



Innovación y sostenibilidad: la experiencia práctica de elaboración de bioles en la formación universitaria

Daniela Virginia Cónsoli, Ana Paz Vignoni, Andrés Urbano Martínez Varela, Gustavo Alberto Aliquo, Matías Venier, Agostina Ariadna Micheletti, Analía Ester Valdes, María Antonella Porta, Víctor Lipinki, María Flavia Filippini

Facultad de Ciencias Agrarias – UNCuyo
dconsoli@fca.uncu.edu.ar

Introducción

Históricamente la Universidad ha tenido un rol crucial en el desarrollo de las sociedades. Por excelencia el sistema educativo superior ha constituido un nexo entre la generación de conocimientos científico-académicos y los requerimientos del sector productivo, abarcando su gran complejidad. En este sentido, los planes de estudio y los contenidos programáticos son dinámicos en función de los cambios que impone el contexto. Adaptarse oportuna y eficientemente a las nuevas demandas es un desafío permanente para autoridades y docentes.

Actualmente, es imposible pensar la agricultura ajena a las nociones de sostenibilidad, producción y consumo responsables, economía circular o cadenas de valor, entre otras. Sin embargo, la cuestión central reside en cómo hacer de estos conceptos herramientas accesibles para los futuros profesionales. Al respecto, la realización de actividades prácticas se considera fundamental. El aprendizaje activo se ha convertido en una importante estrategia que

enriquece la actividad formativa del estudiante universitario (5). De esta forma, la cátedra de Química Agrícola decidió incorporar un Trabajo Práctico (TP) de la temática de Bioles como parte del tema Abonos Orgánicos, incluido en el programa del espacio curricular Química Agrícola de la carrera de Ingeniería Agronómica, aprobado por Resolución 131/23-CD (6).

Dentro del grupo de los biofertilizantes, los bioles constituyen abonos orgánicos líquidos obtenidos a partir de la fermentación anaeróbica llevada a cabo en biodigestores de una mezcla de insumos variables, entre los que se encuentran estiércoles, residuos vegetales, leche, melaza e inóculos (3).

Si bien se ha investigado el efecto de la aplicación de bioles en cultivos, poco se sabe sobre lo que ocurre durante su proceso de elaboración en biodigestores artesanales (2). Se considera que la experiencia propuesta contribuye en gran medida a incentivar a los estudiantes con contenidos innovadores del espacio curricular e involucrarlos en el abordaje de tecnologías agrícolas sustentables.

Este artículo expone los puntos más relevantes de nuestra experiencia docente en la enseñanza y puesta en práctica del concepto de bioles. Se buscó resignificar la idea de “residuo” de actividades agroindustriales representativas de la región y mostrar nuevas perspectivas sobre lo que implica la agricultura sostenible, haciendo uso de productos de descarte y reutilización de materiales plásticos, a fin de devolverles utilidad para la agricultura (7).

Organización y ejecución de la práctica

Se escogió el formato de TP para que los estudiantes elaboraran distintas formulaciones de bioles en base a diversos subproductos de agroindustrias regionales, normalmente considerados desechos. Como parte de la práctica, se facilitaron instrucciones para la construcción de biodigestores sencillos.

El objetivo general del TP fue adquirir conocimientos sobre la elaboración de diferentes formulaciones de bioles. Como objetivos específicos se planteó construir un prototipo de biodigestor para elaborar un biol, evaluar los principales parámetros físico-químicos para su utilización como abono orgánico por vía aérea y/o foliar, comprender los procesos físico-químico-biológicos involucrados en la fermentación o transformación de subproductos de la industria frutihortícola regional y desarrollar habilidades en el monitoreo de las principales variables que determinan las características finales del biol. La comparación entre las distintas formulaciones permitió, además, desarrollar criterios para seleccionar insumos o bioles de calidad.

La primera experiencia con el TP de bioles se realizó durante el segundo semestre de 2022. El número de estudiantes matriculados para cursar Química Agrícola fue de 44. Por ello y teniendo en cuenta la disponibilidad de subproductos agroindustriales y ensayos previamente realizados por el cuerpo docente de la Cátedra, se optó por seleccionar 4 formulaciones de bioles (tratamientos), con 4 repeticiones cada uno, a fin de poder realizar un adecuado análisis de los resultados. De acuerdo a su composición, los tipos de bioles se denominaron: simple (BS), con orujos (BO), con descartes de ajo (BA) y con residuos de tomate (BT). Los estudiantes se

agruparon en 16 comisiones de 2 a 3 integrantes y cada comisión estuvo a cargo de un biodigestor con una preparación específica.

Los estudiantes construyeron sus propios biodigestores e incorporaron los ingredientes correspondientes, registraron semanalmente los parámetros más importantes durante el proceso de obtención del biol y realizaron el descube del producto para su posterior análisis físico químico.

El procesamiento de los valores de las mediciones semanales y el análisis de los bioles finales fueron realizados por el equipo docente de la Cátedra de Química Agrícola. Como cierre de la actividad se dispuso una puesta en común para la discusión de resultados de forma colaborativa entre docentes y estudiantes en conjunto.

Construcción del biodigestor

Los materiales fueron proporcionados por el equipo docente. Para el ensamblaje de cada uno se necesitó (Figura 1, pág. 47):

- bidón tipo aceitunero de 7 litros de capacidad (actúa como digestor)
- espiga doble de dimensiones compatibles con la manguera tipo cristal
- manguera tipo cristal de 60 cm de largo
- botella plástica con diámetro de boca suficiente para insertar la manguera tipo cristal (se utiliza para recibir los gases producidos durante el proceso de fermentación)

Formulaciones

Una vez ensamblados los biodigestores, cada comisión procedió a incorporar los materiales indicados según el tipo de biol asignado (Figura 2, pág. 47). Todas las formulaciones tuvieron insumos en común: estiércol fresco de cabra, melaza de caña, leche cruda, cenizas de madera, vinagre de vino y agua (4). Pero difirieron entre sí en la incorporación de los distintos subproductos regionales: orujo (industria vitivinícola), ajo y tomate de descarte (producción hortícola). El biol simple (es decir, sin el agregado de restos vegetales) se utilizó como testigo (Tabla 1, pág. 47).



Tabla 1. Composición de las formulaciones de cada tipo de biol.

	BS	BO	BA	BT
Estiércol de cabra	X	X	X	X
Melaza de caña	X	X	X	X
Leche cruda	X	X	X	X
Cenizas de madera	X	X	X	X
Vinagre de vino	X	X	X	X
Agua	X	X	X	X
Orujos		X		
Descartes de ajo			X	
Residuos de tomate				X

Figura 1. Modelo de biodigestor. 1: bidón, 2: espiga doble, 3: manguera cristal y 4: botella plástica.



Figura 2. Biodigestores ensamblados con las distintas formulaciones, al inicio del proceso.

Seguimiento, control de parámetros y descube

El equipo docente estableció criterios para la selección de las variables de control del proceso fermentativo, entre los que se destacan: pertinencia, facilidad de interpretación, disponibilidad de instrumental en el laboratorio y factibilidad de medición por parte de los estudiantes. Los parámetros físico-químicos seleccionados para el monitoreo del proceso de elaboración de los bioles incluyeron: temperatura (obtenida con termómetro de mercurio sobre el biol y expresada en °C), conductividad eléctrica (conductímetro Hanna HI 8733), pH (peachímetro Hach HQ11d), color y olor (por percepción); con sus valores de referencia deseables (Tabla 2). Cada comisión realizó las mediciones sobre las materias primas iniciales, inmediatamente después de realizar la mezcla en el biodigestor y luego semanalmente, durante 2 meses, entre agosto y octubre, hasta la estabilización de los valores obtenidos, momento en el que se consideró que el biol estaba listo para ser utilizado. Con los datos se construyeron curvas de seguimiento que contribuyeron a visualizar el comportamiento de las variables en el tiempo, comparar el desempeño de las formulaciones trabajadas por diferentes comisiones y obtener conclusiones al respecto.

Tabla 2. Parámetros de control seleccionados y valores deseables de referencia.

Parámetro	Referencia
Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	10.000 a 15.000
pH	4,5 a 5,5
Color	ámbar oscuro a anaranjado
Olor	fermento láctico

Una vez concluido el proceso fermentativo, se procedió al descube para separar el biol (líquido) del biosol (sólido). Para ello se utilizaron embudos y coladores de malla amplia y se envasó el biol en recipientes plásticos (Figura 3). Los estudiantes pudieron llevarse los bioles obtenidos con las indicaciones de uso (dilución, frecuencia de aplicación, sugerencias para la conservación, etc.), los datos de los análisis y su interpretación.



Figura 3. Bioles finales, de izquierda a derecha: BS, BO, BA y BT.

Reflexiones finales

La puesta en práctica del tema bioles bajo el formato descripto ha constituido una oportunidad enriquecedora tanto para docentes como para estudiantes. Todas las comisiones lograron hacer el seguimiento completo de sus bioles y alcanzar la etapa de puesta en común. La organización del trabajo permitió obtener conclusiones referidas a la selección de los insumos y la comparación de resultados entre diferentes formulaciones y entre comisiones con el mismo tratamiento, facilitando la detección de errores de preparación o de medición.

La necesidad de rigurosidad y constancia en las mediciones puso a prueba la capacidad de organización del curso. El equipo docente valoró como muy positiva esta instancia destacando el nivel de interés de los estudiantes en el tema y la posibilidad de introducir la discusión sobre las ventajas y limitaciones de este tipo de biofertilizantes. Este primer ensayo permitió hacer reajustes (formulaciones, concentraciones, etc.) y repetir un TP similar en cohortes posteriores. Las principales dificultades halladas tuvieron que ver con complejidades logísticas por el espacio necesario para los biodigestores durante todo el proceso, que pudieron resolverse. Los alumnos participaron activamente y demostraron gran interés por conocer y aplicar estos procesos.

Proporcionar a los estudiantes experiencias prácticas contribuye a que estén mejor preparados para afrontar las demandas de los empleadores y favorecer el desarrollo de la economía (1). Aportar a la conciliación de la búsqueda de buenos rendimientos y la conservación de los recursos naturales asociados es una tarea ineludible del sistema educativo, responsable de formar profesionales con una visión crítica de la

realidad. En ese sentido, estimular el intercambio en torno a las implicancias de la producción de abonos orgánicos permitió abordar aspectos técnicos y éticos. Brindar herramientas prácticas y metodológicas aplicables a diferentes contextos productivos es esencial para el desarrollo de tecnologías que soporten paradigmas de agricultura sostenible y potencien la formación académica.

Referencias bibliográficas

- Ayala-Pazmiño, M., & Prieto-López, Y. (2023). Aprender haciendo en Ecuador: Promover la experiencia práctica en la enseñanza técnica. *593 Digital Publisher CEIT*, 8(3), 544-551. <https://doi.org/10.33386/593dp.2023.3.1781>
- Díaz Montoya, A. J. (2017). Características fisicoquímicas y microbiológicas del proceso de elaboración de biol y su efecto en germinación de semillas. (tesis de Magister Scientiae en suelos). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Ministerio de Economía de la Nación Argentina. (2022). Recuperado el 21 de Marzo de 2023, de <https://www.argentina.gob.ar/agricultura/alimentos-y-bioeconomia/bioinsumos>
- Restrepo, J., Gómez, J., & Escobar, R. (2023). CGSpace. A Repository of Agricultural Research Outputs. Recuperado el 21 de Marzo de 2022, de http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_CIAT/Residuos_Organicos_Agricultura_FIDAR.pdf
- Rodríguez Rodríguez, M., Parreño-Castellano, J.M. (2023). Aprendizaje activo en el aula universitaria actual: una experiencia de aprender haciendo. *Revista: Didáctica Geográfica* [2174-6451], (24), p. 39-61. <https://doi.org/10.21138/DG.663>
- Universidad Nacional de Cuyo (2023). Resolución 131/23-CD. Programa analítico del espacio curricular Química Agrícola del Departamento de Ingeniería Agrícola, correspondiente a la carrera de ingeniería agronómica de la Facultad de Ciencias Agrarias.
- Vignoni, A., Martínez Varela, A., Aliquó, G., Micheletti, A., Valdes, A., Venier, M., & Cónsoli, D. (2023). Bioles y fertilización sostenible: del cesto a la planta. *Experticia*(14), 22-25.