

Innovación para la enseñanza de la Química

EL TALLER DE VALORIZACIÓN DE RESIDUOS DE PODA COMO UN ESPACIO DE ARTICULACIÓN ENTRE NIVELES

Lisette A. Ramirez, María S. Dambolena, Victoria S. Gutierrez

Universidad Nacional del Sur (UNS), Departamento de Química.

Email: lisette.ramirez@uns.edu.ar

Recibido: 03/06/2024. Aceptado: 12/07/2024.

Resumen. El presente trabajo explora una secuencia didáctica realizada en la Universidad Nacional del Sur para abordar la gestión sostenible de residuos de poda mediante el proceso de pirólisis. La iniciativa forma parte de un Proyecto de Extensión Universitaria, que incluye un curso taller de prácticas formativas en química. El taller responde a desafíos educativos actuales, como la articulación entre educación secundaria y universitaria y la necesidad de educación orientada hacia la sustentabilidad. Las actividades combinaron clases teóricas virtuales y prácticas presenciales, donde los estudiantes adquirieron conocimientos sobre pirólisis y sus aplicaciones, centrándose en el análisis del producto líquido utilizando técnicas como la cromatografía gaseosa. El taller no solo fomenta la conciencia ambiental, sino que también prepara a los estudiantes para la transición a la educación superior, familiarizándolos con el entorno técnico y académico universitario.

Palabras Clave. articulación educación secundaria y universitaria, química sustentable, pirólisis, residuos de poda.

The pruning waste valorization workshop as a space for articulation between levels

Abstract. This paper explores a didactic sequence carried out at the National University of the South to address sustainable waste management of pruning waste through the process of pyrolysis. The initiative is part of a University Extension Project, which includes a workshop course on formative practices in chemistry. The workshop responds to current educational challenges, such as the articulation between secondary and university education and the need for sustainability-oriented education. The activities combined virtual theoretical classes and face-to-face practical sessions, where students learned about pyrolysis and its applications, focusing on the analysis of the liquid product using techniques such as gas chromatography. The workshop not only promotes environmental awareness but also prepares students for the transition to higher education, familiarizing them with the university academic and technical environment.

Keywords. articulation between secondary education and university, sustainable chemistry, pyrolysis, pruning waste.

INTRODUCCIÓN

El contexto educativo actual se caracteriza por una creciente complejidad y la necesidad de una mayor interconexión entre distintos ámbitos académicos (Nin, 2019). La articulación entre la educación secundaria y la universidad constituye un desafío significativo, que hace imprescindible el desarrollo de



nuevas estrategias para facilitar esta transición. Entre estas estrategias se puede mencionar la Extensión Universitaria como un medio para construir actividades que fomenten la cooperación activa entre la Universidad y otros actores sociales en la comunidad propiciando un aprendizaje sustentable (Abeleo y Menéndez, 2018; Arneu Short et al., 2021)

Por otra parte, la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible, impulsada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), insta a los diferentes actores de la sociedad a participar activamente en las decisiones que impactan en los ámbitos económico, social y ambiental. En este contexto, la educación orientada hacia procesos sostenibles, definidos como aquellos que satisfacen las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones (Giovannoni y Fabietti, 2013), ofrece una plataforma sobre la cual ambos niveles educativos pueden fortalecer su interrelación. La creación de espacios de reflexión donde se fomente este tipo de enseñanza se hace esencial para formar una sociedad más consciente, responsable y preparada para abordar los presentes y futuros desafíos en materia tanto ambiental como social (Tomás y Murga Menoyo, 2020).

El tratamiento de los residuos de poda, contribuye a la gestión sostenible de recursos y la reducción de su impacto ambiental. La acumulación de este tipo de residuos trae aparejado ciertos problemas ambientales como el aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero y el riesgo de incendios forestales (Araújo et al., 2018). Por este motivo, es crucial la búsqueda de procesos sostenibles, que permitan el tratamiento de estos residuos, y puedan ser usados en el ámbito educativo como medio para generar conciencia ambiental.

En este marco, el proceso de pirólisis se presenta como un tratamiento térmico de gran potencial para revalorizar los residuos tratados (Kazimierski et al., 2021). Su estudio involucra una serie de conceptos químicos que puede contribuir a afianzar y enriquecer aquellos conocimientos que el estudiantado ha trabajado durante su trayecto educativo.

Este trabajo explora una experiencia de articulación realizada entre estudiantes de secundarias técnicas de la ciudad de Bahía Blanca y Punta Alta, y la Universidad Nacional del Sur (UNS). En esta iniciativa, los estudiantes conocieron las labores de docentes e investigadores de la universidad en relación a un proceso de desarrollo sostenible como la pirólisis de residuos de poda. La propuesta, no solo ofreció una solución concreta y práctica a la acumulación de residuos, sino que también familiarizó a los estudiantes con otros aspectos de la educación universitaria.

METODOLOGÍA

En el marco de un Proyecto de Extensión Universitaria: "Valorización de Residuos de Poda" desarrollado desde el año 2022, se desarrolló un curso taller de prácticas formativas en química, destinado a estudiantes que están culminando el ciclo de educación secundaria, específicamente de escuelas técnicas de Bahía Blanca y la región. El proyecto surge, por un lado, como una necesidad concreta de una cooperativa de recicladores, quienes ven como problemática la acumulación de residuos de poda y, por otro, gracias

al interés mostrado por los docentes del nivel secundario en involucrar a los estudiantes de nivel medio en la propuesta de resolución que ofrecen docentes e investigadores de la UNS a través de la pirólisis. Por este motivo, para la implementación de esta propuesta, se llevaron a cabo reuniones e intercambios con los recicladores y los docentes de las escuelas secundarias previo al curso.

Durante el taller, se abordó la problemática real de acumulación de residuos biomásicos de poda, cuyo foco de interés se debe a incendios ocasionados por estos residuos en la zona. Se planteó como una posible solución el tratamiento de los mismos mediante un proceso que permite darles un nuevo valor y volver a reinsertarlos en el sistema productivo: la pirólisis.

El diseño del taller consistió en la planificación de encuentros donde se desarrollaron clases teóricas virtuales y clases prácticas de Laboratorio presenciales, realizadas con el objetivo de abordar las temáticas planteadas. En los mismos participaron estudiantes cursando el último año de educación secundaria de las escuelas: EEST N°1, de la ciudad de Punta Alta, y la EEST N° 4 de la ciudad de Bahía Blanca.

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Clases introductorias virtuales

Los contenidos teóricos fueron desarrollados en 5 encuentros de 2 horas reloj de duración. Las clases se realizaron de manera virtual a pedido de la escuela EEST N°1 de Punta Alta, debido a que la misma se encuentra a aproximadamente 30 km de la locación de la UNS.

El taller representó un primer acercamiento al uso de la plataforma Moodle. Esta es empleada en las cátedras de la universidad como uno de los medios de comunicación principales entre el estudiantado y el plantel docente, siendo la plataforma a través de la cual se comparte el cronograma, el material audiovisual y links a las clases virtuales. Por medio de esta plataforma, en cada encuentro se presentó el tema a desarrollar en la semana y se compartió material, como publicaciones y videos.

Tomando como eje del taller la problemática de la acumulación de los residuos y su potencial daño al ambiente, se presentaron los procesos de incineración, gasificación y pirólisis, como alternativas para su solución (Alao et al., 2022). Se desarrolló un análisis de dichos procesos y su huella de carbono, definiendo como alternativa promisoría la transformación a través de un proceso sostenible como es el proceso de pirólisis.

La pirólisis es un proceso químico en el cual un material se descompone térmicamente en ausencia o presencia de una baja proporción de oxígeno en el medio de reacción (Fahmy et al., 2020). Este tratamiento genera tres fracciones, las cuales se denominan biolíquido, biocarbón y biogás cuando el material que se piroliza es un residuo biomásico. El taller se centró en las posibles aplicaciones del biolíquido.

Durante las clases teóricas se realizó una introducción hacia las técnicas de separación cromatográficas y se presentó la cromatografía gaseosa acoplada a un detector de masas (CG-MS) como un medio para poder identificar los

compuestos presentes en el producto líquido. A continuación, se expusieron posibles aplicaciones de los bioproductos que se obtienen convencionalmente en este tipo de reacción química.

Clases prácticas

Las clases prácticas presenciales se llevaron a cabo en las instalaciones de la Universidad Nacional del Sur, en un laboratorio de docencia empleado habitualmente en el dictado de clases del Departamento de Química. Los encuentros prácticos se realizaron durante dos días consecutivos, donde cada estudiante asistió a uno de los días de acuerdo a su escuela de procedencia. Cada uno de estos encuentros tuvo una duración de 3 horas reloj. Participaron de los encuentros 11 estudiantes de la EEST N°1 y 17 estudiantes de la EEST N° 4. Por otra parte, el plantel docente se constituyó por dos estudiantes de grado de la carrera de Licenciatura en Química de la UNS, una estudiante de Posgrado en Química y una Investigadora de CONICET, todas docentes del Departamento de Química de la UNS.

En principio se identificó la presencia de elementos de seguridad a utilizar durante la experiencia y luego se presentaron los materiales a emplear en la reacción de pirólisis.

Una determinada cantidad de residuos de poda fue pesada dentro de una barquilla de vidrio empleando una balanza granataria. Se les hizo hincapié a los estudiantes sobre la importancia de registrar el valor pesado debido a que luego de la reacción, permitirá calcular los porcentajes de rendimiento a cada fracción de la reacción. Para llevar a cabo la reacción de pirólisis, la barquilla con la biomasa se colocó dentro del reactor en un horno ORL-TL40200 siguiendo el esquema presentado en la Figura 1. La pirólisis se realizó empleando un flujo de N₂ de 15 mL.min⁻¹ a 450°C durante 15 min. La fracción líquida fue colectada sobre un baño de agua-hielo.

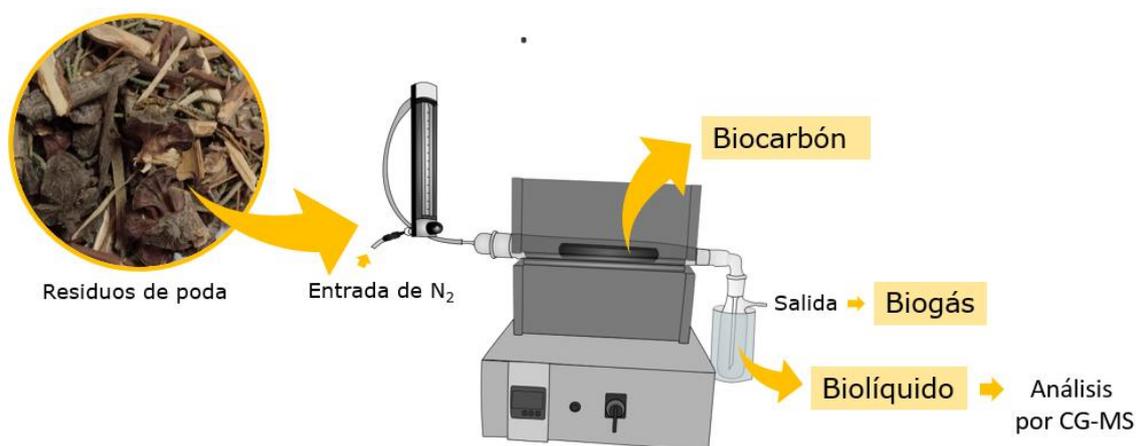


Figura 1: Esquema de pirólisis de residuos de poda.

Se pesaron las fracciones sólidas y líquidas obtenidas, y a continuación con dichos datos, se presentó a los estudiantes cómo calcular los rendimientos a las diferentes fracciones mediante la fórmula de la ecuación 1.

$$\text{Rendimiento de la fracción (\%)} = \frac{m_{\text{fracción}}}{m_{\text{residuos de poda}}} \times 100\% \quad (1)$$

Los estudiantes calcularon los rendimientos a cada una de las fracciones y se les manifestó cómo la variación de los parámetros involucrados en la reacción influye en los resultados obtenidos. A continuación, se llevó a cabo un análisis de la composición química del biolíquido obtenido mediante CG-MS, en un Cromatógrafo de gases Agilent GC 7890B acoplado a detector selectivo de masas 5977A. Este análisis se realizó en Laboratorio Instrumental de Uso Compartido (LIUC) del Departamento de Química, los estudiantes accedieron a sus instalaciones, donde se encuentra el equipo a utilizar junto con los demás equipos presentes en el laboratorio. La muestra de biolíquido obtenido, se inyectó en el cromatógrafo y los estudiantes pudieron visualizar la corrida cromatográfica, mientras se repasaba el fundamento teórico detrás de la técnica según lo tratado en las clases virtuales.

Ante los resultados obtenidos por el análisis por CG-MS se invitó al estudiantado a realizar una búsqueda de las potenciales aplicaciones de los compuestos químicos presentes en el biolíquido obtenido.

Por otra parte, se presentaron los resultados de los productos químicos obtenidos en otras reacciones de pirólisis en las cuales se realizaron tratamientos a la biomasa en una etapa previa. Se compararon los biolíquidos obtenidos bajo esas condiciones con el de la pirólisis de residuos de poda sin tratamiento, se evaluaron las diferencias de color, viscosidad y cómo las mismas son consecuencia de la composición química del bioproducto. Además, se mostró un biocarbón magnético obtenido como fracción sólida a partir de la modificación de la biomasa con sales de Fe. Estos materiales se muestran en la Figura 2.

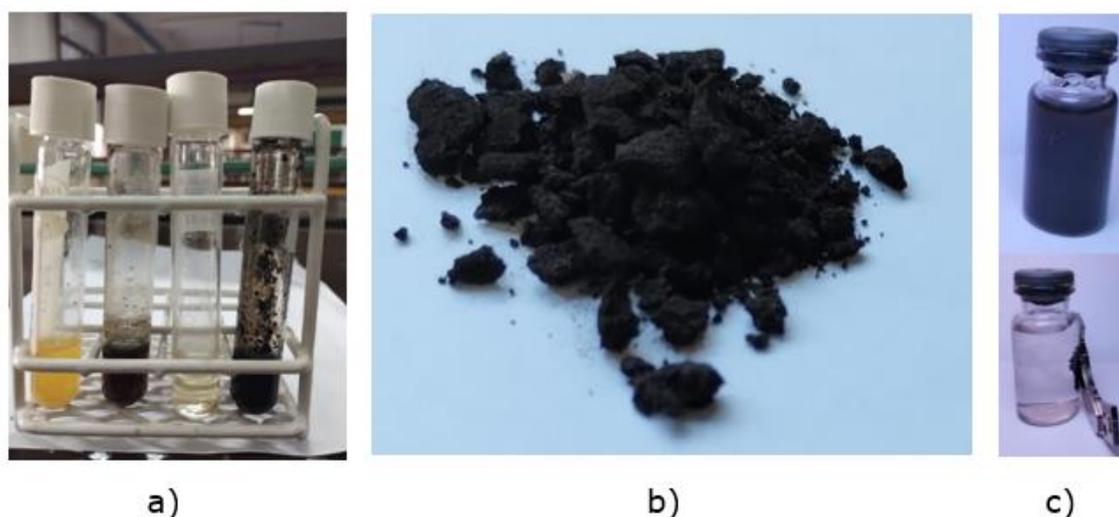


Figura 2: Productos de la reacción de pirólisis. a) Biolíquidos obtenidos a partir de diferentes modificaciones a la biomasa. b) Biocarbón de residuos de poda. c) Suspensión de biocarbón magnético obtenido por pretratamiento de la biomasa.

Autoevaluación

Como forma de valoración de la secuencia didáctica se propuso una autoevaluación realizada a través de la plataforma Moodle, realizando un cuestionario cerrado de 9 preguntas donde se evaluaron los conceptos desarrollados durante el curso. Este cuestionario comprendió preguntas de formato de opción múltiple, verdadero o falso, emparejamiento, palabra

perdida, y de tipo ensayo. Esta herramienta se emplea por lo general, durante los cursos que se realizan en el ingreso a la UNS, en exámenes y cuestionarios en diversas cátedras del Departamento de Química. Se evaluaron los contenidos vistos en las clases teóricas y prácticas de laboratorio.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA PROPUESTA

Los estudiantes participantes del taller mostraron gran entusiasmo y predisposición durante el desarrollo de las diferentes propuestas. Principalmente en los encuentros presenciales, el estudiantado presentó sus inquietudes respecto a los métodos de estudio y evaluación empleados en la universidad, y en particular frente al ingreso a la universidad. Por lo cual se destaca la necesidad de estos espacios de articulación para solventar las dudas que presentan hacia la inminente experiencia universitaria. Este espacio sirvió, además, para informar acerca de las carreras del Departamento de Química y afines, así también como de la existencia de la figura del tutor como figura de acompañamiento en la trayectoria universitaria.

Por otra parte, el equipo docente a cargo de la actividad dio difusión a las tareas realizadas por los docentes e investigadores del Departamento de Química de la UNS. La divulgación contribuye al reconocimiento del trabajo realizado y su impacto en la sociedad. Al mismo tiempo, una mayor visibilidad permite inspirar a estudiantes a perseguir carreras relacionadas al desarrollo científico-tecnológico de la sociedad, al mostrarles las posibilidades e impacto positivo de los resultados obtenidos.

En relación a los resultados de la autoevaluación, todos los participantes lograron responder y finalizar la misma de manera independiente sin dificultades, familiarizándose con la plataforma Moodle. Además, todos ellos pudieron superar un 50 % de respuestas correctas de las contenidas en la autoevaluación. Estos resultados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados dados en porcentajes de respuestas correctas dados en la Autoevaluación.

Porcentaje de respuestas correctas (%)	Nº de Participantes
Menos de 45	0
50-55	2
60-65	1
65-70	7
70-75	2
75-80	10
85-90	4
90-95	1
100	1
Total:	28

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Esta propuesta educativa brinda un espacio centrado en la enseñanza de la química sostenible, con el objetivo de reducir las dificultades de futuros

ingresantes, fomentar y apoyar nuevas vocaciones científicas, también contribuye a promover la permanencia en el sistema educativo superior. Ya que, la articulación entre la universidad y la enseñanza media permite a los estudiantes familiarizarse tempranamente con los requerimientos del sistema universitario, colabora para definir sus áreas o campos de interés para la elección de su carrera y orienta su preparación, permitiéndoles mejorar la motivación de sus estudios secundarios. De acuerdo a afirmaciones realizadas por los estudiantes, la experiencia desarrollada ha constituido una herramienta valiosa tanto para la enseñanza media como para la universitaria. Ha beneficiado tanto a estudiantes, permitiéndoles consolidar sus conocimientos y desempeño como futuros técnicos y profesionales, como a las docentes investigadoras de la UNS en su papel de orientadores.

Por otro lado, se logró el objetivo de ofrecer una solución sostenible a la acumulación de residuos de poda mediante la pirolisis. Esta problemática brindó un marco donde se familiarizó a los estudiantes de nivel medio con laboratorios, equipamiento y otras instalaciones, así también como con docentes, tutores, alumnos universitarios, investigadores y la plataforma Moodle, comúnmente utilizada en las carreras universitarias de la UNS.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abeleo, A y Menéndez, G. (2018). Integración extensión e investigación: ¿otra manera de construir conocimientos? Enfoques, políticas y prácticas desde la Universidad Nacional del Litoral. *Revista+E, Investigación y extensión universitaria*, (9), 96-110. <https://doi.org/10.14409/extension.v8i9.Jul-Dic.7849>
- Alao, M. A., Popoola, O. M. y Ayodele, T. R. (2022). Waste-to-energy nexus: An overview of technologies and implementation for sustainable development. *Cleaner Energy Systems*, 3, 100034. <https://doi.org/10.1016/j.cles.2022.100034>
- Araújo, Y. R. V., de Góis, M. L., Junior, L. M. C. y Carvalho, M. (2018). Carbon footprint associated with four disposal scenarios for urban pruning waste. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(2), 1863-1868. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0613-y>
- Arneu Short, P., Espínola, S., Reyes, M.S. y Escobar, P. (2021). La multiplicidad de voces en la conformación y consolidación de propuestas extensionistas ligadas a la inclusión educativa. *Cuadernos de Extensión Universitaria*, 5, 95-113. <https://doi.org/10.19137/cuadex-2021-05-05>
- Fahmy, T. Y. A., Fahmy, Y., Mobarak, F., El-Sakhawy, M. y Abou-Zeid, R. E. (2020). Biomass pyrolysis: past, present, and future. *Environment, Development and Sustainability*, 22(1), 17-32. <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0200-5>
- Giovannoni, E. y Fabietti, G. (2013). What is sustainability? A review of the concept and its applications. En: Busco, C., Frigo, M., Riccaboni, A., Quattrone, P. (eds). *Integrated Reporting: Concepts and Cases that Redefine Corporate Accountability*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-02168-3_2

- Kazimierski, P., Hercel, P., Suchocki, T., Smoliński, J., Pladzyk, A., Kardaś, D., Łuczak, J. y Januszewicz, K. (2021). Pyrolysis of pruning residues from various types of orchards and pretreatment for energetic use of biochar. *Materials*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/ma14112969>
- Nin, M. C. (2019). La articulación de la Universidad y la Escuela secundaria. Desafíos educativos ante la agenda 2030. *Huellas*, 23(2), 193–198. <https://doi.org/10.19137/huellas-2019-2318>
- Tomás, M. P. y Murga Menoyo, M. Á. (2020). El marco curricular de la Educación Secundaria Obligatoria: posibilidades para la formación de competencias en sostenibilidad. *Revista Internacional de Comunicación y Desarrollo (RICD)*, 3(13), 90–109. <https://doi.org/10.15304/ricd.3.13.7180>