

Analicen cuidadosamente la información con base científica que se presenta a continuación:

Los **Nonilfenoles etoxilados (NPE)** son compuestos químicos que no se dan en la naturaleza, sino que resultan de la actividad humana, es decir, se crean en laboratorio a través de procesos químicos.

Las moléculas de los NPE están constituidas por su parte hidrofílica (afín al agua, pero no a aceites o lípidos) y su contraparte lipofílica (afín a los aceites o lípidos, pero no al agua) (Fig. 1). Esta estructura hace al compuesto soluble en agua, debido su parte hidrofílica; a su vez, el compuesto también ayuda a dispersar la mugre y la grasa de las superficies sucias en agua gracias a su parte lipofílica. Es por ello que el NPE permite que aceite y agua se mezclen para eliminar componentes grasos de manchas que se encuentran en diferentes superficies.

El mecanismo de acción es el siguiente. La parte lipofílica se engancha a la suciedad y a la superficie de un sustrato, ya sea textil, metal, vidrio, etc; reduciendo así la adhesión de suciedad al sustrato. La suciedad puede entonces ser desprendida de la superficie, por acción mecánica. Por otro lado, con ayuda del grupo hidrofílico se ejerce un efecto solubilizante en agua que tiende a disolver¹ al NPE (Centeno, 2014).

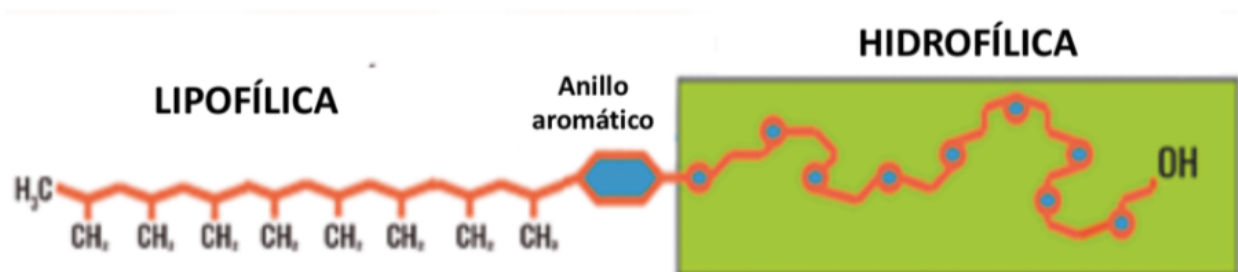


Figura. 1. Estructura química de los Nonilfenoles etoxilados (NPE). Adaptado de Moreno et al. 2021

El NPE se biodegrada una vez que ingresa al medio acuático, es decir, se descompone fácilmente de forma natural por acción de microorganismos una vez que ingresa, por ejemplo, a un lago. Uno de los productos de esta degradación es el **Nonilfenol (NP)** (Centeno, 2014) (Fig. 2).

¹ Separar las partículas o moléculas de un sólido, un líquido o un gas en un líquido de forma que queden incorporadas a él (RAE, 2022).

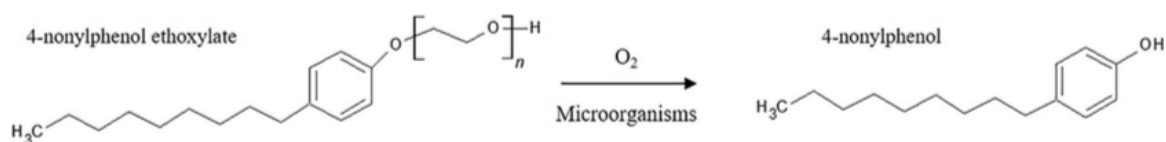


Figura 2. Degradación del Nonilfenol etoxilado (NPE) a Nonilfenol (NP), por medio de microorganismos. Recuperado de Vargas et al. 2020

El **Nonilfenol (NP)**, debido a sus propiedades fisicoquímicas entre las que incluye ser altamente lipofílico, tiende a adsorberse en sedimento². Sin embargo, se ha detectado su presencia en aguas superficiales y en columna de agua, posiblemente debido al aporte de las descargas de aguas residuales (Doria, et al. 2019) (Fig. 3; Tabla 1).

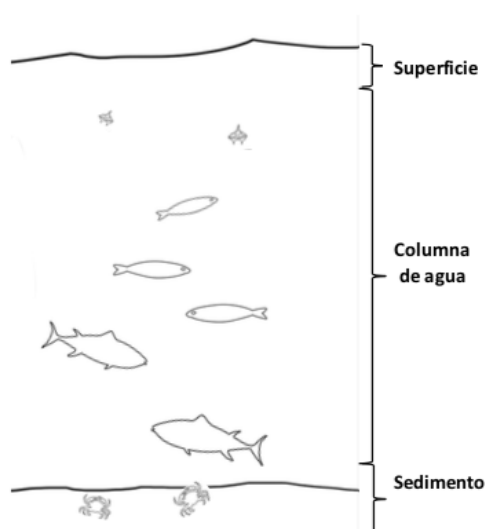


Figura 3. Representación de la profundidad en un ecosistema acuático. Elaboración propia.

	África		Asia			Europa		América
	Río Ogun	Río Ibeche	China	Corea	Japón	Italia	Reino Unido	EUA
Agua (µg/L)	0.0605	0.0616	4.459	2.448	1.08	0.106	0.0041	40
Sedimento (µg/Kg)	4.7	54.5	14420.7	2532.2	6515	119.5	72000	22.9

Tabla 1. Comparación de concentraciones promedio de nonilfenol (NP) en agua (aguas superficiales y columna de agua) y sedimento, detectadas en diferentes partes del mundo (Oketola & Fagbemingun, 2013).
µg: microgramo. 1 µg = 0.000000001 kg

² Materia que, habiendo estado suspendida en un líquido, se deposita en el fondo por su mayor peso (RAE, 2022).

Ahora bien, el tiempo que una sustancia química, como el NP, puede estar presente en el medio ambiente está determinado no sólo por sus propiedades fisicoquímicas, sino también por las condiciones existentes en el entorno. La biodegradación aeróbica (en presencia de oxígeno) realizada por bacterias puede destruir ciertas sustancias químicas rápidamente, mientras que la biodegradación anaeróbica (sin presencia de oxígeno) puede llevar generalmente más tiempo (Popek, 2018).

Por ello, en un ecosistema acuático generalmente existe poco oxígeno a mayores profundidades, donde se encuentra el sedimento. Por otro lado, en la superficie del agua se encuentra una mayor concentración de oxígeno debido a la fotosíntesis realizada por el fitoplancton (microalgas).

La longevidad de una sustancia química en el medio ambiente se estima por su tiempo de degradación de **vida media** (representado como DT_{50}), que se define como el *tiempo necesario para que la concentración original de una sustancia química en un medio ambiental específico se reduzca a la mitad* (Popek, 2018). El concepto de vida media se ilustra a continuación en la Fig. 4.

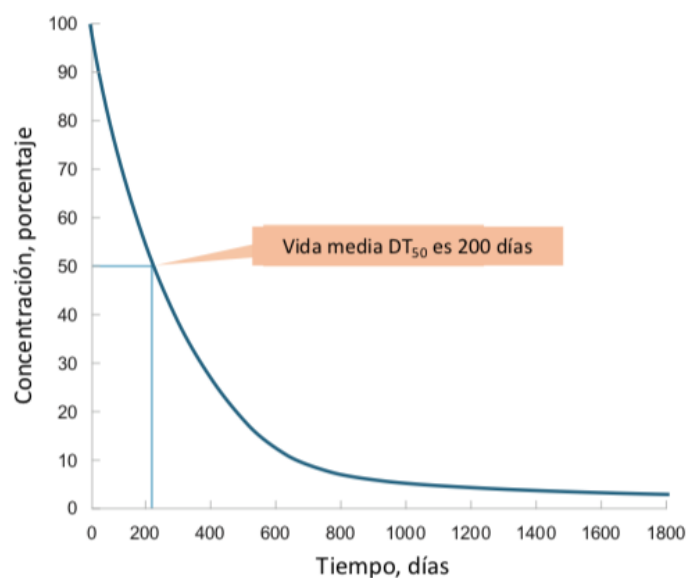


Figura 4. Concepto de vida media (L_{50}) de un contaminante. Adaptado de Popek, 2018.

Contaminar significa alterar nocivamente la pureza o las condiciones normales de una cosa o un medio por agentes químicos o físicos. Por lo general, los *contaminantes con vidas medias superiores a 6 meses se consideran persistentes; ya que se dispersan en el medio ambiente sin una degradación apreciable*. Incluso, los residuos de los contaminantes persistentes pueden encontrarse en los sedimentos muchos años después de su deposición. En la Tabla 2 se muestra la vida media del NP, detectada en ambientes acuáticos.

	Vida media (días)
Agua	210
Sedimentos	440

Tabla 2. Valor promedio de la vida media del nonilfenol (NP) y su concentración en el ambiente acuático (Maguire, 1999).

Se han realizado esfuerzos para retirar el NP de los ecosistemas acuáticos, sin embargo, sus tasas de remoción³ se compensan con su introducción continua al ambiente, principalmente por la industria.

Al respecto, la Agencia de Protección Ambiental o EPA (por sus siglas en inglés, Environmental Protection Agency), desde el 2005 recomienda que las concentraciones permisibles de NP en ambientes acuáticos sean inferiores a 6.6 µg/L. Más tarde, en el 2013, en Europa se declaró que la máxima concentración de NP permisible en agua es de 2 µg/L. Sin embargo, en otras partes del mundo, como en América Latina o en Asia, las concentraciones máximas encontradas en las aguas residuales son tres veces más altas que las encontradas en los Estados Unidos y ocho veces más altas que las encontradas en Europa (Vargas, et al. 2020).

Esto resulta relevante, pues en la industria fast fashion, para producir ropa más barata, los grandes corporativos deslocalizan la producción a países como China, India o Bangladesh, donde la mano de obra es más barata y hay poca o ninguna legislación medioambiental o de protección de los derechos de los trabajadores (Toboso, 2017).

En un estudio realizado por la Universidad de Exeter, en Reino Unido, se encontraron residuos de varias sustancias químicas en ropa (incluido el NPE) fabricada por 20 marcas internacionales de moda (Brigden, et al. 2012). Más adelante, en el 2018, se amplió la investigación sobre las prendas de la industria de la moda vendidas en 29 países y regiones de todo el mundo, y se descubrió una gama amplia de sustancias químicas, entre las que se encuentra el NPE y el NP (Cobbing & Vicaire, 2018).

³ Medida de la cantidad de NP que se retira de un sistema acuático en un período de tiempo determinado

Bibliografía

- Brigden, K., Labunska, I., House, E., Santillo, D. & Johnston, P. (2012) Hazardous chemicals in branded textile products on sale in 27 places during 2012. Technical report. Greenpeace Research Laboratories. 27 pp.
- Centeno, M. (2014) Degradación de nonilfenol polietoxilado en agua por medio del proceso fotofenton. Tesis. Instituto Politécnico Nacional. 69 pp.
- Cobbing, M. & Vicaire, Y. (2018) Destination Zero: seven years of detoxing the clothing industry. Greenpeace. 59 pp.
- Doria, G., Peñuela, G. & Valencia, G. (2019) 4-nonilfenol: efectos, cuantificación y métodos de remoción en aguas superficiales y potables. *Revista de investigación Agraria y ambiental*. 11(1):117–132
- Maguire, J. (1999) Review of the Persistence of Nonylphenol and Nonylphenol Ethoxylates in Aquatic Environments. *Water Quality Research Journal of Canada*. 34(1): 37–78
- Moreno, A., Peñaranda, I. & Sánchez, L. (2021) Efecto del uso de Coadyuvantes a base de Alquilfenoles (Nonilfenol y otros) en la salud humana y en los ecosistemas terrestres y acuáticos. *Metroflor-agro*. <https://www.metroflorcolombia.com/efecto-del-uso-de-coadyuvantes-a-base-de-alkilfenoles-nonilfenol-y-otros-en-la-salud-humana-y-en-los-ecosistemas-terrestres-y-acuaticos/>. Fecha de consulta: 11-07-22
- Oketola, A. & Fagbemingun, T. (2013) Determination of Nonylphenol, Octylphenol and Bisphenol-A in Water and Sediments of Two Major Rivers in Lagos, Nigeria. *Journal of Environmental Protection*. 4: 38-45
- Popek, E. (2018) Environmental Chemical Pollutants. Cap 2 In: Sampling and Analysis of Environmental Chemical Pollutants. 13–69
- Toboso, S. (2017) The unsustainability of fast fashion. *Datatéxtil*. 36, 56–62.
- Vargas, K., Bernal, L., Díaz de León & Flores-Ramírez, R. (2020) Emerging pollutants (EPs) in Latin America: A critical review of under- studied EPs, case of study -Nonylphenol- *Science of the Total Environment*. 1–8.