

Control de la corrosión en beneficio de la humanidad y el medio ambiente

Álvaro Torres Islas

Álvaro Torres Islas obtuvo el grado de Doctor en la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México UNAM. Sus principales áreas de investigación son en materiales, metalurgia, corrosión e ingeniería mecánica. Adscrito a la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEMor) desde 2005, es profesor investigador de la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería. Es miembro del sistema nacional de investigadores nivel 1. Es miembro de la Academia de Ciencias de Morelos.

Esta publicación fue revisada por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos.

Hablemos de corrosión

La corrosión de los materiales metálicos de manera general se entiende como la degradación de un material que, cuando se combina con el oxígeno, tiende a regresar a su estado básico en la naturaleza, su estado en forma mineral. En la actualidad esta degradación deja cuantiosos daños materiales y en ocasiones hasta pérdidas humanas. Sin embargo, el estudio de este fenómeno contribuye a disminuir tales efectos y ha despertado el interés en el diseño de nuevos materiales en diferentes áreas de aplicación.

Un ejemplo importante es que, para evitar la corrosión en aleaciones que además sean compatibles con nuestros cuerpos, se han diseñado materiales, clasificados como biomateriales, que contribuyen a mejorar la calidad de vida de los seres humanos, al ser empleados como implantes temporales en la sustitución y regeneración de tejidos.

En lo referente a los mecanismos de protección contra la corrosión y su relación con el cuidado del ambiente, se han desarrollado sustancias orgánicas extraídas a partir de productos naturales y biomasa las cuales son empleadas como inhibidores "verdes" de la corrosión. En cuanto al tema de sustentabilidad energética y contaminantes debido al uso de combustibles fósiles, el uso de biocombustibles es cada vez mayor, por lo que en la actualidad se investigan nuevos materiales que, en contacto con estos compuestos, sean capaces de contenerlos y transportarlos resistiendo a la acción corrosiva de los mismos.

Los biomateriales

En el campo de los biomateriales, en los últimos años el estudio de la corrosión ha crecido en la experimentación y ha impulsado la investigación de nuevos materiales biodegradables y reabsorbibles para la sustitución y regeneración de tejidos en los organismos vivos. Los biomateriales buscan reemplazar el tejido o hueso dañado cumpliendo con exigencias y características similares a las del tejido sustituido.

En el desarrollo de nuevos biomateriales capaces de interactuar con el tejido dañado mediante la estimulación de diferentes respuestas celulares en función de ciertas

características, se debe de tomar cuenta el carácter temporal de su función en el cuerpo humano. La meta es evitar nuevamente la intervención quirúrgica para su extracción una vez que el tejido se ha regenerado. Por lo tanto, los nuevos biomateriales deben presentar una excelente biocompatibilidad.

Además, en el diseño de un nuevo biomaterial debe existir una biodegradación controlada y progresiva para cumplir con la misión de ser reabsorbido en el tejido del organismo, sin ocasionar ningún tipo de problema fisiológico.

El biomaterial en contacto con tejidos vivos no debe producir en ellos ningún tipo de alteración, lo que limita las materias primas con las que se puede abordar su diseño. En este sentido, las aleaciones de magnesio con adición de otros elementos como el bismuto y el calcio han demostrado ser sumamente útiles como biomateriales para implantes temporales debido a su bajo nivel de degradación (corrosión) y a sus propiedades de alta resistencia mecánica. Actualmente en la Facultad de Cien-

cias Químicas e Ingeniería de la UAEMor se llevan a cabo estudios de los porcentajes óptimos de elementos contenidos en este tipo de aleaciones para garantizar según su aplicación las velocidades de degradación y de resistencia mecánica. En la figura 1 se muestran algunos sistemas biodegradables usados en la reconstrucción craneofacial: tornillos, miniplacas y mallas de reconstrucción.

Mecanismos de protección contra la corrosión amigables con el ambiente

La degradación de equipos, estructuras, tuberías, y dispositivos en contacto con ambientes corrosivos, en nuestra vida cotidiana, invariablemente conlleva a la destrucción y falla de los mismos. Por lo tanto, el estudio de mecanismos y sustancias que evitan y mitigan la corrosión es de vital importancia. Dentro de estas sustancias se encuentran los llamados inhibidores de la corrosión, cuya función es depositarse sobre la superficie del material y generar una barrera protectora.

El uso de inhibidores inorgánicos, es-

pecialmente los que contienen fosfato, cromato y metales pesados, está siendo gradualmente restringido o prohibido por diversas normativas medioambientales debido a su toxicidad y las dificultades que plantea su eliminación. Los inhibidores orgánicos sintéticos han sido ampliamente utilizados, pero su uso se está viendo perjudicado por su toxicidad y altos costos de fabricación. Esto ha llevado a los investigadores a explorar otras alternativas para producir inhibidores de corrosión ecológicos y biodegradables para sustituir a los inhibidores orgánicos, inorgánicos y sintéticos. Productos naturales como extractos de plantas, aminoácidos, proteínas y biopolímeros han demostrado su eficacia y eficiencia como inhibidores de la corrosión. Las plantas y algunos desechos orgánicos como la cascarilla de arroz, entre otros, se consideran como una rica fuente de compuestos químicos sintetizados naturalmente, que pueden obtenerse mediante procedimientos sencillos de bajo costo. Los extractos naturales resultantes son análogos a los inhibidores orgánicos sintéticos y se ha demostrado que funcionan tan bien como sus homólogos sintéticos, por lo que actualmente se realizan diversos estudios e investigaciones en la búsqueda de optimizar la obtención de moléculas naturales obtenidas a partir de biomasa residual que sean tan eficientes como las órgano-sintéticas. En esta área se han alcanzado resultados bastante alentadores en lo que respecta a la eficiencia de inhibición, la cual debe ser como mínimo un 90%. En cuanto al extracto de las moléculas de la cascarilla de arroz empleadas como inhibidor de la corrosión, en pruebas de laboratorio se ha encontrado que cumplen con los parámetros antes descritos. La figura 2 muestra la estructura y la reacción de aminólisis para la obtención de estas moléculas las cuales están compuestas principalmente por triglicéridos, una mezcla de amidas grasas y glicerol.

La producción de arroz en México en el año 2019 fue de 258.40 miles de toneladas, y genera una gran cantidad de material de desecho que es la cascarilla que recubre el grano de arroz. La cascarilla se separa del grano de arroz en el proceso de molienda, residuo que, si no se maneja adecuadamente, ocasiona problemas ambientales por contaminación. Ocupa extensas áreas por su volumen cuando se deja a plena exposición, y además eventualmente es quemado a cielo abierto, lo cual puede afectar negativamente la salud de las comunidades que habitan los alrededores del sitio de disposición final. Por lo tanto, el aprovechamiento de la cascarilla de arroz puede contribuir a disminuir la contaminación del medio ambiente y al mismo tiempo sustituir sustancias nocivas empleadas como inhibidores de la corrosión.

Por otra parte, con el afán de continuar buscando alternativas de protección contra la corrosión que sean amigables con el medio ambiente, estudiantes del programa de Doctorado en Ingeniería Ambiental

y Tecnologías Sustentables de la facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería de la UAEMor han desarrollado un método innovador para despolimerizar el Nylon 6,6 y utilizar el producto como un recubrimiento en forma de películas delgadas, que al depositarse sobre la superficie de materiales metálicos los protege contra la corrosión. La materia prima empleada para este proceso proviene de las partes plásticas automotrices que, por lo regular, se puede disponer de ellas como desechos no reciclables en vertederos a cielo abierto. Los resultados obtenidos han demostrado su eficacia. Lo anterior representa un gran avance en las áreas de protección de materiales metálicos contra la corrosión y además los estudiantes proponen una alternativa para ayudar a mitigar el problema de los residuos sólidos en este caso, de polímeros.

Los biocombustibles

La demanda de diésel renovable casi se triplica entre 2020 y 2026, principalmente gracias a las políticas de Estados Unidos y Europa. En volumen absoluto, el crecimiento de la demanda de etanol supera al del diésel renovable. La mayor parte del crecimiento del diésel renovable se concentra en Estados Unidos y Europa. Sin embargo, el crecimiento de la producción de etanol y el biodiésel sigue siendo sólido, gracias a la demanda en América Latina y Asia, y a la recuperación económica tras los descensos en el número de casos

de Covid-19. En Asia, los esfuerzos de la India por alcanzar el 20% de mezcla de etanol en 2025 han conducido a un crecimiento de la demanda mundial de etanol, mientras que el mandato de Indonesia de mezclar el 40% de etanol con combustibles fósiles previsto para 2022, estimula la expansión del etanol. En ambos países, la creciente demanda de combustible para el transporte durante el periodo previsto, junto con los mandatos, marca una tendencia a incrementar la demanda de biocombustibles. Del mismo modo, en América Latina, las políticas de combustibles de Brasil, combinadas con la creciente demanda de gasolina y gasóleo, impulsan el uso de biocombustibles.

Con el uso cada vez más del bioetanol y el biodiésel como combustibles alternativos sustentables, nos encontramos nuevamente, al igual que con los combustibles fósiles, con el problema del proceso de degradación de los ductos y contenedores. Dado que el uso de estos biocombustibles es relativamente reciente y los aceros empleados en la construcción de estos elementos principalmente fueron diseñados para el transporte de combustibles fósiles, en la actualidad se estudia el diseño de nuevas aleaciones resistentes al proceso de degradación en contacto con biocombustibles, ya que los mecanismos de corrosión son diferentes. Entre las nuevas aleaciones están los llamados aceros de ultra alta resistencia, cuya principal composición es hierro y elementos como el molibdeno y el

vanadio, los cuales han resultado bastante útiles en la mejora de las propiedades mecánicas y frente a la corrosión. Sin embargo, ciertas fases en el acero resultado de esta adición no contribuyen del todo a su resistencia, por lo que se han estudiado diferentes tratamientos térmicos para "estabilizar" estas fases y su microestructura, resultando en una mejora significativa en el comportamiento de estos aceros en contacto con biocombustibles.

Comentarios finales

Brevemente hemos visto como los biomateriales, los mecanismos de protección contra la corrosión amigables con el medio ambiente, algunos desechos poliméricos y los biocombustibles se relacionan con la degradación de los materiales metálicos por corrosión. Estos motivos contribuyen a que se continúe trabajando en la investigación y desarrollo de nuevos materiales, sustancias y técnicas que nos permitan tener un mejor control sobre la corrosión, que en mayor o menor medida afecta al ambiente y al ser humano.

Referencias consultadas

- 1.- Biodegradable magnesium-matrix composites: A review, Jin-long Su, Jie Teng, Zi-li Xu 2, and Yuan Li, International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials Volume 27, Number 6, June 2020, Page 724.
- 2.- Significance of Alloying Elements on the Mechanical Characteristics of

Mg-Based Materials for Biomedical Applications, S.Kumar,K.Kumar,V.Malik,K. Mohammed,C.Prakash,D. Buddhi, and S.Dixit, Crystals, 2022, 12, 1138.

3.- Superficial Surface Treatment using Atmospheric Plasma on Recycled Nylon 6,6, M.Rodríguez, E. Vazquez-Velez, H. Martínez, A. Torres-Islas, J. Nucl. Phys. Mat. Sci. Rad. A. Vol. 8, No. 2 (2021), pp.191-196.

4.- The effect of the alkyl chain length on corrosion inhibition performances of 1,2,4-triazole-based compounds for mild steel in 1.0 M HCl: Insights from experimental and theoretical studies, Y. El Aoufir, R. Aslam, F. Lazrak, R. Marzouki, S. Kaya, S. Skal, A. Ghanimi, I.H. Ali, A. Guenbour, H. Lgaz, I.M. Chung, Journal of Molecular Liquids. Mol. Liq., 303(2020)112631.

5.- Singh R. Ethanol corrosion in pipelines. Mater Performance, 2009;48:53-55.

Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos. Desde la Academia de Ciencias de Morelos externamos nuestra preocupación por el vacío que genera la extinción de la Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología dentro del ecosistema de innovación estatal que se debilita sin la participación del Gobierno del Estado.



FIGURA 1. EJEMPLO de la aplicación de mallas y tornillos hechos de aleaciones biodegradables en la reconstrucción craneofacial. (<https://doiplayer.es/74838993-Sistemas-biodegradables-de-fijacion-y-reconstruccion-craneofacial.html>)

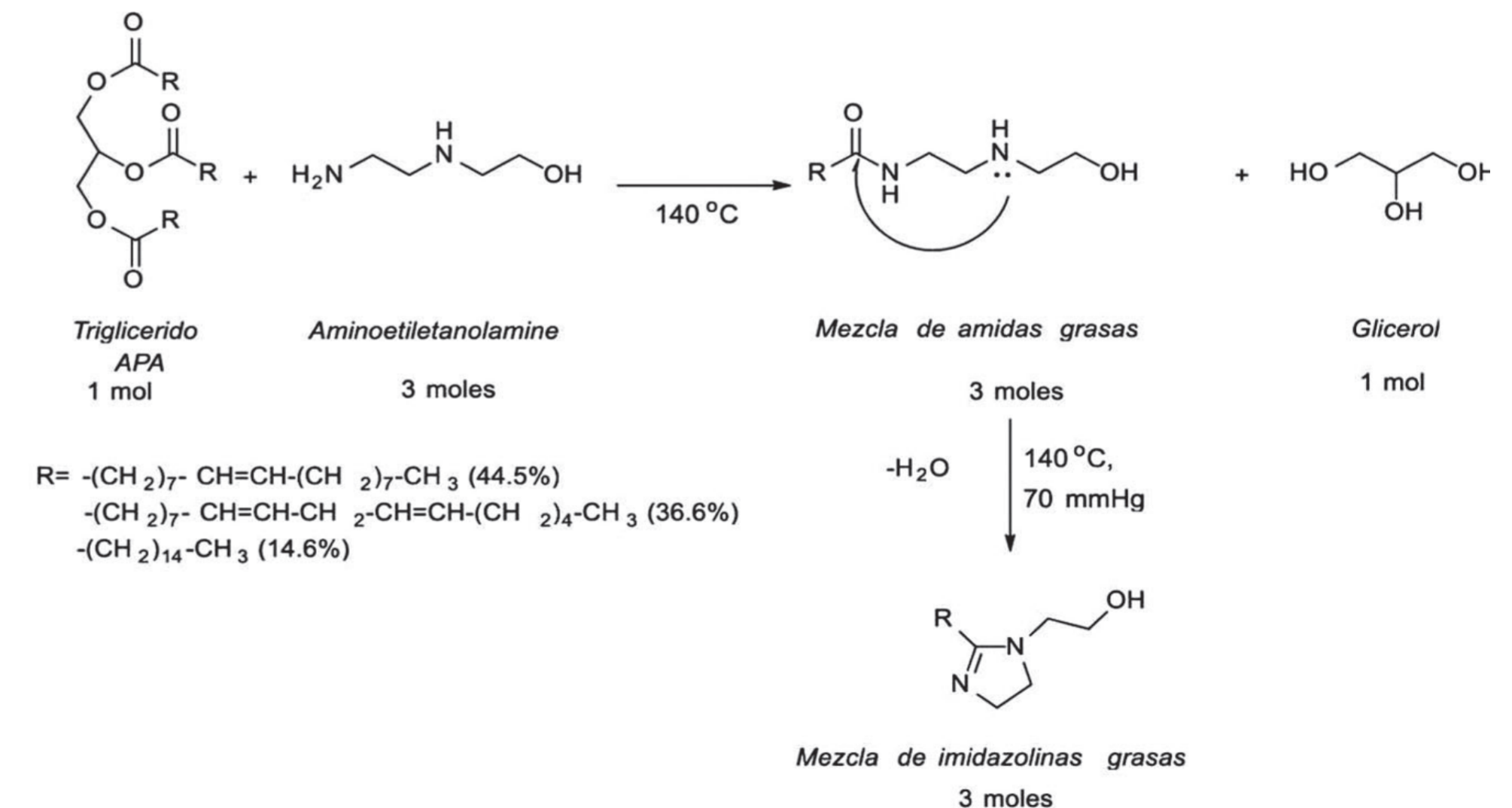


FIGURA 2. REACCIÓN de aminólisis para la obtención de las moléculas derivadas del aceite de la pulidora del arroz empleadas como inhibidores de la corrosión. (Fuente propia)



ESTA PUBLICACIÓN FUE REVISADA POR EL COMITÉ EDITORIAL DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS

Para actividades recientes de la academia y artículos anteriores puede consultar: www.acmor.org.mx
 ¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTACTANOS: editorial@acmor.org.mx

Lecturas recomendadas

- <https://acmor.org/publicaciones/c-mo-pueden-los-vegetales-evitar-la-corrosion>
<https://acmor.org/publicaciones/la-importancia-de-la-ingenier-a-en-corrosion>
<https://acmor.org/publicaciones/de-la-ca-a-de-az-car-al-bioetanol-la-transicion-biotecnologica-que-morelos-necesita>

- <https://acmor.org/publicaciones/bioetanol-gasolina-un-combustible-alterno-para-autos>
<https://acmor.org/publicaciones/estado-de-morelos-ca-ero-pambolero-resiliente-y-productor-de-etanol-carburante>
<https://acmor.org/publicaciones/biodiesel-una-alternativa-cada-vez-m-s-real-para-sustituir-combustibles-fosiles>