

## **POLIESTIRENO, INNOVACIONES EMERGENTES Y DAÑOS A LA SALUD: DOS CARAS DE LA MISMA MONEDA**

**José L. Segovia Ruiz, Rosa I. Narro Céspedes\*, Felipe Avalos, Aidé Sáenz-Galindo**

Universidad Autónoma de Coahuila. Facultad de Ciencias Químicas. Boulevard Venustiano Carranza 25000. Colonia República Saltillo, Coahuila. Correo electrónico: rinarro@uadec.edu.mx

***Recibido: Noviembre de 2018 Aceptado: Diciembre de 2018***

### **RESUMEN**

Actualmente, los polímeros han revolucionado al mundo invadiendo los mercados, esto debido a su gran versatilidad en infinidad de aplicaciones en distintos campos de la ciencia como: agricultura, medicina, automotriz, construcción, alimenticia, etc. Uno de estos polímeros es el poliestireno (PS). Este material por sus excelentes propiedades y bajo costo lo convierten en un sustituto ideal para diversos equipos, productos y prácticamente lo hacen ser atractivo para cualquier empleo que se le dé. Sin embargo, en un sinnúmero de veces no se le dispone adecuadamente y se le ha dado un mal uso a este polímero, ocasionando que ocupe los primeros lugares por contaminación de mares, océanos y además mostrando daños a la salud por su ingesta accidental, causando enfermedades tan graves como el cáncer.

**Palabras claves:** *Polímero, poliestireno, contaminación, plástico y daños.*

### **ABSTRACT**

Nowadays, the world has been revolutionized by polymers, their presence has increased rapidly in markets, the applications in different fields of science such as: agriculture, medicine, automotive, construction, alimentary, etc. We are talking of polystyrene (PS). This polymer has great properties and its low price became it in a magnificent substitute for a lot of products and equipment, basically its versatility still improving human activities. However, in countless times there has been a bad one has been used, they have had to occupy the first places for the amount of seas, the oceans and there have also been health damages by their accidental part, causing such serious diseases like cancer.

**Key words:** *Polymer, polystyrene, pollution, plastic and damage.*

### **INTRODUCCIÓN**

Actualmente, la alta producción y por ende el uso del que presenta el poliestireno, ha sacudido impactado a la sociedad gracias a su versatilidad en productos tales como: refrigeradores, aires acondicionados, licuadoras, etc. Su estructura amorfa, su alta rigidez, su peso ligero, además de ser 100% reciclable y principalmente su bajo costo, son características que adornan enaltecen a este polímero, mostrándolo idóneo para múltiples aplicaciones [1]. Todas esas características propiedades lo hacen versátil y generador de grandes ventas, por lo cual es utilizado por infinidad de industrias para manufacturar sus productos. Esto ha provocado que al día de hoy, este material se haya vuelto indispensable en una diversidad de actividades cotidianas.

Sin embargo, todos estos atributos se han visto opacados debido a que a pesar de ser un polímero que se puede reciclar, el mercado del reciclado de este material es prácticamente nulo en la actualidad, por lo que tiende al desecho inmediato y es por esto que se ha destacado por ocupar el cuarto lugar en generación de residuos peligrosos. Razón por la cual este material ha sido vetado de diversas ciudades de *Estados Unidos de América*, algunas de ellas son: *Seattle, San Francisco, Washington DC*, y de varios países de la comunidad europea. Además, la FDA lo ha catalogado

como material que genera efectos adversos a la salud e incluso le atribuye ser causante de mutaciones en el ADN [2].

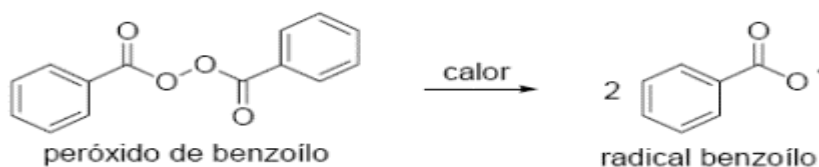
Es por esto que este artículo está dedicado para que las personas no solamente tengan conocimiento de las ventajas y aplicaciones del poliestireno, sino también puedan conocer las desventajas e implicaciones que puede traer a la salud y utilizar esta información para poder salvaguardar su integridad física y la de sus seres queridos.

### ANTECEDENTES

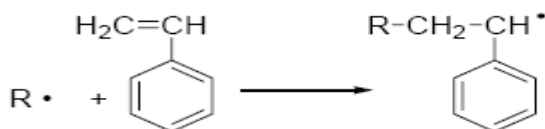
El poliestireno fue sintetizado en *Alemania* en 1930 y a partir de su comercialización en 1970 por tan solo 0,15 USD/lb, un costo muy bajo, se propago su venta cruzando continentes y se vendió como pan caliente alrededor del mundo. Por su versatilidad rápidamente sus aplicaciones se extendieron a diferentes campos de la ciencia como: Construcción, recubrimientos, médica, alimenticia, eléctrica, por mencionar algunos.

Entre las propiedades más importantes de este termoplástico y por lo cual se extendió su venta rápidamente, se encuentran su transparencia ya que deja pasar la luz casi en su totalidad, además que permite que se le añada color sin alterar su estructura y también la facilidad y sencillez con que se puede producir [3]. En la Figura 1 se esquematiza la forma en que se puede producir el poliestireno.

Etapa 1. Ruptura homolítica del peróxido



Etapa 2. Formación del radical sobre la cadena de estireno



Etapa 3. Formación del polímero por unión de moléculas de estireno

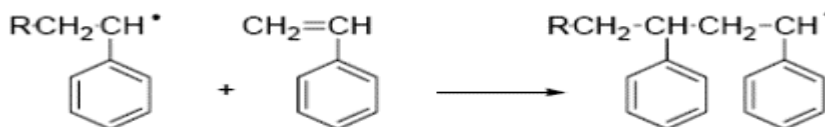


Figura 1. Etapas para la obtención del poliestireno

En cuestión de las propiedades mecánicas y térmicas se consideran buenas, aunque es ligeramente frágil y se reblandece a menos de 100°C, lo que significa que es un material que se puede ablandar con temperaturas no tan elevadas, brindando la oportunidad de dar forma a otros productos.

### INNOVACIONES EMERGENTES EN DIVERSAS ÁREAS

**Nanotecnología.** El poliestireno ha tenido impacto en investigaciones de nanotecnología por medio de la preparación de nanocompuestos de poliestireno con nanopartículas luminiscentes de CeF<sub>3</sub>. Este estudio realizado por Kong et. al. [4] encontraron que los nano compuestos de PS/CeF<sub>3</sub> (40% en peso) presentan propiedades de luminiscencia cuando son excitados por rayos X de hasta 16 veces más debido a la transferencia de energía de excitación de las nanopartículas CeF<sub>3</sub> a la matriz de poliestireno.

**Ambiental.** Peng et. al. [5] experimentaron la capacidad de absorción de iones de metales pesados del colágeno, comparando partículas de poliestireno sulfonado, carbón activado, arcilla y zeolitas. Donde los tres últimos mostraron capacidades limitadas, caso contrario las partículas de poliestireno sulfonado mostraron un desarrollo sobresaliente al extraer metales pesados de Tilapia<sup>1</sup> a escala de pescado, soluciones derivadas de proteínas de colágeno.

**Construcción.** Una de las áreas de la ciencia donde este polímero ha impactado más es en el área de la construcción, ingenieros y arquitectos lo están utilizando para obtener un sinnúmero de aplicaciones, debido a que disminuye los costos en la construcción y aligera las losas de los techos. Sin embargo, con respecto a la disminución de costos, si se incluyera el reciclaje del mismo generaría un mayor ahorro, ya que de otra manera, debido a la alta contaminación que produce el mal uso del poliestireno en las obras de construcción, este material está siendo un problema ambiental grave. Ya se cuenta con un posible sustituto que es un biomaterial llamado micelio formado por un conjunto de hifas<sup>2</sup> empaquetadas de hongo que previamente han sido cultivadas dentro de un molde que contiene residuos agrícolas. Este molde puede tener forma de ladrillo o la forma que requiera el cliente. Este material es completamente ecológico y biodegradable, sin embargo aún es poco conocido. En Estados Unidos ya existe una empresa llamada Ecovative Design que lo vende comercialmente [6].

Por otra parte, Amares et al. [7], experimentaron con diversos materiales entre ellos el

---

<sup>1</sup> **Tilapia** es el nombre genérico con el que se denomina a un grupo de peces de origen [africano](#), que consta de varias especies, algunas con interés económico, pertenecientes al [género Oreochromis](#).

<sup>2</sup> Las **hifas** son una red de filamentos cilíndricos que conforman la estructura del cuerpo de los hongos multicelulares. Están constituidos por una fila de células alargadas y tubulares, envueltas por una pared celular compuesta de quitina. El conjunto de estas **hifas** se denomina micelios.

poliestireno, considerados como desechos en las construcciones. Ellos buscaban obtener un compuesto de concreto con poliestireno para absorber ruido, ya que el poliestireno es utilizado como barrera acústica, que al mezclarse se muestra como sustituyente al concreto.

**Recubrimientos.** En el área de la metalurgia se encontró que el poliestireno expandido reciclado usando limoneno como disolvente, reducen la corrosión de los metales favoreciendo el uso de este recubrimiento en los metales, aunque no elimine por completo el deterioro, los resultados obtenidos por *Contreras et. al.* [8] mostraron una gran ventaja en la aplicación de este revestimiento.

**Agricultura y alimentación.** El poliestireno también ha incursionado en el área de la agricultura. En este caso para la construcción de sensores de humedad hechos de poliestireno, aunque también estos sensores están siendo utilizados en otros campos como el de manufactura y ciencias ambientales. Las características de estos sensores han tenido que ser perfeccionadas como los son el amplio rango del sensor, el ser suficientemente sensibles, el rápido tiempo de respuesta y el bajo costo de producción. Estas características han sido posibles gracias a que el poliestireno se ha modificado con materiales conductores [9].

Por otro lado en el área alimentaria se produce una gran cantidad de material de poliestireno para el empaque de los alimentos de todo tipo, así como en la producción de vasos y platos de desecho, lo que lo ha convertido en una gran fuente de contaminación.

### **Medicina**

El poliestireno también en esta área tiene importantes aplicaciones por ejemplo *Date et. al.* [10] encontraron que la enfermedad intestinal inflamatoria (EII), es un trastorno gastrointestinal inflamatorio crónico que afecta a más de un millón de personas en los *Estados Unidos de América*. Buscando cura a este padecimiento, se experimentó con ratones suministrando partículas de poliestireno recubierto con el moco-inerte, mostrando una mejor distribución y penetración hacia los tejidos dañados disminuyendo la inflamación de los mismos.

Por su parte, *Alves et. al.* [11], encontraron que las microfibras del poliestireno son biomateriales citocompatibles que simulan las trabéculas óseas alogénicas que es un hueso esponjoso y permitir el crecimiento y desarrollo de células tipo osteoblastos, lo cual provee una superficie que permite la proliferación, propagación y la infiltración de células, por lo que ofrece una superficie para tratar malformaciones en los huesos, cuyas aplicaciones favorecen a las personas de tercera edad, que presentan fracturas y no sea posible que sus huesos puedan volver a unirse.

*Grafmueller et. al.* [12], analizaron si las nanopartículas de poliestireno realmente pueden

atravesar la barrera placentaria. Ellos utilizaron el modelo de perfusión placentaria humana ex vivo para examinar la transferencia bidireccional de partículas de poliestireno simple o modificado con carboxilatos en un intervalo de tamaño entre 50 y 300 nm. Obtuvieron que el transporte de partículas de poliestireno en la dirección fetal a la materna fue significativamente mayor que en la dirección materna a la fetal. Por lo que concluyeron que estas partículas tienen buena capacidad para cruzar la barrera placentaria y la dirección de la perfusión. Todas las partículas de poliestireno se acumulan en el sincitiotrofoblasto<sup>3</sup> (capa más externa trofoblasto embrionario) del tejido placentario, siendo este la clave para regular el transporte de nanopartículas a través de la placenta humana.

### **EFFECTOS ADVERSOS DEL POLIESTIRENO**

La contaminación plástica es un problema mundial, resaltado por el hecho de que los materiales plásticos se degradan en partículas de tamaño nanométrico (< 100 nm), y se vuelven más biodisponibles, así como una fuente de entrada de otros contaminantes en los organismos.

Con respecto a esto, *Brandts et. al.* [13] estudiaron los efectos de los nanoplásticos de poliestireno en los mejillones durante 96 horas a concentraciones de 0,05 a 50 miligramos. El resultado mostró alteraciones significativas en el ADN por lo que el consumidor de estos moluscos puede ser susceptible a enfermedades gastrointestinales.

La fotodegradación de películas de poliestireno que poseen retardantes de llama indicó que estos pueden ser una fuente de contaminantes potencialmente peligrosos cuando se presentan a la luz solar como lo son el deca-bromo-difenil-éter, tetra-bromo-bisphenol A, tetra-bromo-bisphenol A bis. [14].

*Xuemei et. al.* [15] encontraron los efectos tóxicos en la bacteria *Marina Halomonas*, mostraron que tanto los nanoplásticos como los microplásticos en altas concentraciones 80 mg/L, influyeron en la abstención del crecimiento, la composición química y las eficiencias de conversión de amoníaco.

También se ha empleado *Caenorhabditis elegans* (gusano diminuto del suelo) con mutación *acs-22* para examinar el efecto in vivo del déficit funcional en la barrera intestinal sobre la

---

<sup>3</sup> El sincitiotrofoblasto es uno de los tejidos orgánicos que forman la placenta, el órgano que permite los intercambios vitales entre el cuerpo de la madre y el del bebé durante la gestación. El sincitiotrofoblasto empieza a formarse el séptimo día después de la fecundación del óvulo: es una de las primeras etapas de la nidificación, cuando el huevo se implanta en el endometrio (membrana que recubre el interior del útero). El sincitiotrofoblasto se forma a partir del huevo y no del tejido maternal: permite al embrión implantarse firmemente y participa en los intercambios sanguíneos madre/embrión. El sincitiotrofoblasto también sintetiza la hormona gonadotropa (HCG): esta hormona interrumpe la llegada de la menstruación. Esta es la hormona que se busca en los test de embarazo.

toxicidad y la translocación de partículas de nano poliestireno. Como resultado se obtuvo la confirmación de la presencia de las nanopartículas del polímero en las paredes de los intestinos presentando niveles tóxicos a nivel potencial en una exposición prolongada [16].

Por otro lado los microplásticos con un diámetro de  $< 5 \mu\text{m}$  han sido catalogados como nuevos contaminantes ambientales, es por ello que han recibido una amplia atención en los últimos años. Sin embargo, todavía existe información escasa con respecto a los riesgos de estos microplásticos para los animales, especialmente los mamíferos más altos. En una investigación realizada por *Horton et. al.* [17], expusieron ratones machos a  $5 \mu\text{m}$  de poliestireno pristino y microplástico fluorescente durante seis semanas. Los resultados obtenidos mostraron que los microplásticos de poliestireno en los intestinos de los ratones y podría reducir la secreción de moco intestinal y dañar la función de la barrera intestinal. Respecto a este experimento, se ellos concluyen que debido a los microplásticos que fueron suministrados a los ratones, ellos mostraron daño en las paredes intestinales.

Mientras que *Amares et. al.* [18] en sus investigaciones, encontraron el impacto que tiene el poliestireno fluorescente de tamaño nanométrico (nano plásticos) en un ecosistema de agua dulce. Ellos experimentaron con una cadena alimenticia donde las especies que se analizaron fueron: el alga *Chlamydomonas reinhardtii*, la pulga de agua *Daphnia magna*, peces de consumo primario *Oryzias sinensis*, peces de consumo secundario *Oryzias sinensis* y los peces de consumo final *Zacco temminckii*. Cada una de estas especies fue expuesta a ciertas concentraciones de nano plásticos, las algas se expusieron directamente a  $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , con un diámetro  $< 100 \text{ nm}$  de partículas de plástico y posteriormente en la dieta a los mayores. El análisis mostró que las partículas se adhieren superficialmente a las algas continuando con las demás especies que mostraron cambios histopatológicos en los hígados de los peces que estuvieron más expuestos y para aquellas hembras con huevecillos, se encontraron nano plásticos en el saco del embrión.

En otros estudios también se encontró que al suministrar nano partículas de poliestireno en ratones, induce aglutinación de glóbulos rojos y sensibiliza a los mismos a daños por estrés osmótico, mecánico y oxidativo. Además, aumentan la rigidez de los glóbulos rojos y la exposición a la superficie de la fosfatidilserina, también se sabe que aceleran el aclaramiento de los glóbulos rojos en vivo. Por lo tanto, ellos concluyeron que las propiedades de las nanopartículas y las cantidades de carga tienen un profundo impacto en los glóbulos rojos [19].

*González-Fernández et. al.* [20] investigaron la toxicidad de las nanopartículas de poliestireno en gametos de ostras. Para realizar esto los espermatozoides y los ovocitos se

expusieron a diversas concentraciones 0,1 a 100 mg·L<sup>-1</sup> de partículas de poliestireno durante 1, 3, y 5 horas, confirmando alteraciones en el funcionamiento de los mismos.

Por otra parte desde la etapa de crecimiento, se estuvo monitorizando a *Chlorella pyrenoidosa* (género de algas verdes unicelulares) que estuvo expuesta a microplásticos de poliestireno a diferentes concentraciones entre 10 y 50 mg·L<sup>-1</sup>. Observaron resultados adversos en las algas, ya que estas mostraron retraso en el crecimiento, daños físicos y estrés oxidativo. Ellos confirman que, a pesar del deterioro, se incrementa el crecimiento de las algas con ciertas modificaciones riesgosas para el ecosistema [21].

## CONCLUSIONES

En conclusión, el poliestireno es un plástico que desde su creación, no ha dejado de producirse, debido a las características tan versátiles que posee y su bajo costo, que lo hace ser atractivo para muy diversos tipos de industrias. En este estudio se encontró que el poliestireno tiene numerosas y muy novedosas aplicaciones e innovaciones, en diversas áreas de la ciencia, que ayudan al ser humano pero que también lo pueden dañar si no tiene cuidado en su uso y disposición final. Entre las áreas que este polímero está incidiendo más se encuentran: medicina, construcción, agricultura y alimentación, mientras que en las áreas de recubrimientos, nanotecnología y ambiental son áreas en crecimiento, de gran oportunidad

Por otra parte se encontró que el poliestireno a pesar de tener muchas aplicaciones y ventajas en su utilización, también presenta grandes desventajas ya que su descomposición es peligrosa para la salud humana y del feto así como la salud animal. Al descomponerse este polímero, los microplásticos resultantes quedan esparcidos por doquier, pudiendo ser ingeridos por animales o humanos, o peor aún pasados de la madre al feto, produciendo diversas complicaciones en el funcionamiento de los órganos. Por lo que es de suma importancia que la población tome conciencia del cuidado que se debe tener con este material al realizar su disposición final

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Bilo F, Pandini S, Sartore L, Depero LE, Gargiulo G, Bonassi A, Bontempi E, *J. Clean Prod.*, 200, 357 (2018)
- [2] Gaspar TR, Chi RJ, Parrow MW, Ringwood AH, *Front Mar Sci*, 5 (2018)
- [3] Gao C, Qi B, Sun Z, Li C, Zhao L, Sun X, *CEIDP*, 852. December (2015). Figura 1 German Fernández, (30/05/2012), Preparación del Poliestireno, Química Orgánica, <http://www.quimicaorganica.net/preparacion-poliestireno.html>
- [4] Kong F, Chang C, Ma Y, Zhang C, Ren C, Shao T, *Appl Surf Sci*, 459, 300 (2018)
- [5] Peng Y, Shen Y, Ge M, Pan Z, Chen W, Gong B, *Food Chem* (2018)
- [6] Román-Ramos JD, Luna-Molina FJ, Bailón-Pérez LJ, *INF CONSTR*, 66(Extra-1), m006. (2014)
- [7] Amares S, Sujatmika E, Hong TW, Durairaj R, Hamid HS HB, *JPCS*, 908(1), (2017)
- [8] Contreras IB, Díaz JV, Ortiz AV “Uso de poliestireno expandido reciclado para la obtención de un recubrimiento anticorrosivo”, *II(1)*, 13 (2016)
- [9] Park JK, Kang TG, Kim BH, Lee HJ, Choi HH, Yook JG, *Sci Rep*, 8(1), 1 (2018)

- [10] Date AA, Halpert G, Babu T, Ortiz J, Kanvinde P, Dimitrion P, Ensign LM, *Biomaterials*, **185**, 97 (2018)
- [11] Alves AMM, de Miranda Fortaleza LM, Filho ALMM, Ferreira DCL, da Costa CLS, Viana VGF, Soares LES, *Laser Med Sci*, **33(7)**, 1493 (2018)
- [12] Grafmueller S, Manser P, Diener L, Diener PA, Maeder-Althaus X, Maurizi L, Wick P, *Environ. Health Perspect.*, **123(12)**, 1280 (2015)
- [13] Brandts I, Teles M, Gonçalves AP, Barreto A, Franco-Martinez L, Tvarijonavičiute A, Oliveira M, *Sci. Total Environ.*, **643**, 775 (2018)
- [14] Khaled A, Rivaton A, Richard C, Jaber F, Sleiman M, *Environ. Sci. Technol.*, (2018)
- [15] Sun X, Chen B, Li Q, Liu N, Xia B, Zhu L, Qu K, *Sci. Total Environ.*, **642**, 1378 (2018)
- [16] Qu M, Xu K, Li Y, Wong G, Wang D, *Sci. Total Environ.*, **643**, 119 (2018)
- [17] Horton AA, Vijver MG, Lahive E, Spurgeon DJ, Svendsen C, Heutink R, Baas J, *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, (June) **166**, 26 (2018)
- [18] Chae Y, Kim D, Kim SW, An YJ, *Sci. Rep.*, **8(1)**, 1 (2018)
- [19] Pan DC, Myerson JW, Brenner JS, Patel PN, Anselmo AC, Mitragotri S, Muzykantov V, *Sci. Rep.*, **8(1)**, 1 (2018)
- [20] González-Fernández C, Tallec K, Le Goïc N, Lambert C, Soudant P, Huvet A, Paul-Pont I, *Chemosphere*, **208**, 764 (2018)
- [21] Mao Y, Ai H, Chen Y, Zhang Z, Zeng P, Kang L, Li H, *Chemosphere*, **208**, 59 (2018)