

PREPARACIÓN DE UN BARNIZ BASADO EN RESIDUOS POLIMÉRICOS COMO COMPLEMENTO EXPERIMENTAL PARA ESTUDIANTES DE INGENIERÍA

Rocío Boriglio⁽¹⁾, Santiago Dobler⁽¹⁾, Mateo Lesta⁽¹⁾, Nazareno Scocco⁽¹⁾, María E. Taverna⁽¹⁾, Paula C. Garnero⁽¹⁾

⁽¹⁾ Facultad Regional San Francisco, Av. De la Universidad 501, (2400) San Francisco, Córdoba, Argentina.

e-mail de contacto: pcgarnero@gmail.com

Resumen

El poliestireno expandido es un polímero muy empleado debido a sus propiedades aislantes, su baja densidad, y bajo costo. Su alto consumo de millones de toneladas anuales, genera una gran cantidad volumétrica de residuos con un impacto ambiental negativo. Si bien este polímero es reciclable, solo se lleva adelante aproximadamente una recuperación del 15%, siendo de interés mejorar este recupero en la obtención de nuevos productos de alto valor agregado. En este trabajo se prepararon barnices basados en residuos de poliestireno expandido. Las tareas se realizaron en conjunto con estudiantes de Ingeniería Química a fin de complementar la actividad experimental e incorporar conceptos de polímeros, solución, propiedades de materiales, entre otros. Para la parte experimental, se prepararon barnices, analizando diferentes proporciones poliestireno/disolvente y se evaluaron propiedades tales como costo, densidad, tiempo de secado, fluidez e impermeabilidad sobre diferentes superficies. Los principales resultados muestran que es posible obtener barnices basados en poliestireno con precios competitivos y propiedades aceptables; y que los estudiantes logran a través de estas experiencias fomentar sus conocimientos en el área de polímeros y su importancia en el medio ambiente

Palabras clave: reciclado; poliestireno; barnices; Ingeniería Química; economía circular

Introducción

El cuidado del medio ambiente se ha convertido en una preocupación creciente de la sociedad debido al incremento de los niveles de contaminación en los últimos años. Es por ello que conceptos tales como economía circular, sustentabilidad y sostenibilidad han cobrado vital importancia. En ese sentido, los residuos deberían poder aprovecharse para una segunda cadena de valor bajo los lineamientos de economía circular (Benessere *et. al.*, 2019; Dan *et. al.*, 2021).

El poliestireno expandido es un polímero no renovable que se produce a partir de la polimerización del estireno. Sus principales características de baja densidad, capacidad de aislamiento, bajo costo y su gran resistencia a los microorganismos (Vargas *et. al.*, 2019), lo convierte en un material muy versátil que puede emplearse en diferentes aplicaciones, tales como material descartable, material de embalaje, placas de construcción, entre otros. El poliestireno tanto expandido como tradicional es un polímero de naturaleza reciclable. Actualmente a nivel mundial, se generan alrededor de 40 a 50 kg/persona/año de residuos de poliestireno, que hacen necesario su aprovechamiento en nuevos productos o materiales.

La universidad tiene el deber de formar ciudadanos con conciencia socioambiental, ya que debido a su labor de generación y difusión del conocimiento desempeñan un papel fundamental en el logro de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) (Cómo empezar con los ODS en las Universidades. Red española para el Desarrollo sostenible, 2020). Este abordaje requiere de docentes y estudiantes comprometidos en la construcción de conocimientos asociados al cuidado del medio ambiente y gestión de residuos. Para lograr este tipo de educación, se debe dejar de lado el tradicional conductismo y usar herramientas de competencias con las cuales los estudiantes puedan no solo experimentar con la preparación de materiales amigables con el medio ambiente, sino que adquieran capacidades para evaluar propiedades y costos.

El presente trabajo tiene por finalidad, demostrar una alternativa de solución para los residuos de

poliestireno expandido en la elaboración de barnices; y poder construir conocimiento entre docentes y estudiantes de Ingeniería Química. La utilización del método constructivo y el análisis de una encuesta simple determinó que la educación ambiental es sumamente necesaria en la formación de los jóvenes.

Objetivos

El objetivo de este trabajo es la preparación de barnices a partir de poliestireno expandido reciclado favoreciendo la concepción del cuidado del ambiente y la mejora de las habilidades de enseñanza – aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería Química en el área de polímeros y su impacto ambiental.

Materiales y métodos

Los materiales utilizados fueron poliestireno expandido reciclado, acetato de etilo pro análisis (Cicarelli); y disolventes comerciales capaces de disolver al poliestireno.

El trabajo experimental se realizó en tres encuentros de laboratorio de una duración de dos horas cada uno. Los encuentros eran organizados por un grupo reducido de cuatro estudiantes avanzados de la carrera de Ingeniería química y los docentes responsables de las cátedras de Ingeniería y ciencia de los materiales y Polímeros. Este equipo, luego coordinaba el trabajo a estudiantes que cursaban la cátedra de Ingeniería y ciencia de los materiales que corresponde al segundo año de su carrera.

Encuentro Nº 1: Presentación de la actividad y elección del diluyente

El primer encuentro consistió en presentar la problemática a los estudiantes mediante los conceptos asociados a que es el poliestireno expandido, que aplicaciones tiene y la cantidad de residuos generado actualmente.

Los estudiantes divididos en grupos de a 3 a 5 personas (Fig. 1) analizaron distintos diluyentes y reportaron sus resultados. Para ello, se emplearon distintos tipos de residuos de poliestireno expandido incluyendo placas de construcción, maples coloreados, bandejas, entre otros. La cantidad disuelta fue siempre 10 g.

Cada grupo contaba con un estudiante avanzado de Ingeniería Química como referente que coordinaba las actividades grupales.



Figura 1. Grupos de trabajo

Encuentro Nº 2: Preparación y caracterización de los barnices

Para este segundo encuentro, se trabajó de la misma manera que en el encuentro Nº 1. Se emplearon diferentes proporciones de poliestireno/solvente y se prepararon los barnices. Previamente por el grupo reducido, se eligieron tres barnices que fueron evaluados de acuerdo a su: i) exposición del barniz a condiciones climáticas; ii) hidrofobicidad; iii) tiempo de secado; iv) pruebas de cubrimiento y penetración. A continuación, se describen cada una de los experimentos realizados:

i) Exposición a condiciones climáticas.

Los barnices se colocaron en diferentes soportes que incluyeron madera lisa, corteza de árboles,

metal, paredes y cerámicos. Se realizó una observación visual a diferentes tiempos (1, 7 y 30 días) de los cambios estructurales del barniz frente a humedad, y temperatura.

ii) **Hidrofobicidad.**

La hidrofobicidad del barniz se realizó mediante la determinación del ángulo de contacto. Para ello, una gota de 14 µl de agua fue depositada en los barnices soportados y se midió el ángulo que se forma entre la superficie del barniz y la gota. El ensayo se realizó a temperatura ambiente de 20 °C. Para el análisis de las imágenes se utilizó el programa Image J (AJab and AL-Mamori, 2021). La repetición se realizó al menos 5 veces para lograr reproducibilidad.

iii) **Tiempo de secado**

El tiempo de secado se midió con cronómetro para los distintos sistemas mencionados.

iv) **Pruebas de cubrimiento y penetración**

Para la prueba de cubrimiento 3 mL de barniz fueron pincelados en los soportes, midiendo el área de aplicación (cm²). La prueba se realizó por triplicado.

La penetración del barniz se determinó midiendo el ancho de la franja de colocación del barniz desde el exterior hacia el interior de la muestra (el análisis se realiza mediante observación).

Encuentro Nº 3: Cierre de la actividad

La elección final del barniz se realizó en conjunto con los estudiantes de acuerdo al costo-características finales del producto.

A fin de conocer algunos aspectos del aprendizaje de la actividad se efectuó una breve encuesta para efectuar mejoras en encuentros futuros.

Resultados y discusión.

Los principales resultados y discusión se realizan de acuerdo a lo que se logró en cada encuentro.

Encuentro Nº 1: Presentación de la actividad y elección del diluyente

En la tabla 1, se muestran los principales resultados en relación al comportamiento de dilución del poliestireno, costo por litro y toxicidad.

Tabla 1. Toxicidad y prueba de disolución del poliestireno expandido en cada diluyente puro

	Acetato de etilo	Disolvente 1	Disolvente 2
DL ₅₀ oral rata	5620 mg/kg	5660 mg/kg	5000 mg/kg
Precio (\$/L)	450	2000	490
Disolución del poliestireno	Homogénea	Homogénea	Goma

Del análisis de los estudiantes, se pudo concluir que la toxicidad de los diluyentes con los que se trabajó arrojó resultados similares. El costo del disolvente 1 imposibilitó su posterior uso. Asimismo, el disolvente 2 fue descartado debido a que no disuelve completamente al polímero. Respecto al acetato de etilo demostró muy buenos resultados, pero ya que en Argentina es regulado por el RENPRE no es conveniente utilizarlo como único disolvente. En ese sentido, se llegó a la conclusión de que, la elaboración de mezclas en diferentes proporciones, con los distintos disolventes, es la mejor opción para optimizar las propiedades de cada uno de ellos.

Encuentro Nº 2: Preparación y caracterización de los barnices

Los estudiantes de ingeniería trabajaron con 3 barnices previamente seleccionados por el grupo reducido teniendo en cuenta los aspectos mencionados en la tabla 1. A continuación, se observan imágenes del trabajo realizando en el laboratorio durante el segundo encuentro, el barniz que se obtuvo, y de su uso en distintos soportes. (Fig.2)

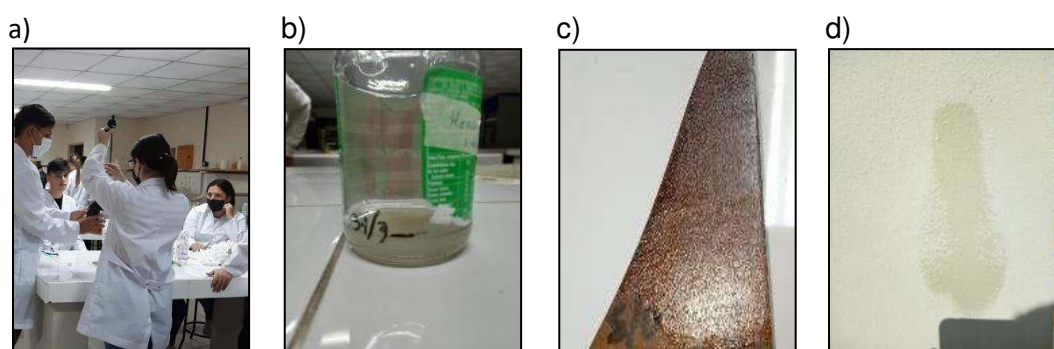


Figura 2. a) trabajo de los estudiantes durante el segundo encuentro, b) barniz 2; c) superficie de madera lisa pintada con barniz 1; d) superficie rugosa pintada con barniz 3.

La tabla 2 presenta los resultados que se obtuvieron de cada barniz de acuerdo a las características esperadas para el barniz.

Tabla 2. Pruebas realizadas a cada ensayo

		Características		
		Barniz 1	Barniz 2	Barniz 3
Composición	Poliestireno (g)	10	10	12,5
	Acetato de etilo (mL)	50	55	50
	Solvente 1 (mL)	-	5	7
	Solvente 2 (mL)	-	-	13
Disolución		Homogénea	Homogénea	Homogénea
Brillo		Moderado	Sí	Excelente
Impermeabilidad		Sí	Sí	Sí
Tiempo de secado (min)		1-2	1-5 (depende de la superficie)	2
Fluidez		Similar al barniz	Buena	Del barniz
Absorción		Buena	Buena	Excelente
Color		Traslucido	Moderado	Idéntico al barniz
Precio/litro (\$/L)		540	735	580

Como principal conclusión de este encuentro podemos mencionar la factibilidad del producto que se elaboró. Las pruebas proporcionaron una suficiente y clara demostración de su eficiencia, en cuanto a acabado y apariencia, además el barniz demostró aportar buen brillo e impermeabilidad a diferentes superficies.

Asimismo, se observó que luego de 24 h, el aspecto de la superficie barnizada no se ve modificada. En cuanto a la hidrofobicidad, se obtuvo un ángulo de contacto de $60,21 \pm 2,827^\circ$ para el barniz 3, que resultó ser el seleccionado (Fig. 3) reflejando barnices de mojabilidad intermedia.

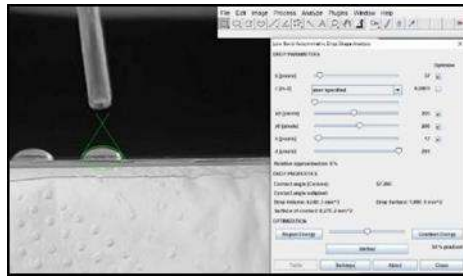


Figura 3. Análisis mediante Image J de los resultados de ángulo de contacto

Los barnices basados en poliestireno expandido tienen un secado muy rápido comparado con los comerciales que dependiendo su origen pueden variar de entre 0,5 y 4 h (Tabla 2).

Se evaluó el cubrimiento y la penetración del barniz en paredes con y sin pintura y en maderas de distintas texturas, dejando como resultado una adecuada absorción y viable cubrimiento.

Encuentro Nº 3: Cierre de la actividad

Una vez finalizadas las actividades, el equipo docentes/estudiantes concluyó que el barniz 3 es una opción viable desde el punto de vista de su performance, su costo y su impacto medioambiental.

Asimismo, se prevé llevar adelante la producción en sectores sociales en situación de vulnerabilidad de la región, convirtiendo esta idea en una posibilidad de emprendimiento redituable, contribuyendo así a mejorar las condiciones, no sólo socioeconómicas de los sectores mencionados, sino también promoviendo y concientizando sobre el cuidado del medio ambiente.

Finalmente, se presentan los resultados de las encuestas. La figura 4 muestra que más del 80% no conocía sobre los materiales trabajados y elementos utilizados.

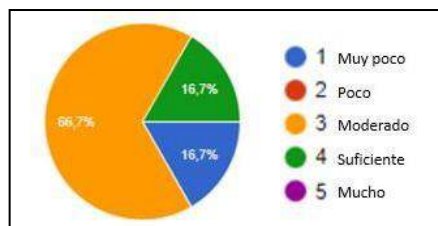


Figura 4. Encuesta a los/las estudiantes “¿tenías conocimientos previos sobre los materiales de trabajo (composición, elementos del laboratorio, reacción)?”

Por otro lado, el 83,3% de los estudiantes mostraron interés por el barniz elaborado y el conocimiento que adquirido. Esto nos alienta a querer continuar formando profesionales comprometidos con el medio ambiente, y el conocimiento de materiales (Fig. 5).

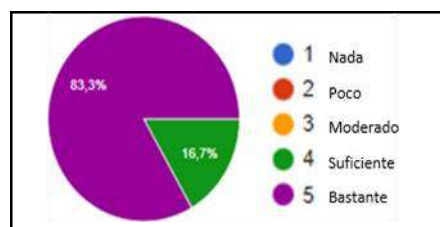


Figura 5. Encuesta a los/las estudiantes “¿fue una experiencia interesante y rica en conocimientos?”

Los estudiantes dejaron distintos comentarios sobre los encuentros y cómo fue su proceso de enseñanza- aprendizaje durante los mismos, mostrando la importancia de darle continuidad a este proyecto (Fig. 6).

Estuvo muy buena la experiencia de laboratorio.
En cuanto al proyecto me parece una idea interesante ya que es una forma de reciclar y ayudar al medio ambiente

Me pareció muy interesante el proyecto, ya que nos demostró y pudimos poner en práctica la relación material costó, debido a que con la economía actualmente es muy importante que tengamos un buen producto a un costo accesible, y aprendimos acerca de los materiales que utilizamos. En cuanto a experiencias en el laboratorio, me gustó porque fue un experimento interesante y llevadero.

Figura 6. Comentarios de los estudiantes en relación a la actividad

Conclusiones

La utilización del poliestireno expandido para la creación de barnices presentó muy buenos resultados, demostrando propiedades similares a los comerciales y proporcionando una posible solución ante la preocupación social por el cuidado del medio ambiente. En este trabajo se fomentaron pequeñas acciones que generan un impacto en la sociedad. Por otro lado, las actividades resultaron interesantes tanto para docentes como estudiantes, fomentando la responsabilidad social, ambiental y de trabajo conjunto.

Se impulsó el proceso de enseñanza-aprendizaje con resultados muy satisfactorios para todos los actores, quedando en evidencia el interés de los estudiantes en este tipo de actividades y sus implicancias. Teniendo en consideración el tiempo acotado en que se llevaron a cabo estas actividades, sus excelentes resultados nos alentaron a continuar promoviendo el reciclado y la reutilización de los materiales, así como también la sensibilización por el cuidado de nuestro planeta.

Agradecimientos

Se agradece a la UTN por la financiación del proyecto PID (MSPPASF0008467) en el marco del cual se realizó este trabajo. A la Secretaría de Asuntos Estudiantiles (SAE) por las becas a los estudiantes.

Referencias bibliográficas

AJab, J., & AL-Mamori, M. H. (2021). Easy and Simple Method to Measure Contact Angle of Polymer/Solution.

Benessere, V., Cucciolito, M. E., De Santis, A., Di Serio, M., Esposito, R., Melchiorre, M., & Ruffo, F. (2019). A sustainable process for the production of varnishes based on Pelargonic acid esters. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 96(4), 443-451.

Dan, O., and Trofimova, L. (2021). A Study of the Properties of Forming Mixtures Containing PolystyreneWastes. *Journal of Casting & Materials Engineering*, 5(2).

SECTOR, E. CÓMO EMPEZAR CON LOS ODS EN LAS UNIVERSIDADES. Red española para el Desarrollo sostenible. 2020.

Vargas, A. A. (2019). Generación de un barniz protector de madera a partir de residuos de poliestireno(estereofón). *Revista de Ciencia y Tecnología*, 35(1).