

Transformación de residuos agroforestales en alimento: evaluación productiva, nutricional y educativa del cultivo de *Pleurotus ostreatus* en el ámbito de educación técnica.

Transformation of agroforestry residues into food: productive, nutritional and educational evaluation of *Pleurotus ostreatus* cultivation in a technical education context.

ARTÍCULO

Rocío Antonella Comito

Universidad Nacional de Quilmes, Argentina. Contacto: rcomito.uvq@gmail.com

Maira Encina

Universidad Nacional de Quilmes, Argentina. Contacto: mairaencina85@gmail.com

Gael Herrera

Universidad Nacional de Quilmes, Argentina. Contacto: gaelherrera10molina@gmail.com

Denis Arguellas

Universidad Nacional de Quilmes, Argentina. Contacto: arguellaadenis@gmail.com

Karen Velazquez

Universidad Nacional de Quilmes, Argentina. Contacto: karen.velazquez@unq.edu.ar

Marlene Ptaszynski

Universidad Nacional de Quilmes, Argentina. Contacto: marlene.ptaszynski@unq.edu.ar

Cecilia Alvarez Crespo

Universidad Nacional de Quilmes, Argentina. Contacto: macrespo@unq.edu.ar

Recibido: abril de 2026

Aceptado: mayo de 2026

Resumen

El presente trabajo evaluó la viabilidad productiva, nutricional y educativa del cultivo de *Pleurotus ostreatus* (gírgola) utilizando residuos agroforestales como sustrato en el contexto de la educación técnica secundaria. Se evaluaron tres formulaciones de sustrato: álamo puro (A), álamo con paja de trigo 50:50 (AT) y saligna con cascarilla de soja 70:30 (SS), con cinco réplicas por tratamiento para variables productivas y tres réplicas biológicas para la concentración proteica.

El sustrato AT presentó la colonización micelial más rápida ($83,0 \pm 3,1$ % a los 35 días) y el menor tiempo hasta la primera cosecha ($6,6 \pm 0,6$ días). El sustrato A mostró la mayor estabilidad sanitaria y el mayor número de cosechas ($3,0 \pm 0,4$). El sustrato SS produjo la mayor concentración proteica ($2,71 \pm 0,09$ mg/ml), aunque también presentó una mayor incidencia de contaminaciones. Los análisis estadísticos (ANOVA y Kruskal-Wallis) revelaron diferencias significativas entre sustratos ($p < 0,001$ en la mayoría de las variables).

Asimismo, se realizó una estimación económica del sistema productivo, la cual proyectó una ganancia bruta mensual de \$2.081.600 para un microemprendimiento de 320 bolsas activas por mes. El proyecto integró contenidos de microbiología, análisis de alimentos, sustentabilidad y emprendedurismo, evidenciando que el cultivo de gírgolas constituye una herramienta pedagógica eficaz para articular ciencia aplicada, economía circular y formación técnica.

Palabras clave: *Pleurotus ostreatus*; economía circular; residuos agroforestales; educación técnica; sustentabilidad.

Abstract

This study evaluated the productive, nutritional and educational feasibility of cultivating *Pleurotus ostreatus* (oyster mushroom) using agroforestry residues as substrates within a technical secondary education context. Three substrate formulations were evaluated: pure poplar wood (A), poplar with

wheat straw 50:50 (AT), and saligna with soybean hulls 70:30 (SS), with five replicates per treatment for productive variables and three biological replicates for protein concentration.

The AT substrate showed the fastest mycelial colonization ($83.0 \pm 3.1\%$ at 35 days) and the shortest time to first harvest (6.6 ± 0.6 days). The A substrate exhibited greater sanitary stability and the highest number of harvests (3.0 ± 0.4). The SS substrate produced the highest protein concentration (2.71 ± 0.09 mg/ml), although it also presented a higher incidence of contamination. Statistical analyses (ANOVA and Kruskal-Wallis) revealed significant differences among substrates ($p < 0.001$ for most variables).

An economic estimation of the production system was also performed, projecting a monthly gross profit of \$2,081,600 for a small-scale venture with 320 active bags per month. The project integrated concepts from microbiology, food analysis, sustainability and entrepreneurship, highlighting that oyster mushroom cultivation represents an effective pedagogical tool for linking applied science, circular economy principles and technical education.

Keywords: *Pleurotus ostreatus*; circular economy; agroforestry residues; technical education; sustainability.

Introducción

El cultivo de hongos comestibles representa una actividad de creciente interés por su bajo requerimiento de insumos, su alta eficiencia en la conversión de residuos lignocelulósicos en biomasa útil y su potencial para generar alimentos saludables. *Pleurotus ostreatus* (gírgola) es una de las especies más cultivadas a nivel mundial debido a su rápido crecimiento, facilidad de manejo y adaptabilidad a una amplia gama de sustratos vegetales. Este hongo saprófito es capaz de descomponer compuestos como celulosa y lignina presentes en maderas, pajas y cascarillas, lo que permite su desarrollo sobre materiales considerados de desecho (Stamets, 2000; Chang & Miles, 2004). Sin embargo, la elección del sustrato influye directamente en la velocidad de colonización, la productividad y la aparición de contaminantes (INTA, 2021; Fanadzo et al., 2010).

En este contexto, el presente trabajo se propuso como objetivo principal comparar el crecimiento de *P. ostreatus* en tres sustratos de origen agroforestal: álamo puro (A), álamo con paja de trigo (AT) y saligna con cascarilla de soja (SS), evaluando variables productivas (velocidad de colonización, tiempo hasta la fructificación, número de cosechas y estabilidad sanitaria). Como objetivos secundarios, se determinó la concentración proteica de los cuerpos fructíferos obtenidos y se realizó una estimación económica preliminar de un microemprendimiento a pequeña escala.

El estudio se desarrolló en el marco del Taller de Prácticas Profesionalizantes de 4to año de la Tecnicatura en Tecnología de los Alimentos en la Escuela Secundaria de Educación Técnica dependiente de la Universidad Nacional de Quilmes (ESET-UNQ), integrando la investigación

experimental con la formación técnica. Durante 2025, los estudiantes participaron con este proyecto en la Feria de Educación, Arte, Ciencias y Tecnología (ACTE) de la Provincia de Buenos Aires, representando a la institución en varias instancias, incluyendo la instancia provincial. Además de los resultados productivos y nutricionales obtenidos, la experiencia permitió articular saberes de microbiología, análisis de alimentos y economía circular, evidenciando el valor pedagógico del cultivo de hongos como herramienta de enseñanza en ciencias aplicadas.

Materiales y Métodos

Se utilizó un diseño completamente al azar con tres tratamientos (sustratos) y cinco repeticiones por tratamiento, totalizando 15 unidades experimentales. Cada unidad experimental consistió en una bolsa de cultivo de 500 g de sustrato seco. Los tratamientos evaluados fueron: A: álamo puro (*Populus spp.*) 100%, AT: álamo con paja de trigo 50:50, SS: saligna (*Eucalyptus spp.*) con cascarilla de soja 70:30. Los sustratos se obtuvieron peletizados de un emprendimiento local (MAE Pellets). El inóculo de *P. ostreatus* fue provisto por el emprendimiento UNQUIRGOLAS.

Siembra y cultivo

Los pellets se hidrataron con el doble de su peso en agua (500 g de pellets + 1 kg de agua por bolsa) y se esterilizaron en autoclave a 1 atmósfera durante 60 minutos. Una vez fríos, se inoculó cada bolsa con el 20% de su peso húmedo en micelio, distribuyendo uniformemente. La siembra se realizó en el laboratorio de la escuela utilizando guardapolvo, guantes, desinfectando las superficies con alcohol al 70% y trabajando cerca de mecheros para evitar contaminaciones. Las bolsas se cerraron, se colocó un cuello de algodón para el intercambio gaseoso y se ubicaron en cajas a oscuras a temperatura ambiente (22–25 °C) durante 35 días (Figura 1).

Seguimiento de la colonización micelial

Durante la incubación, se realizó un seguimiento semanal del avance del micelio. Cada 7 días (días 7, 14, 21, 28 y 35 post-inoculación). A los 35 días se fotografiaron todas las bolsas bajo condiciones estandarizadas: misma hora del día, iluminación natural difusa, distancia fija de la cámara y fondo blanco uniforme.

Las imágenes se analizaron con el software ImageJ (versión 1.54, NIH, EE. UU.). Sobre cada imagen se recortó el área visible de la bolsa y se delineó manualmente el contorno del micelio blanco denso. Se midió el área colonizada y el área total visible, calculando el porcentaje de colonización como:

$$\% \text{ colonización} = (\text{área colonizada} / \text{área total}) \times 100.$$

Fructificación y variables productivas

Al iniciarse la formación de primordios, las bolsas se trasladaron al aula y se modificaron las condiciones ambientales: se aumentó la ventilación y la luz indirecta, y se ajustó la humedad mediante riego con aspersor varias veces al día. Se registraron: tiempo hasta la primera cosecha (días), número total de cosechas por bolsa, presencia de plagas o contaminaciones visibles, y observaciones cualitativas sobre el estado sanitario del cultivo.



Figura 1. Fotos que muestran el proceso de siembra, seguimiento de la incubación, etapa de fructificación en el aula y primeras gírgolas obtenidas.

Determinación de la concentración proteica

Se cosecharon cuerpos fructíferos de tres bolsas por sustrato ($n = 3$ réplicas biológicas). Los hongos se deshidrataron en estufa a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta peso constante (48 h), se molieron hasta polvo fino y se extrajeron con buffer PBS $0,1\text{ M}$ pH $7,4$ (20 mg de muestra + 1 mL de buffer). La concentración proteica se determinó por el método de Bradford (Bradford, 1976) usando albúmina de suero bovino (BSA) como estándar. Cada extracto se midió por duplicado técnico.

Proyección de emprendimiento y análisis complementarios

Viabilidad económica: A partir de los rendimientos experimentales (0,45 kg de hongos frescos por bolsa, 320 bolsas activas por mes), se estimaron los costos de producción (insumos, mano de

obra, servicios) y la rentabilidad proyectada a un precio de venta de \$25.000/kg (referencia de mercado local, octubre 2025).

Información nutricional y etiquetado: Las tablas de composición nutricional para productos elaborados (gírgolas deshidratadas y en escabeche) se elaboraron con datos bibliográficos (Manzi et al., 2001; Gonzalez et al., 2020). Los prototipos de etiquetas se diseñaron siguiendo los lineamientos del Código Alimentario Argentino (Capítulos V y XI).

Análisis estadístico

Todos los análisis se realizaron con GraphPad Prism (v.8.0.1). Los resultados se expresaron como media $\pm$ desviación estándar (DE). Para cada variable dependiente (porcentaje de colonización final, días hasta primera cosecha, número de cosechas y concentración proteica), se verificaron los supuestos de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (prueba de Brown-Forsythe). Las diferencias entre los tres sustratos (A, AT y SS) se evaluaron mediante ANOVA de una vía, seguido de la prueba post-hoc de Tukey para comparaciones múltiples. Para la variable número de cosechas, que presentó datos constantes en dos de los tres grupos, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis con comparaciones post-hoc de Dunn. Se reportaron los valores de F, grados de libertad, p exacto y tamaño del efecto (η^2 cuadrado parcial, η^2). El nivel de significación se fijó en $\alpha = 0,05$.

Resultados

El período de incubación tuvo una duración de 35 días. Se conformaron cinco grupos de estudiantes, cada uno sembró y realizó el seguimiento de tres bolsas (una por sustrato).

Colonización micelial

El porcentaje de colonización al final de la incubación (día 35) varió significativamente entre los tres sustratos (Figura 2). El sustrato A presentó el mayor porcentaje ($98,0 \pm 2,1$ %), seguido por AT ($83,0 \pm 3,1$ %) y SS ($64,6 \pm 3,0$ %). El ANOVA mostró diferencias significativas ($F(2,12) = 213,5$; $p < 0,0001$; $\eta^2 = 0,97$), y la prueba de Tukey indicó que todos los pares de sustratos difirieron entre sí ($p < 0,0001$ en cada caso).

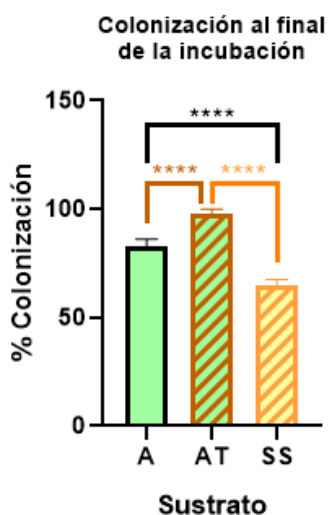


Figura 2. Porcentaje de colonización del micelio en cada tipo de sustrato a los 35 días de incubación. Las barras representan la media $\pm$ desviación estándar. Los asteriscos indican diferencias significativas entre grupos (* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$, **** $P < 0.0001$).

Fructificación y variables productivas

El tiempo hasta la primera cosecha varió significativamente según el sustrato (Figura 3, izquierda). El sustrato AT presentó el menor tiempo ($6,6 \pm 0,6$ días), seguido por SS ($7,6 \pm 0,6$ días) y A ($8,4 \pm 0,6$ días). El ANOVA mostró diferencias significativas ($F(2,12) = 20,0$; $p = 0,0001$; $\eta^2 = 0,77$). La prueba de Tukey indicó que AT difirió significativamente de A ($p = 0,0003$) y de SS ($p = 0,029$), mientras que no hubo diferencias significativas entre A y SS ($p = 0,087$).

El número de cosechas también mostró diferencias significativas entre sustratos (Figura 3, derecha). El sustrato A presentó el mayor número ($2,0 \pm 0,0$), seguido por AT ($1,4 \pm 0,5$) y SS ($1,0 \pm 0,0$). Dado que los datos en A y SS fueron constantes, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, que reveló diferencias significativas ($H = 11,6$; $gl = 2$; $p = 0,003$). Las comparaciones post-hoc de Dunn indicaron que A difirió significativamente de AT ($p = 0,014$) y de SS ($p = 0,002$), mientras que no hubo diferencias significativas entre AT y SS ($p = 0,099$).

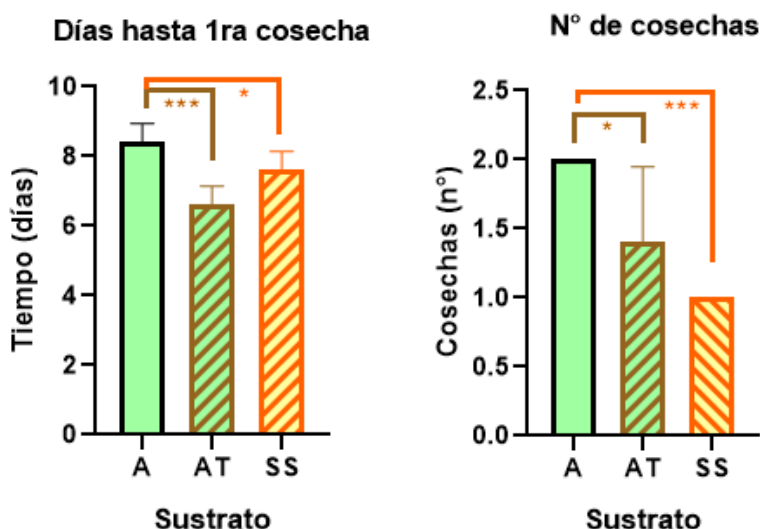


Figura 3. Efecto del sustrato sobre el tiempo hasta la primera cosecha (izquierda) y el número total de cosechas (derecha). Los asteriscos indican diferencias significativas entre grupos (* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$, **** $P < 0.0001$).

El sustrato A no presentó contaminaciones ni plagas relevantes durante la fructificación. En contraste, los sustratos AT y SS mostraron incidencia de mosquitas, zonas secas (AT) y manchas en el micelio por exceso de humedad (SS).

Determinación de la concentración proteica

La concentración de proteínas en los cuerpos fructíferos varió significativamente según el sustrato (Figura 4). El valor más bajo se observó en el sustrato A ($1,70 \pm 0,02$ mg/ml), seguido por AT ($2,01 \pm 0,04$ mg/ml) y SS ($2,71 \pm 0,09$ mg/ml). El ANOVA mostró diferencias significativas entre los tres sustratos ($F(2,6) = 259,2$; $p < 0,0001$; $\eta^2 = 0,99$), y la prueba de Tukey indicó que todos los pares difirieron significativamente entre sí ($p < 0,001$ en cada caso).

Concentración de proteínas en extractos de *P. ostreatus*

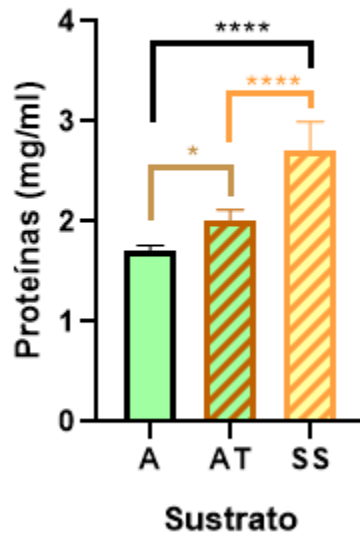


Figura 4. Concentración de proteínas solubles en extractos de *P. ostreatus* cultivados en diferentes sustratos. Los datos representan la media $\pm$ desviación estándar ($n = 3$ réplicas biológicas por sustrato, cada una medida por duplicado técnico). Los asteriscos indican diferencias significativas entre grupos (* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$, **** $P < 0.0001$)

Información nutricional, etiquetado y proyección de emprendimiento

Se elaboraron tablas teóricas de información nutricional para gírgolas deshidratadas y en escabeche, así como prototipos de etiquetas, siguiendo los lineamientos del Código Alimentario Argentino (Figura 5).



Figura 5. Modelo de tabla teórica de información nutricional y etiquetas según los requerimientos del CAA.

A partir de los rendimientos obtenidos, se diseñó un modelo teórico de emprendimiento a pequeña escala. La Figura 6 muestra la distribución recomendada para un taller de 40 m² con capacidad para 320 bolsas activas por mes. La Tabla 1 presenta la estimación económica: con una producción de 0,45 kg por bolsa y un precio de venta de \$25.000/kg, se proyecta una ganancia bruta mensual de \$2.081.600.

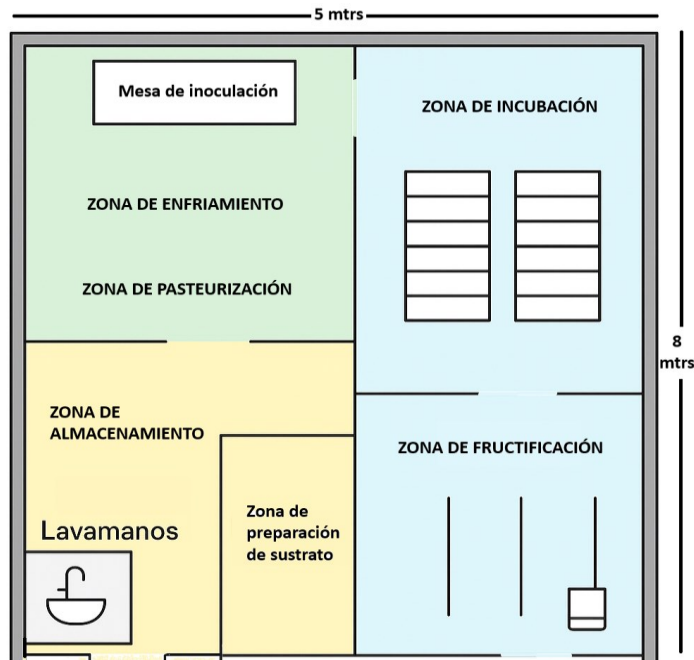


Figura 6. Distribución recomendada para un taller de 40 m² (8 × 5 m) que soporte unas 320 bolsas activas.

Categoría	Parámetro	Valor estimado
Producción	Pellets por bolsa	0,5 kg
	Semilla utilizada	0,3 kg por bolsa
	Producción promedio por bolsa	0,45 kg de gírgolas frescas
	Cantidad total de bolsas activas por mes	320
	Producción mensual total	144 kg
Costos	Costo directo por bolsa (pellets, semilla, bolsa)	\$3.060
	Mano de obra por bolsa	\$1.560
	Servicios (agua, luz, gas) por bolsa	\$125
	Costo total por bolsa	\$4.745

	Costo de producción por kg	\$10.545/kg
Rentabilidad	Precio de venta estimado	\$25.000/kg
	Ingresos brutos mensuales	\$3.600.000
	Costos totales mensuales	\$1.518.400
	Ganancia bruta mensual estimada	\$2.081.600

Tabla 1. Estimación productiva y económica de un sistema de cultivo de gírgolas a pequeña escala

Finalmente, la Figura 7 muestra la participación de docentes y estudiantes en las distintas instancias de la feria de ciencias. Mientras que la figura 8 muestra los alimentos que se elaboraron con los hongos cosechados.



Figura 7. Participación de docentes y estudiantes en las distintas instancias de la feria de ciencias.



Figura 8: Alimentos elaborados a partir de los hongos cosechados en el aula. Las preparaciones incluyeron pizza con gírgolas, milanesas de gírgolas, escabeche de gírgolas, entre otras.

Discusión

Los resultados obtenidos evidencian que la composición del sustrato influye significativamente tanto en la velocidad de colonización del micelio como en la estabilidad del cultivo y el rendimiento final de *P. ostreatus*.

Efecto del sustrato sobre la colonización y fructificación

El sustrato compuesto por álamo y paja de trigo (AT) presentó la colonización más rápida y una fructificación temprana. Este comportamiento puede explicarse por la estructura más aireada y la mayor disponibilidad de nutrientes que aporta la paja, lo que favorece el desarrollo inicial del micelio. Sin embargo, esta mayor riqueza nutricional también se asoció con una mayor incidencia de plagas y zonas de desecación, lo que redujo el número final de cosechas. Este fenómeno coincide con lo reportado en la literatura, donde se describe que sustratos con mayor contenido de nutrientes pueden acelerar el crecimiento del micelio pero también aumentar la susceptibilidad a contaminaciones o plagas (Fanadzo et al., 2010).

En contraste, el sustrato de álamo puro (A) mostró una colonización más lenta, pero presentó mayor estabilidad durante la etapa de fructificación, con menor presencia de plagas y contaminaciones. Este comportamiento podría explicarse por su menor contenido de nutrientes fácilmente disponibles, lo que limita el desarrollo de microorganismos competidores y favorece un cultivo más estable. En este sentido, el uso de sustratos lignocelulósicos simples ha sido señalado como una alternativa adecuada para sistemas de cultivo con menor control ambiental, como los desarrollados en contextos educativos o de pequeña escala (Hernández et al., 2003; Akcay et al., 2023).

Por su parte, el sustrato compuesto por saligna y cascarilla de soja (SS) mostró una mayor variabilidad en los resultados, con colonización irregular y mayor susceptibilidad a problemas de humedad y contaminación en las condiciones ensayadas. La incorporación de cascarilla de soja, rica en nitrógeno, podría haber generado un desbalance nutricional y una mayor retención de humedad, favoreciendo el desarrollo de microorganismos competidores, tal como ha sido señalado en estudios sobre formulación de sustratos para *Pleurotus* (Stamets, 2000).

Concentración proteica: fracción soluble

La concentración de proteína soluble extraída con PBS fue significativamente mayor en los sustratos suplementados, especialmente en SS ($2,71 \pm 0,09$ mg/ml), seguido por AT ($2,01 \pm 0,04$ mg/ml) y A ($1,70 \pm 0,02$ mg/ml). Estos valores son sustancialmente inferiores a los reportados en la

literatura para proteína total de *P. ostreatus*, que oscilan entre 170 y 300 mg/g en base seca (Bautista Justo et al., 1998; Lebeque et al., 2018; Effiong et al., 2024), equivalentes a 3,4-6 mg/ml en extracto, considerando la relación 1 ml de extracto por 20 mg de muestra seca. Esta diferencia se explica porque el método de Bradford sobre extractos acuosos sin detergentes solo recupera la fracción soluble de proteínas, estimada en un 1-2% de la proteína total en hongos con pared celular intacta (Dundar et al., 2008). Por lo tanto, los resultados deben interpretarse como un índice comparativo de proteína extraíble entre sustratos, no como contenido proteico total. La mayor concentración de proteína soluble en los sustratos suplementados indica que la disponibilidad de nitrógeno en el sustrato influye positivamente en la fracción proteica extraíble del hongo, en coincidencia con lo observado por Hoa et al. (2015) y Elkanah et al. (2022).

Limitaciones del estudio

Deben reconocerse algunas limitaciones. En primer lugar, el tamaño muestral para la determinación de proteínas ($n = 3$ réplicas biológicas por sustrato) es reducido, lo que limita el poder estadístico y la generalización de los resultados. No obstante, el tamaño del efecto extremadamente alto ($\eta^2 = 0,99$) sugiere que las diferencias observadas son biológicamente relevantes. En segundo lugar, la extracción de proteínas con PBS sin detergentes no permite cuantificar la proteína total, sino solo una fracción soluble. Futuros estudios deberían aumentar el número de réplicas biológicas e incluir métodos de extracción más exhaustivos (ej. con SDS, urea o digestión ácida) para cuantificar la proteína total. En tercer lugar, el contexto educativo implicó un control ambiental menos riguroso que el de un laboratorio especializado, lo que pudo introducir variabilidad asociada al manejo diferencial por parte de los grupos de estudiantes. Los resultados deben interpretarse como una evidencia exploratoria que requiere validación en condiciones más controladas.

Viabilidad económica y proyección de emprendimiento

El análisis de viabilidad económica basado en los rendimientos obtenidos permitió proyectar un modelo de emprendimiento a pequeña escala. Los cálculos realizados indican que el cultivo de gírgolas puede ser económicamente rentable incluso en sistemas de producción modestos, con un margen de ganancia significativo en relación con los costos de producción (ganancia bruta mensual estimada de \$2.081.600 para 320 bolsas activas). En este sentido, la estabilidad productiva observada en el sustrato de álamo puro lo posiciona como una alternativa particularmente adecuada para emprendimientos iniciales o proyectos educativos, donde se cuenta con escasa tecnología e infraestructura.

Valor pedagógico de la experiencia

Más allá de los resultados productivos y nutricionales, la experiencia demostró que el cultivo de *P. ostreatus* constituye una estrategia eficaz para integrar saberes de microbiología, análisis de alimentos y economía circular en el ámbito de la educación técnica, promoviendo el aprendizaje basado en proyectos y la formación de competencias científicas y emprendedoras.

Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten concluir que el tipo de sustrato influye significativamente en el cultivo de *P. ostreatus*. El sustrato de álamo puro (A) demostró ser la opción más estable y confiable para contextos educativos o de manejo sencillo, con mayor número de cosechas ($3,0 \pm 0,4$) y ausencia de contaminaciones relevantes, aunque con colonización más lenta. La suplementación con paja de trigo (AT) aceleró la colonización y fructificación ($6,6 \pm 0,6$ días a primera cosecha), pero incrementó la susceptibilidad a plagas y desecación. Por su parte, el sustrato con cascarilla de soja (SS) produjo hongos con mayor concentración de proteína soluble ($2,71 \pm 0,09$ mg/ml), aunque requirió un control ambiental más riguroso por su mayor incidencia de contaminaciones. La proyección económica evidenció viabilidad financiera, con una ganancia bruta mensual estimada de \$2.081.600 para un sistema de 320 bolsas activas por mes. Finalmente, la experiencia demostró el valor pedagógico del cultivo de gírgolas, permitiendo integrar saberes de microbiología, análisis de alimentos, economía circular y emprendedurismo en el ámbito de la educación técnica. En síntesis, el cultivo de gírgolas sobre residuos agroforestales representa una estrategia viable para la producción de alimentos nutritivos, la valorización de desechos y el aprendizaje significativo.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro sincero agradecimiento a las autoridades de la Escuela Secundaria de Educación Técnica (ESET-UNQ), quienes brindaron su apoyo y facilitaron la realización de este proyecto. Agradecemos también al equipo de gestión de la Tecnicatura en Tecnología de Alimentos, por su constante acompañamiento. Asimismo, agradecemos a los docentes de otras áreas y a los ayudantes de laboratorio que nos acompañaron, ofreciendo su colaboración y guía a lo largo de todo el proceso. Finalmente, extendemos nuestro reconocimiento a las familias de los estudiantes, cuyo apoyo y compromiso fueron fundamentales para el éxito de esta iniciativa. Sin la participación y colaboración de todos ellos, este proyecto no hubiera sido posible.

Referencias bibliográficas

Akcay, C., Ceylan, F., & Arslan, R. (2023). Production of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) from some waste lignocellulosic materials. *Scientific Reports*, 13, 12897. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-40163-z>

Argentina. Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT). (2021). Código Alimentario Argentino. Capítulo V: Rotulación y publicidad de alimentos.

Argentina. Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT). (2021). Código Alimentario Argentino. Capítulo XI: Alimentos vegetales.

Bautista Justo, J. D., García Herrera, P., & Martínez Carrera, D. (1998). Contenido de proteína y aminoácidos en cepas mexicanas de *Pleurotus ostreatus* cultivadas sobre paja de trigo. *Revista Iberoamericana de Micología*, 15(4), 265-269.

Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72(1-2), 248-254. DOI: [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)

Chang, S. T., & Miles, P. G. (2004). *Mushrooms: Cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact* (2nd ed.). EE.UU.: CRC Press.

Dundar, A., Acay, H., & Yildiz, A. (2008). Effect of using different lignocellulosic wastes for cultivation of *Pleurotus ostreatus* on mushroom yield, chemical composition and nutritional value. *African Journal of Biotechnology*, 7(8), 1109-1113.

Effiong, M. E., Umoafia, N. B., & Ekpo, I. A. (2024). Proximate composition and mineral content of *Pleurotus ostreatus* cultivated on different substrates. *Journal of Agriculture and Food Sciences*, 22(1), 45-56.

Elkanah, F. A., Oke, M. A., & Adebayo, E. A. (2022). Substrate composition effect on the nutritional quality of *Pleurotus ostreatus* (MK751847) fruiting body. *Heliyon*, 8(11), e11841. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11841>

Fanadzo, M., Zireva, D. T., Dube, E., & Mashingaidze, A. B. (2010). Evaluation of various substrates and supplements for biological efficiency of *Pleurotus sajor-caju*. *African Journal of Biotechnology*, 9(19), 2756-2761.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2020). Los hongos comestibles en la economía circular (Documento Técnico N° 45). FAO.

González, A., Cruz, M., Losoya, C., Nobre, C., Loredó, A., Rodríguez, R., & Belmares, R. (2020). Edible mushrooms as a novel protein source for functional foods. *Food & Function*, 11(9), 7400-7414. DOI: <https://doi.org/10.1039/D0FO01733A>

Hernández, D., Sánchez, J. E., & Yamasaki, K. (2003). A simple procedure for preparing substrate for *Pleurotus ostreatus* cultivation. *Bioresource Technology*, 90(2), 145-150. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(03\)00114-8](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(03)00114-8)

- Hoang, H. T., Wang, C. L., & Wang, C. H. (2015). The effects of different substrates on the growth, yield, and nutritional composition of two oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus*). *Mycobiology*, 43(4), 423-434. DOI: <https://doi.org/10.5941/MYCO.2015.43.4.423>
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). (2021). Cultivo de hongos comestibles en residuos agroforestales (Serie Producción Sustentable N° 5). Buenos Aires: INTA.
- Lebeque, Y., Márquez, E., & García, D. (2018). Nutritional composition of *Pleurotus ostreatus* grown on different substrates. *Journal of Food Science and Technology*, 55(7), 2456-2463.
- Manzi, P., Aguzzi, A., & Pizzoferrato, L. (2001). Nutritional value of mushrooms widely consumed in Italy. *Food Chemistry*, 73(3), 321-325. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00304-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00304-6)
- Ministerio de Educación de la Nación (2020). Diseño curricular para la Educación Técnico Profesional. Ciclo Superior - Tecnicatura en Tecnología de los Alimentos. INET.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible 12: Producción y consumo responsables. Naciones Unidas.
- Rojas, D., Sánchez, J. E., & Martínez, L. (2021). Economic assessment of small-scale oyster mushroom cultivation using agro-industrial wastes. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 23(4), 789-800.
- Stamets, P. (2000). Growing gourmet and medicinal mushrooms (3rd ed.). Ten Speed Press.
- Youssef, H. M., & El-Sayed, A. B. (2021). Protein quality and amino acid profile of *Pleurotus ostreatus* cultivated on agricultural wastes. *International Journal of Food Science*, 2021, 1-9.