

Destino medioambiental de los repelentes de agua duraderos a base de silicona para aplicaciones textiles

Antecedentes de la aplicación

Las siliconas tienen múltiples aplicaciones en el procesamiento de textiles, que van desde la lubricación de la fibra hasta aplicaciones antiespumantes y de acabado. Las siliconas, tradicionalmente asociadas con el suavizado de tejidos, han ganado protagonismo recientemente entre los repelentes duraderos al agua (DWR), debido a la transición del mercado hacia formulaciones libres de perflorocarbonos (PFC). Dow ofrece múltiples generaciones de repelentes duraderos al agua (DWR) libres de PFC, aprovechando nuestra sólida experiencia en tecnología de siliconas y compuestos orgánicos. Más allá de su desempeño como DWR, las siliconas también son reconocidas como uno de los mejores materiales para aumentar la suavidad de los tejidos y mejorar su durabilidad. (CES, 2015, Dow, 2012, y Dow, 2020a). Mejoran la repelencia al agua en una variedad de telas sin comprometer la capacidad de transpiración. También pueden abordarse varias propiedades físicas, tales como la resistencia al desgarre, la abrasión y las arrugas, la recuperación al estiramiento y la reducción del encogimiento, lo que hace que las telas sean más cómodas y más atractivas al tacto, a la hora de comprarlas y llevarlas puestas.

Descripción de la composición química

Los repelentes duraderos al agua (DWR) de silicona están disponibles en una amplia gama de químicas para satisfacer diversas necesidades específicas de propiedades de las telas (Dow, 2012). Estas químicas pueden involucrar varias clases de siliconas, que incluyen tanto polímeros no reactivos como polímeros funcionales reactivos a las telas.

- Los polímeros con funcionalidad amino se encuentran entre los suavizantes textiles más populares. La funcionalidad amina se adhiere fácilmente a los textiles y permite una mayor deposición de silicona, lo que a su vez produce un acabado suave repelente al agua de larga duración.
- Las siliconas de alto peso molecular, así como los polímeros elastoméricos, también pueden aprovecharse para aportar repelencia al agua.
- Otras funcionalidades de silicona comúnmente utilizadas en las formulaciones para el acabado de telas incluyen hidroxilo, metil hidrógeno, epoxi-poliéter y tecnologías híbridas de silicona.



Modelo conceptual de los DWR en aplicaciones textiles

Para comprender el destino medioambiental de estos DWR de silicona, es importante desarrollar un modelo conceptual para su uso y eliminación a fin de identificar dónde ingresarán o se encontrarán estas sustancias en el medio ambiente.

Se espera que los repelentes de agua duraderos a base de silicona se procesen más probablemente en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Se cree que las emisiones provienen de tres fuentes principales:

- Fabricación (formulación del DWR),
- Tratamiento textil (aplicación de DWR a la tela) y
- Pérdidas de DWR de textiles de los consumidores durante el lavado.

En general, todos estos flujos de residuos ingresan a una instalación de tratamiento de aguas residuales. Independientemente de su funcionalidad, los DWR de silicona se basan en una estructura principal de silicona, el polidimetilsiloxano (PDMS), que influye en el destino medioambiental de estos polímeros.

Destino medioambiental

El destino del PDMS en diferentes compartimentos ha sido bien descrito (ECETOC, 2011). El PDMS tiene una solubilidad extremadamente baja en agua, baja volatilidad y una alta afinidad por la materia orgánica. Por lo tanto, se espera que el PDMS no se libere al aire ni se encuentre en el mismo. Durante el tratamiento de aguas residuales, el PDMS no afecta los procesos biológicos y se elimina de la fase acuosa (>97 %) mediante la adsorción al lodo de depuración. La fracción menor restante se dividirá en sólidos/sedimentos suspendidos en las aguas de efluente o receptoras donde se transferirán al sedimento.

Estas trazas de PDMS que se encuentran en los sedimentos se hidrolizan hasta convertirse en dimetilsilanodiol como lo hacen en el suelo. La tasa es más lenta, con una vida media inicial estimada de varios años; sin embargo, con la vida media más larga, es importante tener en cuenta que el enterramiento del sedimento también representará un proceso de pérdida del sedimento (Kim, et al., 2018). Una vez formado, el dimetilsilanodiol se libera al agua debido a su alta solubilidad en esta. También hay evidencia de posible degradación del dimetilsilanodiol en la fase acuosa por fotólisis indirecta (CES/SEHSC/SIAJ, 2012, Anderson, et al., 1987, y Buch, et al., 1984).

Por lo tanto, la degradación (o el destino final) del PDMS está vinculada en gran medida al destino del lodo (CES/SEHSC/SIAJ, 2012). El destino posterior del PDMS unido al lodo de depuración depende de la práctica y las regulaciones locales. Gran parte del lodo ahora se destina al vertedero, la incineración y la modificación del suelo. Los estudios de laboratorio y de campo han demostrado el potencial del PDMS de degradarse mediante hidrólisis catalizada por minerales en los suelos y sedimentos, y en última instancia de formar dióxido de silicio (SiO_2), dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O). Los mismos productos de degradación también se forman por incineración. El dióxido de silicio de la ceniza resultante se deposita en vertederos.

La degradación del PDMS en el suelo ha sido bien caracterizada (ECETOC, 2011 y Lehmann et al., 1998). El paso inicial de la degradación del PDMS en el suelo es la hidrólisis por catálisis con

arcilla, que implica una combinación de escisión aleatoria para acortar la cadena polimérica a silanoles de bajo peso molecular solubles en agua, en particular, dimetilsilanodiol (DMSD). En condiciones de laboratorio, el PDMS en contacto con el suelo se sufre una degradación abiótica en 1 a 4 semanas, según el tipo de suelo. En condiciones de campo en las que la humedad del suelo se mantuvo en >10 % durante todo el período del estudio, el PDMS tuvo una vida media de 2 a 4 años. Cuando se llevaron muestras del suelo al laboratorio para simular condiciones áridas >80 %, el PDMS se degradó en un plazo de 20 días. Otros trabajos demostraron el potencial del DMSD de sufrir una biodegradación posterior, en suelos húmedos y una pérdida al aire en suelos secos (Xu, 2016 y 2017), donde se prevé que reaccione con radicales OH que se generan en presencia de la luz solar, formando finalmente ácido silílico o sílice.

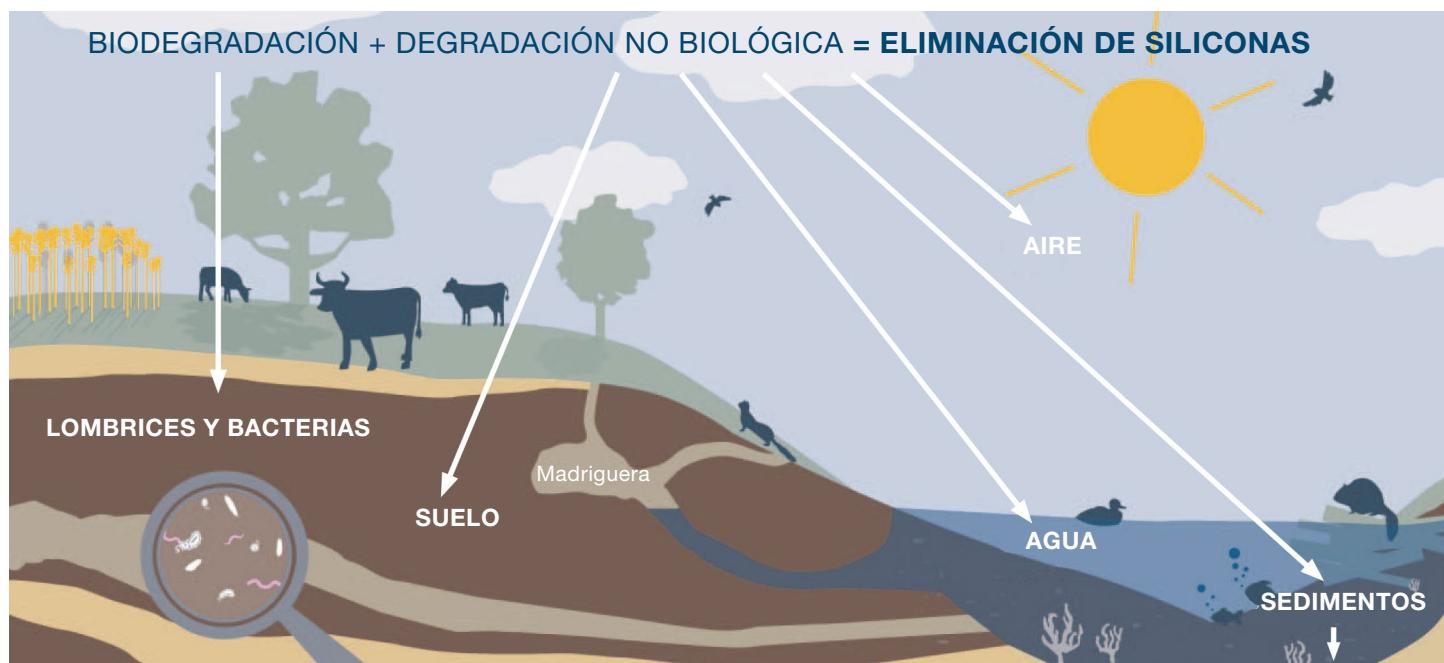
En un estudio realizado por Singh et al., 2000, la degradación del PDMS se modeló en una diversidad de tipos de suelo y regiones climáticas (p. ej., Los Ángeles, San Juan, Atenas, Columbus y St. Paul). Las vidas medias de degradación ambiental más relevantes del PDMS, en el contenido de agua del suelo inferior al 5 % para estas regiones, fueron inferiores a 1 año.

Por lo tanto, la persistencia general de cualquier PDMS residual en el medio ambiente depende predominantemente del tipo de suelo y las condiciones climáticas, las condiciones más secas tienen vidas medias de degradación mayores que las condiciones más húmedas.

Independientemente de la funcionalidad, los DWR de silicona se basan mayormente en una estructura principal de silicona, el polidimetilsiloxano (PDMS), y por lo tanto, se degradarán en el medio ambiente, lo que dará como resultado la formación de compuestos como el dióxido de silicio, el dióxido de carbono y el agua (ECETOC, 2011). La combinación de estos procesos de degradación es fundamental para la eliminación de las siliconas y su conversión final en sustancias naturales.

Dow se compromete a continuar su investigación para comprender mejor estos mecanismos que logran la degradación final de las siliconas en el medio ambiente.

¿Cómo se degradan las siliconas en el medio ambiente?



Referencias

- Anderson, C., Hochgeschwender, K., Weidemann, H., Wilmes, R. 1987. Studies of the oxidative photoinduced degradation of silicones in the aquatic environment. *Chemosphere* 16, 2567-2577.
- Buch, R.R., Lane, T.H., Annelin, R.B., Frye, C.L. 1984. Photolytic oxidative demethylation of aqueous dimethylsiloxanols. *Environmental Toxicology and Chemistry* 3, 215-222.
- CES. 2015. The Socioeconomic Impact of the Silicones Industry in Europe.
- CES/SEHSC/SIAJ. 2012. Environmental Fate and Effects of: Polydimethylsiloxane.
- Dow. 2012. Dow Silicone Polymers for Fabric Finishing.
- Dow. 2020a. DOWSILTM IE-8749 Emulsion Technical Data Sheet.
- Dow. 2020b. How do silicones degrade in the environment?
- ECETOC. 2011. JACC 055 - Linear Polydimethylsiloxanes CAS No. 63148-62-9 (Second Edition) December 2011); <http://www.ecetoc.org/publication/jacc-report-55-linear-polydimethylsiloxanes-second-edition>.
- Kim, J., Mackay, D., Whelan, M.J. 2018. Predicted persistence and response times of linear and cyclic volatile methylsiloxanes in global and local environments. *Chemosphere* 195: 325-335.
- Lehmann, R.G., Miller, J.R., Xu, S., Singh, U.B., Reece, C.F. 1998. Degradation of Silicone Polymer at Different Soil Moistures. *Environmental Science & Technology* 32 (9), 1260-1264.
- Singh, U.B. et al. 2000. Modeling Polydimethylsiloxane Degradation Based on Soil Water Content. *Environmental Science & Technology* 34 (2), 266-273.
- Xu, S. 2016. Fate of Dimethylsilanediol (DMSD) in Soils. Part 2. Evaporation from Bare Surface Soils (Dow Corning Report Number 2016-10000-77564).
- Xu, S. 2017. Fate of Dimethylsilanediol (DMSD) in Soils. Part 3. Volatilization from Soil with Corn Plant Under Irrigation (Dow Corning HES Study No 12573-108).

Las preguntas de los clientes sobre productos específicos pueden enviarse a:

americas.prod.ehs@dow.com | europe.prod.ehs@dow.com | asia.prod.ehs@dow.com | japan.prod.ehs@dow.com

Este resumen se proporciona de buena fe en función de la información disponible en la fecha indicada, solo con fines informativos. No se garantiza la exactitud ni la integridad de la información presentada, y Dow no asume ninguna obligación ni responsabilidad por la información presentada. Este documento no constituye un asesoramiento legal. Los requisitos legales y reglamentarios se encuentran sujetos a modificaciones y pueden diferir de una jurisdicción a otra.

AVISO: No se debe incurrir libremente en ninguna infracción de las patentes que pertenecen a Dow o a otras empresas. Puesto que las condiciones de uso y leyes que aplican pueden diferir de un lugar a otro y pueden modificarse con el tiempo, el cliente se responsabiliza por determinar si los productos y la información que aparecen en este documento son apropiados para su uso; además, debe asegurarse de que el lugar de trabajo y las prácticas en el manejo de desechos cumplan con las leyes y otras disposiciones gubernamentales. El producto indicado en esta publicación podría no estar disponible para la venta o no estar disponible en todas las regiones geográficas donde haya representantes de Dow. Podrían no haberse aprobado todas las afirmaciones de uso en todos los países. Dow no asume obligaciones ni responsabilidades por las informaciones escritas en este documento. Los términos "Dow" o la "Compañía" hacen referencia a la entidad legal de Dow que vende los productos al cliente, a no ser que se indique lo contrario. NO SE OTORGA NINGÚN TIPO DE GARANTÍAS; SE EXCLUYEN, DE MANERA EXPRESA, TODAS LAS GARANTÍAS IMPLÍCITAS DE COMERCIALIZACIÓN O CONVENIENCIA PARA UN PROPÓSITO EN PARTICULAR.

®™ Marca de The Dow Chemical Company ("Dow") o de una compañía afiliada de Dow

© 2025 The Dow Chemical Company. Todos los derechos reservados.

2000024825-589100

Form No. 26-3013-05-1125 S2D