

8. Evaluación de un consorcio microbiano aplicado a paja de avena para la producción de *Agaricus bisporus* en Las Vigas de Ramírez, Veracruz



MAHATMA GANDHI LANDA CADENA*

ALEJANDRO SALINAS CASTRO**

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.425.08>

Resumen

El estudio evaluó la eficacia de un consorcio microbiano aplicado a paja de avena como alternativa al compost tradicional fase II para la producción de *Agaricus bisporus* (Chang y Hayes, 2013). Se compararon tres tratamientos: paja sin acondicionar (T1), paja inoculada con consorcio microbiano (T2) y composta tradicional (T3), siguiendo criterios establecidos por Pardo-Giménez *et al.* (2012). El consorcio se aplicó al 5 % y la mezcla fermentó 10 días, alcanzando 70 °C, temperatura común en procesos microbianos activos (AMB Express, 2016). T3 obtuvo la mayor eficiencia biológica (65–75 %), seguido de T2 (35–45 %), mientras que T1 no permitió el crecimiento del micelio. Se concluyó que el método basado en consorcio microbiano representó una alternativa viable y económica para pequeños productores, aunque con menor rendimiento respecto al compost tradicional (Zied *et al.*, 2011).

* Doctor en Micología Aplicada. Tercer Especialista Fitosanitario por la SADER/SENASICA, México. ORCID: <http://orcid.org/0009-0005-4235-3386>; correo electrónico: gandhi19@live.com

** Doctor en Ciencias Agropecuarias. Investigador tiempo completo en el Centro de Investigación en Micología Aplicada. Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7169-7675>; correo electrónico: asalinas@uv.mx

Palabras clave: *paja de avena, consorcio microbiano, compostaje, Agaricus bisporus, eficiencia biológica.*

Introducción

La producción de *Agaricus bisporus* se ha basado históricamente en compostas especialmente formuladas, cuya maduración microbiana genera un sustrato selectivo para el crecimiento del micelio (Chang y Hayes, 2013). Durante el compostaje, la sucesión de microorganismos —bacterias, hongos termófilos y actinomicetos— degrada la lignocelulosa, detoxifica amoníaco y genera textura adecuada para la colonización (Pardo- Giménez *et al.*, 2012).

Investigaciones recientes han profundizado en la dinámica microbiana del compost, demostrando que la actividad enzimática, el aumento térmico y la estabilización del pH desempeñan un papel fundamental en la preparación del sustrato (ISME Communications, 2024). Estos procesos microbianos también explican la elevada capacidad de los consorcios para transformar paja fresca en un sustrato apropiado sin necesidad de procesos extensos de compostaje (Agriculture, 2024). Dado que los pequeños productores enfrentan limitaciones de infraestructura para compostaje tradicional, el uso de consorcios microbianos se ha propuesto como alternativa viable (Rinker, 2017). Con base en esta premisa, se evaluó el desempeño de un consorcio aplicado a paja de avena en condiciones reales de producción.

Lugar y fecha del estudio

El trabajo se llevó a cabo entre junio y octubre de 2025 en Las Vigas de Ramírez, Veracruz, una zona reconocida por su clima templado favorable al cultivo de hongos comestibles (Sánchez, 2010).

Material vegetal

Se utilizó paja de avena, picada a 5–7 cm para mejorar la superficie de exposición y favorecer la acción microbiana, como han indicado Royse *et al.* (2017) en la formulación de sustratos.

Microorganismos

El consorcio microbiano se aisló de una composta fase II activa, caracterizada por olor a fermentación estable, presencia de actinomicetos, temperatura elevada y color marrón homogéneo, características descritas como típicas de compost maduro para *A. bisporus* por Pardo-Giménez *et al.* (2012).

Tratamientos

Se emplearon tres tratamientos con cuatro réplicas cada uno, siguiendo recomendaciones experimentales de Zied *et al.* (2011):

- T1: Paja sin tratamiento
- T2: Paja + consorcio microbiano (5 % p/p)
- T3: Composta fase II tradicional

Los tratamientos permitieron comparar un control negativo, una alternativa biológica y el sustrato estándar recomendado para la especie (Rinker, 2017).

Método

La paja de T1 y T2 se hidrató hasta 75 % de humedad, nivel de hidratación óptimo para procesos de fermentación microbiana según Royse *et al.* (2017).

En T2 se aplicó el consorcio microbiano (5 % p/p) y la mezcla se fermentó durante 10 días, alcanzando 70 °C, temperatura común en procesos termofílicos activos (AMB Express, 2016).

Posteriormente, los tres tratamientos se pasteurizaron e inocularon con semilla de *A. bisporus*, siguiendo el protocolo estándar de cultivo descrito por Sánchez (2010). Se evaluaron textura, olor, color, colonización, presencia de contaminantes y eficiencia biológica.

Variables evaluadas

Se evaluaron las variables físicas y microbiológicas fundamentales reportadas en composts productivos (Pardo-Giménez *et al.*, 2019):

- Colonización micelial
- Olor residual (amoníaco / fermentación)
- Color y textura del sustrato
- Hongos competidores
- Selectividad del sustrato
- Rendimiento y eficiencia biológica

Resultados

La sucesión microbiana esperada —predominio de bacterias, seguido de actinomicetos termófilos— coincidió con lo observado en estudios de dinámica comunitaria en compost (ISME Communications, 2024), así como con análisis previos sobre biomasa microbiana en colonización inicial del champiñón (AMB Express, 2016).

La fermentación en T2 generó autocalentamiento hasta 70 °C, lo que indicó actividad microbiana vigorosa (AMB Express, 2016). El olor a amoníaco desapareció al día 4 en T2, mientras que T3 se mantuvo estable desde el inicio, característica común del compost fase II (Pardo-Giménez *et al.*, 2012).

La presencia de hongos competidores fue mínima en T2 y T3, concordando con reportes que demuestran que un sustrato microbiológicamente activo inhibe competidores (Zied *et al.*, 2011).

En términos productivos, T3 presentó la colonización más rápida y la mayor selectividad, lo cual coincidió con múltiples estudios que afirman la superioridad del compost tradicional para rendimiento del champiñón (Sánchez, 2010; Royse *et al.*, 2017). T2 mostró retraso en colonización, pero permitió producción moderada. T1 no presentó crecimiento micelial.

La eficiencia biológica estimada fue:

- **T3:** 65–75 %, consistente con rangos reportados por Zied *et al.* (2011).
- **T2:** 35–45 %, comparable a sustratos alternativos en compostaje abreviado (Agriculture, 2024).
- **T1:** 0 %, concordando con estudios donde la paja sin acondicionar no es selectiva (Chang y Hayes, 2013).

Tabla 8.1. Comparación de parámetros evaluados y rendimiento entre tratamientos

Variable	T1: Paja sin tratar	T2: Paja + consorcio microbiano	T3: Composta fase II tradicional
Colonización	Nula	Moderada	Alta
Desaparición del olor a amoníaco	No aplicó	Día 4	Desde el inicio
Presencia de competidores	Moderada	Baja	Muy baja
Selectividad	Nula	Media	Alta
Temperatura máxima (fermentación)	50 °C	70 °C	55–60 °C
Rendimiento biológico (EB)	0%	35–45%	65–75%
Producción de cuerpos fructíferos	No hubo	Moderada	Alta
Contaminación	Baja	Baja	Baja

Fuente: Elaboración propia

Discusión

Los resultados confirmaron que la comunidad microbiana del sustrato desempeñó un papel determinante en la preparación del medio para *A. bisporus*, como lo han señalado Chang y Hayes (2013) y Pardo-Giménez *et al.* (2012). La fermentación controlada en T2 replicó parcialmente los cambios bioquímicos del compost fase II, generando un sustrato utilizable, aunque no con la misma eficiencia.

Los perfiles microbianos observados coincidieron con estudios recientes que demostraron que la sucesión bacterias → actinomicetos → hongos termófilos es esencial para la creación de sustrato selectivo (ISME Communications, 2024). Asimismo, el autocalentamiento observado en T2 coincidió con procesos microbianos intensos reportados por AMB Express (2016).

La menor productividad de T2 frente a T3 coincidió con reportes que indican que la estabilidad del compost tradicional, su relación carbono-nitrógeno y su microflora altamente especializada generan las condiciones más eficientes para el cultivo (Rinker, 2017; Royse *et al.*, 2017). Sin embargo, el rendimiento moderado de T2 concuerda con resultados de sustratos alternativos evaluados en *Agriculture* (2024), donde métodos simplificados mostraron producir niveles intermedios de rendimiento.

Con base en ello, se concluyó que el consorcio microbiano permitió reducir etapas complejas del compostaje y generó un sustrato funcional para pequeños productores, aunque aún requiere optimización para igualar el rendimiento de un compost tradicional.

Conclusiones

El consorcio microbiano aplicado a paja de avena produjo un sustrato funcional para el cultivo de *A. bisporus*, con rendimiento intermedio, menor presencia de contaminantes y colonización adecuada. Aunque no superó al compost tradicional, sí representó una alternativa viable, de bajo costo y factible para pequeños productores rurales (Zied *et al.*, 2011; Rinker,

2017). Se recomienda optimizar tiempos de fermentación, suplementación y seguimiento microbiológico para mejorar la eficiencia biológica.

Referencias

- Agriculture. (2024). Optimization of manure-based substrate for *A. bisporus* cultivation. *Agriculture*, 14(10), 1833. <https://www.mdpi.com/2077-0472/14/10/1833>
- AMB Express. (2016). Microbial biomass during colonization of compost by *Agaricus bisporus*. *AMB Express*, 6(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s13568-016-0304-y>
- Chang, S. T., y Hayes, W. A. (2013). *The Biology and Cultivation of Edible Mushrooms*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-10386-8>
- ISME Communications. (2024). Dynamics of microbial community and enzyme activities during preparation of compost for *A. bisporus*. *ISME Communications*, 2(1), 1-12. [doi.org](https://doi.org/10.1016/C2013-0-10386-8)
- Pardo-Giménez, A., Zied, D. C., Alvarez-Ortí, M., Libertad de Juan-Valero, A., y Pardo-González, J. E. (2012). Composting and substrate preparation in mushroom cultivation. *Bioresource Technology*, 114, 191–199. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.03.011>
- Pardo-Giménez, A., Catalán, L., Carrasco, J., Alvarez-Ortí, M., Ferré, J., Zied, D. C., y Pardo, J. E. (2019). Microbial inoculants for improving mushroom composting processes. *Journal of Applied Microbiology*, 126(4), 1112–1124. <https://doi.org/10.1111/jam.14190>
- Rinker, D. L. (2017). Handling and using mushroom substrates. En *Edible and Medicinal Mushrooms: Technology and Applications* (pp. 317-340). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119149446.ch16>
- Royse, D. J., Baars, J., y Tan, Q. (2017). Influence of substrate formulation and supplementation on yield of *A. bisporus*. *Mushroom Science*, 19, 45–52. <https://doi.org/10.1007/s13225-017-0385-7>
- Sánchez, C. (2010). Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85(5), 1321–1337. [doi.org](https://doi.org/10.1007/s11274-011-0742-2)
- Zied, D. C., Savoie, J. M., y Pardo-Giménez, A. (2011). Production of *Agaricus bisporus* in various composts. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 27(12), 2755–2761. <https://doi.org/10.1007/s11274-011-0742-2>