



scienceevolution

ISSN: 2810-8728 (En línea)

4.12

OCTUBRE - DICIEMBRE 2024

Artículo Científico

100 - 106



ARTÍCULO  
Científico

## USO DE MICROORGANISMOS EFICIENTES Y SU IMPACTO TÉRMICO EN EL COMPOSTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS

USE OF EFFICIENT MICROORGANISMS AND THEIR THERMAL IMPACT ON ORGANIC WASTE COMPOSTING

**Guillermo Iván Velasquez Huacho**

gvelasquezh@unjbg.edu.pe

ORCID:0000-0001-5180-9035

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN, Tacna - Perú

**Aceptación:** 8 de Noviembre del 2024

**Publicación:** 25 de Noviembre del 2024

### RESUMEN

El propósito del estudio fue explorar el uso de los microorganismos eficientes autóctonos en el compostaje y evaluar el efecto que presentan los mismos en la temperatura del compost y el tiempo de descomposición de los residuos orgánicos. Para ello, se empleó un diseño experimental que incluyó dos tratamientos con tres repeticiones cada uno. Los datos obtenidos se analizaron mediante el coeficiente de determinación, utilizando el programa estadístico Infostat con un nivel de confianza del 95%. Los resultados indicaron que la temperatura máxima con la adición de microorganismos eficientes autóctonos fue de 58 °C a los 21 días, mientras que sin su adición, fue de 52°C a los 42 días. En ambos casos, la temperatura se estabilizó a los 56 y 77 días, respectivamente. Se concluyó que la incorporación de colonias de microorganismos eficientes autóctonos, aplicadas en un 10% durante el compostaje, logró reducir el tiempo de descomposición en un 27%.

**Palabras clave:** Compost estabilizado; descomposición; fase termófila; microorganismos eficientes autóctonos; residuos orgánicos.

### ABSTRACT

The purpose of the study is to explore the use of indigenous efficient microorganisms in composting and to evaluate their effect on the temperature of the compost and the decomposition time of organic waste. An experimental design is employed, which includes two treatments with three repetitions each. The data obtained are analyzed using the coefficient of determination, applying the Infostat statistical program with a 95% confidence level. The results indicate that the maximum temperature with the addition of indigenous efficient microorganisms reaches 58°C at 21 days, while without their addition, it reaches 52°C at 42 days. In both cases, the temperature stabilizes at 56 and 77 days, respectively. It is concluded that the incorporation of indigenous efficient microorganisms, applied at 10% during composting, reduces the decomposition time by 27%.

**Keywords:** Stabilized compost; decomposition; thermophilic phase; autochthonous efficient microorganisms; organic wastes.

USO DE MICROORGANISMOS EFICIENTES Y SU IMPACTO TÉRMICO EN EL COMPOSTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS

Guillermo Iván Velasquez Huacho

ORCID: 0000-0001-5180-9035

<https://revista.scienceevolution.com/>





scienceevolution

ISSN: 2810-8728 (En línea)

4.12

OCTUBRE - DICIEMBRE 2024

Artículo Científico

100 - 106

USO DE MICROORGANISMOS EFICIENTES Y SU IMPACTO TÉRMICO EN EL COMPOSTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS

Guillermo Iván Velásquez Huacho  
ORCID: 0000-0001-5180-9035  
<https://revista.scienceevolution.com/>



## INTRODUCCIÓN

La generación de residuos es una problemática creciente en todo el mundo (Ayilara et al., 2020). El incremento de la población, el cambio en los hábitos de consumo y la falta de conciencia ambiental han llevado a un aumento significativo en la cantidad de residuos producidos, lo que representa un desafío para la gestión adecuada de los mismos (Rengifo, 2022). En Perú, y particularmente en el departamento de Tacna, esta situación es crítica debido al crecimiento de la actividad agrícola impulsada por la demanda de productos para exportación (SENASA, 2020). Este aumento en la producción genera grandes cantidades de residuos agrícolas, como restos de cosechas, desechos de frutas y verduras, y otros materiales orgánicos derivados de la actividad agrícola (Garrido et al., 2023)

Tomando en cuenta este suceso, el compostaje de residuos orgánicos surge como una metodología viable para gestionar los residuos orgánicos agrícolas (Vásquez & Millones, 2021). Transformándolos en compost, un abono orgánico que enriquece la fertilidad del suelo y disminuye el uso de insumos químicos (García-Ramos et al., 2019). Este proceso es una alternativa sostenible para el manejo de residuos, permitiendo dar un valor agregado a los desechos y disminuir su impacto ambiental (Li et al., 2023). Para acelerar y optimizar dicho proceso, se pueden introducir microorganismos eficientes autóctonos, que son cultivos de bacterias, hongos y otros organismos beneficiosos que se encuentran en zonas con poca o nula intervención química (Camacho et al., 2014). Estos microorganismos, adaptados a las condiciones del lugar, ayudan a reducir el tiempo de compostaje y a generar un producto de mayor calidad, promoviendo una agricultura sostenible (Roy et al., 2024).

La temperatura es un parámetro de control particularmente importante, ya que influye directamente en la actividad de los microorganismos (Galecio-Julca et al., 2023). El control adecuado de la temperatura facilita el desarrollo de microorganismos termófilos (Medina et al., 2018). Por lo que, resultan esenciales para la descomposición de la materia orgánica, y además contribuyen con la eliminación de patógenos (Bustanza & Gomero, 2023). Bajo ese contexto, el uso de microorganismos autóctonos capturados localmente resultan ser relevantes, ya que están adaptados a las condiciones específicas de su región (Campos-Rodríguez et al., 2016). Su adaptación natural no solo les permite soportar mejor las variaciones de temperatura, sino que también pueden ofrecer un rendimiento superior en el proceso de compostaje (Velecela et al., 2019) al optimizar el procesamiento de los residuos ofreciendo un mejor rendimiento en el proceso de compostaje (Xiao & Zhang, 2024).

El estudio tuvo como finalidad evaluar la incorporación de microorganismos eficientes autóctonos, capturados en una parcela del distrito La Yarada – Los Palos, Tacna para usarlos en el proceso de compostaje. Como objetivos específicos se plantearon la captura de estos microorganismos para la producción de compost y evaluar el efecto que presentan los mismos en la temperatura durante el proceso de compostaje y el tiempo de descomposición de los residuos orgánicos.

## MÉTODO

### Área de estudio

En el gráfico 1, se muestra la ubicación específica donde se llevó a cabo la captura, reproducción y activación de los microorganismos eficientes, que luego fueron utilizados en la producción de compost. Se realizó en una parcela frente al fundo Santa Mónica de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann en el distrito La Yarada – Los Palos ubicada con las siguientes coordenadas UTM 339271.00 m E y 7984944.00 m S.

Gráfico 1

Ubicación del área de captura y aplicación de los microorganismos





### Obtención de la muestra

La captura de microorganismos y la muestra de residuos orgánicos fue proveniente de residuos de cosecha del Área de captura de microorganismos (Gráfico 1). El estiércol de ovino usado para la elaboración de compost se recolectó del ganado ovino de la misma parcela. Como residuos de descarte para el compostaje se recolectó 60 kg de frutos de guayaba (*Psidium guajava*) y 12 kg de alfalfa (*Medicago sativa*). Además, se recolectó hojas secas del lugar donde se capturó los microorganismos y, finalmente, toda la materia prima recolectada fue triturada a mano facilitando su descomposición al ser colocadas en las pilas de compostaje.

### Captura, obtención y activación de microorganismos eficientes autóctonos

Según lo establecido por Calizaya y Fernández (2017), la recolección de microorganismos del suelo se realizó mediante una trampa de arroz. Para ello, se colocaron 200 g de arroz cocido en cinco recipientes plásticos, llenando el 50% de su capacidad. Estos recipientes fueron cubiertos con gasa y asegurados con ligas antes de ser enterrados en cinco zonas diferentes las cuales presentaban hojas en descomposición y se colocaron a una altura de 20 cm. Luego, los depósitos se cubrieron nuevamente con hojas y se almacenaron durante 7 días.

Para la obtención se usó dos baldes de 20 L, en uno de ellos se añadió 0.0125 kg de levadura, se mezcló 0.05 kg de melaza más 1 L de agua sin cloro y se tapó durante 10 minutos para la activación de la levadura (Balde A). Las trampas de arroz con colonias de microorganismos eficientes autóctonos fueron depositadas dentro de una bolsa de tela, luego se agregó (Balde B) la levadura activada, 0.95kg de melaza, 1 L de leche fresca y agua sin cloro para completar los 5 L. Funcionando como una infusión, el contenido del balde A fue mezclado con el balde B y se dejó reposar por 7 días, obteniéndose el "mende madre".

Según la metodología de Chaparro-Montoya et al. (2021), este líquido fue activado al mezclarse en un barril con 5 L de melaza y 90 L de agua sin cloro. Tras 7 días y con el barril rotulado, se obtuvo el "mende activo", el cual debe diluirse al 10 % antes de su uso en la preparación de compost.

### Uso de microorganismos eficientes y su impacto térmico en el compostaje de residuos orgánicos

#### Variables evaluadas

En esta investigación, las variables independientes fueron la cantidad de residuos orgánicos y la dosis de microorganismos eficientes aplicados al compost. Por otra parte las variables dependientes fueron la temperatura y el tiempo de descomposición hasta que se establece el compost.

#### Diseño del experimento

En la Tabla 1 se muestra el diseño del experimento correspondiente a un diseño completamente al azar (DCA) con dos tratamientos, T1, T2; con tres repeticiones para cada uno. Al tratamiento uno (T1) no se le aplicó ninguna dosis de microorganismos eficientes autóctonos y al tratamiento dos (T2), se le aplicó la dosis de microorganismos eficientes autóctonos al 10 %.

Tabla 1

Aplicación de microorganismos eficientes en el compost

T1 (0%)			T2 (10%)		
R1	R2	R3	R1	R2	R3

### Elaboración de compost con y sin adición de microorganismos eficientes autóctonos

Se realizó seis pilas de compostaje, cada pila contenía 15 kg de estiércol de ovino, 3 kg de hierba, 10 kg de fruta, 2 kg de hojas secas, añadiendo los microorganismos eficientes autóctonos al 10 % mediante una bomba de fumigación, controlando la humedad mediante la prueba del puño, las mediciones de temperatura con un termómetro de alcohol cada semana y realizando volteos después de las 4 semanas.

Tabla 2

Composición de la pila de compostaje

Materia prima	Cantidad (kg)	Porcentaje (%)
Guayaba ( <i>Psidium guajava</i> )	10	33,3
Alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> )	3	10
Estiércol de ovino	15	50
Hojas secas	2	6,7



## RESULTADOS

### Captura, obtención y activación de Microorganismos eficientes autóctonos

En el Gráfico 2, se observa las poblaciones de microorganismos eficientes de diversos colores: verde, crema, gris, negro y blanco. A partir de estas colonias se obtuvo el mende madre y el mende activo, tras un proceso de activación de 7 días cada uno.

Gráfico 2

Colonia de Microorganismos eficientes autóctonos capturados con arroz



### Elaboración de compost con y sin adición de microorganismos eficientes autóctonos

La preparación del compost comenzó en mayo del 2024 y concluyó a finales de julio del 2024. En la Tabla 3, se presenta que la temperatura máxima alcanzada en el compost con la adición de organismos benéficos autóctonos fue de 58 °C a los 21 días, mientras que el compost sin adición alcanzó los 52 °C a los 42 días de iniciado el proceso de fermentación.

Tabla 3

Temperatura promedio del compost con y sin adición de microorganismos eficientes autóctonos

Semanas	Sin microorganismos eficientes autóctonos	Con microorganismos autóctonos
1	22	22
2	30	42
3	41	58
4	46	54
5	52	48
6	52	35
7	48	23
8	44	22
9	32	22
10	23	23
11	22	22
12	22	22

En el Gráfico 3 y 4 se muestra el tiempo (semanas) vs la temperatura durante el proceso de compostaje a partir de residuos biológicos, con y sin la incorporación de microorganismos eficientes autóctonos.

Mediante la evaluación estadística, se calculó el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) para el proceso de compostaje con incorporación de microorganismos eficientes, siendo de 0.8458, con un coeficiente ajustado ( $R^2$  ajustado) de 0.7879. El modelo matemático que mostró el mejor ajuste fue la ecuación polinomial cúbica:

$$Y (\text{Temperatura, } C^{\circ}) = 0.2020 + 31.3896X - 5.7998X^2 + 0.2814X^3$$



scienceevolution

ISSN: 2810-8728 (En línea)

4.12

OCTUBRE - DICIEMBRE 2024

Artículo Científico

100 - 106

USO DE MICROORGANISMOS EFICIENTES Y SU IMPACTO TÉRMICO EN EL COMPOSTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS

Guillermo Iván Velásquez Huacho

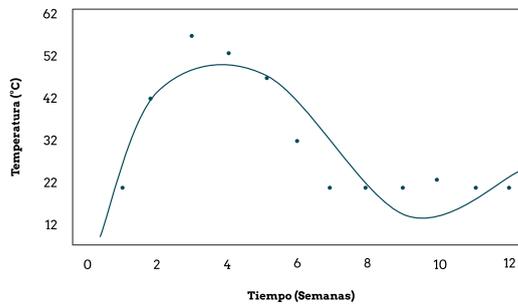
ORCID: 0000-0001-5180-9035

<https://revista.scienceevolution.com/>



**Gráfico 3**

Tiempo (semanas) vs Temperatura del compost con incorporación de microorganismos eficientes autóctonos

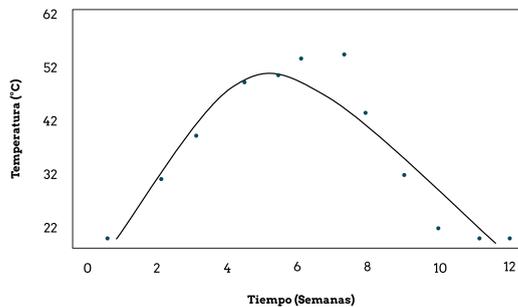


Mediante la evaluación estadística, se calculó el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) para el método de compostaje sin incorporación de microorganismos eficientes, siendo de 0.9098, con un coeficiente ajustado ( $R^2$  ajustado) de 0.8759. El modelo matemático que mostró el mejor ajuste fue la ecuación polinomial cúbica:

$$Y (\text{Temperatura, } ^\circ\text{C}) = -7.39394 + 28.0775X - 3.85798X^2 + 0.141414X^3$$

**Gráfico 4**

Tiempo (semanas) vs Temperatura del compost sin incorporación de microorganismos eficientes autóctonos



## DISCUSIÓN

Los microorganismos eficientes autóctonos fueron capturados utilizando trampas de arroz, un medio de cultivo que se dejó reposar por un periodo de 7 días. Las poblaciones obtenidas se clasificaron por colores: gris, verde, negro y blanco. El tiempo y método de captura de microorganismos eficientes difiere de lo reportado por Alarcon., et al. (2020) quien utilizó 250 g de arroz cocinado sin sal, dos cucharadas de melaza y dos cucharadas de harina de pescado dejando la trampa durante 14 días. Según Chaparro-Montoya et al. (2021), este tiempo prolongado causa que el arroz se seque, lo que afecta el crecimiento adecuado de las colonias microbianas. Con respecto al uso de microorganismos autóctonos, investigaciones similares como la de Aveiga Villacis et al. (2016), usando un biopreparado con microorganismos autóctonos para mejorar la calidad de su compost, registró 56 días de compostaje. A diferencia de investigaciones como Rivera et al. (2020), mencionan el uso de una levadura comercial (*Saccharomyces cerevisiae*) logrando un compost estabilizado en 93 días y por su parte Ribeiro et al. (2017), optando por el uso de bacterias como *Bacillus cereus* y *Bacillus megaterium* por su capacidad de actuar y soportar altas temperaturas, lo que acelera la descomposición orgánica compleja como celulosa y lignina.

En esta investigación, se utilizaron microorganismos eficientes autóctonos para producir compost a partir de materiales residuales agrícolas, obteniendo temperaturas que oscilaron entre los 22 °C y 58 °C (a los 21 días), con un tiempo de descomposición de 56 días. En contraste, al no incorporar microorganismos eficientes autóctonos, la temperatura máxima alcanzó los 52 °C (a los 42 días), y el proceso de descomposición duró 77 días.

Los resultados de tiempo obtenidos en la presente investigación son similares a la investigación de Loarte et al. (2018), usando residuos de leguminosas con adición de microorganismos eficientes



autóctonos, obtuvo un tiempo de descomposición de 60 días. No obstante, Álvarez et al. (2019), con el uso de cascarilla de arroz y García-Ramos et al. (2019), con residuos de mercado, mostraron un tiempo de compostaje más prolongado, finalizando en 91 y 105 días respectivamente. A diferencia de Castro y Daza (2016), usando residuos más complejos como los de curtiembre requirieron 120 días de compostaje, a pesar del uso de microorganismos eficientes.

Por un lado, los resultados de temperaturas fueron similares a los registrados por Campos-Rodríguez et al. (2016) alcanzando una temperatura máxima de 56 °C al usar microorganismos de montaña en el compostaje de residuos sólidos biodegradables, lo cual también aceleró la fase termófila. Por otro lado, Ribeiro et al. (2017), logró temperaturas más elevadas entre 60 °C y 65 °C utilizando especies termofílicas de *Bacillus cereus* y *Bacillus megateriumes*. A diferencia de la investigación de Cotacallapa-Sucapuca et al. (2020), sobre el orujo dos veces fermentado, alcanzó una temperatura máxima menor a 40 °C debido a la naturaleza de los residuos de uva, que son relativamente fáciles de descomponer. Este último resultado se encuentra fuera de los rangos de temperatura óptima según Garrido-Acosta et al. (2023), lo cual indica que se debe mantener en el rango de 45 °C a 65 °C durante la fase térmica, permitiendo una alta actividad microbiana y una degradación eficiente. Superar los 70 °C, según Ayilara et al. (2020), haría disminuir la actividad microbiana, ya que incluso los microorganismos termofílicos, que son resistentes al calor, comienzan a perder efectividad.

## CONCLUSIONES

Se capturó colonias de microorganismos eficientes mediante las trampas de arroz en una parcela del distrito La Yarada – Los palos de color gris, verde, negro y blanco. El mende madre y activo se obtuvieron tras un proceso de 7 días para cada uno.

Al agregar el mende activo al 10%, tuvo efectos positivos en la temperatura y el tiempo de descomposición, alcanzando una temperatura promedio máxima de 58 °C (a los 21 días) y con un tiempo de descomposición de 56 días; a diferencia de las pilas sin adición del mende activo, donde se obtuvo una máxima temperatura de 52 °C (a los 42 días) con un tiempo de descomposición de 77 días. Esto evidencia una reducción del 27% en el tiempo de compostaje.

## REFERENCIAS

Alarcon, J., Recharte, D., Yanqui, F., Moreno, S., & Buendía, M. (2020). Fertilizar con microorganismos eficientes autóctonos tiene efecto positivo en la fenología, biomasa y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 67-73.

<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.08>

Ayilara, M. S., Olanrewaju, O. S., Babalola, O. O., & Odeyemi, O. (2020). Waste management through composting: Challenges and potentials. *Sustainability*, 12(11), 4456.

<https://doi.org/10.3390/su12114456>

Alvarez, M, Largo, A., Iglesias-Abad, S., & Castillo, J. (2019). Calidad de compost obtenido a partir de estiércol de gallina, con aplicación de microorganismos benéficos. *Scientia Agropecuaria*, 10(3), 353-361.

<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.03.05>

Aveiga Villacis, E., Alcívar Murillo, R., Cañarte García, F., & Vera Delgado, H. (2016). Uso de biopreparados en el compostaje de residuos orgánicos urbanos. *Revista ESPAMCIENCIA ISSN 1390-8103*, 7(2), 135-140.

[https://revistasepam.espam.edu.ec/index.php/Revista\\_ESPAMCIENCIA/article/view/122](https://revistasepam.espam.edu.ec/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/122)

Bustanza, R., & Gomero, L. (2023). Optimization of the composting process with coffee pulp in the annex Unión Pucusani (Chanchamayo - Junín). *Idesia* (Arica), 41(1), 85-95.

<https://doi.org/10.4067/S0718-34292023000100085>

Calizaya, Y. C., & Fernández, C. M. F. (2017). Evaluación del efecto que tienen los microorganismos eficientes (EM), en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), 3(3), 652-666.

<https://apthapi.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/182>

Campos-Rodríguez, R., Brenes-Peralta, L. P., & Jiménez-Morales, M. F. (2016). Evaluación técnica de dos métodos de compostaje para el tratamiento de residuos sólidos biodegradables domiciliarios y su uso en huertas caseras. *Revista Tecnología En Marcha*, 29(8), 25-32.

<https://doi.org/10.18845/tm.v29i8.2982>



Castro García, G., & Daza Torres, M. C. (2016). Evaluación de enmiendas en el proceso de compostaje de residuos de curtiembres. *Producción + Limpia*, 11(1), 53-59. <https://revistas.unilasallista.edu.co/index.php/pl/article/view/1114>

Chaparro-Montoya, E. E., Vera-Alcázar, M. M., Herrera-Córdova, F. B., & Barahona-Sánchez, J. C. (2021). Utilización de microorganismos eficientes para la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos. *Sincretismo*, 1(1). <https://revistas.unam.edu.pe/index.php/sincretismo/article/view/15>

Cotacallapa-Sucapuca, M., Vilca-Curo, R., & Coaguilla, M. (2020). El orujo de uva Italia como fuente de compuestos bioactivos y su aprovechamiento en la obtención de etanol y compost. *FAVE Sección Ciencias Agrarias*, 19(1), 17-32. <https://doi.org/10.14409/fa.v19i1.9450>

Camacho, A. D., Martínez, L., Ramírez Saad, H., Valenzuela, R., & Valdés, M. (2014). Potencial de algunos microorganismos en el compostaje de residuos sólidos. *Terra Latinoamericana*, 32(4), 291-300. <https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/article/view/35>

Galecio-Julca, M., Neira-Ojeda, M., Chanduvi-García, R., Peña-Castillo, R., Álvarez-Bernaola, L. A., Granda-Wong, C., ... Morales-Pizarro, D. A. (2023). Efecto de la eficacia de los microorganismos nativos y la composta en tres pisos altitudinales en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*) variedad INIA 415-Pasankalla. *Revista Terra Latinoamericana*, 41. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1622>

García-Ramos, C., Arozarena-Daza, N. J., Martínez-Rodríguez, F., Hernández-Guillén, M., Pascual-Amaro, J. Á., & Santana-Gato, D. (2019). Obtención de compost mediante la biotransformación de residuos de mercados agropecuarios. *Cultivos Tropicales*, 40(2), e02. Recuperado de <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1506>

Garrido-Acosta, L. R., Florida-Rofner, N., Cipriano, J. N., & Rengifo-Rojas, A. (2023). Calidad del compost a base de residuos orgánicos urbanos en Leoncio Prado, Perú. *Producción + Limpia*, 18(1), 118-137. <https://doi.org/10.22507/pml.v18n1a8>

Li, Q., Koyama, M., & Nakasaki, K. (2023). Effect of storage time on organic matter decomposition during composting by inoculating enriched microorganisms. *Environmental Technology & Innovation*, 29, 102984. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102984>

Loarte, L., Apolo, V., & Alvarez, P. (2018). Efecto del tiempo de maduración y de microorganismos eficientes en el contenido nutricional del bocashi. *CEDAMAZ*, 8(1), 30-36. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/570>

Medina, M. S., Quintero, R., Espinosa, D., Alarcón, A., Etchevers, J. D., Trinidad, A., & Conde Martínez, F. V. (2018). Generación de un inoculante acelerador del compostaje. *Revista Argentina de Microbiología*, 50(2), 206-210. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.03.010>

Ribeiro, N. de Q., Souza, T. P., Costa, L. M. A. S., Castro, C. P. de, & Dias, E. S. (2017). Microbial additives in the composting process. *Ciência e Agrotecnologia*, 41, 159-168. <https://doi.org/10.1590/1413-70542017412038216>

Rivera, M., Caracela, E., & Morales, L. (2020). Proceso de compostaje por *Saccharomyces cerevisiae* en una institución educativa en Perú. *Orbis: revista de Ciencias Humanas*, 16(Extra 46), 109-119. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7611500>

Roy, D., Gunri, S. K., Kundu, C. K., & Bandyopadhyay, P. K. (2024). Rapid composting of groundnut residues through novel microbial consortium: Evaluating maturity, stability and microbial activity. *Current Research in Microbial Sciences*, 100277. <https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2024.100277>

SENASA. (2020, agosto 27). Tacna: Exportaciones de productos agrícolas superaron las 17 mil toneladas. SENASA al día. <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/tacna-exportaciones-de-productos-agricolas-superar-on-las17-mil-toneladas/>

Vásquez Castro, E. R., & Millones Chanamé, C. E. (2021). Una revisión sobre la diversidad microbiana y su rol en el compostaje aerobio. *Aporte Santiaguino*, 14(2), pág. 253-275. <https://doi.org/10.32911/as.2021.v14.n2.822>

Velecela, S., Meza, V., García, S., Alegre, J., & Salas, C. (2019). Vermicompost enriquecido con microorganismos benéficos bajo dos sistemas de producción y sus efectos en el rábano (*Raphanus sativus* L.). *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 229-239. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.02.08>

Xiao, W., & Zhang, L. (2024). Optimizing green waste composting with iron-based Fenton-like process. *Bioresource Technology*, 413, 131506. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2024.131506>