019**) (**Molina y Sanmartín 2016**).

En los suelos existe una gran biodiversidad que se expresa no solo en diferentes estructuras y tamaños sino también en diferentes funciones. Dentro de los principales grupos microbianos que mayor representatividad encontramos se destaca: virus, bacterias, hongos, algas, colémbolos, ácaros, lombrices, nematodos, hormigas y, por supuesto, las raíces vivas de las plantas superiores (Fassbender, 1982; Wild, 1992 citados) en (**Barrios y Sandoval 2018**). Las bacterias y los hongos pertenecientes al suelo son eslabones fundamentales para los ciclos biogeoquímicos que garantizan el reciclaje de nutrientes en los agroecosistemas, siendo responsables del ciclo de los compuestos orgánicos. En suelos cultivados las bacterias y los hongos representan la mayor parte de la biomasa microbiana total, aporta con más del 50% a la biomasa del suelo (**Valle et al. 2019**).

### **1.1. Antecedentes investigativos**

**Villena (2008)** en su investigación titulada: Evaluación de tres tipos de microorganismos eficientes “EM” inoculados en desechos orgánicos, para producir biofertilizantes y su aplicación en el cultivo de frejol; los abonos obtenidos por la descomposición de residuos orgánicos en presencia de los activadores de microorganismos eficientes (EM) ayudan a mejorar los contenidos de nutrientes ya que aumentan los rendimientos del suelo al ser incorporados en el cultivo de frejol, a la vez que aseguran mayor riqueza de microorganismos en la biomasa, generando un mayor incremento de temperatura del abono siendo de 39-40 °C con lo cual disminuye el tiempo de madurez de compostaje.

**Monje (1994)** en su investigación: Evaluación de la contaminación ambiental para la disposición final de los residuos sólidos. Menciona que el relleno sanitario y la producción de compost, ayuda a tratar los diversos problemas de contaminación generados por un inadecuado manejo de los residuos sólidos y propone como alternativa el aprovechamiento

de los mismos en la producción de compost, abono obtenido mediante la fermentación de la materia orgánica.

**Soria (1991)** en su investigación titulada: Elaboración y evaluación de abonos orgánicos obtenidos mediante el compostaje, manifestó que el método que dio mejores resultados fue el método aeróbico Pfeifer con el que se obtuvo un compost con mejores características, además indicó que el compostaje permite mejorar el uso de desechos que en ciertos casos pueden causar problemas de manejo de malezas invasoras.

**Palate (2002)** aseveró que en su investigación titulada: Evaluación de cuatro métodos para la elaboración de compost; el valor nutrimental del abono al comparar los resultados entre la exposición bajo cubierta plástica y a campo abierto, no se encontraron diferencias estadísticas significativas. Dentro de las condiciones bajo cubierta plástica, se observó que, con el método de compostaje primero, se obtuvo mayores contenidos de nitrógeno, fósforo y carbono, al igual que utilizando el inóculo comercial (Agro Plus sólido), alcanzando un mayor contenido de fósforo, azufre, carbono y zinc.

**Ramos y Terry (2014)** en su investigación titulada “GENERALIDADES DE LOS ABONOS ORGÁNICOS” indican que el compostaje es un proceso biológico que se lleva a cabo por participación de diversos microorganismos, por lo que, los factores que intervienen directamente en la actividad microbiana tendrán una relación directa sobre la transformación y calidad del compost producido. Los microorganismos, para reproducirse y progresar, deben desintegrar los residuos orgánicos para transformarlos en energía y sintetizar nuevo material celular. La energía puede generarse mediante la respiración en condiciones aeróbicas y a través de la fermentación en condiciones anaeróbicas. Los microorganismos presentes en el compostaje producen una serie de enzimas extracelulares como proteasas, amilasa, lipasa y otras que transforman las sustancias insolubles, convirtiéndolas en solubles y ser utilizados finalmente por estos como nutrimentos en el suelo donde serán colocados.

**FONAG (2010)** en su investigación titulada “Preparación de Abonos Orgánicos” Señaló que los abonos orgánicos son compuestos que se producen a partir de desechos de origen animal, vegetal o mixto que se aportan al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, químicas y biológicas. Entre estos desechos están los restos orgánicos de la explotación agropecuaria (estiércol) siendo así el de cuy; restos orgánicos del procesamiento de productos agrícolas; desechos domésticos, (basuras de vivienda, excretas). Esta clase de abonos no sólo aporta al suelo materiales nutritivos, sino que además influye favorablemente en la estructura del suelo.

**Barreros (2017)** en su investigación titulada “EFECTO DE LA RELACIÓN CARBONO/NITRÓGENO EN EL TIEMPO DE DESCOMPOSICIÓN DEL ABONO DE CUY (*Cavia porcellus*), ENRIQUECIDO.” indicó que la relación C/N no es un factor determinante en la descomposición del abono de cuy para lograr que se encuentre totalmente descompuesto o listo para su aplicación. Por otro lado, la conductividad eléctrica (CE) tiende generalmente a aumentar durante el proceso de compostaje debido a la mineralización de la materia orgánica, hecho que produce un aumento de la concentración de nutrientes.

**Quispe (2017)** en su investigación titulada “ELABORACIÓN DE COMPOST A PARTIR DEL ESTIÉRCOL DE CUY (*Calvia Porcellus*) Y SU APLICACIÓN EN LA COMUNA LUMBISÍ (SECTOR CUMBAYÁ)” El compostaje al ser un proceso aeróbico, el oxígeno es fundamental para que los microorganismos puedan realizar la descomposición, en esta investigación se examinó un nivel óptimo, evitando que se generen situaciones anaeróbicas que minimicen la velocidad de degradación de la materia orgánica agrícola, se evitarán malos olores y se reducirá la calidad del producto, por ello la aireación del compost toma un papel crucial en el desarrollo de la experimentación.

**Cherres y Naranjo (2013)** en su investigación titulada “APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS PARA ACELERAR LA TRANSFORMACIÓN DE DESECHOS ORGÁNICOS EN COMPOST” Los microorganismos como hongos, actinomicetos y bacterias bajo condiciones controladas pueden abastecer importantes cantidades de materia

orgánica a bajos costos para mejorar la productividad del suelo, la descomposición de estos residuos ocurre bajo condiciones de humedad y temperatura determinadas. Los residuos animales y vegetales en cambio son fertilizantes potenciales que aumentan el contenido orgánico de los suelos; estos materiales pueden ser mejorados mediante compostaje, el producto de la descomposición biológica de desperdicios o residuos orgánicos en condiciones controladas podrían abastecer importantes cantidades de materia orgánica a bajo costo para mejorar los suelos.

## **1.2 Categorías Fundamentales**

### **1.2.1 Abono orgánico**

Los abonos orgánicos son un proceso esencial en la Agricultura. El abono cuenta con varias funciones ya sea como un sustrato, cobertura (mulch) o el reemplazo de fertilizantes químicos. Así generando un sistema de producción limpia y amigable con el ambiente. **(Ramos y Terry 2014)**. Es muy importante recalcar los beneficios del abono orgánico entre ellos está mejorar la estructura del suelo, ayuda a la retención de agua, mejora la fertilidad del suelo y aporta con un gran contenido de nutrientes para suelo y planta **(López *et al* 2001)**.

El abono orgánico se obtiene a través de la descomposición de la materia orgánica, aquí intervienen lo que son los microorganismos, así transformando los nutrientes y facilitando la asimilación por la planta. Este proceso puede ser aerobio o con presencia de oxígeno y anaerobias con ausencia de oxígeno **(Ramos y Terry 2014)**

### **1.2.2 Materia orgánica**

La materia orgánica es un componente del suelo, proviene de la descomposición animal y vegetal entre ellas puede ser raíces muertas, hojas, estiércoles, plumas y restos de animales muertos y también la biomasa descompuesta de los propios microorganismos del suelo. También los microorganismos como bacterias, hongos y nematodos que aportan nutrientes es así como cambian de forma orgánica a inorgánica mediante el proceso de mineralización para ser aprovechadas por la planta **(Román *et al* 2013)**.

Los desechos animales aportan con gran contenido de Nitrógeno, Fósforo y Potasio a la planta, sin embargo, estos desechos deben tener un tratamiento previo. Si se incorpora directamente al suelo, la planta no lo asimila ya que su descomposición lleva un largo tiempo,

y a su vez se requiere cortar los ciclos de reproducción de microorganismos perjudiciales así evitando su multiplicación y la transferencia de sus propágulos a las plantas sanas, que son de uso alimenticio tanto para animales como para seres humanos con el fin de prevenir enfermedades (**Moreno y Moral 2008**).

### 1.2.3 Heces de Cuy

El estiércol de cuy es considerado uno de los mejores en calidad, basado en sus propiedades físicas y químicas. A su vez es un material de los más accesibles en el sector agrícola y de fácil recolección. Una tonelada de estiércol de cobayo contiene: 5 kg de nitrógeno, 2.5 kg de fósforo y 5 kg de potasio, estos valores fluctúan entre las condiciones que esté expuesta el estiércol (**Lozada 2013**).

La composición química de las heces de cuy depende de la alimentación

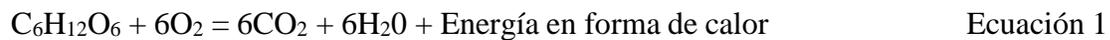
**Tabla 1** Composición química de las heces de cuy.

Composición Química de estiércol					
Especie Animal	Materia Seca %	N%	CaO %	MgO %	SO <sub>4</sub> %
Cuyes (f)	14	0.6	0.55	0.18	0.1

**Fuente: Lozada 2013.**

## 1.2.4 Compost

El compost es un proceso realizado con la presencia de oxígeno es ahí donde se aprovecha el Nitrógeno (N) y Carbono (C) para generar su propia biomasa, además los microorganismos generan calor y un sustrato sólido. La temperatura es uno de los factores más importantes en el proceso de compostaje (**Román et al 2013**). En la ecuación 1 se expresa la reacción de respiración producida durante el proceso de compostaje:



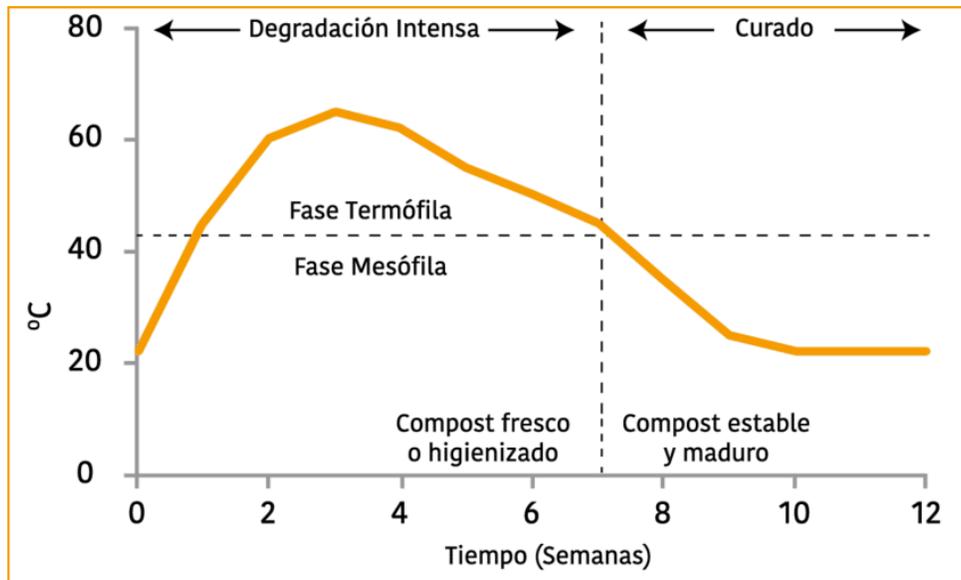
El propio calor generado por los microorganismos, incrementa la temperatura y con esto se acelera las actividades metabólicas (**Pachón y Vargas 2015**).

## 1.2.5 Factores que influyen en el Compostaje

### 1.2.5.1 Temperatura

En el proceso de compostaje la temperatura varía dependiendo de la actividad metabólica de los microorganismos inoculados. Al inicio del proceso de compostaje obtenemos una temperatura ambiente al paso de varios días esta aumenta hasta unos 65°C y al finalizar nuevamente se obtendrá una temperatura ambiente. Lo recomendable es que la temperatura se encuentre en un nivel alto para que la descomposición de los materiales orgánicos se acelere (**Román et al 2013**).

En la siguiente figura se muestran las fases por las cuales transita el compostaje (**Figura 1**).



**Figura 1** Fases del compostaje

**Fuente:** Estrada y Peña 2017.

- **Fase Mesófila**

Es la fase inicial del proceso de compostaje a una temperatura ambiente, debido al tiempo la temperatura va incrementando gracias a la actividad microbiana donde el C y N generan calor, en esta fase igual se puede observar que el pH baja hasta un 4.0 a 4.5. La temperatura en esta fase incrementa hasta los 42°C. La duración de esta fase es de aproximadamente 8 días (**Román et al 2013**).

- **Fase Termófila**

La temperatura alcanza los 45°C, la población de microorganismos son reemplazados por aquellos que soportan mayores temperaturas (termofílicos), quienes participan fundamentalmente en la descomposición de celulosa y lignina (**Román et al 2013**).

Los microorganismos termófilos modifican el nitrógeno en amoníaco por lo cual el pH va a subir. Desde los 60°C van desapareciendo bacterias contaminantes y patógenas como la *Escherichia coli* y *Salmonella spp*, así como los hongos fitopatógenos y varias semillas de malezas (**Román et al 2013**).

La temperatura se estabiliza en un 45°C a 65°C produciéndose una estabilización del compost (**Moreno y Moral 2008**).

- **Fase de Enfriamiento o maduración**

En ausencia de Carbono y Nitrógeno en el compost, la temperatura disminuye en un rango de 40-45°C, es notable la aparición de hongos que continúan con la degradación de celulosa y el pH se mantiene en alcalino (**Román et al 2013**). Las bacterias cumplen un gran rol en la oxidación de hidrógeno, amonio, nitrito y sulfuros así obtenemos la degradación y estabilización final de la materia orgánica (**Moreno y Moral 2008**).

### **1.2.5.2 Humedad**

El compost es un proceso microbiológico donde se degrada el material orgánico. La humedad es el factor más importante para que ocurra esta descomposición, la presencia de agua es el medio de transporte de sustancias que son alimento para las células (**Márquez et al 2008**).

Cuando existe carencia de agua el tiempo en descomponerse se ralentiza, ya que sin agua no aumenta la temperatura y los microorganismos no podrán realizar normalmente sus actividades metabólicas. Para que todo el compost se encuentre con el mismo nivel de humedad se realiza un volteo adecuado (**Barrena 2006**).

Cuando la humedad de la pila de compostaje está por debajo del 45% se valora como una humedad insuficiente y se detiene el proceso de descomposición, por otra parte, cuando la pila tiene una humedad mayor al 60% se considera que existe un exceso de agua, que puede ocasionar anaerobiosis. Es por ello que el rango ideal de humedad debe estar en el rango de 45% a 60% donde se logra una excelente descomposición (**Barcenes 2015**).

### **1.2.5.3 pH**

El pH es el parámetro donde se define el crecimiento y la multiplicación de los microorganismos. El valor óptimo para un compostaje se encuentra entre 5.5 - 7.0. El pH depende de los microorganismos que interactúan, en el caso de las bacterias prefieren un pH neutro, mientras que los hongos se desarrollan en un medio ligeramente ácido (**Robles 2015**).

En los primeros días del proceso de compostaje, el pH se acidifica por la producción de ácidos orgánicos y CO<sub>2</sub>, favoreciendo al crecimiento de hongos (5.5 - 8), a esto se le llama la fase acidogénica. Mientras que en la fase termofílica ocurre la conversión de amonio en amoníaco, consiguiendo así la degradación de aminos procedentes de proteínas y bases nitrogenadas incluidas en la materia orgánica, por este motivo se da un incremento en el pH y así las bacterias retoman sus actividades a esta fase se la llama alcalinización. La fase de Maduración, ocurre la liberación de Nitrógeno y éste es aprovechado por los microorganismos para su crecimiento. Por último, se encuentra la fase estacionaria es donde el pH se encuentra en su neutralidad (**Román et al 2013**) (**Robles 2015**).

#### **1.2.5.4 Relación Carbono-Nitrógeno (C:N)**

La relación C:N influye en la aceleración del proceso de compostaje y pérdida de amoníaco; lo óptimo se encuentra en un rango de 15:1-35:1; la relación varía de acuerdo a los materiales incorporados en la composta y se calcula al dividir el contenido de Carbono ( C ) para el contenido de Nitrógeno ( N ) (**Román et al 2013**).

Cuando la relación C:N es mayor de 40 la actividad microbiana disminuye, debido a la baja disponibilidad de Nitrógeno para la síntesis de proteínas y el proceso se ralentiza. En caso contrario cuando la relación C:N es baja, existe un desprendimiento de Amonio debido al exceso de Nitrógeno y el proceso aumenta en temperaturas excesivas y ocasionando malos olores, para solucionar esto se debe incorporar materiales ricos en Carbono como hojas secas (**Quishpe 2017**)(**Román et al 2013**).

#### **1.2.5.5 Aireación**

Su función es el aporte de oxígeno al compost, permitiendo así un control de la temperatura, salida de CO<sub>2</sub> y otros gases que genera la degradación de la materia orgánica (**Fallas 2016**). Cuando existe mínima aireación, los microorganismos aerobios se sustituyen por los anaerobios, conllevando así una descomposición lenta, aparición de sulfuro de amonio y generando malos olores. En el caso de excesiva aireación provoca una desecación de la materia orgánica y por ende reduce la actividad microbiana. Las condiciones óptimas de oxígeno en el compost deben estar en el rango de 15 al 20% (**Fallas 2016**) (**Chandler et al 2008**).

### **1.2.6 Microorganismos**

Los microorganismos conforman el grupo de mayor diversidad en el planeta, en el suelo existen poblaciones de 100 a 2000 millones por gramo de suelo. Son importantes en procesos ecológicos y responsables de la descomposición de materia orgánica.

Los suelos contienen una amplia variedad de formas biológicas, con tamaños muy diferentes, como los virus, bacterias, hongos, algas, colémbolos, ácaros, lombrices, nematodos, hormigas y, por supuesto, las raíces vivas de las plantas superiores (Fassbender, 1982; Wild, 1992 citados) en **(Barrios y Sandoval 2018)**.

Las bacterias y los hongos pertenecientes al suelo son eslabones fundamentales para los ciclos biogeoquímicos, siendo responsables del ciclo de los compuestos orgánicos. En suelos cultivados los hongos constituyen la mayor parte de la biomasa microbiana total, aporta con más del 50% a la biomasa del suelo **(Valle *et al* 2019)**.

### **1.2.7 Conteo de Microorganismos**

Al ser tan importantes para el funcionamiento de los sistemas biológicos y el mantenimiento de la vida, se requiere cultivarlos y estudiarlos, para su posterior observación, e identificación mediante pruebas morfológicas, bioquímicas y/o moleculares, por esta razón se realiza el aislamiento de microorganismos en diferentes medios, con condiciones distintas, etc **(Álvarez *et al* 2018)**.

Existen varios métodos para el aislamiento y conteo de microorganismos, siendo posible usar diferentes estrategias como: diluciones seriadas y siembra en medios de cultivos, uso de medios selectivos y diferenciales, generalmente diseñados en base al requerimiento particular

de cada grupo microbiano. Para facilitar y mejorar el proceso generalmente se combinan estas estrategias (**Álvarez *et al* 2018**).

La cuantificación de microorganismos es un elemento crítico en los estudios de ecología microbiana. No solo es importante conocer al responsable de un efecto benéfico o identificar al microorganismo potencial de causar alguna infección severa, sino también es importante saber el número de microorganismos implicados, para establecer si éstos serán capaces de desarrollar una función benéfica o perjudicial (**Corral *et al* 2012**).

El recuento en placa consiste en realizar diluciones seriadas 1:10 y extender 100µl de cada dilución en una placa; las placas se incuban hasta que las colonias son apreciables para su recuento, aunque solo de la porción de microorganismos que son cultivables. Esta metodología tiene la ventaja de tener un buen límite de detección, sin embargo, consume mucho tiempo durante los plaqueos; en el caso de realizar el recuento de bacterias a partir de muestras cuya población se desconoce se requiere realizar el extendido de 7 diluciones y la muestra original (para cada conteo) (**Corral *et al* 2012**).

Para poder calcular el número de unidades formadoras de colonias (UFC/ml) en cada una de las muestras, se registra el número de colonias obtenidas y se multiplica por el factor de dilución asumiendo que una colonia es igual a una UFC/ml (**Camacho *et al* 2009**).

### **1.2.8 Bacterias**

Existen algunas bacterias que se asocian con la raíz de las plantas. En algunos casos la asociación es del tipo simbiótica donde ambos sacan provecho de la misma. Algunos ejemplos de estas relaciones pueden ser algunas especies que se utilizan como biofertilizantes (bacterias fijadoras simbióticas de nitrógeno). También existen algunas especies bacterianas que

pueden servir como agentes de control biológico de patógenos. Algunas bacterias heterótrofas (se alimentan de compuestos orgánicos), aerobias (crecen en presencia de oxígeno) y mesófilas (se desarrollan a temperaturas medias es decir de 15 a 40°C) pueden ser de gran utilidad en el reciclaje de compuestos orgánicos (**Felipe 2004**).

Las bacterias descomponedores conforman entre el 80 y 90% de microorganismos benéficos presentes en el compost, usan sus enzimas para la degradación de materia orgánica. Entre las principales bacterias en la biodigestión están *Escherichia coli*; *Treponema*; *Streptococcus*, entre otras (**Rivera 2018**).

### **1.2.9 *Bacillus subtilis***

#### **1.2.9.1 Morfología y Características**

*B. subtilis* es una bacteria aeróbica y anaeróbica, Gram positiva. Produce endosporas con una estructura oval o cilíndrica, la cual le permite resistir condiciones desfavorables en el ambiente. Es una bacteria móvil ya que posee flagelos laterales y su propagación se presenta en medios húmedos. En el medio de cultivo presentan una coloración blanquecina, sus colonias son grandes e irregulares (**Cobo 2017**).

La bacteria *B. subtilis* tiene la característica de generar endosporas que le ayuda a controlar ciertas enfermedades en la planta, está produce un antibiótico contra los hongos como la Bacitracina -A (**Caicedo y Chacón 2017**).

Uno de los papeles más importante de *B. subtilis* es que se encarga de sintetizar fitohormonas entre ellas el ácido indolacético, ácido abscísico, giberelinas y citoquininas, para fomentar el crecimiento de la raíz y generar un mayor número de pelos radiculares, debido que esta

bacteria es considerada una especie bacteriana promotora del crecimiento vegetal. A su vez mejora la germinación de algunas semillas y favorece el vigor de las plántulas (**Caicedo y Chacón 2017**).

### 1.2.9.2 Taxonomía

**Tabla 2** Clasificación Taxonómica de la bacteria *B. subtilis*

TAXONOMÍA	
Dominio:	Bacteria
Filo:	Firmicutes
Clase:	Bacilli
Orden:	Bacillales
Familia:	Bacillaceae
Género:	<i>Bacillus</i>
Especie:	<i>Bacillus subtilis</i>

Tomado de **Caicedo y Chacón 2017**

### 1.2.10 Hongos

Los hongos constituyen una parte importante en la biomasa microbiana del suelo, su función es descomponer minerales y pueden utilizar algunos exudados emitidos por las raíces de las plantas como fuente de carbono y nitrógeno (**Barrios y Sandoval 2018**).

Son fundamentales en una agricultura sustentable, en el suelo existe una gran diversidad de hongos, por ende, mejoran la estructura física del suelo y controlan los patógenos que afectan a las plantas (**Barrios y Sandoval 2018**).

Los hongos generalmente se encuentran en las raíces de las plantas, ya que se aprovechan de las exudaciones que emiten, sus compuestos importantes son los azúcares, aminoácidos, enzimas, vitaminas y nucleótidos (**Bastidas et al 2009**)

Entre las funciones importantes del Reino Fungi en la Agronomía son: descomponedores de materia orgánica en el suelo, movilizar los nutrientes de Suelo – Planta, mejorar las condiciones físicas del suelo, solubilizar fosfatos y como agentes de control biológico de patógenos de Plantas (**Oliveros et al 2009**)

### ***1.2.11 Aspergillus fumigatus***

#### **Morfología y Características**

El género *Aspergillus* es un hongo filamentoso, se desarrolla en cualquier tipo de sustrato. Su temperatura óptima de crecimiento se encuentra en un rango de 6°C a 55°C, y a una Humedad Relativa baja (**Latgé 1999**)

Existen varias especies de *Aspergillus* unas de ellas actúan como patógenos en el hombre como animales, otras especies tienen un gran valor en el sector agrícola. En la agronomía el género *Aspergillus* tiene una excelente adaptación a tejidos vegetales y a las heces o tejidos animales en descomposición, ayudando así a la degradación de los mismos convirtiéndolos en compuestos nutritivos para suelo y planta (**Latgé 1999**)

*A. fumigatus* tiene la característica de crecimiento rápido, tienen una textura algodonosa generalmente presenta una coloración azul verdoso o grisáceo (**Salazar y León 2012**). El uso de *A. fumigatus* en el proceso de descomposición de materia orgánica no posee un impacto negativo al hombre (**Díaz et al 2017**).

## Taxonomía

En la tabla 3 se puede apreciar la ubicación taxonómica de *A. fumigatus*.

**Tabla 3** Clasificación Taxonómica de *A. fumigatus*.

TAXONOMÍA	
Dominio:	Eukarya
Reino:	Fungi
Filo:	Ascomycota
Clase:	Eurotiomycetes
Orden:	Eurotiales
Familia:	Trichocomaceae
Género:	<i>Aspergillus</i>
Especie:	<i>Aspergillus fumigatus</i>

## CAPÍTULO II

### HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

#### 2.1 HIPÓTESIS

La incorporación de bioinoculantes como *B. subtilis* y *A. fumigatus* pueden acelerar la descomposición de la materia orgánica y con ello reducir el tiempo en la producción de compost.

#### 2.2 OBJETIVOS

##### 2.2.1 Objetivo General

Determinar el efecto de bioinoculantes de *B. subtilis* y *A. fumigatus* sobre el proceso de compostaje mediante la medición de la temperatura, pH y conductividad eléctrica y el número de unidades formadoras de colonias de hongos y bacterias.

##### 2.2.2 Objetivos específicos

Inocular *B. subtilis* y *A. fumigatus* para acelerar la descomposición de materiales orgánicos en la elaboración de compost.

Determinar la temperatura, pH y conductividad eléctrica de los tratamientos durante el compostaje.

Estimar las unidades formadoras de colonias de hongos y bacterias en los tratamientos experimentales al final del compostaje.

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y METODOLOGÍA**

#### **3.1 Ubicación del experimento**

El trabajo de investigación se realizó en los predios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, ubicada en el cantón Cevallos, provincia de Tungurahua. Sus coordenadas geográficas son 01°21'02'' de latitud Sur y 78° 20' 36'' de longitud Oeste, con una altitud de 2.865 msnm.

#### **3.2 Caracterización del lugar**

##### **3.2.1 Clima**

En esta localidad el clima se caracteriza por abundante lluvia, incluso en el mes más seco. La temperatura promedio en Ambato es de 14.6 °C. La precipitación es de 504 mm al año.

##### **3.2.2 Suelo**

Es un suelo franco arenoso, ligeramente alcalino, apto para el cultivo de frutales, hortalizas, legumbres y flores. Cevallos se encuentra en una zona andina, tiene una forma accidentada y diversidad de suelos, podemos afirmar que existen suelos predominantemente derivados de materiales piroclásticos, alofánicos, francos arenosos. En la zona alta, de Cevallos, hay suelos poco profundos, erosionados, sobre una capa dura cementada.

### **3.2.3 Agua**

El agua que se emplea en la Granja Experimental Docente Querochaca proviene del canal Ambato-Huachi-Pelileo, que posee un pH aproximado de 7,78 y una conductividad eléctrica de 321,5 umhos/cm.

## **3.3 Equipos y materiales**

### **3.3.1 Materiales usados en las Composteras**

- Cajas de madera de 40 \* 40cm.
- Pala jardinera.
- Rastrillo jardinero.
- Regadera.
- Suelo Negro.
- Abono Orgánico (Cuy).
- Agua.
- Plástico Negro (3m).

### **3.3.2 Microorganismos**

- Producto Comercial ASPER-G formulado a base de *A. fumigatus*.
- Producto Comercial BACILUX formulado a base de *B. subtilis*.

### **3.3.3 Equipos**

- Balanza.
- Equipo multiparamétrico HANNA.
- HIGROSENS.

### 3.3.4 Materiales usados en el conteo de microorganismos

- Agua destilada.
- Tubos de ensayo.
- Gradilla.
- Muestras de suelo.
- Balanza.
- Cucharas.
- Papel aluminio.
- Jeringuillas.
- Marcador permanente.
- Frascos de vidrio.
- PDA.
- Agar nutriente.
- Vaso de precipitación.
- Cajas Petri.
- Autoclave /olla de presión.
- Embudo.
- Cepillo para tubos de ensayo.
- Detergente.
- Alcohol.
- Toallas absorbentes.
- Libreta de apuntes.
- Esfero.
- Cámara fotográfica.

### 3.4 Factores en estudio

Los factores de estudio que esta investigación se van a tomar en cuenta son los siguientes:

#### 3.4.1 Bioinoculantes

- Producto Comercial ASPER-G (*A. fumigatus*).
- Producto Comercial BACILUX (*B. subtilis*).

### 3.5 Variables

- Temperatura.
- Conductividad eléctrica.
- pH.
- Relación C/N
- Unidades formadoras de colonias de hongos.
- Unidades formadoras de colonias de bacteria

### 3.6 Tratamientos

**Tabla 4** Tratamientos investigativos

N°	Símbolo	ABONO	BIOINOCULANTES	DOSIS
1	B1	Abono de cuy	Bacteria	2,4 ml
2	H1	Abono de cuy	Hongo	2,4 ml
3	BH1	Abono de cuy	Bacteria y hongo	4,8 ml
4	T	Testigo		

### 3.7 Manejo del experimento

#### 3.7.1 Instalación de las composteras

Para el manejo de las composteras se utilizaron 20 m<sup>2</sup> de una franja de invernadero de estructura metálica ubicado en los predios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UTA. Semanalmente se realizaron los mantenimientos correspondientes para garantizar las condiciones experimentales.

### **3.7.2 Determinación del pH**

Se pesaron 10 g de compost en cada tratamiento. La muestra de suelo se colocó en un vaso de precipitado de 250 mL. Se agregaron 100 mL de agua destilada. Se agitó la mezcla con una varilla de vidrio durante 1 minuto. Se dejó reposar la mezcla durante 10 minutos y para determinar el pH se utilizó el medidor multiparamétrico HI 9828.

### **3.7.3 Determinación de la temperatura**

Para la determinación de la temperatura se utilizó el equipo portátil y compacto HI 99121 el cual ha sido diseñado para la medición directa del pH y la temperatura del suelo. Las mediciones se realizaron a los 21 días posteriores al montaje del ensayo.

### **3.7.4 Determinación de la conductividad eléctrica**

Se pesaron 20 gramos de cada muestra de sustrato. Se añadieron a continuación 100 ml de agua a una temperatura aproximada de 20 °C (+/- 1 °C). Se agitó vigorosamente durante 30 minutos. Posteriormente se filtraron las muestras a través de papel de filtro Whatman. Con un conductímetro portátil (HI993310, Hanna) con una sonda para mediciones directas se determinó la conductividad eléctrica.

### **3.7.5 conteo de microorganismos**

Una vez que el compost arribó a la fase de maduración y cosecha se recolectaron muestras de cada tratamiento y se colocaron en fundas Ziploc, mismas que fueron etiquetadas y trasladadas en un Cooler al laboratorio de microbiología (**Figura 2**).



**Figura 2.** Muestras de los tratamientos compostados en fase de maduración y colocados en bolsa de Ziploc.

En el laboratorio de microbiología las muestras fueron secadas y tamizadas a través de un tamiz de 2 mm de grosor las aberturas de la malla. Con esa muestra se procedió a realizar las diluciones seriadas y para el conteo de hongos en cajas de Petri se utilizó el medio de cultivo PDA (Difco) mientras que para las bacterias se utilizó el medio de cultivo Agar nutriente (**Figura 3**).



**Figura 3.** Dispensación de medios de cultivo en condiciones de cabina de flujo laminar

A continuación, pesamos 1g de suelo por cada muestra en cada tubo para poder hacer las diluciones, con ayuda de un embudo colocamos el suelo dentro de un tubo de ensayo debidamente etiquetado.



**Figura 4.** Pesaje de las muestras de cada tratamiento experimental.

Para hongos usaremos una dilución hasta desde  $10^{-4}$  hasta  $10^{-6}$  y para las bacterias hasta una dilución de  $10^{-10}$ , usando en total 10 tubos de ensayo por muestra. Se colocó 1 gramo de suelo en cada tubo, luego se añadieron 9 ml de agua desionizada estéril y se agitaron durante 1 minuto manualmente y posteriormente se dejaron reposar durante 30 minutos (Figura 5).



**Figura 5** Tubos utilizados para las diluciones seriadas.

Para los hongos colocamos 5 tubos de ensayo en la gradilla para realizar las diluciones, en el tubo de ensayo con el gramo de suelo colocamos 9ml de agua destilada estéril al ambiente ( $10^{-1}$ ), agitamos durante 1 minuto para homogeneizar la muestra. Con ayuda de la jeringuilla tomamos 1 ml de agua del tubo y la colocamos en el siguiente ( $10^{-2}$ ), agitamos y repetimos el procedimiento hasta alcanzar la dilución  $10^{-5}$ . Para el caso de las bacterias completamos las diluciones hasta llegar a  $10^{-10}$  (**Figura 6**).



**Figura 6** Realización de las diluciones en gradillas que contenía los tubos de ensayo y sus diluciones seriadas.

Se tomó una caja Petri por cada tubo que se iba a sembrar, en el caso de hongos se usaron las diluciones de  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$  y  $10^{-5}$ , para bacterias los tubos con las diluciones de  $10^{-8}$ ,  $10^{-9}$  y  $10^{-10}$ , se vertió con cuidado el agua que se encuentra en el tubo hasta cubrir la superficie de la placa Petri. Dejamos reposar 20 segundos el agua y el agua en exceso se decantó en un vaso de precipitación y fue desechada.

Las cajas Petri fueron selladas con Parafilm y se colocaron de forma vertical para que eliminaran el exceso de humedad en el borde inferior. Dejamos reposar durante 5 días para poder realizar el conteo.

### **3.8 Diseño experimental**

Para la evaluación se planteó un diseño experimental Completamente al azar (DCA) donde se incluyeron 3 tratamientos y 1 control, cada uno de los tratamientos con tres repeticiones y rangos de significación utilizando la prueba de Tukey al 5% con 10 repeticiones.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### **Inoculación de *B. subtilis* y *A. fumigatus* para acelerar la descomposición de materiales orgánicos en la elaboración de compost.**

Cuando se aplicó *A. fumigatus* + *B. subtilis* se logró observar una maduración anticipada de aproximadamente 14 días en relación al resto de los tratamientos incluyendo el control. Los hongos filamentosos son muy diversos y se relacionan con el compostaje, pues aseguran la degradación aeróbica de la materia orgánica debido a que poseen actividad enzimática del tipo lignocelulolítica. Los hongos forman parte del microbiota autóctono del suelo y están implicados en procesos de degradación y solubilización de compuestos orgánicos complejos y compuestos inorgánicos (Méndez *et al* 2018).

Las bacterias asimismo representaron al grupo microbiano más abundante y diverso del proceso de compostaje donde la diversidad está entre el 80% y el 90% de los microorganismos del compost. Las bacterias poseen una gran diversidad metabólica expresada en una gran diversidad de enzimas que degradan una gran variedad de compuestos orgánicos. Dentro de las bacterias aeróbicas se destacan *P. fluorescentes*, *B. subtilis*, además de participar en los procesos de compostaje también pueden ser eficientes agentes biocontroladores de patógenos de plantas (Zhao *et al* 2019).

En relación con el contenido de carbono orgánico, nitrógeno total y relación carbono/nitrógeno no existieron diferencias estadísticas entre los bioinoculantes aplicados y el control sin bioinoculantes. Este resultado nos indicó que los bioinoculantes pueden acelerar el proceso de compostaje, pero no alteran dichos parámetros (tabla).

**Tabla 5** Efecto de bioinoculantes sobre contenido de carbono orgánico, nitrógeno total y relación carbono/nitrógeno

<b>Tratamientos</b>	<b>Carbono orgánico % (Walkey y Black, 1934)</b>	<b>Nitrógeno total (Nt) % (Método Kjeldahl)</b>	<b>Relación C:N</b>
<i>A. fumigatus</i>	13,02	0,78	16,78
<i>B. subtilis</i>	12,46	0,89	13,95
<i>A. fumigatus</i> + <i>B. subtilis</i>	14,40	0,96	15,14
<b>Control</b>	14,44	0,96	15,08

### 3.2 Determinación de la temperatura, pH y conductividad eléctrica de los tratamientos de compostaje.

La mayor temperatura a los 42 días se alcanzó en el tratamiento donde se aplicó el bioinoculante formulado a base de *A. fumigatus*. Este resultado pudo deberse a que en las primeras etapas de composteo los hongos generalmente tienen mayores actividades enzimáticas para degradar compuestos orgánicos complejos como los carbohidratos, la celulosa entre otros. En estas primeras etapas la actividad metabólica de los hongos filamentosos tiende a ser superior a la de las bacterias (**Tabla 6**).

Similar a nuestros resultados **Irawan et al. (2019)** demostraron que el compost puede acelerarse debido a la actividad celulítica de *A. fumigatus* el cual ejerce un efecto óptimo para incrementar la velocidad del proceso de compostaje.

Por otra parte, a los 95 días tanto el tratamiento con *A. fumigatus* como con *B. subtilis* alcanzaron la mayor temperatura sin diferencias estadísticas entre ambos tratamientos. Sin embargo *A. fumigatus* logró alcanzar diferencias estadísticas respecto al control mientras *B. subtilis* no tuvo diferencias respecto al control (**Tabla 6**).

**Nawawi et al. (2017)** explicaron que *B. subtilis* desarrolló una excelente actividad xilanolítica, pectinolítica y celulolítica, lo cual lo convierte en un excelente candidato para el composteo de materia orgánica del desecho de frutas y otros restos orgánicos.

**Tabla 6** Registro de la temperatura los 42 y 95 días posterior al montaje de las cajas de composteras.

Tratamientos	Temperatura	
	A los 42 días	A los 95 días
<i>A. fumigatus</i>	26,06 a	43,13 a
<i>B. subtilis</i>	20,36 b	41,67 ab
<i>A. fumigatus</i> + <i>B. subtilis</i>	20,31 b	39,32 c
Control	20,13 b	39,94 bc
Error estándar	0,30	0,324

En relación al pH a los 22 días el pH fue más ácido en las cajas donde se inoculó *A. fumigatus*. Sin embargo, el pH fue más alcalino en las cajas que contenían la mezcla de *Aspergillus fumigatus* + *Bacillus subtilis* así como en el control sin bioinoculantes. Asimismo, a los y días en los tratamientos *B. subtilis* y *A. fumigatus* + *B. subtilis* fue donde mayor alcalinidad se alcanzó y esto pudo deberse a que fundamentalmente los consorcios bacterianos en esta

etapa del composteo tienen una mayor participación y por ende modifican el pH hacia la alcalinidad (**Tabla 7**).

**Ma et al. (2019)** manifestaron que los hongos acidifican el compost. Por otra parte, **Fan et al. (2004)** indicaron que las comunidades bacterianas que participan en el proceso de compostaje a partir de estiércol animal provocan un incremento en el pH del producto obtenido.

Por otra parte, en los tratamientos *B. subtilis* y *A. fumigatus* + *B. subtilis* fue donde mayor conductividad eléctrica se observó lo cual pudo deberse a que en estos tratamientos con mayor carga microbiana administrada, pudo acelerar la tasa de mineralización de la materia orgánica e incrementar la conductividad eléctrica. Sin embargo, a los y días se apreció la mayor conductividad a las cajas donde se había inoculado *A. fumigatus* lo cual puede justificarse al amplio rango de condiciones donde este hongo puede desarrollar su actividad descomponedora y a su amplia capacidad de producción de ácidos orgánicos que ejercen un papel fundamental en la solubilización de diferentes compuestos minerales presentes en los abonos de cuy (**Tabla 7**).

Similares resultados fueron obtenidos por **Vassile et al. (1996)** demostraron como *A. fumigatus* es una especie fúngica que ayuda al proceso de mineralización de la materia orgánica. Similarmente **Duan et al. (2020)** también demostraron que *B. subtilis* es una especie bacteriana que contribuye con la mineralización de la materia orgánica y la solubilización de compuestos minerales durante el compostaje.

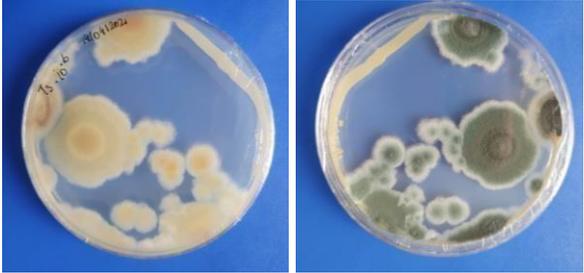
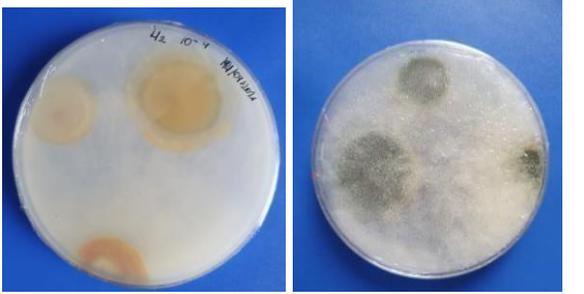
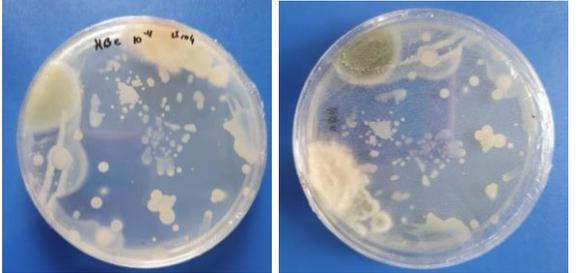
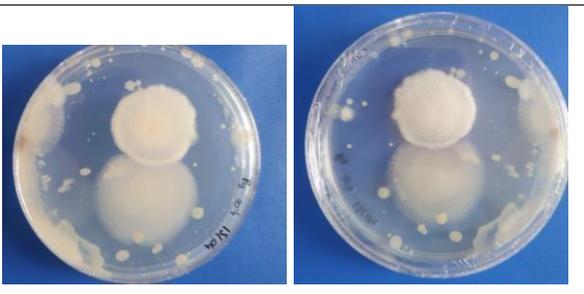
**Tabla 7** Evaluación de parámetros físicos y químicos de sustratos a los cuales se les adicionaron diferentes bioinoculantes a los días posterior a la inoculación.

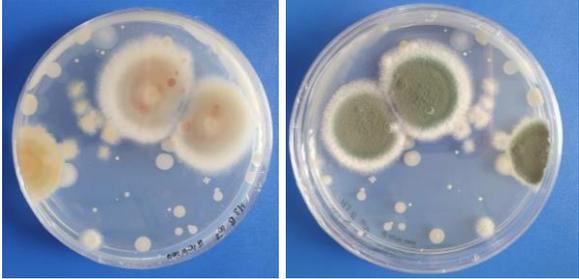
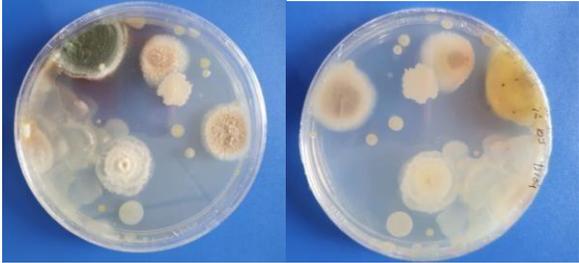
Tratamientos	A los 22 días		A los 95 días	
	pH	Conductividad eléctrica	pH	Conductividad eléctrica
<i>A. fumigatus</i>	6.92 c	1037.94 b	7,13 b	1762,50 a
<i>B. subtilis</i>	6.94 bc	1560.17 a	7,82 a	1388,17 b
<i>A. fumigatus</i> + <i>B. subtilis</i>	7.12 a	1410.50 a	7,71 a	1408,11 b
Control	6.96 a	1139.56 b	7,21 b	1325,50 b
Error estándar	1.07	38.87	0,039	34,74

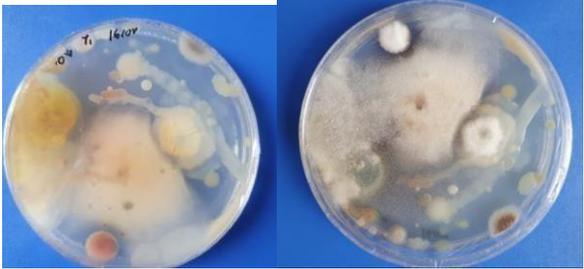
### 3.3 Estimación de las unidades formadoras de colonias de hongos y bacterias en los tratamientos experimentales al final del compostaje.

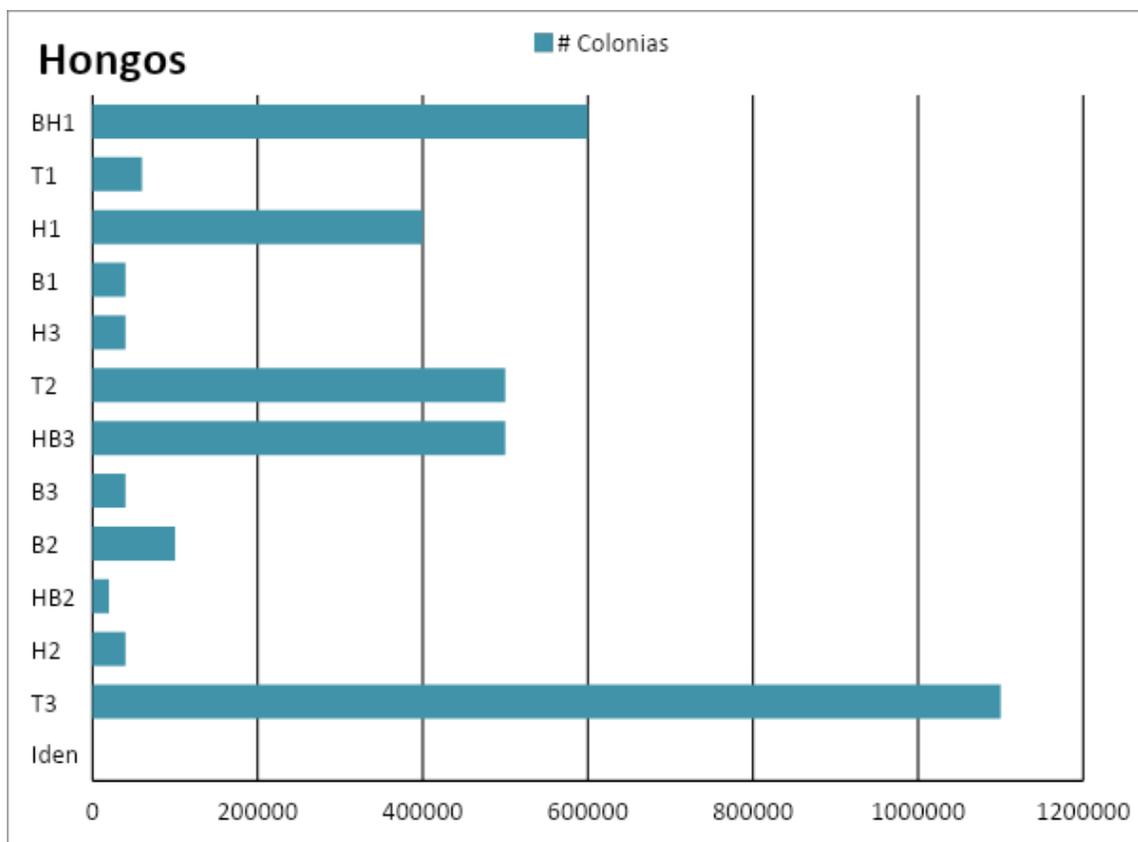
La mayor cantidad de unidades formadoras de colonias se estimaron en los tratamientos T3, B2, HB3, T2 y Bh1 donde se alcanzó el factor de  $10^5$  mientras que en los tratamientos H2, HB2, B3, H3, B1 y T1 lograron un factor de  $10^4$  (tabla). En relación con dichos resultados podemos indicar que las poblaciones de hongos filamentosos viables crecidos en las cajas de Petri tuvieron representatividad de los siguientes géneros de hongos: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Humicola*, *Trichoderma* y *Rhizopus*. También junto a los hongos filamentosos se apreciaron colonias de levaduras y de actinomicetos (**Tabla 8 & Figura 7**).

**Tabla 8** Conteo de hongos a partir de muestras de suelo

Código	Conteo	Resultado	Imágenes	
<b>T3</b>	<b>ufc= 11 x 10<sup>4</sup></b>	110 000		
<b>H2</b>	<b>ufc= 4 x 10<sup>4</sup></b>	40 000		
<b>HB2</b>	<b>ufc= 2 x 10<sup>4</sup></b>	20 000		
<b>B2</b>	<b>ufc= 10 x 10<sup>4</sup></b>	100 000		
<b>B3</b>	<b>ufc= 4 x 10<sup>4</sup></b>	40 000		

<b>HB3</b>	<b>ufc= 5 x 10<sup>5</sup></b>	500 000	
<b>T2</b>	<b>ufc= 5 x 10<sup>5</sup></b>	500 000	
<b>H3</b>	<b>ufc= 4 x 10<sup>4</sup></b>	40 000	
<b>B1</b>	<b>ufc= 4 x 10<sup>4</sup></b>	40 000	
<b>H1</b>	<b>ufc= 4 x 10<sup>5</sup></b>	400 000	

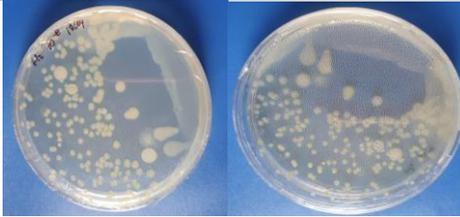
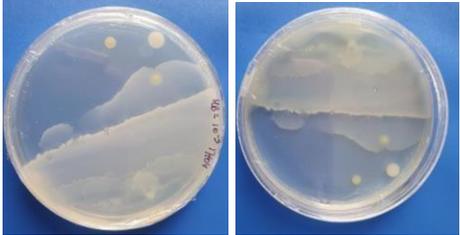
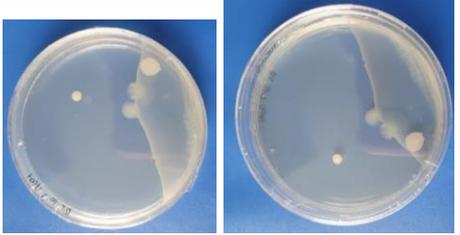
<b>T1</b>	<b>ufc= <math>6 \times 10^4</math></b>	60 000	
<b>BH1</b>	<b>ufc= <math>6 \times 10^5</math></b>	600 000	

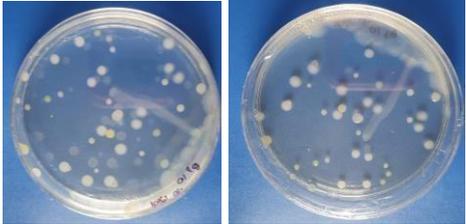
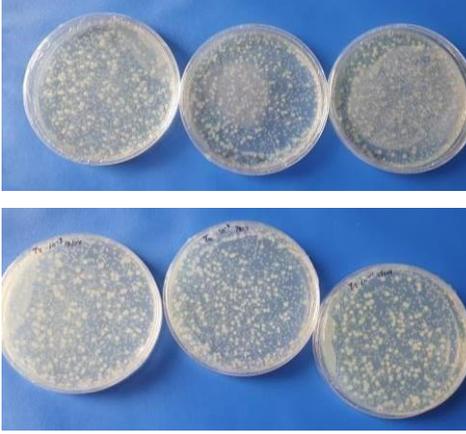
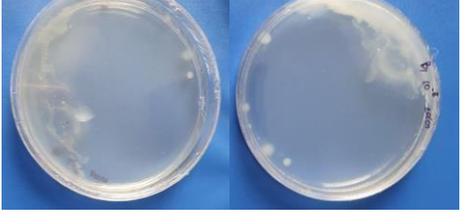


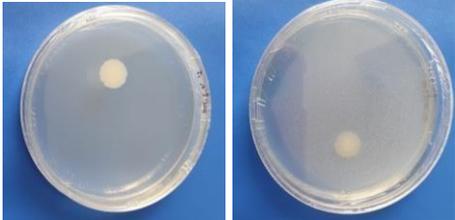
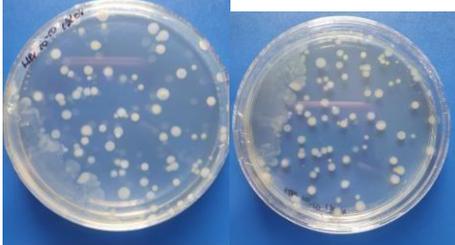
**Figura 7** Gráfico de distribución de frecuencia donde se aprecia la riqueza de unidades formadoras de colonias fúngicas por cada tratamiento experimental del compostaje

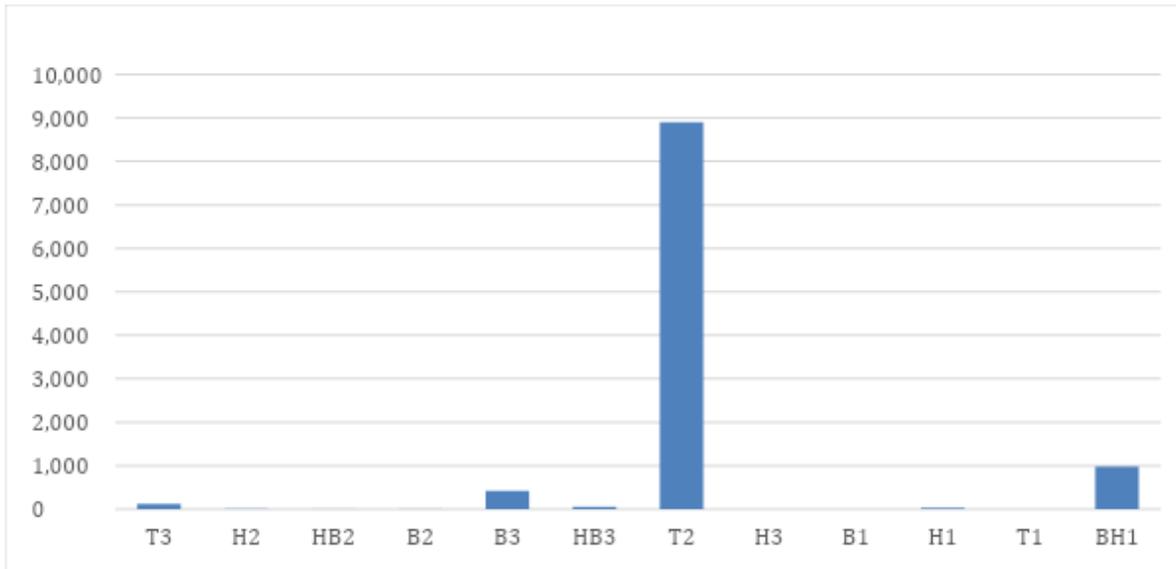
En relación con el conteo de unidades formadoras de colonias bacterianas se determinó que el tratamiento donde mayor cantidad se estimó fue en T2 que alcanzó un factor de  $10^{12}$ . La mayor parte del resto de los tratamientos mostraron valores  $10^9$  (**Tabla 9 & Figura 8**)

**Tabla 9** Conteo de bacterias a partir de muestras de los tratamientos experimentales en compostaje.

Código	Conteo	Resultado	Imágenes
T3	ufc= $1,2 \times 10^{11}$	120 000 000 000	
H2	ufc= $8,6 \times 10^9$	8 600 000 000	
HB2	ufc= $3 \times 10^9$	3 000 000 000	
B2	ufc= $4 \times 10^9$	4 000 000 000	

<b>B3</b>	<b>ufc= 4,2 x 10<sup>11</sup></b>	420 000 000 000	
<b>HB3</b>	<b>ufc= 5,3 x 10<sup>10</sup></b>	53 000 000 000	
<b>T2</b>	<b>ufc= 8,9 x 10<sup>12</sup></b>	8 900 000 000 000	
<b>H3</b>	<b>ufc= 14 x 10<sup>8</sup></b>	1 400 000 000	
<b>B1</b>	<b>ufc= 10 x 10<sup>8</sup></b>	1 000 000 000	
<b>H1</b>	<b>ufc= 280 x 10<sup>8</sup></b>	28 000 000 000	

<b>T1</b>	<b>ufc= <math>1 \times 10^9</math></b>	1 000 000 000	
<b>BH1</b>	<b>ufc= <math>98 \times 10^{10}</math></b>	980 000 000 000	



**Figura 8** Gráfico de distribución de frecuencia donde se aprecia la riqueza de unidades formadoras de colonias bacterianas por cada tratamiento experimental.

### **3.4 Verificación de hipótesis**

Se cumple la hipótesis planteada, debido a la inoculación de microorganismos aceleradores, el proceso de compostaje se redujo a los 95 días y con ellos rico en materia orgánica.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

1-) Con la aplicación de *A. fumigatus* y *B. subtilis* se aceleró el proceso de compostaje al reducirlo 14 días.

2-) La mayor temperatura se alcanzó con la aplicación de *A. fumigatus* a su vez la mayor acidificación, mientras que la mayor conductividad eléctrica se logró con la mezcla *A. fumigatus* y *B. subtilis*.

3-) La mayor cantidad de unidades formadoras de colonias pertenecieron a las comunidades bacterianas seguidas de las comunidades fúngicas.

#### 5.2 Recomendaciones

1-) Utilizar *A. fumigatus* y *B. subtilis* para acelerar el compostaje de compuestos orgánicos contenidos en abonos de cuy.

2-) Evaluar el efecto del compost donde se bioinoculó *A. fumigatus* y *B. subtilis* sobre suelos pobres en materia orgánica y cultivos de interés agrícola de la sierra.

## Referencias bibliográficas

Álvarez, M; Blandón, L; Ceballos, V; Mejía, M y Buriticá, H. 2018. Aislamiento de microorganismos en diferentes ambientes (Suelo, Agua y Aire). Pereira, Colombia. Universidad Libre de Pereira. Consultado el 20 marz 2021. Disponible en <https://hdl.handle.net/10901/17596>

Barcenas Armijos, VH. 2015. “EVALUACIÓN DE DIFERENTES ABONOS FOLIARES DE BIOL (CUY, BOVINO Y POLLINAZA) EN LA PRODUCCIÓN FORRAJERA DE *Setaria sphacelata* (PASTO MIEL), EN EL CANTÓN SAN MIGUEL DE LOS BANCOS” (en línea). Tesis Ing. Zoo. Riobamba, Ecuador. ESPOCH. Consultado el 01 jul 2021. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5208/1/17T1293.pdf>

Barrena Gómez, R. 2006. Compostaje de Residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso (en línea). Tesis Ing. Barcelona, España. Universidad Autónoma de Barcelona. Recuperado en 01 jul 2021. Disponible en <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5307/rbg1de1.pdf>

Barreros Chiluisa, EI. 2017. “EFECTO DE LA RELACIÓN CARBONO/NITRÓGENO EN EL TIEMPO DE DESCOMPOSICIÓN DEL ABONO CUY (*Cavia porcellus*), ENRIQUECIDO.” (en línea). Tesis Ing. Agr. Ambato, Ecuador, UTA. Consultado el 22 may 2021. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25395/1/Tesis-157%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20479.pdf>

Barrios, MB y Sandoval, MC. 2018. Caracterización de hongos presentes en suelos con usos contrastantes (en línea). Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental. Facultad de Ciencias Agrarias 5(1): 3-9. Consultado el 27 mar 2021. Disponible en <http://revistafcaunlz.gramaweb.com.ar/wp-content/uploads/2018/03/Barrios-y-Sandoval.pdf>

Caicedo Morales, SE y Chacón Muela, JA. 2017. PRUEBAS BAJO INVERNADERO DE CEPAS DE *Bacillus subtilis* COMO AGENTE DE BIOCONTROL DE *Alternaria spp.* en *Brassica oleracea* var *italica* y TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN DE CEPAS (en línea). Tesis Ing. Biotecnología de los Recursos Naturales. Quito, Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana. Consultado el 20 mar 2021. Disponible en <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13545/1/UPS-QT11349.pdf>

Camacho, A; Giles, M; Ortegón, A; Palao, M; Serrano, B y Velázquez, O. 2009. Método para la determinación de bacterias coliformes, coliformes fecales y *Escherichia coli* por la técnica de diluciones en tubo múltiple (Número más Probable o NMP) (en línea). Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos. 2ª ed. México. UNAM. Consultado el 20 mar 2021. Disponible en [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Colif-tot-fecales-Ecoli-NMP\\_6529.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Colif-tot-fecales-Ecoli-NMP_6529.pdf)

Chandler, C; Ferrer, J; Mármol, Z; Paéz, G; Ramones, E y Perozo, R. 2008. Efecto de la aireación en el compostaje del bagacillo de la caña de azúcar (en línea). Revista Multiciencia 8(1): 19-27. Consultado el 01 jul 2021. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90480103>

- Cherres R, N y Naranjo Pacha, EI. 2013. Aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost (en línea). Tesis Ing. Agr. Ambato, Ecuador, UTA. Consultado el 25 may 2021. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/5310>
- Cobo Salcedo, CF. 2017. Evaluación de medios de cultivo líquidos para la multiplicación de la bacteria *Bacillus subtilis* (en línea). Tesis Ing. Quito, Ecuador. USFQ. Consultado el 19 may 2021. Disponible en <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6598/1/131031.pdf>
- Corral Lugo, A; Morales García, YE; Pasos Rojas, LA; Ramírez Valverde, A; Martínez Contreras, RD y Muñoz Rojas, J. 2012. Cuantificación de bacterias cultivables mediante el método de “Goteo en Placa por Sellado (o estampado) Masivo” (en línea). Revista colombiana de Biotecnología 14(2):147-156. Consultado el 20 mrz 2021. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/776/77625517016.pdf>
- Díaz, LA; Chicaiza, E; Valle, S; Aguiar, S; Arias, P; Espín, C; Ruíz, P y Escobar, JA. 2018. Identificación y caracterización de microorganismos nativos de las rizósfera de la Amazonía para acelerar el proceso de compostaje de residuos agroindustriales. Libre Manejo Sostenible de tierras y seguridad alimentaria (en línea).34-39p. Puyo, Ecuador. Universidad Estatal Amazónica. Facultad Ciencias de Tierra. Consultado el 09 jun 2021. Disponible en [https://www.researchgate.net/profile/Reinaldo-Aleman/publication/324417706\\_Libro\\_Manejo\\_sostenible\\_de\\_tierras\\_y\\_seguridad\\_alimentaria/links/5accf9524585154f3f3f93c8/Libro-Manejo-sostenible-de-tierras-y-seguridad-alimentaria.pdf#page=34](https://www.researchgate.net/profile/Reinaldo-Aleman/publication/324417706_Libro_Manejo_sostenible_de_tierras_y_seguridad_alimentaria/links/5accf9524585154f3f3f93c8/Libro-Manejo-sostenible-de-tierras-y-seguridad-alimentaria.pdf#page=34)

Duan, M; Zhang, Y; Zhou, B; Qin, Z; Wu, J; Wang, Q y Yin, Y. 2020. Effects of *Bacillus subtilis* on carbon components and microbial functional metabolism during cow manure-straw composting (en línea). *Bioresour Technol* 303:122868. Consultado el 11 jul 2021. Disponible en [10.1016/j.biortech.2020.122868](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122868). Epub 2020 Jan 28. PMID: 32032936.

Estrada Bonilla, G y Peña, A. 2017. Factores que afectan el buen desarrollo del compostaje de mortalidad porcina (en línea, fotografía). Colombia. Consultado el 12 jun 2021. Disponible en [https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Temperatura-y-fases-del-compostaje-Adaptado-de-Wilkinson-et-al-2003\\_fig1\\_317648086](https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Temperatura-y-fases-del-compostaje-Adaptado-de-Wilkinson-et-al-2003_fig1_317648086)

Fallas Conejo, D. 2016. CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE COMPOSTAJE Y APROVECHAMIENTO DEL CALOR GENERADO EN UN REACTOR BAJO AIREACIÓN FORZADA (en línea). Tesis Lic. Agr. Costa Rica. Universidad de Costa Rica. Facultad de Ingeniería. Consultado el 01 jul 2021. Disponible en <https://www.ingbiosistemas.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2017/05/Tesis-DiegoFallas.pdf>

Fan, Y; Li, Ch; Lay, JJ; Hou, H y Zhang, G. 2004. Optimization of initial substrate and pH levels for germination of sporing hydrogen-producing anaerobes in cow dung compost (en línea). *Bioresour Technol* 91(2):189-93. Consultado el 11 jul 2021. Disponible en [10.1016/s0960-8524\(03\)00175-5](https://doi.org/10.1016/s0960-8524(03)00175-5).

Felipe Antón, MR. 2004. Interacciones microorganismos-suelo-planta en la preservación del medio ambiente y la salud (en línea). *Biblioteca Responsable* 70(3): 743-776. Consultado el 17 may 2021. Disponible en <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/ibc-36135?lang=es>. IBC-36135

- Figuroa Ceballos, R; Morales Esquivel, O; Bran González, MC. 2019. Producción de amilasas por cepas de hongos anamorfos aislados de la hojarasca de *Quercus* sp (en línea). Revista científica 29(1): 2224-5545. Consultado el 19 jul 2021. Disponible en <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/50/50779027/50779027.pdf>
- FONAG (Fondo para la protección de agua). 2010. Abonos orgánicos, protegen el suelo y garantizan alimentación sana: Manual para elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos (en línea). Ecuador. 25p. Consultado el 19 jul 2021. Disponible en [https://www.redinnovagro.in/pdfs/Referencias\\_bibliograficas.pdf](https://www.redinnovagro.in/pdfs/Referencias_bibliograficas.pdf)
- Irawan B; Wulan Septitasari, A; Zulkifli; Handayani, T; Damsir y Hadi, S. 2019. Effect of Induced Compost by Cellulolytic (*Aspergillus fumigatus*) and Ligninolytic (*Geotrichum sp.*) Fungi Inoculum Application on Vegetative Growth of Red Chili (*Capsicum annum L.*) (en línea). J Pure Appl Microbiol 13(2): 815-821. Consultado el 11 jul 2021. Disponible en doi: 10.22207/JPAM.13.2.16
- Latgé, JP. 1999. *Aspergillus fumigatus* and aspergillosis (en línea). Clinical microbiology reviews 12(2):310-350. Consultado el 20 jul 2021. Disponible en <https://doi.org/10.1128/CMR.12.2.310>
- López Dimas, J; Díaz Estrada, A; Martínez Rubin, E y Valdez Cepeda, RD. 2001. ABONOS ORGÁNICOS Y SU EFECTO EN PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO Y RENDIMIENTO EN MAÍZ (en línea). Revista Terra Latinoamerica 19(4): 293-299. Consultado el 30 may 2021. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57319401>

- Lozada Jerez, JA. 2013. OBTENCIÓN DE BIOGAS EN BASE A MEZCLAS DE GALLINAZA CON RESIDUOS ORGÁNICOS DE CERDO Y CUY (en línea). Tesis Ing. Bioq. Ambato, Ecuador. UTA. Consultado el 04 jun 2021. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6631/1/BQ%2040.pdf>
- Ma, C; Hu, B; Wei, MB; Zhao, JH y Zhang, HZ. 2019. Influence of matured compost inoculation on sewage sludge composting: Enzyme activity, bacterial and fungal community succession (en línea). *Bioresour Technol.* 2019: 294-122165. Consultado el 11 jul 2021. Disponible en [10.1016/j.biortech.2019.122165](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122165)
- Márquez Bueno, P; Díaz Blanco, MJ y Cabrera Capitán, F. 2008. Capítulo 4. Factores que afectan al proceso de Compostaje (en línea). Sevilla, España. Universidad de Huelva. Facultad de Ciencias Experimentales. Consultado el 01 jul 2021. Disponible en <https://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf>
- Méndez Matías, A; Robles, C; Ruiz Vega, J y Castañeda Hidalgo, E. 2018. Composting agroindustrial waste inoculated with lignocellulosic fungi and modifying the C/N ratio (en línea). *SciELO* 9(2): 271-280. Consultado el 11 jul 2021. Disponible en <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i2.1070>
- Molina Tufiño, JR y Sanmartín Ambuludí, DM. 2016. Aislamiento de taxones de hongos filamentosos capaces de producir amilasas a partir de tubérculos de uso tradicional en la región andina (en línea). Tesis Ing. Quito, Ecuador, UPS. Consultado el 19 jul 2021. Disponible en <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12535/1/UPS-QT09639.pdf>

- Monge Talavera, G. 1994. Evaluación de la contaminación ambiental para la disposición final de los residuos sólidos: El relleno sanitario y la producción de compost (en línea). Consultado el 22 may 2021. Disponible en <http://www.bvsops.org.uy/pdf/estudiocomparativocompost/pdf>.
- Moreno Casco, J y Moral Herrero, R. 2008. Compostaje (en línea). Madrid, Barcelona, México. 570p. Consultado el 4 jun 2021. Disponible en [https://books.google.es/books?id=APuzwas6rrcC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?id=APuzwas6rrcC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false). ISBN 8484764796
- Nawawi, MH; Mohamad, R; Tahir, P y Saad, WZ. 2017. Extracellular Xylanopectinolytic Enzymes by *Bacillus subtilis* ADII from EFB's Compost (en línea). International Scholarly Research Notices. 2017:7. Consultado el 11 jul 2021. Disponible en <https://doi.org/10.1155/2017/7831954>
- Oliveros Bastidas, AJ; Macías, FA; Carrera Fernández, C; Marín, D y Molinillo G, JM. 2009. Exudados de la raíz y su relevancia actual en las interacciones alelopáticas (en línea). Scielo 32(1):198-213. Consultado el 20 jul 2021. Disponible en <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000100035>. ISSN 1678-7064.
- Pachón Arcila, ME y Vargas Muñoz, AD. 2015. REVISIÓN SOBRE EL ESTUDIO DE LA DINÁMICA DE LOS MICROORGANISMOS PRESENTES EN EL COMPOSTAJE DE SUBPRODUCTOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR (en línea). Pereira, Colombia. Universidad Libre Seccional Pereira. Consultado el 20 jun 2021. Disponible en <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/16164/REVISI%C3%93N>

%20SOBRE%20EL%20ESTUDIO%20DE%20LA%20DIN%3%81MICA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Palate, F. 2002. Evaluación de cuatro métodos para la elaboración de compost. Tesis Ing. Agr. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Agronómica. 112p.

Quishpe Sacancela, ME. 2017. ELABORACIÓN DE COMPOST A PARTIR DEL ESTIÉRCOL DE CUY (*Calvia Porcellus*) Y SU APLICACIÓN EN LA COMUNA LUMBISÍ (SECTOR CUMBAYÁ) (en línea). Tesis Ing. Químico. UCE. Consultado el 23 may 2021. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13006/1/T-UCE-0017-0062-2017.pdf>

Ramos Agüero, D y Terry Alfonso, E. 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y planta (en línea). Revista Scielo 35(4): 52-59. Consultado el 17 may. 2021. Disponible en [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362014000400007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362014000400007)

Rivera Ruiz, ME. 2018. EVALUACIÓN DE CONSORCIOS BACTERIANOS MEDIANTE BIODIGESTIÓN DE DESECHOS INDUSTRIALES DE CINCO FRUTAS PARA LA OBTENCIÓN DE BIOFERTILIZANTES EN LA EMPRESA INALPEV (en línea). Tesis Ing. Agrop. Sangolquí, Ecuador. ESPE. Consultado el 19 may 2021. Disponible en <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/14535/1/T-IASA%20I-005442.pdf>

Robles Ritma, MB. 2015. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE TEMPERATURA, PH Y HUMEDAD PARA EL PROCESO DE COMPOSTAJE EN LA PLANTA DE

TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS ORGANICOS DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE LEONCIO PRADO (en línea). Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 59p. Consultado el 01 jul 2021. Disponible en [https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades\\_academicas/EVALUACION%20DE%20PARCERIAS%20METROS%20DE%20TEMPERATURA,%20PH%20Y%20HUMEDAD%20PARA%20EL%20PROCESO%20DE%20COMPOSTAJE%20EN%20LA%20PLANTA%20DE%20TRATAMIENTO%20DE%20RESIDUOS%20SOLIDOS%20ORGANICOS%20DE%20LA%20MUNICIPALIDAD%20PROVINCIAL%20DE%20LEONCIO%20PRADO.pdf](https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/EVALUACION%20DE%20PARCERIAS%20METROS%20DE%20TEMPERATURA,%20PH%20Y%20HUMEDAD%20PARA%20EL%20PROCESO%20DE%20COMPOSTAJE%20EN%20LA%20PLANTA%20DE%20TRATAMIENTO%20DE%20RESIDUOS%20SOLIDOS%20ORGANICOS%20DE%20LA%20MUNICIPALIDAD%20PROVINCIAL%20DE%20LEONCIO%20PRADO.pdf)

Rodríguez Meza, CA y Curipallo Núñez, LG. 2011. Caracterización e identificación preliminar de bacterias responsables de la descomposición de materia orgánica durante la fabricación de compost. Tesis Ing. Ecuador. Universidad Técnica de Amato. Consultado el 15 may. 2021. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/830>

Román, P; Martínez, MM; Pantoja, A. 2013. Manual del compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina. Santiago de Chile. Chile. FAO. 112p. E-ISBN 978-92-5-307845-5. Consultado 15 may. 2021. Disponible en <http://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>

Salazar, C y León, A. 2012. Características morfológicas microscópicas de especies de *Aspergillus* asociadas a infecciones humanas (en línea). Revista UDEA 3(2): 93-96. Consultado el 09 jun 2021. Disponible en <https://revistas.udea.edu.co/index.php/hm/article/download/18741/16059/>

- Soria, S. 1991. Elaboración y evaluación de abonos orgánicos obtenidos mediante el compostaje. Tesis Ing. Agr. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Agronómica. 98p
- Valle, FM; Moreno, V; Silvestro, L; Castellari, C; Díaz Delfino, A; Andreolí, Y y Picone, L. 2019. Diversidad fúngica en suelos con diferentes usos en la región pampeana Argentina (en línea). Scielo 35(2):163-172. Consultado el 27 mar 2021. Disponible en <https://scielo.conicyt.cl/pdf/chjaasc/v35n2/0719-3890-chjaasc-00301.pdf>
- Vassilev, N; Franco, I; Vassileva, M y Azcon, R. (1996). Improved plant growth with rock phosphate solubilized by *Aspergillus niger* grown on sugar beet waste (en línea). Bioresour Technology 55(3): 273-241. Consultado el 11 jul 2021. Disponible en [https://doi.org/10.1016/0960-8524\(96\)00008-9](https://doi.org/10.1016/0960-8524(96)00008-9)
- Villena, E. 2008. Evaluación de tres tipos de microorganismos eficientes “EM” inoculados en desechos orgánicos, obtención de biofertilizantes y su aplicación en el cultivo de frejol (en línea). Tesis Ing. Agr. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Agronómica. 142p.
- Zhao, X; Wei, Y; Zhang, F; Tan, W; Fan, Y y Xi, B. 2019. How do fungal communities and their interaction with bacterial communities influence dissolved organic matter on the stability and safety of sludge compost? (en línea). Environ Sci Pollut Res Int 26(4): 4141-4146. Consultado el 11 jul 2021. Disponible en DOI: 10.1007/s11356-018-4023-6.

## Anexos

### Anexo 1. Preparación del compost (Suelo negro + Abono de cuy + Microorganismos)



### Anexo 2. Volteo del Compost



### Anexo 3. Riego del Compost



#### Anexo 4. Composteras separadas por tratamiento



#### Anexo 5. Toma de Datos con el equipo multiparamétrico HANNA.

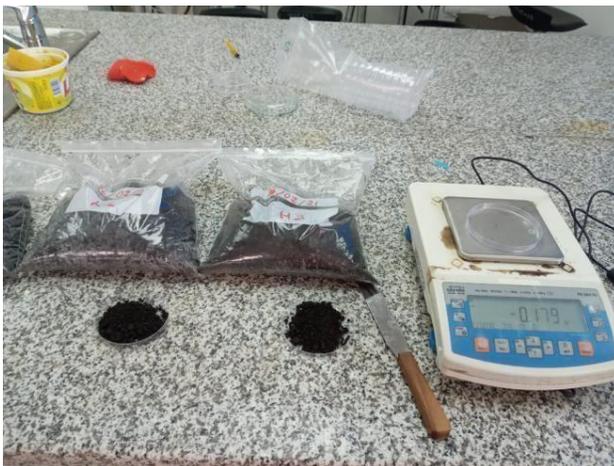




**Anexo 6.** Toma de muestras para el conteo de Microorganismos.



**Anexo 7.** Pesaje del compost, para evaluación de datos en equipo multiparamétrico HANNA.



**Anexo 8.** Cajas petri con agar para la siembra de microorganismos.



**Anexo 9.** Diluciones en tubos de ensayo para conteo de bacterias.



## Anexo 10. Hoja técnica de Bacilux

VADEMÉCUM FLORÍCOLA XI EDICIÓN

### BACILUX®



#### Fungicida biológico nanocatalítico integrador fisiológico

**ACCIÓN FITOSANITARIA:** Principios activos de naturaleza iturinica, pirrolnitrinicos, meta-polisacarinicos, complejos enzimáticos bacterianos, originarios de cepas seleccionadas de *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., y *Burkholderia cepacia*, estabilizados y homogenizados para el control de un amplio rango de fitopatógenos vegetales. Doble modo de acción, por un lado combaten espectros de fitopatógenos de tipo procarionótico y eucarionótico, por otro refuerzan el sistema inmune de la planta y procesos fisiológicos afectados por afecciones bióticas o abióticas por la participación directa en procesos de detoxificación celular. Poseen moléculas siderofóricas de alta afinidad quelatizante, destinadas para el más eficiente aprovechamiento de nutrientes minerales. Su naturaleza es completamente inocua al medio ambiente y ser humano, posee mecanismos de autorregulación dentro de la cadena trofoblótica, beneficiando microorganismos del micronicho del cultivo en el que se aplica.

**NOMBRE COMÚN:** BACILUX® es un biofungicida, atenuador de estrés, compensador de biomasa foliar y radicular, al mismo tiempo de procesos fisiológicos alterados originados por efectos bióticos o abióticos, inductor de la optimización vegetativa.

#### FORMULACIÓN Y CONCENTRACIÓN:

Alfa Iturinas, pirrolnitrinas, alfa amilasas, glucanasas, Lípidos neutrales, tetra liposomas, Lisozomas .....1 000 ml  
*Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus* spp., log. U.F.C.

**MODO DE ACCIÓN:** Los ingredientes activos contenidos en BACILUX® son caracterizados por la actividad de sustancias antibióticas fungales, suprime o detiene la actividad fitopatógena en curso que afecta a la planta.

Debilitan procesos metabólicos fungales, adecuándolos para que la parte vital del producto las células activas, completen el proceso de biocontrol del hongo o de las bacterias fitopatógenas.

Los mecanismos de control se basan en la expresión de sustancias, que atacan algunos de los centros vitales del hongo fitopatógeno. Procesos denominados como endo y exolisis, de esta forma se descarta la posibilidad de desarrollo de cualquier tipo de resistencia.

Simultáneo al control sustancias análogas a fitohormonas y bioestimulantes bacterianos, inducen procesos de regulación o reestablecimiento del momento fisiológico afectado o suprimido en la que se localiza el cultivo, sea vegetativos, productivos o multiplicativos.

Las células bacterianas, en el momento de contacto con el micronicho donde se localiza el fitopatógeno, inician el proceso de germinación, expresando enzimas como uno de los sistemas de comunicación dirigido no solamente al sistema radicular del cultivo, estimulándolo y cerrando heridas.

En situaciones ideales, el proceso de control tiende a establecerse por largo tiempo, especialmente a causa de las esporas vivas, las cuales tienden a ocupar espacios cercanos a las raíces de las plantas donde se las aplicó originalmente.

Reduce la germinación de esporas de hongos ya sea en estadios avanzados o desde la activación fisiológica celular, al final del proceso se evidencian fácilmente procesos de endo y exolisis, simultáneamente con la recuperación del tejido afectado.

10 ml<sup>-1</sup>

**COMPATIBILIDAD:** BACILUX® es compatible con herbicidas, insecticidas, agroquímicos de reacción ácida, biopesticidas cuyo ingrediente activo es una bacteria.

**PRECAUCIONES:** BACILUX® no presenta ningún tipo de restricción de ingreso de personal a la plantación luego de la aplicación y puede aplicarse hasta el momento de la cosecha. De forma general no deben consumirse alimentos o fumar en el momento del manejo del producto. En caso de intoxicación se debe presentar al paciente al médico y mostrarle la etiqueta.

Intercepta procesos fungofisiológicos vitales, debilitando las estructuras afectadas, deteniendo inmediatamente las secuencias de parasitismo.

Induce procesos de dormancia de estructuras de latencia de hongos fitopatógenos, para finalmente usarlo como fuente nutritiva.

**INTERVALO DE SEGURIDAD:** No existe, el producto es cien por ciento inocuo.

**INSTRUCCIONES DE USO:** BACILUX® no es compatible con fungicidas, agroquímicos de reacción alcalina o extremadamente ácida, productos a base de azufre, cobre, zinc.

#### VENTAJAS DEL USO DE BACILUX®:

- Inocuo completamente para el ser humano.

agrovet@edifarm.com.ec

349

ORGÁNICOS CERTIFICADOS

- Insumo imprescindible en cultivos orgánicos, ecológicos incluso convencionales, especialmente en la rotación de ingredientes activos.
- Altamente recomendable en cultivos de agricultura tradicional, donde fitopatógenos han perdido la sensibilidad frente a ingredientes activos y el fitopatógeno presenta altos niveles de tolerancia.
- Induce procesos de desdoblamiento de materia orgánica.
- Optimiza mecanismos de regulación microbiana del suelo.
- Eleva la capacidad de intercambio catiónico.
- Posee mecanismos enzimáticos para desdoblar elementos minerales bloqueados.
- Detoxifica suelos afectados por altos contenidos de pesticidas agrícolas.

**ALMACENAMIENTO:** Por largos periodos, se recomienda conservar **BACILUX®** a temperaturas moderadas.

**CATEGORÍA TOXICOLÓGICA:** IV franja verde, ligeramente tóxico.

**PRESENTACIONES:**

- Envase x 250 ml.
- Envase x 500 ml.
- Envase x 1 litro.
- Canecas x 20 litros.

**AVISO DE GARANTÍA:** BioControlScience (BCS), garantiza la integridad del producto sellado, no

manipulado. La alta eficacia de **BACILUX®**, depende de las buenas prácticas de manejo de Agroquímicos, esta es garantizada por la altísima calidad de materia prima utilizada. La misma que se manifiesta, por la reducida toxicidad e impacto ambiental. Para evitar copias e imitaciones, **BACILUX®** contiene Marcadores Moleculares Vegetales (MMV®), localizadas en las plantas en las que se aplica, para garantizar en un ciento por ciento la autenticidad del producto.

**FABRICADO POR BIOCONTROLSCIENCE (BCS):** **BACILUX®** es un producto BCS biocontrol-science@biosoftware.de; gerencia@biocontrol-science.bdkl.eu; biocontrolscience@biosoftware.de. Teléfonos: 3460318 – 3460287; Cel.: 0999796977 – 0998508315 – 0988087239. Web: www.bdkl.eu. Bajo los procesos de calidad del laboratorio Dr. Carlos Falconi PhD. Dpto. PLANTSPHERELAB (PSL) psl@biosoftware.de; gerencia@drfalconi-labs.bdkl.eu; psl@biosoftware.de; Teléfonos: 3460157 – 3460287; Cel.: 0988087239 – 0998508315. Web: www.bdkl.eu. **BACILUX®** es distribuido y comercializado por BioCiencia (BC). gerencia@biociencia.bdkl.eu; biociencia@biosoftware.de; c.almeida@biociencia.bdkl.eu; ventas@biociencia.eu; info@biociencia.eu; Teléfonos: 3460158 – 3460287; Cel.: 0998508315 – 0998777190. Web: www.bdkl.eu.

garantiza la integridad del producto sellado, no  
**FITOTERAPIA DE BACILUX®:**

CULTIVO	ENFERMEDADES		DOSIS ML L <sup>-1</sup>		FRECUENCIA APLICACIÓN
	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	PREVENTIVA	CURATIVA	
CLAVELES	Mancha amarilla	<i>Alternaria</i> sp.	0.5 – 0.8	1.0 – 1.5	3 – 7 días
	Moho gris	<i>Botrytis cinerea</i>			
CRISANTE-MOS Y POMPONES	Moho gris	<i>Botrytis cinerea</i>	0.5 – 0.8	1.0 – 1.5	8 – 12 días
	Tizón	<i>Stemphylium</i> sp.			
	Mancha de la hoja	<i>Alternaria</i> spp.			
	Marchitez foliar	<i>Mycosphaerella litulicola</i>			
GYPSOPHILA FLORES DE VERANO	Antracnosis	<i>Colletotrichum</i> sp.	1.0 – 1.5	1.5 – 2.0	4 – 15 días
	Moho gris	<i>Botrytis cinerea</i>			
	Tizón	<i>Stemphylium</i> sp.			
	Mancha de la hoja	<i>Ascochyta</i> sp.			
		<i>Mycosphaerella litulicola</i>			
HYPERICUM	Marchitez foliar	<i>Septoria</i> sp.	1.2 – 2.0	2.0 – 2.5	4 – 8 días
	Antracnosis	<i>Colletotrichum</i> sp.			
ROSAS	Roya	<i>Melampsora</i> spp.	1.0 – 1.5	1.5 – 2.0	4 – 8 días
	Mildiu veloso	<i>Peronospora sparsa</i>			
	Oidio	<i>Oidium</i> sp.			
	Moho gris	<i>Botrytis cinerea</i>			

ORGÁNICOS CERTIFICADOS