



Preparación de un barniz basado en residuos poliméricos como complemento experimental para estudiantes de ingeniería

Preparation of a varnish based on polymer residues as an experimental complement for engineering students

María Eugenia Taverna^{1,2}, Rocío Boriglio, Santiago Dobler¹, Mateo Lesta¹, Nazareno Scocco¹ y Paula Carolina Garnero¹

Recepción: 16/09/2022

Aceptación: 28/11/2022

Resumen

En el presente trabajo se presenta el desarrollo y los resultados de una experiencia destinada a la enseñanza de la química en las cátedras de Ingeniería y Ciencia de los materiales y Polímeros de la carrera de Ingeniería Química. La experiencia consistió en la elaboración de un barniz a partir de residuos de poliestireno expandido. Este enfoque tiene relación con el cuidado medioambiental y la reutilización de los residuos poliméricos en el desarrollo de productos de valor agregado. Este trabajo se llevó a cabo durante el transcurso del año lectivo 2022 en diferentes encuentros. Las tareas se realizaron en conjunto con estudiantes avanzados de Ingeniería Química a fin de complementar la actividad experimental e incorporar conceptos sobre polímeros, soluciones, propiedades de materiales, entre otros. Los principales resultados muestran que es posible obtener barnices basados en poliestireno expandido recuperado, con precios competitivos y propiedades aceptables, y que los estudiantes logran mediante estas experiencias fortalecer sus conocimientos en el área de polímeros, y sensibilizarse en la importancia del cuidado del medio ambiente.

Palabras clave

Enseñanza de la química; Ingeniería Química; poliestireno expandido; residuos poliméricos; cuidado del medioambiente; barnices.

Abstract

This work presents the development and results of an experience aimed at teaching chemistry in the courses of Materials Engineering and Polymers of the Chemical Engineering career. A varnish was prepared from expanded polystyrene waste. This approach is related to environmental care and the reuse of polymeric waste in the development of value-added products. This work was carried out during the 2022 school year in different meetings. The tasks were carried out with advanced students of Chemical Engineering to complement the experimental activity and incorporate concepts of polymers, solutions, and material properties, among others. The main results show that it is possible to obtain varnishes based on recovered expanded polystyrene with competitive prices and acceptable properties and that students achieve through these experiences to promote their knowledge in polymers and become aware of the importance of caring for the environment.

Keywords

Chemistry teaching; Chemical engineering; expanded polystyrene; polymer waste; environmental care; varnishes.

¹ Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco: San Francisco, Córdoba, Argentina.

² Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas - Universidad Nacional del Litoral): Santa Fe, Santa Fe, Argentina.

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 esa razón que conceptos tales como economía circular, sustentabilidad y sostenibilidad han cobrado vital importancia en diferentes ámbitos incluyendo el educativo. En ese sentido, los residuos generados por el ser humano deberían poder aprovecharse en una segunda cadena de valor bajo los lineamientos de economía circular (Benessere *et. al.*, 2019; Dan y Trofimova, 2021).

La industria de los polímeros, comúnmente denominados plásticos, genera materiales que pueden emplearse en diversas aplicaciones incluyendo la elaboración de envases, vivienda, vestido y todo tipo de bienes de consumo (Arthuz-López y Pérez-Mora, 2019). Sin embargo, se estima que para producir 1 kg de plástico es necesario el uso de 2 kg de petróleo y, además, se genera una gran cantidad de residuos. En 2015, 9,1 toneladas métricas de desechos plásticos arribaron a los océanos. Los expertos predicen que para 2050, la cantidad total de desechos plásticos podría ascender a 850–950 toneladas métricas (Degnan y Shinde, 2019).

Dentro de los diferentes tipos de polímeros, el poliestireno expandido, comúnmente conocido como Telgopor en Argentina, 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 (López y Pérez-Mora, 2019; Vargas *et. al.*, 2019), lo convierten 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 material químicamente inerte y no biodegradable, por ende, no desaparece del medioambiente.

En 2016, la producción mundial de poliestireno y poliestireno expandido rondaba el 14,7 y 6,6 millones de toneladas métricas por año; respectivamente. Asimismo, se generan alrededor de 40 a 50 kg/persona de residuos de poliestireno al año (Dan y Trofimova, 2021). La preocupación ambiental debida a este polímero gira en torno a cuatro elementos fundamentales: i) la degradación lenta y la ausencia de un sustituto; ii) la producción de residuos; iii) su fuente de generación es el petróleo, materia prima no renovable; y iv) algunos de los insumos químicos utilizados para producirlos son nocivos para el ambiente.

Sin estar ajena a esta problemática y en la búsqueda de soluciones, 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). Este abordaje requiere de docentes y estudiantes comprometidos en la construcción de conocimientos asociados al cuidado del medio ambiente, gestión de residuos y elaboración de nuevos materiales. 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. La enseñanza debe estar diseñada para que los estudiantes adquieran la capacidad de resolver problemas *in situ* en campos ocupacionales, sociales o personales, con base en conocimientos, habilidades y experiencias adquiridas (Hanh, 2018; Sánchez *et al.*, 2018; Zorrilla *et al.*, 2020).

En este trabajo se presenta la elaboración de barnices como alternativa de solución para los residuos de poliestireno expandido, como complemento experimental para la carrera de Ingeniería Química. Para el desarrollo del trabajo, se conformó un equipo que coordinaba las tareas que aquí se exponen. Este equipo estaba integrado por un grupo de estudiantes avanzados de la carrera y los docentes responsables de las cátedras Polímeros e Ingeniería y Ciencia de los materiales, ambas correspondientes a la carrera de Ingeniería Química.

El proceso de enseñanza-aprendizaje fue diseñado en relación con los contenidos curriculares que propone el Ministerio de Educación de la Nación de la República Argentina y a los intereses de la institución educativa superior.

Etapas del desarrollo del proceso enseñanza-aprendizaje

Los materiales utilizados fueron poliestireno expandido recuperado; acetato de etilo pro análisis (Biopack); ácido clorhídrico 36,5-38,0 % (Cicarelli); ácido fosfórico (Cicarelli); hidróxido de sodio 1 N (Anedra); hidróxido de amonio 28 % P/P (Anedra); y disolventes comerciales con capacidad para disolver al poliestireno.

El proceso se dividió en cinco encuentros, resumidos en la Tabla 1.

El grupo coordinador está formado por docentes de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y Polímeros y cuatro estudiantes avanzados de Ingeniería Química que tienen aprobado el curso de Ingeniería y Ciencia de los Materiales.

| Encuentros | Actividades | Involucrados |
|------------|--|---|
| 1 | Búsqueda de material y planificación de la actividad. | Grupo coordinador |
| 2 | Elección del disolvente, preparación, selección y caracterización de barnices. | Grupo coordinador y estudiantes de la cátedra Ingeniería y Ciencia de los Materiales. |
| 3 | Evaluación de ensayos físico químicos, conclusiones y cierre de la actividad. | Grupo coordinador y estudiantes de la cátedra Ingeniería y Ciencia de los Materiales. |
| 4 | Informe y evaluación del trabajo realizado. | Grupo coordinador |

TABLA 1. Actividades programadas.

El trabajo experimental con los estudiantes se realizó en dos encuentros de laboratorio de una duración de tres horas cada uno con los estudiantes de la cátedra Ingeniería y Ciencia de los materiales.

A continuación, se detallan las actividades realizadas por encuentro:

Encuentro 1: Búsqueda de material y planificación de la actividad

Se recopiló información bibliográfica sobre reciclado de residuos plásticos, alternativas de bajo impacto ambiental para el reciclaje del poliestireno expandido, procesos de producción de barnices con desechos de poliestireno y caracterización y clasificación de los mismos.

Además, en este encuentro se investigaron las propiedades de los distintos disolventes, toxicidad, precios, solubilidad del poliestireno expandido en estos disolventes y se llevó a cabo la planificación de actividades.

Se presentan referencias bibliográficas que se recortaron para compartir con estudiantes:

Importancia del cuidado del medio ambiente

El origen de la palabra ambiente proviene directamente del latín que establece el concepto de “lo que está en ambos lados”. Es por ello que “cuidar el medioambiente” representa todos los comportamientos que los seres vivos debemos tomar en favor de la salud de la naturaleza.

La vida en general está visiblemente involucrada con la salud del medio ambiente, por lo que éste se debe preservar. Para lograrlo, se deben reducir todos los riesgos que lo deterioren. En ese sentido, es de vital importancia alcanzar la recuperación de los daños causados por las actividades humanas, y con ello, preservar la supervivencia de los seres vivos.

Propiedades físico-químicas de los materiales

Estas propiedades son debidas a la estructura microscópica del material. Podemos mencionar, por ejemplo, el peso específico, la conductividad térmica, la conductividad eléctrica, entre otras.

Nos brindan sobre el comportamiento del material ante diferentes acciones externas, como el calentamiento, las deformaciones o el ataque de productos químicos.

Polímeros

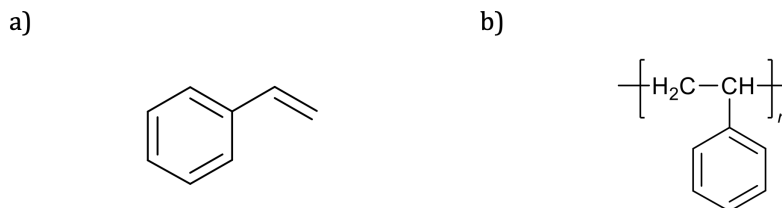
Son materiales que están formados por muchas (poli) partes (meros). Poseen una masa molecular muy alta, mayor a 10.000 unidades, razón por la cual se les denomina macromoléculas. Están formados por unidades estructurales que se repiten, siguiendo casi siempre un patrón determinado.

Los polímeros naturales como la lana o la madera se emplean desde el comienzo de la historia. Pero en la actualidad resulta difícil concebir el mundo actual si no dispusiéramos de unos materiales relativamente modernos: los polímeros sintéticos (Meira y Gugliotta, 2022). El término “plástico” se emplea como un sinónimo de “polímero sintético”, e incluye a los termoplásticos, a los termorrígidos, a las gomas, a las fibras, a los adhesivos y a las pinturas.

Poliestireno

El estireno, sustancia orgánica proveniente de un árbol oriental, se conoce desde 3000 años a.C. En 1876, un científico inglés tuvo la idea de destilar la resina de ámbar líquido para extraer un fluido al que denominó Styra. En el siglo XIX, dos químicos franceses aislaron la molécula de estireno (Fig 1.a) a partir del Styra. En 1925, un químico alemán consiguió ensamblar varias moléculas de estireno unas con otras en un proceso denominado polimerización. A este polímero lo denominó poliestireno (Fig 1.b).

FIGURA 1.
Representación
estructural del:
a) estireno y b)
poliestireno.



El poliestireno expandido (Telgopor en Argentina), es un plástico bastante frágil y soluble en ciertos disolventes orgánicos. Se utiliza principalmente en la industria para envases frigoríficos, vasos desechables del tipo térmico o empaques para el uso electrónico, entre otros. Es muy utilizado como aislante por sus grandes ventajas incluyendo el bajo costo, baja densidad, baja producción de energía y baja emisión de gases contaminantes.

A escala industrial, el poliestireno se prepara calentando el etilbenceno en presencia de un catalizador para dar lugar al estireno. BASF y Dow desarrollaron independientemente el poliestireno expandido a principios de los años 40.

La demanda de poliestireno expandido se disparó a finales de los años 1960, en gran medida, gracias a la invención de extrusoras que permitieron la inyección directa de pentano al poliestireno líquido. Actualmente, se estima que anualmente se producen 40 a 50 kg/persona de residuos de poliestireno al año.

Acetato de etilo

Este disolvente es muy utilizado la industria a nivel mundial. Se produce comúnmente por una reacción de condensación de ácido acético y etanol.

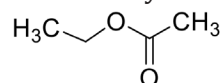


FIGURA 2.
Representación
estructural del acetato
de etilo.

Toxicidad de acuerdo a DL_{50}

En toxicología, se denomina dosis letal media, DL_{50} (abreviatura de Dosis Letal, 50 %, dosis letal para el 50 % de la población) a la cantidad de la dosis de una sustancia, en mg de sustancia por kg de peso del individuo, necesaria para matar a la mitad de un conjunto de animales de prueba después de un tiempo determinado. Los valores de la DL_{50} son usados con frecuencia como un indicador general de la toxicidad aguda de una sustancia. Una menor DL_{50} es indicativo de mayor toxicidad.

En la Tabla 2 se muestran las categorías según el valor de DL_{50} Oral y por Penetración cutánea de las sustancias químicas.

| Categoría | DL_{50} oral rata (mg/kg) | DL_{50} Penetración cutánea (mg/kg) |
|-----------|-----------------------------|---------------------------------------|
| 1 | 5 | 50 |
| 2 | 50 | 200 |
| 3 | 300 | 1000 |
| 4 | 2000 | 2000 |
| 5 | 5000 | 5000 |

TABLA 2. concentración de DL_{50} por vía oral y por penetración cutánea en rata para toxicidad aguda.

El acetato de etilo se encuentra incluido en la categoría 3 de acuerdo con su toxicidad.

Sustancias capaces de atacar soportes barnizados

El ácido clorhídrico (HCl) es un ácido fuerte de uso frecuente. Se debe manipular con las precauciones de seguridad adecuadas. Es un líquido altamente corrosivo y muy peligroso. Este ácido tiene un olor agudo e irritante y es altamente corrosivo, lo que significa que daña la mayoría de las cosas que toca.

El ácido fosfórico (H_3PO_4) es un ácido mineral de alto nivel corrosivo. La inhalación del ácido fosfórico puede causar irritación del tracto respiratorio y gastrointestinal. Mientras que su exposición constante puede causar daño pulmonar, asfixia, pérdida de conocimiento leve o agudo, incluso la muerte.

El hidróxido de sodio (NaOH) es un compuesto inorgánico que, si se encuentra al 40 % *m/m*, es una potente base, además de ser altamente cáustica. Es muy corrosivo.

El hidróxido de amonio (NH_4OH) es un líquido incoloro que no puede ser aislado, cuenta con un olor muy intenso y agudo. También es conocido como agua de amoníaco o amoníaco líquido. Es una solución concentrada de NH_3 en agua. Es un producto muy corrosivo.

Encuentro 2: Elección del disolvente, preparación, selección y caracterización de barnices.

En una primera instancia se ofrece a los estudiantes un recorte del material bibliográfico seleccionado. Esta etapa es importante para intensificar las habilidades de lectura y comprensión de textos científicos mediante la síntesis de las ideas principales y el uso del pensamiento crítico para obtener las respectivas conclusiones.

Como segunda etapa se comenzó con el trabajo experimental donde lo primero que se realizó fue la elección del disolvente. Para esto, se emplearon diferentes proporciones de poliestireno/disolvente y se prepararon los barnices.

A) Preparación de los barnices

i) Normas de seguridad en el laboratorio: Durante la práctica, tanto los estudiantes como el grupo coordinador, contaban con el equipo completo de protección personal (gafas de seguridad, guardapolvos y guantes de látex). Además, se trabajó teniendo en cuenta las precauciones que se observan en las fichas técnicas de los disolventes utilizados.

Disolvente 1:

[Enlace 1](#)

[Enlace 2](#)

Disolvente 2:

[Enlace 3](#)

ii) Protocolo de la elaboración de barnices: Se prepararon los barnices con diferentes proporciones. Para ello, se pesó una cantidad conocida de poliestireno expandido y se mezcló con diferentes volúmenes de disolventes. Las cantidades de poliestireno se midieron con balanza analítica y las cantidades de disolventes con probetas de diferente graduación. Las composiciones de los barnices elaborados se muestran en la Tabla 4 de la sección Resultados y Discusión.

B) Caracterización de los barnices

Para caracterizar los barnices desarrollados se llevaron a cabo las siguientes experiencias: i) pruebas de cubrimiento y penetración; ii) exposición del barniz a condiciones climáticas; iii) tiempo de secado; iv) hidrofobicidad; v) evaluación de solubilidad; vi) ataque de sustancias corrosivas. A continuación, se describen cada uno de los ensayos realizados:

i) Pruebas de cubrimiento y penetración

Para la prueba de cubrimiento 3 mL de barniz fueron pincelados en los soportes, midiendo el área de la 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 con un micrómetro. Para ello, se tomaron dos medidas usando micrómetro, una sobre una pieza de madera recubierta con tres capas de barniz y otra de la misma pieza sin cubrimiento, y por diferencia se obtuvo el espesor en mm.

ii) 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.

iii) Tiempo de secado

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

iv) 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, se tomó una fotografía, 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 y AL-Mamori, 2021). El ensayo se realizó al menos 5 veces para lograr reproducibilidad.

v) Evaluación de solubilidad

La microscopía electrónica de barrido (SEM) es una herramienta de caracterización útil para proporcionar imágenes sobre la morfología, tamaño, forma y organización de la topografía superficial de las muestras (Muneer et al., 2018). En ese sentido, se realizó la caracterización de las superficies barnizadas mediante microscopía electrónica de barrido (SEM). Para esto se utilizó un Microscopio de barrido

electrónico SEM. Este equipo de alta tecnología cuenta con un intervalo de 20x a 30.000x aplicable a biotecnología, nanotecnología, ciencia médica, ciencia forense, química, desarrollo de nuevos materiales, entre otros usos.

vi) *Ataque de sustancias*

Para comprobar la reacción de protección que le brinda el barniz a la madera se sometieron 3 tipos de maderas barnizadas al ataque de sustancias tales como el ácido clorhídrico, ácido fosfórico, hidróxido de sodio (40%) e hidróxido de amonio y se compararon resultados con las mismas maderas sin barnizar.

Encuentro 3: Evaluación de ensayos físico-químicos, conclusiones y cierre de la actividad.

La importancia de este encuentro radica en la valoración, por parte de los estudiantes, de los barnices elaborados. En relación con las propiedades observadas, a fin de optimizar la organización de las tareas, se evalúan las tres mejores posibilidades y se selecciona entre todos los participantes del proyecto uno de los barnices.

Encuentro 4: Informe, evaluación del trabajo realizado y trabajos a futuro

Para culminar esta actividad se realizó una breve encuesta a los estudiantes de la cátedra Ingeniería y Ciencia de los Materiales para conocer algunos aspectos del aprendizaje.

Con la información y datos obtenidos en cada encuentro se elaboró un informe sobre el barniz seleccionado, el avance del trabajo y trabajos a futuro.

Resultados y discusión

Encuentro 1

Durante la etapa de recopilación de bibliografía los estudiantes seleccionaron el material de lectura, interpretando y evaluando científicamente textos acordes a su nivel.

En cuanto a las propiedades de los distintos disolventes, en la Tabla 3 se muestran los principales resultados en relación a su toxicidad, costo por litro y comportamiento disolvente hacia el poliestireno.

| | Acetato de etilo | Disolvente 1 | Disolvente 2 |
|------------------------------------|------------------|--------------|--------------|
| DL₅₀ oral rata | 5620 mg/kg | 5660 mg/kg | 5000 mg/kg |
| Precio (\$/L) | 450 | 2000 | 490 |
| Disolución del poliestireno | Homogénea | Homogénea | Goma |

TABLA 3. Características de los disolventes utilizados.

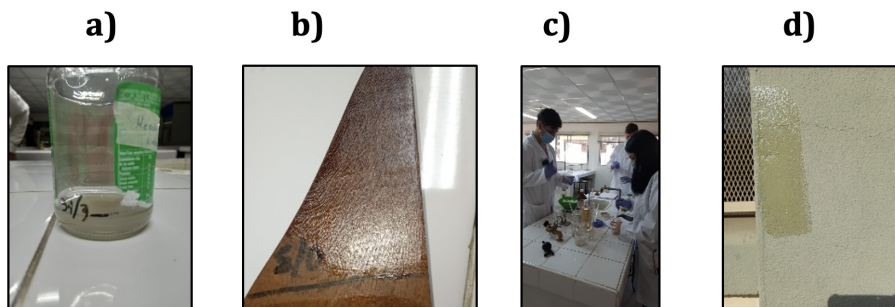
Del análisis realizado, se pudo llegar a la conclusión de que la toxicidad de los disolventes con los que se trabajó resultó similar. Los factores a tener en cuenta a la hora de seleccionar el disolvente adecuado fueron la manipulación segura, el menor impacto ambiental, la viabilidad económica y el comportamiento disolvente.

Se observa que el disolvente 1 es el de mayor costo y el disolvente 2 no disuelve completamente al polímero. Respecto al acetato de etilo se consideró que no es conveniente utilizarlo como único disolvente debido a la regulación existente en Argentina. La Secretaría de Programación para la prevención de la drogadicción y lucha contra el narcotráfico (SEDRONAR) según la Ley Nro. 26.045 regula cualquier tipo de operación con precursores químicos (sustancias químicas y productos controlados), los cuales deben contar con la previa inscripción ante el Registro Nacional de precursores químicos (RENPRE). El acetato de etilo se considera dentro de la lista 1.

Encuentro 2

Los estudiantes de ingeniería elaboraron tres barnices previamente evaluados por el grupo coordinador teniendo en cuenta los aspectos observados en la Tabla 2. A continuación, se muestran imágenes del trabajo realizado en el laboratorio (Figura 3).

FIGURA 3. a) barniz seleccionado, b) madera barnizada, c) estudiantes trabajando en la evaluación del barniz y d) pared exterior barnizada.



En la Tabla 4 se observan las características que presentaron cada uno de los barnices elaborados.

| Características | | | | |
|-------------------------------|-----------------------|-----------|-----------------------------------|-----------|
| | | Barniz 1 | Barniz 2 | Barniz 3 |
| Composición | Poliestireno (g) | 10 | 10 | 12,5 |
| | Acetato de etilo (mL) | 50 | 55 | 50 |
| | Disolvente 1 (ml) | - | 5 | 7 |
| | Disolvente 2 (ml) | - | - | 13 |
| Disolución | | Homogénea | Homogénea | Homogénea |
| Brillo | | Mate | Semi mate | Brilloso |
| Impermeabilidad | | Sí | Sí | Sí |
| Tiempo de secado (min) | | 1-2 | 1-5 (depende de la superficie) | 2 |

TABLA 4. Características de los barnices elaborados.

| Fluidez | | Mayor fluidez que barnices comerciales | Menor fluidez que barnices comerciales | Igual fluidez que barnices comerciales |
|---------------------|--|--|--|--|
| Absorción | | Buena | Buena | Excelente |
| Opacidad | | Aspecto transparente | Aspecto translúcido | Aspecto opaco |
| Precio/litro (\$/L) | | 540 | 735 | 580 |

La elaboración de mezcla de disolventes en diferentes proporciones fue la mejor opción para optimizar las propiedades del barniz. La solubilidad fue buena en las tres mezclas que se prepararon.

Una vez obtenido el barniz, se aplicó sobre superficies de madera o de cemento para observar su aspecto obteniendo tres tipos diferentes, mate, semimate y brillante.

Luego se verificó la impermeabilidad de las superficies barnizadas. Esto se determinó evaluando el ángulo de contacto, que se define como el ángulo entre la tangente a la interfaz líquido-vapor y la superficie sólida. Por convención, el ángulo de contacto se mide desde el lado líquido (AJab y AL-Mamori, 2021).

Se obtuvo un ángulo de contacto de $60,21 \pm 2,827^\circ$ para el barniz seleccionado (barniz 3), resultando en barnices de mojabilidad intermedia. (Figura 4).

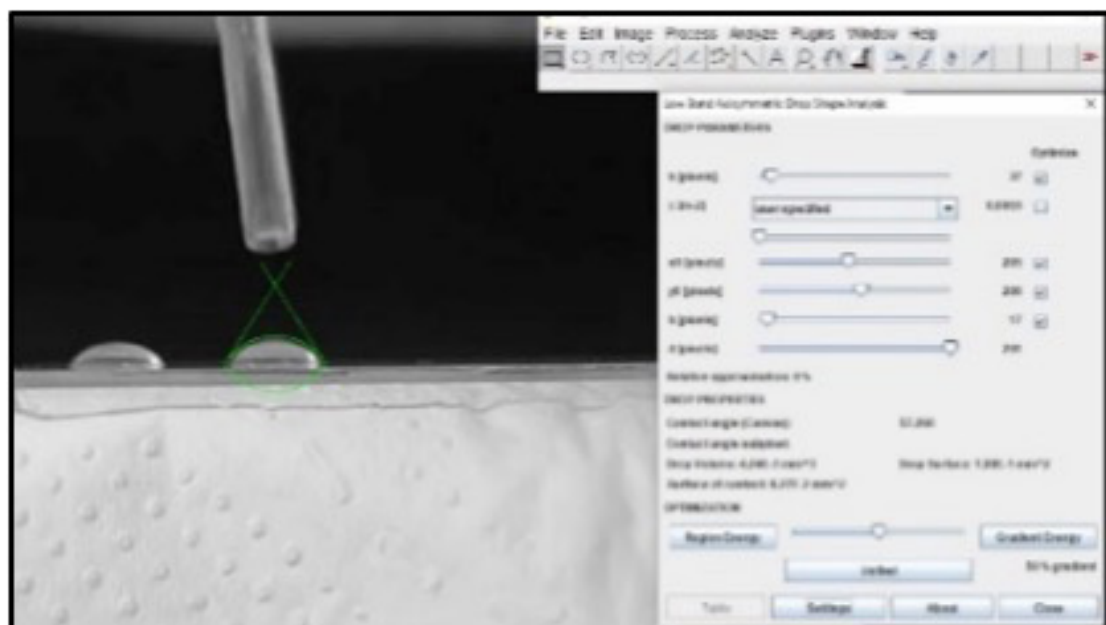


FIGURA 4. Análisis del ángulo de contacto (Image J).

Los tiempos de secado para algunos barnices comerciales se encuentran entre 20-30 minutos (celulósicos) y 6-8 horas (sintéticos) (Vargas *et. al.*, 2019). Como se puede observar en la Tabla 3 el barniz basado en poliestireno expandido tiene un secado muy rápido comparado con los comerciales que dependiendo su origen pueden variar de entre 0,5 y 4 h. Por otra parte, se comparó la fluidez con barnices comerciales obteniendo resultados similares para el barniz 3. También, se evaluó el cubrimiento y la penetración del barniz en paredes con y sin pintura y en maderas de diferentes texturas, apreciando una adecuada absorción y buen cubrimiento. Además, se observó que luego de 1 día, 7 días y 30 días el aspecto de

la superficie barnizada no se vio modificada en exteriores por las condiciones climáticas (Figura 3 d). Respecto a la opacidad los barnices elaborados presentaron distintos tipos de aspectos y en cuanto al costo por litro resultó ser similar para los tres.

Finalmente, se observó la morfología de las superficies barnizadas mediante SEM. Se pueden apreciar partículas de poliestireno de tamaños entre 20 μm y 50 μm (Figura 5).

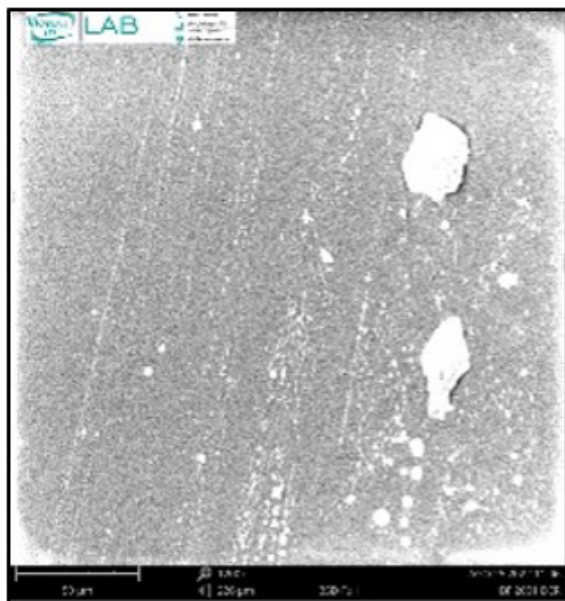


FIGURA 5. Microscopía electrónica de barrido SEM obtenidas de las superficies barnizadas. Escala: 50 μm . Aumento 1200x.

Además, se puede observar en la Figura 6 b) que el barniz ofrece una capa protectora frente al ataque de sustancias corrosivas ya que se puede apreciar que luego de 24 horas el ácido clorhídrico y el hidróxido de amonio marcaron el barniz. Sin embargo, al lijar en la zona se advirtió que la madera no fue afectada. Por otra parte, el hidróxido de sodio y el ácido fosfórico no afectaron ni a la madera ni al barniz.

Encuentro 3

Una vez finalizadas las actividades, se evaluaron los resultados obtenidos. Los estudiantes conjuntamente con el equipo coordinador concluyeron que el barniz 3 es la mejor opción desde el punto de vista de su performance, su costo y su impacto medioambiental.

Encuentro 4

Finalmente, se presentan los resultados de las encuestas. La Figura 7. a) muestra que más del 80% de los estudiantes

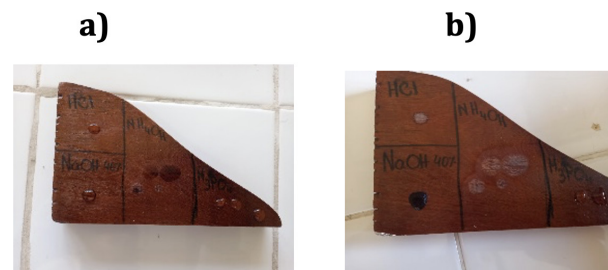


FIGURA 6. Aplicaciones de sustancias corrosivas a maderas barnizadas: **a)** 1 hora después de la aplicación; **b)** 24 horas después de la aplicación.

encuestados no tenían conocimientos previos sobre el tema. Por otro lado, el 83,3% de los estudiantes mostraron interés por el barniz elaborado y el conocimiento adquirido tal como se puede observar en la Figura 7.b).

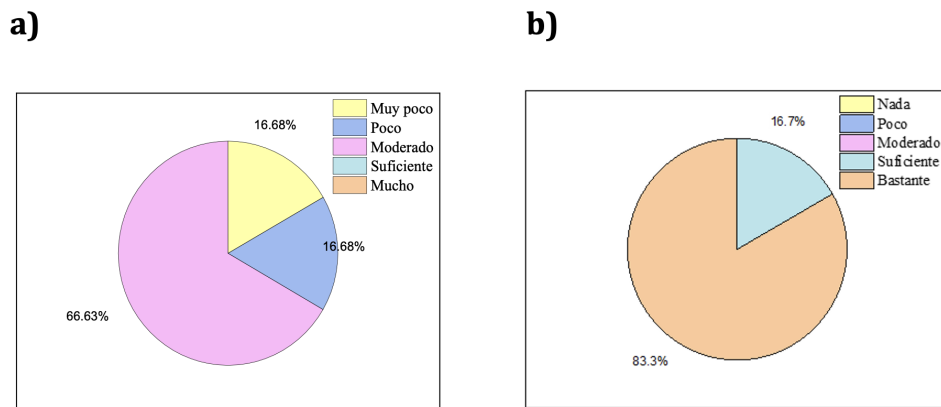


FIGURA 7. a) Encuesta a los/las estudiantes “¿Tenías conocimientos previos sobre los materiales de trabajo (composición, elementos del laboratorio, reacción)?”, **b)** Encuesta a los/las estudiantes “¿Fue una experiencia interesante y rica en conocimientos?”

Los estudiantes dejaron distintos comentarios sobre los encuentros y cómo fue su proceso de enseñanza-aprendizaje (Figura 8).

FIGURA 8. Comentarios de los estudiantes en relación a la actividad.

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.

Actividades a futuro

Se propone la elaboración de barnices basados en poliestireno expandido con la utilización de solventes más amigables con el medio ambiente, también denominados solventes verdes.

Conclusiones

La utilización del poliestireno expandido recuperado para la creación de barnices demostró muy buenos resultados. Las propiedades de estos barnices fueron similares a los comerciales y se convierten en una solución viable ante la preocupación social por el cuidado del medio ambiente.

Por otro lado, las actividades resultaron interesantes tanto para docentes como estudiantes. 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 su relevancia. Teniendo en consideración el tiempo acotado en que se llevaron a cabo estas actividades, sus excelentes resultados nos alentaron a continuar fomentando la reutilización de los materiales, así como también la sensibilización por el cuidado de nuestro ambiente. Se prevé llevar adelante una capacitación sobre la producción de estos barnices en sectores sociales en situación de vulnerabilidad de la región, convirtiendo esta idea en una posibilidad de emprendimiento, contribuyendo así a mejorar las condiciones socioeconómicas de este sector de la sociedad, y también promover y concientizar sobre el cuidado del medio ambiente.

Agradecimientos

Se agradece a la UTN Facultad Regional San Francisco por el financiamiento del proyecto (PID MSPPASF0008467).

Bibliografía

- Ajab, J., & AL-Mamori, M. H. (2021). Easy and Simple Method to Measure Contact Angle of Polymer/Solution, *Journal of Current Engineering and Technology*, 3(1), 1-4.
- Arthuz-López, L., & Pérez-Mora, W. (2019). Alternativas de bajo impacto ambiental para el reciclaje del poliestireno expandido a nivel mundial. *Informador técnico*, 83(2), 209-219.

- Benessere, V., Cucciolito, M. E., De Santis, A., Di Serio, M., Esposito, R., Melchiorre, M., & Ruffo, F. (2019). A sustainable process to produce 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 Polystyrene Wastes. *Journal of Casting & Materials Engineering*, 5(2).
- Degnan, T., & Shinde, S. L. (2019). Waste-plastic processing provides global challenges and opportunities. *MRS Bulletin*, 44(6), 436-437.
- Hanh, N. T. K. (2018). Applying Some Modern Methods and Techniques in Teaching Chemistry to Develop Students' Competence in Vietnam. *World J. Chem. Educ*, 6, 184-189.
- Meira, G., & Gugliotta, L. (2022). *Polímeros: introducción a su caracterización ya la ingeniería de polimerización*. Universidad Nacional del Litoral.
- Muneer, A. S., Al-Dalali, S., & Al Eryani, H. (2018). Microscopic characterizations of green chilli powder. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 7(8), 2488-2497.
- 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).
- Sánchez, H. A. C., Pérez, A. L. M., & Santana, N. T. (2018). Aprendizaje de la química: Aplicación de casos de la ciencia en la educación superior. *Atenas*, 4(44), 109-126.
- Zorrilla, E., Quiroga, D., Morales, L., Mazzitelli, C., & Maturano, C. (2020). Reflexión sobre el trabajo experimental planteado como investigación con docentes de Ciencias Naturales. *Ciencia, docencia y tecnología*, (60), 263-285.