



# Concientifica

# La corrosión y el medio ambiente

Omar Alejandro González Noriega<sup>1</sup>

Ana Karen Gálvez Larios<sup>2</sup>

Alfredo Brito Franco<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma Nacional de México, Av. Universidad No.3000, Coyoacán, C.U., Ciudad de México 04510, México.

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad 1000, Col. Chamilpa 62209 -Cuernavaca, Mor, México.

<sup>3</sup>Universidad Autónoma del Estado de Morelos, CIICAp, Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa 62209-Cuernavaca, Mor, México.

\*Autor para la correspondencia: ingomarglezn@gmail.com

## Introducción

La corrosión es el deterioro de las propiedades de un material, debido a su interacción con el medio ambiente. La velocidad de corrosión depende del tipo de ambiente y el material [1]. Por ejemplo, uno de los materiales que es muy utilizado por su gran resistencia a la corrosión es el acero inoxidable, éste cuando se corroe tiene la capacidad especial de pasivarse, es decir, que se forma una pequeña capa de óxido la cual reduce o inclusive detiene la velocidad de corrosión, esto dependerá del medio en el que se encuentre. Por lo general es muy resistente en varios medios, pero si lo utilizamos en un ambiente con un gran contenido de cloruros (zonas costeras) éste se corroerá rápidamente.

¿Pero qué efectos tiene la corrosión? Por una parte la corrosión puede producirse de manera uniforme, que, como su nombre lo indica, se presenta a lo largo de toda la superficie del material

en la misma proporción, lo cual ira consumiendo al material poco a poco. Por otra parte está la corrosión localizada, siendo una de las más peligrosas, ya que comienza atacando pequeñas zonas en las cuales irán creando un picado, el cual incrementa de tamaño conforme pasa el tiempo. Esto puede generar la aparición de grietas o fisuras, las cuales se propagarán consecutivamente hasta que el material falle, como ejemplo véase la Figura 1 y Figura 2. Algunos resultados observados por lo anterior son fugas de petróleo en tuberías, las cuales pueden terminar en explosiones; caída



Figura 1. Cadena corroída en la cual se muestra claramente la presencia de corrosión localizada.

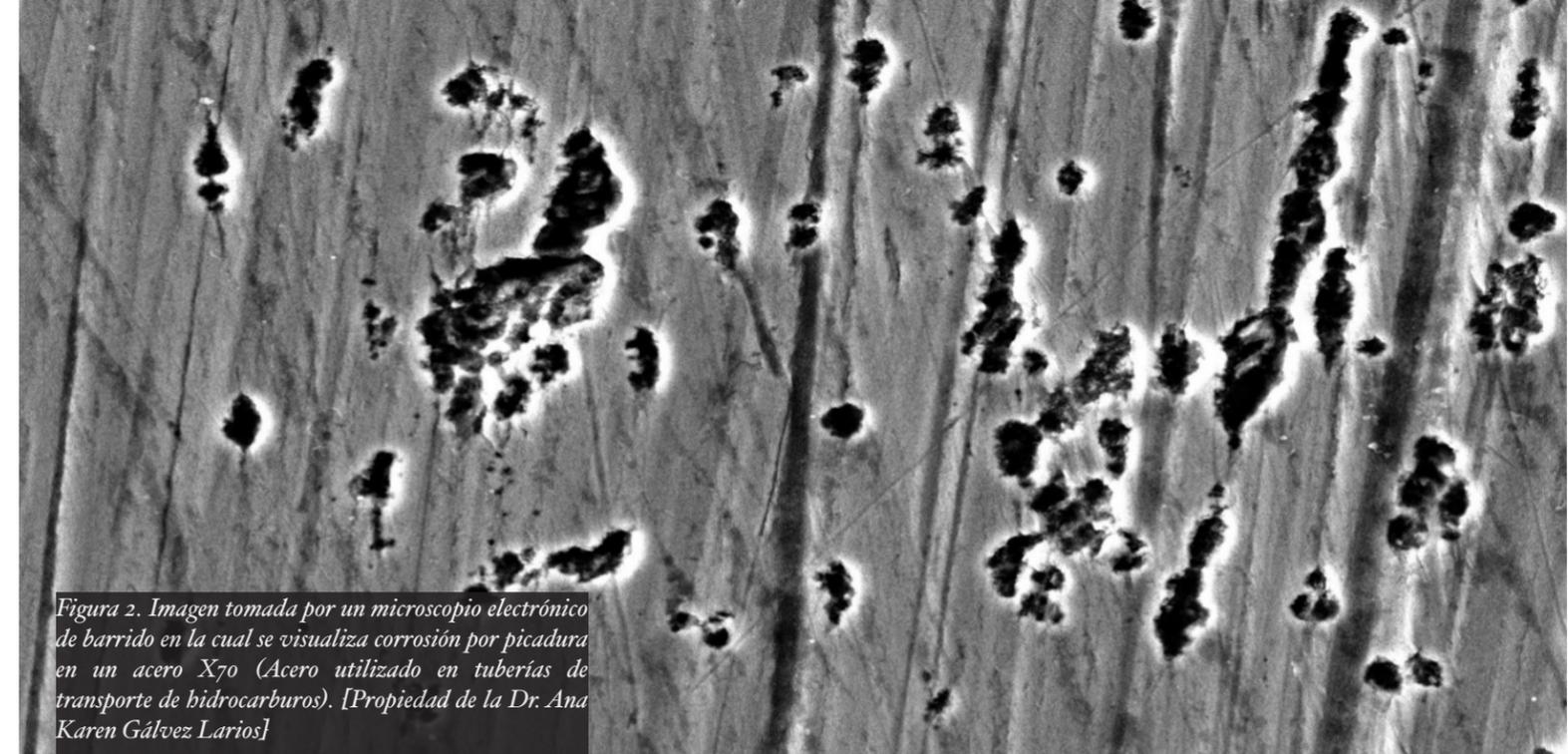


Figura 2. Imagen tomada por un microscopio electrónico de barrido en la cual se visualiza corrosión por picadura en un acero X70 (Acero utilizado en tuberías de transporte de hidrocarburos). [Propiedad de la Dr. Ana Karen Gálvez Larios]

SED 20.0 kV WD 9.7 mm High-PC 30.0 HighVac. x2,000 10 µm



Figura 3. A partir de frutas, verduras y plantas de uso común, se pueden sintetizar inhibidores de la corrosión.

de aviones, debido a que estos pueden llegar a presentar corrosión y al estar sometidos a esfuerzos constantes pueden terminar en una tragedia; otro ejemplo es la ruptura de una prótesis, provocando hinchazón e infecciones en un paciente humano debido a los productos de corrosión y residuos de ésta, etc.

### ¿Cómo se mitiga la corrosión?

Entre los métodos anticorrosivos más abundantes, está el uso de inhibidores,

convirtiéndose en uno de los más importantes. Un inhibidor es una sustancia la cual al agregarse en pequeñas cantidades (partes por millón) al ambiente, reduce o previene la corrosión de un material metálico [2].

Los peligros de la gran mayoría de los inhibidores orgánicos sintéticos se conocen comúnmente e incluyen su alta toxicidad, algunos son cancerígenos y el hecho de que estos pueden llegar a aguas naturales y ser distribuidos en los ecosistemas puede afectar de forma contundente. Además de que son demasiado costosos. Dado

lo anterior, las nuevas legislaciones ambientales, como la Ley de Control de Sustancias Tóxicas de la Environmental Protection Agency (EPA) de los Estados Unidos y la Directiva de Restricciones de Sustancias Peligrosas de la Unión Europea, generan la necesidad de desarrollar inhibidores de corrosión ambiental amigables, que no tengan metales pesados como cromo, plomo y compuestos orgánicos [3]. Debido a esta razón ha surgido el uso de extractos de plantas como inhibidores de la corrosión. La mayoría de los inhibidores naturales no son tóxicos, son biodegradables y abundan en la naturaleza. Hasta el momento, ya se han utilizado extractos a partir de semillas, frutas, hojas, flores, etc. (Figura 3) y se ha encontrado que reducen notablemente la velocidad de corrosión [2,3]. El efecto inhibitor se atribuye a la adsorción de estas sustancias orgánicas sobre la superficie del metal, lo cual bloquea los sitios activos o forman una capa protectora. Algunos otros inhibidores de la corrosión se han obtenido a partir de: gabazo de café, cascara de coco, hueso de mamey, hueso de aguacate, palma, calabaza, árbol de curry, por mencionar algunos.

#### **Medicamentos caducos como inhibidores de la corrosión**

Como se sabe, los medicamentos tienen una fecha de vencimiento, por lo cual después de ésta ya no pueden ser ingeridos y deben desecharse. Sin embargo, en México y la mayor parte del mundo es común tirar los medicamentos al drenaje, basura o incluso revenderlos haciéndolos pasar por medicamentos nuevos. No obstante, no se percatan de los daños producidos que van desde contaminación del agua, suelo y cultivos, hasta intoxicación, resistencia bacteriana, entre otras. De acuerdo con la Comisión Federal de la Protección contra Riesgos Sanitarios (Cofepris), alrededor de 12 millones de medicamentos caducos no son recuperados por las autoridades sanitarias, de los cuales un 30% se desvía al mercado ilegal. También la OMS ha advertido sobre el uso inadecuado de los fármacos, que puede incluso alterar el medio ambiente, pues se ha detectado presencia de

medicamentos en el agua, aire, tejido animal, etc. De acuerdo a la Cámara Nacional de Industria Farmacéutica el mercado negro de fármacos de México está entre 13 y 30 mil millones de pesos [7].

Es por ello que se buscan alternativas para controlar los medicamentos desechados. Una propuesta es instalar puntos de disposición de medicamentos caducos, para que sean recolectados y almacenados en plantas de tratamiento de envases y residuos de medicamentos. Pero, esta medida no es suficiente, es por ello que la ciencia no descansa. Los ingenieros en corrosión descubrieron que los grupos funcionales presentes en los medicamentos tienen mucha similitud con otro tipo de inhibidores, durante años de investigación se ha demostrado que es posible darles un segundo uso a los medicamentos caducos utilizándolos como inhibidores de la corrosión. Estos han presentado una buena eficiencia, reduciendo hasta en un 99% la velocidad de corrosión. Algunos de los medicamentos estudiados son omeprazol, amoxicilina, paracetamol, ambroxol, tramadol, podocip, acetazolamida, pantoprazol, entre otros (Figura 4).

¿Pero en dónde se aplican los inhibidores? Los inhibidores de la corrosión se aplican generalmente en sistemas cerrados como tuberías. Como sabemos México se caracteriza por ser uno de los principales productores de petróleo de América Latina. En el sector petrolero PEMEX cuenta con más de 50 mil kilómetros de ductos donde se transporta el petróleo, estos ductos pueden pasar por zonas donde hay ambientes muy extremos como por ejemplo estar enterrados en la tierra, pasar sobre ríos, mares, lugares donde hay elevadas temperaturas, contaminación, etc. Por lo que resulta crucial proteger a estas tuberías contra la corrosión.

Con los inhibidores se busca proteger el interior de la tubería ya que el petróleo por sí solo no es corrosivo, lo que produce la corrosión es el agua que lo acompaña. No solo se trata del fluido que viaja por la tubería sino también la velocidad y partículas que pueda arrastrar, estas promueven la corrosión interna del ducto.

#### **Recubrimientos y nanotecnología para inhibir la corrosión**

Las pinturas (o también denominados recubrimientos) son otro método de protección contra la corrosión de los materiales. Las pinturas tienen como objetivo proteger las superficies metálicas, estos generan una barrera contra la corrosión de las especies presentes en el ambiente, debido a su alta resistencia al oxígeno, agua y transporte iónico. La eficiencia de una pintura radica en su buena adhesión a la superficie del material, que sea estable por largos periodos y que tenga una baja permeabilidad [4]. Para el caso de los plásticos también son afectados por el fenómeno de la corrosión, cuyo ataque aparece en forma de agrietamiento, hinchazón y decoloración. Estos son pintados frecuentemente porque es un proceso menos costoso que usar plásticos precoloreados; además, la pintura los protege de la radiación del sol (radiación ultravioleta) aunado a lo antes mencionado.

Gracias a los constantes avances tecnológicos hoy contamos con la nanotecnología, es un conjunto de disciplinas y técnicas utilizadas en el diseño, síntesis, caracterización y aplicación de materiales y dispositivos dentro de los cuales sus dimensiones están en escala de nanómetros (1 nanómetro es igual a 0.000001 milímetros ¡Sorprendente no lo crees!). Gracias a esto podemos crear nanocontenedores para almacenar diversas sustancias.

Todo esto nos permite unificar dos métodos de protección contra la corrosión creando así los recubrimientos inteligentes. Estos constan de una pintura con nanopartículas las cuales sirven como almacenadores del inhibidor de la corrosión, algunos de estos nanocontenedores son zeolita, montmorillonita, hallosita, benonita, sílice mesoporosa, entre otras. Los anteriores representan algunos de los más estudiados los últimos años, debido a sus ventajas. Estas partículas pueden liberar el inhibidor almacenado cuando son dañadas, mientras que algunos otros estímulos de accionamiento pueden ser la temperatura, radiación, presión, etc. [5, 6].

Ahora que comprendemos qué es la corrosión y su importancia, sabemos que representa un problema muy importante en todo el mundo, ya que deteriora a los materiales. Esto último puede conducir en accidentes, que pueden ir desde pérdidas millonarias hasta pérdidas humanas, es por ello que constantemente se buscan alternativas que mitiguen el proceso de corrosión, que sean amigables con el medio ambiente y de bajo costo. Así que si queremos proteger algún material podemos optar por pintarlo. Evitemos tirar los medicamentos, podemos llevarlos a alguna universidad para que se les dé un segundo uso y de esta forma evitar la contaminación del medio ambiente o que acaben en la venta ilegal de medicamentos. Cuidar el medio ambiente y el entorno en el que vivimos es responsabilidad de todos, ya que es la mejor herencia que podemos dejarle a las futuras generaciones. ¡Cuidémoslo!

#### **Referencias**

- [1] Dhawan S., Bhandari H., Ruhi G., Singh B., & Sambyal P. (2020). Corrosion Preventive Materials and Corrosion Testing. First Edition. CRC Press Taylor and Group.
- [2] Sastri V. (2012). Green corrosion inhibitors. First Edition, Wiley.
- [3] Tejeda L., Meza P., Altamiranda E., & Berrocal M. (2014). Plant extracts used as corrosion inhibitors. Informador Técnico. Vol. 78, No. 2, Pages 155-164. DOI:10.23850/22565035.99
- [4] Zheng D., Gui Q., Xu Y., & Li G. (2021). Modified AC-DC-AC method for evaluation of corrosion damage of acrylic varnish paint coating/Q215 steel system. Progress in organic coatings. 159, 106401. DOI:10.1016/j.porgcoat.2021.106401
- [5] Tabatabaei M., Davoudi M., Ramezanzadeh M., Ghasemi E., Ramezanzadeh B., & Mahdavian M. (2020). Construction and building materials. No.247. 118555. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2020.118555
- [6] Martínez G., Bosco J., López T., & Menchaca C. (2015). Materiales Sustentables y Reciclados en la Construcción. Primera edición. OmniaScience. DOI: <http://dx.doi.org/10.3926/oms.211>.
- [7] Villagrán A. (2022). Iniciativa con proyecto de decreto por el que se adiciona y reforman diversos numerales de la ley de la salud de la Ciudad de México; en materia de desecho de medicamentos. II Legislatura del Congreso de la Ciudad de México. <https://www.congresocdmx.gob.mx/media/documentos/ccd3933f9d764fc56f807460c81e1db8f6bc359a.pdf>