

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería ambiental



Una Institución Adventista

Estado del arte del uso de *Bacillus thuringiensis* en el aprovechamiento de residuos orgánicos en la producción de compost

Por:

Yene Justina Condori Sacsahuilca

Rossmery Mamani Moscairo

Asesor:

MSc. Jael Calla Calla

Juliaca, agosto de 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

MSc. Jael Calla Calla, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: “ESTADO DEL ARTE DEL USO DE BACILLUS THURINGIENSIS EN EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN LA PRODUCCIÓN DE COMPOST” constituye la memoria que presentan las estudiantes Yene Justina Condori Sacsauilca y Rossmery Mamani Moscairo para aspirar al grado de bachiller en Ingeniería Ambiental, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este trabajo de investigación son de entera responsabilidad de los autores, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 08 días del mes de setiembre del año 2020.



MSc Jael Calla Calla
Asesor

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 06 día(s) del mes de agosto del año 2020 siendo las 12:30 horas,

se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Juliaca, bajo la dirección del (de la)

presidente(a) Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera

secretario(a) Msc. Rose Celdelene Gallata Chura y los demás miembros

Msc. Mateo Salinas Mena

y el (la) asesor(a) Msc. Tael Galla Galla

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de investigación titulado:

Estado del arte del uso de Bacillus thuringiensis en el aprovechamiento de residuos orgánicos en la producción de Compost

de los (las) egresados (as): a) Yene Justina Londeri Sacrahuilca

b) Rosmery Mamani Morcairo

conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en

Ingeniería Ambiental

(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando a los candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por los candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a) Yene Justina Londeri Sacrahuilca

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Buena</u>

Candidato/a (b) Rosmery Mamani Morcairo

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Buena</u>

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó a los candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente/a

[Firma]
Secretario/a

Asesor/a

Miembro

Miembro

Candidato/a (a)

Candidato/a (b)

Estado de arte del uso de *Bacillus thuringiensis* en el aprovechamiento de residuos orgánicos en la producción de compost

Yene Justina Condori Sacsahuilca¹, Rossmery Mamani Moscairo², Jael Calla Calla³

^aFacultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional Ingeniería Ambiental, Universidad Peruana Unión

Resumen

El presente trabajo de revisión tiene como objetivo identificar el uso de *Bacillus thuringiensis* en el aprovechamiento de residuos orgánicos en la producción de compost de calidad, a través de recopilaciones bibliográficas de trabajos ya realizados. De los cuales, el microorganismo *Bacillus thuringiensis* aporta un valor agregado al compost por su gran capacidad de esporulación y producción de proteínas δ -endotoxinas también conocidas como proteínas Cry ó Cyt. Quienes, para atacar a su insecto blanco, se implantan en la membrana de las células apicales del intestino formando un poro que permite el paso de iones y agua, ocasionando un desbalance osmótico y lisis celular. Conclusiones: las condiciones adaptables de *Bacillus thuringiensis* en compost es de 35°C y 60°C. Para lograr ello, se debe de regular la temperatura, aireación y humedad. Además, su aplicación de *Bacillus thuringiensis* da un valor agregado al compost: efecto biopesticida. Entre tanto, su eficiencia a nivel nutricional, carbono y nitrógeno, es óptimo teniendo una relación de 20%. Finalmente, el método de uso de *Bacillus thuringiensis* en el aprovechamiento de residuos orgánicos en la producción de compost es a través de fermentación en estado sólido y fermentación sumergida.

Palabra clave: Bacillus thuringiensis, compostaje, biopesticida

Abstract

The present review work aims to identify the use of *Bacillus thuringiensis* in the use of organic waste in the production of quality compost. By the bibliography compilation of developed researches. Which the microorganism *Bacillus thuringiensis* contributes an attached rate to the "compost"; for its great capacity of sporulation and protein production δ -endoxines knownd also as Cry o Cyt proteins who, in order to attack its insect blank interjects itself in the membrane of the apical cells of the intestine forming a pore that let the ions and water break throw, causing a osmotic imbalance and cell lysis. Conclusions; the adaptable conditions of *Bacillus thuringiensis* in compost is 35°C and 60°C, in order to reach that it must regulate the temperature, aireation and humidity, furthermore, its application of *Bacillus thuringiensis* gives an attached rate to the compost; bio-pesticide effect. While its efficiency to nutritional level; carbon and nitrogen is optimum having a relation of 20%. Finally the method of usage of *Bacillus thuringiensis* in the exploitation of organic residuals in compost production by fermentation in solid state and submerged fermentation.

Keyword: Bacillus thuringiensis, compostage, biopesticide

1. Introducción

En la actualidad, un trascendental problema en el mundo es la contaminación del medioambiente, debido al crecimiento de la población junto al desarrollo industrial, lo cual ha llevado a un incremento cada vez mayor en la producción de residuos por el modo de vida consumista de muchos ciudadanos que viven generando grandes cantidades de desechos, convirtiéndose en un gran problema para su disposición final. La mitigación, comprensión y contingencia de los efectos generados, ha sido el instrumento clave para la disminución de los impactos originados hasta el momento (Granja, 2009). En el Perú, la generación de esta varía de acuerdo con la zona costa, sierra y selva son 55.76, 57.08 y 79.13 % respectivamente, asimismo el 73 % son residuos aprovechables de los cuales el 54 %; casi 4 millones de toneladas son residuos sólidos orgánicos, del cual solo el 1 % son aprovechados (MINAM, 2018).

El aprovechamiento de desechos orgánicos es una alternativa amigable y respetuosa con el medio ambiente que se da mediante el compostaje, el cual se considera como uno de los más convenientes para la eliminación de residuos además permiten la obtención de productos con valor agregado (Srivastava, De Araujo, Vaish, Bartelt, & Singh, 2016). Uno de los valores agregados en el compost es la biopesticida a través del microorganismo *Bacillus thuringiensis*. El efecto biopesticida se produce en la fase de crecimiento de este.

Autor de correspondencia:

E-mail:

yene.upeu@gmail.com

Tel.: +51-961889416

E-mail: rossmery.am2@gmail.com

E-mail: jaelcalla@hotmail.com

Particularmente, el *Bacillus thuringiensis* es utilizado en el sector agrícola para el control de plagas de orden Lepidóptera (polillas y mariposas), Díptera (moscas y mosquitos), Coleóptera (escarabajos) e Himenóptera (abejas y avispas), en menor medida son afectados los órdenes; Homóptera (cigarras, pulgones y cochinillas) y Mallophaga (piojos) (Schnepf, y otros, 1998), incluso, afecta a los invertebrados como Platyhelminthes, Sarcostigophora, mientras que en los mamíferos no se ha comprobado efecto alguno. Además, se extiende a protozoarios, trematodos, ácaros, colémbolos y lombrices de tierra, entre otros. Las sintomatologías que presentan son: detención de la ingesta, diarrea, parálisis del intestino y total, finalmente, la muerte (Soberon & Bravo, 2007) y (Pórtela, Chaparro, & López, 2013). No muestran efectos sobre insectos benéficos, plantas o animales domésticos (Flores, y otros, 2011). Sin embargo, con fines ambientales afirman que este, combinado con biochar remueve metales pesados; Cd y Pb de suelos.

Entre tanto, la aplicación en compostaje ayuda a degradar la materia orgánica, siendo este el sustrato o fuente de energía para su desarrollo. El objetivo del trabajo de revisión es identificar el método de uso de *Bacillus thuringiensis* en el aprovechamiento de residuos orgánicos en la producción de compost de calidad, por ello se recopiló información de estudios ya realizados anteriormente.

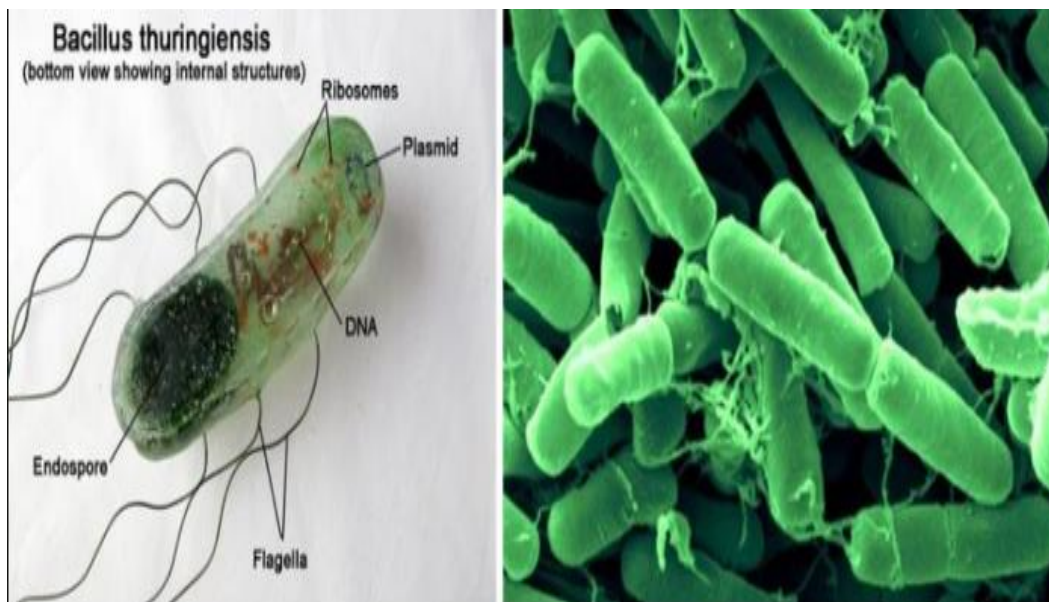
2. Desarrollo

2.1. Descripción del *Bacillus thuringiensis*

En 1901, fue descubierto por el biólogo japonés Shigetane Ishiwatari. En el año 1911, Turingia - Alemania; Ens Berliner aisló la bacteria de una palomilla Mediterránea muerta, y la llamo *Bacillus thuringiensis*. Luego, en 1915 Berliner, informó la existencia de un cuerpo paraesporal. Posteriormente, en 1956 se descubrió su principal actividad insecticida (Abbas, 2020).

Bacillus thuringiensis es una bacteria gran positiva y aerobia (Schnepf, y otros, 1998). Esta pertenece al reino Eubacteria, familia Bacillaceae y al género Bacillus junto con *B. cereus* y *B. anthracis*; se diferencia de los demás por su formación de una inclusión paraesporal refringente al microscopio de contraste de fases (Pórtela, Chaparro, & López, 2013). De largo mide de 3 a 5 μm y de ancho 1 a 1, 2 μm . Son móviles gracias a la presencia de flagelos, los cuales recubren casi o totalmente la superficie del microorganismo. Poseen la capacidad de fermentar glucosa, fructosa, trealosa, maltosa y ribosa, y de hidrolizar gelatina, almidón, glucógeno, esculina y N-acetil-glucosamina (Sauka & Benintende, 2008).

Según Soberón & Bravo, (2007), su ciclo de vida presenta dos fases: a) crecimiento vegetativo: las bacterias se duplican por bipartición. b) fase de esporulación: se caracteriza por producir cuerpos paraesporales conocido como cristal; el cual es de naturaleza proteica con efecto insecticidas, constituido por δ -endotoxinas también conocidas; proteínas Cry o Cyt.



Fuente: Ballardó, (2016)

Figura 1: *Bacillus thuringiensis* en forma de bastoncillo

2.1.1. Clasificación de las proteínas Cry de *Bacillus thuringiensis*

La clasificación de las proteínas Cry de *Bacillus thuringiensis* fue propuesta por Höfte y Whiteley en 1989, basándose en el espectro insecticida de esta proteína. Se agrupan en cuatro clases: Cry I, Cry II, Cry III, y Cry IV (toxinas frente a lepidópteros, dípteros, coleópteros). Posteriormente, se encontraron nuevos genes con nuevas proteínas insecticidas frente a plagas ya mencionados, por tal razón se incluyeron como Cry V y Cry VI.

2.1.2. Mecanismo de acción

Los residuos sólidos son un medio de sustrato para el incremento de *Bacillus thuringiensis* y estos ayudan a degradar la composición orgánica e incorporan nitrógeno del aire a los compuestos orgánicos, proporcionando un valor agregado al compostaje de compost biopesticida. El efecto se produce en la fase de crecimiento generando las proteínas Cry, las cuales al ser ingeridas por trematodos, ácaros, colémbolos y lombrices de tierra son tóxicas, causando síntomas de parálisis del intestino, cese de la ingesta y finalmente la muerte (Flores, y otros, 2011). Según (Alvarado, 2015), la Agencia de Protección del Ambiente de los Estados Unidos (EPA) estableció que este puede ser aplicado durante todo el periodo de desarrollo del cultivo hasta el momento de la cosecha, sin ningún peligro de desechos tóxicos ilegales. Además, (Zhuang, Zhu, Wang, Liu, & Xu, 2011), mencionan que el microorganismo actúa en lodos residuales y digestato como sustrato mediante fermentación sumergida. Mientras, (Ballardo, 2016) y Vargas (2018), trabajaron con Fracción Orgánica de Residuos Municipales.

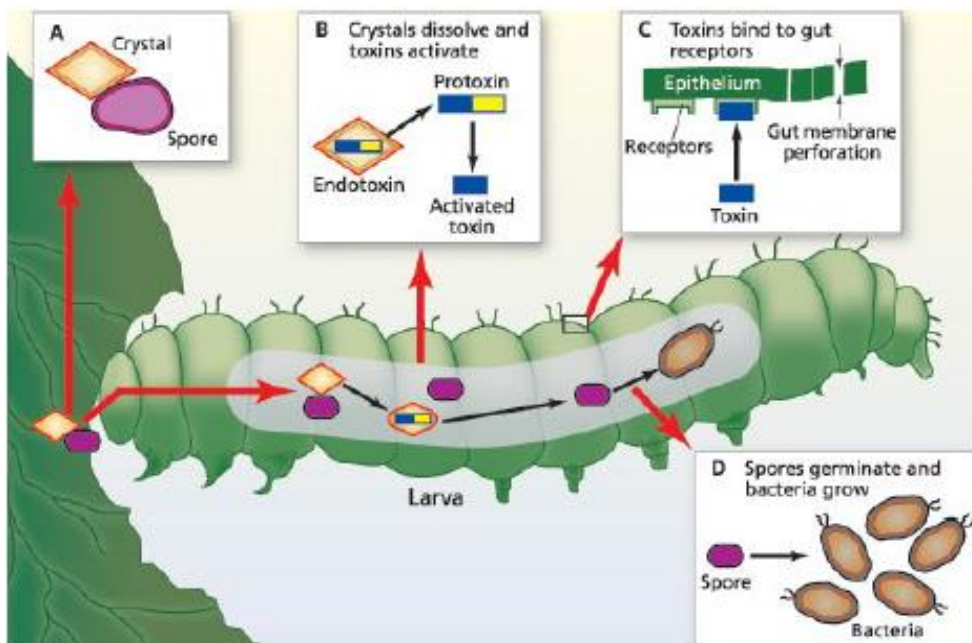


Figura 2: Modo de acción de *Bacillus thuringiensis*

Fuente: Martínez, (2008)

2.2. Evaluación de las condiciones adaptables de *Bacillus thuringiensis* en el compostaje

El microorganismo *Bacillus thuringiensis*, se encuentra distribuido en ecosistemas como bosques tropicales templados, cuya temperatura promedio varía entre 20°C a 28 °C, al igual que *Bacillus cereus* y *anthracis* (Portela, Chaparro, & Silvio, 2013) y (Villacis, Zapata, & León, 2016) Por otro lado, a nivel laboratorio, crece en condiciones controladas de 30 °C y en aireación constante, a este método se denomina el proceso de adaptación según (Matos, 2016) y (Ballardo, 2016).

Xu & Harvey (2016), trabajaron a temperaturas de 15°C, 20°C y 37 °C en compostaje de estiércol de ovino por 33 días, en consecuencia, hubo una disminución de producción de esporas. No obstante, otros estudios demuestran que en camas composteras, los microorganismos *Bacillus thuringiensis* crecen en condiciones razonables a una temperatura entre 35°C y 60 °C, pero la esencial es a partir de los 55°C a 60 °C, y es ahí donde se producen con mayor facilidad (Avila, 2015).

2.3. Obtención de *Bacillus thuringiensis*

El microorganismo *Bacillus thuringiensis* se obtiene de diferentes tipos de muestras como plantas, suelos y especies. Tal es el caso de (Flores, y otros, 2011) quienes adquirieron a partir de terrenos agrícolas, y en específico (Romero, Canales, Meneses, & Herbozo, 2017), obtuvieron de un cultivo de plátano del mismo modo (Guevara, 2016), obtuvo de una zona de alta montaña. Mientras, (Hernández, Ramírez, & Fuentes, 2012) y (Peña, y otros, S. f), bajaron con larva *Tuta absoluta*. Siguiendo los siguientes pasos:

100g de tierra



Muestra

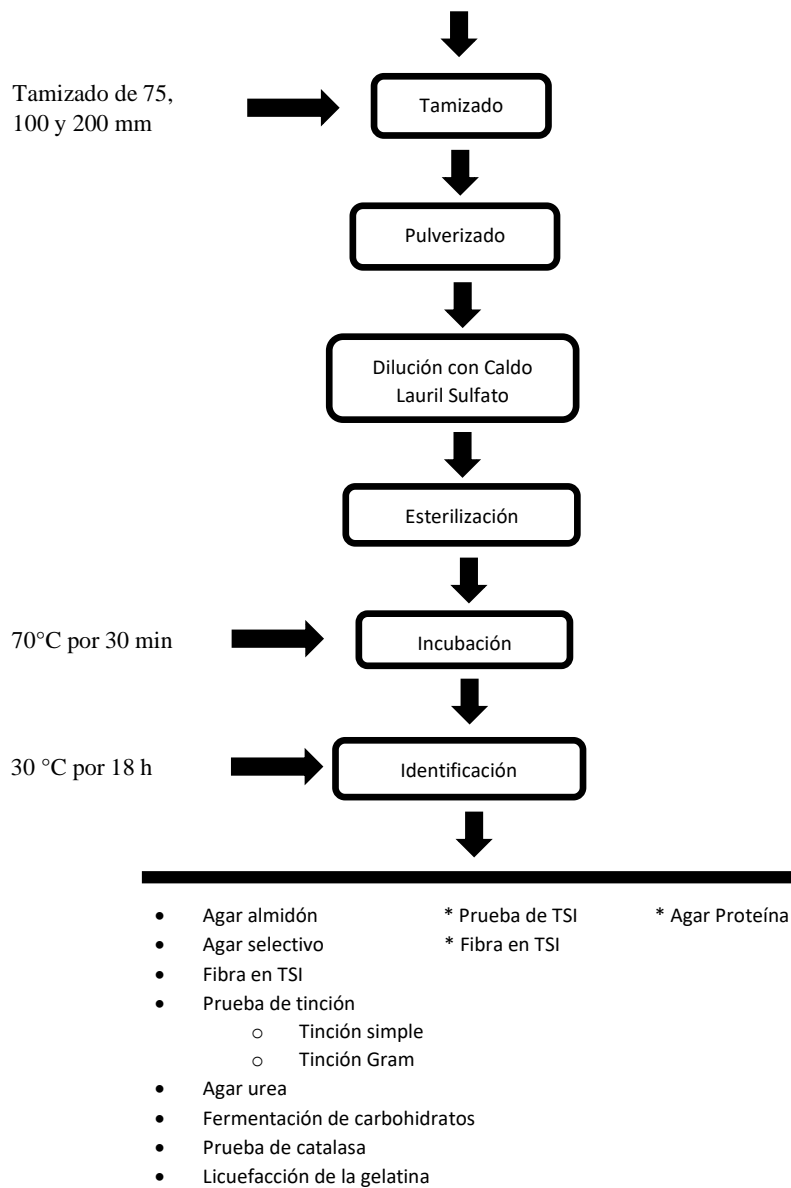


Figura 3: Proceso de obtención de *Bacillus thuringiensis*

Fuente: Romero et al., (2017)

2.4. Método del uso de *Bacillus thuringiensis* para compost

El método de uso del microorganismo *Bacillus thuringiensis* según (Ballardo, 2016) se da de las siguientes formas:

2.4.1. Fermentación en estado sólido (FES)

La FES es un bio proceso que sucede en ausencia o escasez de agua libre, aprovechando generalmente sustrato natural que ejerce como fuente de carbono o energía. Los microorganismos se desarrollan en la fase sólida discreta específicamente en la superficie de las partículas. En la tabla 1 se muestra la aplicación de FES de tres diferentes sustratos.

Tabla 1

Trabajo de aplicación del FES

Autor	Método de uso de Bt.	Sustrato
-------	----------------------	----------

(Smitha, Narayanan, Selvanesan, Sarath, & Sailas, 2013)	FES	Lodos residuales
(Smitha, Narayanan, Selvanesan, Sarath, & Sailas, 2013)	FES	Harina de papa cruda
(Mejias, Estrada, Barrna, & Gea, 2020)	FES	Digestato y los desechos Biológicos
(Mona, Noormasshela, Nor, & Rusea, 2016)	FES	Salvado de trigo y paja de arroz

Fuente: Elaboración propia



Figura 4: *Bacillus thuringiensis* en fermentación en estado sólido

Fuente: Ballardo, (2016)

2.4.2. Fermentación sumergida

La fermentación sumergida es una alternativa de biotecnología que sucede en un medio líquido con microorganismos (Julián & Ramos, 2007). Ballardo (2016), trabajó en fracción orgánica de residuos municipales esterilizados y no esterilizados. Mientras, el residuo no esterilizado desarrolló el crecimiento de otros microorganismos nativos. Por otro lado, (Smitha, Narayanan, Selvanesan, Sarah, & Sailas, 2013), trabajaron en la producción de endosporas y endotoxinas a partir de *Bacillus thuringiensis kurstaki* en diferentes concentraciones y combinaciones. Su rendimiento máximo fue después de 12 horas a 37 °C y 125 rpm. En la tabla 2 se menciona aplicaciones de FmS.

Tabla 2

Trabajo de aplicación del FmS

Autor	Método de uso de Bt	Objetivo
(Darriet, 2015)	FmS	Mezclar Bt con fertilizantes de plantas (NPK) para control de larvas de <i>Aedes aegypti</i> .
(Rahbani y col., 2015)	FmS	Estudiar el efecto de la aireación en la cinética de fermentación de Bt
(Fernández y col., 2013)	FmS	Evaluar el crecimiento de Bt en residuo industrial del licor de maíz y en triptosa con y sin adición de glucosa

Fuente: Elaboración Propia

2.5. Parámetros

Tabla 3

Parámetros en la fermentación

Parámetros	Descripción
Temperatura	Interviene en la velocidad del desarrollo de los microorganismos. El incremento térmico puede afectar directamente al crecimiento microbiano, a la producción de esporas y/o a las propiedades del producto final.
Aireación	La aireación insuficiente puede estimular un cambio de los microorganismos aerobios por anaerobios, en consecuencia una demora en la descomposición, la aparición de sulfuro de hidrógeno y la producción de malos olores. Sin embargo, el exceso de ventilación podría provocar el enfriamiento de la masa y una alta desecación.
Humedad	El contenido de humedad es un parámetro decisivo en el desarrollo microbiano. El valor óptimo depende tanto del microorganismo como de la matriz sólida que se utiliza.
Tamaño de partícula	El desmenuzamiento del material facilita el ataque de los microorganismos y aumenta la velocidad del proceso, aunque reduce el espacio entre partículas aumentando las fuerzas de fricción.
pH	El pH es un parámetro fundamental en el proceso fermentativo con el fin de prevenir la muerte de los microorganismos por valores que estos no toleran.
Agitación	Una buena agitación garantiza la homogeneidad con respecto a las partículas y la humedad. Adicionalmente, promueve la transferencia de calor y materia.

Fuente: Ballardo (2016)

2.6. Aplicación en el compostaje

Villacis, Zapata, & León (2016), aplicaron el *Bacillus thuringiensis* con otros dos microorganismos; *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces* en compostaje. Dicho estudio tuvo la finalidad de identificar la eficiencia en camas de compost, primero adecuaron un lugar de 42 m² bajo cubierta plástica. Para ello, construyeron cajoneras de madera de 1x1 m, con una altura de 0.85 m, enseguida depositaron el estiércol seco de ganado vacuno y gallinaza en capas de 20 cm, separado en capa de 2 cm de cáscara de arroz, luego adicionaron 2 litros de melaza en contracción del 15 %, cal (150 g). Este proceso se repitió hasta llegar a los 80 cm. El vuelco lo realizaron cada 15 días manualmente con la ayuda de una pala, hasta completar los 60 días. Tiempo en el cual procedieron a inocular los microorganismos benéficos en sus diferentes fórmulas volumétricas de cada tratamiento. En la tabla 4 se muestran las distintas dosificaciones en los tratamientos.

Tabla 4

Dosis de microorganismos benéficos que utilizaron en cada tratamiento del ensayo

Tratamiento	Descripción
T1	100 cm ³ de <i>Beauveria bassiana</i> - 100 cm ³ de <i>Bacillus thuringiensis</i> - 100 cm ³ <i>Paecilomyces lilacinus</i>
T2	50 cm ³ <i>Beauveria bassiana</i> - 100 cm ³ <i>Bacillus thuringiensis</i> - 100 cm ³ <i>Paecilomyces lilacinus</i>
T3	100 cm ³ <i>Beauveria bassiana</i> - 50 cm ³ <i>Bacillus thuringiensis</i> - 100 cm ³ <i>Paecilomyces lilacinus</i>
T4	100 cm ³ <i>Beauveria bassiana</i> - 100 cm ³ <i>Bacillus thuringiensis</i> - 50 cm ³ <i>Paecilomyces lilacinus</i>

Fuente: Villacis, Zapata, & León. (2016).

El incremento térmico de los 4 tratamientos tuvieron tres repeticiones, teniendo un resultado óptimo con el tratamiento 1 (T1) tanto para los 30 y 60 días. A fin de corroborar los resultados aplicaron el programa estadístico Diseño Completamente al azar.

Por su parte Ballardo (2016), aplicó el microorganismo *Bacillus thuringiensis* a composteras domésticas. Con residuos esterilizados por 30 min a 121 °C. La aplicación del inóculo fue del 10%. Para ello, utilizó un reactor de 400 L de capacidad, Modelo Thermo star de dimensiones 79x79x100 (altura, anchura y profundidad).

Finalmente Ballardo (2016), también aplicó a residuos no esterilizados la misma cantidad de inóculo; 10 %.



Fuente: Ballardo, (2016)

2.6.1. Contenido nutricional en el compost

El contenido nutricional del compost, de acuerdo a Ballardo (2016), tuvo un aumento significativo en Nitrógeno 3.0 a 3.1% y Fósforo 4.5 a 4.8 %, mientras que la relación de carbono y nitrógeno fue 13.2% que se muestran en la tabla 5. Mientras tanto (Alvarado, 2015) menciona que los microorganismos de *Bacillus thuringiensis*, influye favorablemente en el proceso de compostaje.

Tabla 5

Contenido nutricional en el compost

Parámetros	Compostador control	Compostador con Bt
Humedad (% b.h.)	38.92	33.13
M.O (% b.s)	58.72	58.82
pH	8.17	8.15
C/N	12.9	13.2
Carbono (% b.s)	38.8+ -0.5	41 +- 1.2
Hidrogeno (% b.s)	4.5 +- 1.7	4.8 +- 1.7
Nitrógeno (% b.s)	3.0 +- 2.9	3.1 +- 1.7
Azufre (% b.s)	< 0.1	0.15 +- 3
Na (mg g ⁻¹ MS)	4.8 +- 0.8	3.6 +- 2.1
Mg (mg g ⁻¹ MS)	4.9 +- 1.9	4.7 +- 1.7
P (mg g ⁻¹ MS)	4.5 +- 2.4	4.8 +- 1.3
K (mg g ⁻¹ MS)	22.0 +- 0.5	23 +- 1.4

Fuente: Adaptado Ballardo, (2016)

3. Conclusión

El método de uso de *Bacillus thuringiensis* en el aprovechamiento de residuos orgánicos en la producción de compost es a través de fermentación en estado sólido y fermentación sumergida en la etapa de maduración de las camas composteras, cuyas condiciones adaptables en compost son de 35 a 60°C, para lograr ello se debe de controlar los factores de la temperatura, aireación y humedad, además, su aplicación de *Bacillus thuringiensis* da un valor agregado al compost; efecto biopesticida. Entre tanto, su eficiencia a nivel nutricional; carbono y nitrógeno, es óptimo teniendo una relación de 13.2%.

4. Referencias

- Abbas, M. (2020). Interactions between *Bacillus thuringiensis* and entomophagous insects. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 3.
- Alvarado, E. A. (2015). *Efecto en la aplicación de microorganismos para la transformación de desechos orgánicos en compost en el distrito de Naranjillo - Mapresa*. Tingo Maria - Perú.
- Ávila, M. d. (2015). "Proceso de producción y aplicación del producto microorganismos eficaces en la calidad de compost a partir de la mezcla de tres tipos de residuos orgánicos, sapallanga – huancayo. Huancayo.
- Ballardo, C. (2016). Valorización de residuos sólidos orgánicos como sustrato para el crecimiento de *Bacillus thuringiensis* mediante fermentación en estado sólido: aplicación a la fracción orgánica de residuos municipales para la producción de compost con efecto biopest . *Redalyc*, 180-201.
- Bautista, E., Mesa, L., & Gómez, M. (2018). Alternativas de producción de bioplaguicidas microbianos a base de hongos: el caso de América Latina y El Caribe. *Scientia Agropecuaria*, 2.
- Flores, A., Egúsqiza, R., Alcarraz, M., Woolcott, J., Benavides, E., Godoy, J., . . . Patiño, A. (2015). (2015). Aislamiento de agroecosistemas peruanos y evaluación del potencial bioinsecticida 11). Biodiversidad de *Bacillus thuringiensis* A. *Ciencias e Investigacion*, 30.
- Granja, Y. P. (2009). *Propuesta de gestión ambiental para contribuir con el fortalecimiento a la empresa asociativa solidaria recuperadores de residuos sólidos la esperanza, en el municipio de cartagena del chairá, caquetá*. Bogota.
- Guevara, I. (2016). Aislamiento y caracterización de cepas de *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* obtenidas de muestras de suelo de alta montaña. *Tesis*.
- Hernández, J., Ramírez, L., Ramírez, N., & Fuentes, L. (2012). *Métodos estandarizados para la caracterización de cepas nativas de Bacillus thuringiensis para el control de insectos plaga: Modelo Tuta ab*. Colombia: Panamericana Formas .
- Julián, M., & Ramos, L. (2007). Fermentación en estado sólido (i). Producción de alimento animal . *Redalyc*, 18.
- Martínez, P. e. (2008). *Actividad insecticida de bacterias asociadas al cultivo de Chile (Capsicum annum L) y aisladas del anthonomus eugenii Cano como alternativa de control biológico en esta plaga*. La paz, Baja California Sur.
- Mejías, L., Estrada, M., Barna, R., & Gea, T. (2020). A novel two-stage aeration strategy for *Bacillus thuringiensis* biopesticide production from biowaste digestate through solid-state fermentation. *ScienceDirect*.
- MINAM. (12 de 06 de 2018). *gob.pe*. Obtenido de Ministerio del Ambiente: <https://www.gob.pe/minam>
- Mona, F., Noormasshela, U., Nor, A., & Rusea, G. M. (2016). *Bacillus thuringiensis* entomotoxicity activity in wastewater sludge-culture medium towards *Bactrocera dorsalis* and their histopathological assessment. *Sains Malaysiana*. 589-594.
- Peña, G., Lina, L., Fonseca, A., Hernández, V., Trejo, G., & Sotelo, F. (S. f). Aislamiento de cepas de *Bacillus thuringiensis* de suelos y cadáveres de insectos.
- Portela, D., Chaparro, A., & Lopez, S. (2013). La biotecnología de *Bacillus thuringiensis* en la agricultura. *NOVA-Publicacion científica en ciencias biomédicas*.
- Portela, D., Chaparro, A., & Silvio, L. (2013). *La biotecnología de Bacillus thuringiensis en la agricultura*, 2.
- Romero, J., Canales, E., Meneses, P., & Herbozo, S. (2017). Isolation and identification of *bacillus thuringiensis* in *plantain*, for the production of bioinsecticidas. 16.
- Sauka, D., & Benintende, G. (2008). *Bacillus thuringiensis*: Generalidades. Un acercamiento a su empleo en el biocontrol de insectos lepidópteros que son plagas agrícolas. *Redalyc*, 125.

- Schnepf, E., Crickmore, N., Van Rie, J., Lereclus, D., Baum, J., Feitelson, J., . . . Dean, D. H. (1998). *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins. *Microbiol Mol Biol*.
- Smitha, R., Narayanan, J., Selvanesan, P., Sarath, J., & Sailas, B. (2013). Potato flour mediated solid-state fermentation for the enhanced production of *Bacillus thuringiensis*-toxin. *ScienceDirect*.
- Soberón, M., & Bravo, A. (2007). Las toxinas Cry de *Bacillus thuringiensis*: Modo de acción y consecuencias de su aplicación . *Biotecnología*, 304.
- Srivastava, V., De Araújo, A., Vaish, B., Bartelt, S., & Singh, R. (2016). Biological response of using municipal solid waste compost in agriculture as fertilizer supplement. *Science*.
- Vargas, F., Roldán, J., Zavaleta, G., & otros. (2001). *Producción de Bacillus thuringiensis H-14 var. Israelensis utilizando espárrago (Asparagus officinalis) y su uso potencial para el control de la Malaria en la Libertad-Perú*. Lima.
- Villacís, L., Zapata, J., & León, A. (2016). Compatibilidad y sobrevivencia de microorganismos benéficos de uso agrícola (*Beauveria bassiana*, *Bacillus thuringiensis* y *Paecilomyces lilacinus*) en compost. 2.
- Xu, S., & Harvey, A. (2016). Inactivation of *Bacillus Anthracis* Spores During Laboratory-Scale Composting of Feedlot Cattle Manure. *Front Microbil*, 3.
- Zhuang, L., Zhu, S., Wang, Y., Liu, Z., & Xu, R. (2011). Cost-effective production of *Bacillus thuringiensis* biopesticides by solid-state fermentation using wastewater sludge: Effects of heavy metals. *ScienceDirect*.