Artículo

Revista Ciencia y Naturaleza

Plantas contra la corrosión: compuestos orgánicos para proteger los metales





Ciencia al Instante

Así como una manzana se oscurece al contacto con el aire, los metales también envejecen mediante un proceso silencioso llamado corrosión, que los debilita hasta fracturarlos. Paradójicamente, las mismas plantas que se oxidan guardan el remedio. Sus hojas, raíces, cáscaras y semillas contienen compuestos como flavonoides, taninos y alcaloides capaces de formar una película invisible, de apenas nanómetros de espesor, sobre la superficie metálica. Esta barrera natural bloquea el oxígeno y la humedad, llegando a reducir la corrosión hasta en un 90%. Una alternativa biodegradable, económica y ecológica frente a los inhibidores tradicionales.

Artículo

Plantas contra la corrosión: compuestos orgánicos para proteger los metales



Cómo citar este artículo: Estrada-Hernández GV, Figueroa-Ramírez SJ, Benavides O, Sierra-Grajeda JMT. 2026. Plantas contra la corrosión: compuestos orgánicos para proteger los metales. Revista Ciencia y Naturaleza (1272).



La corrosión un enemigo silencioso de los metales

¿Te has preguntado por qué la manzana, la pera, el plátano o incluso la papa se oscurecen cuando las cortamos o mordemos y las dejamos expuestas un tiempo al aire? Aunque parezca algo extraño y cotidiano, detrás de este cambio ocurre un proceso químico llamado oxidación (estrés oxidativo). En muchas frutas y verduras existe una enzima llamada polifenol oxidasa, que al entrar en contacto con el oxígeno del aire transforma ciertos compuestos naturales (fenoles) en sustancias llamadas quinonas, responsables del color café que observamos.

Algo parecido ocurre con los metales. Cuando los metales entran en contacto con el oxígeno, la humedad o sustancias agresivas, como medios ácidos o salinos, comienza lentamente a deteriorarse mediante el proceso conocido como corrosión. Es como si el metal, poco a poco, empezara a "envejecer", perdiendo pequeñas partes de sí mismo hasta debilitarse e incluso fracturarse.



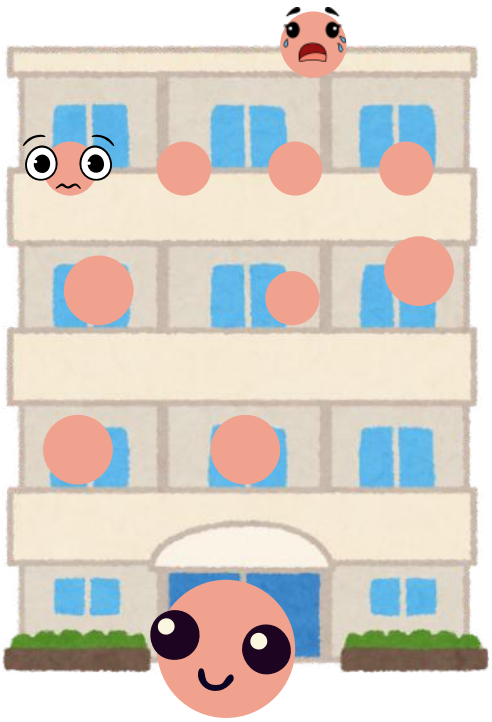
De cierta manera, nosotros también sufrimos un tipo de "corrosión", ya que nuestras células experimentan proceso de oxidación, y con el tiempo, hace que nuestro cuerpo envejezca poco a poco.

¿Por qué el metal se oxida? La batalla invisible de los electrones

La materia está compuesta de átomos, y estos, contienen partículas muy pequeñas llamadas partículas subatómicas, como los neutrones, protones y electrones. Estos últimos juegan un papel fundamental en la corrosión. Imagina que los electrones viven dentro de un edificio de varios pisos.



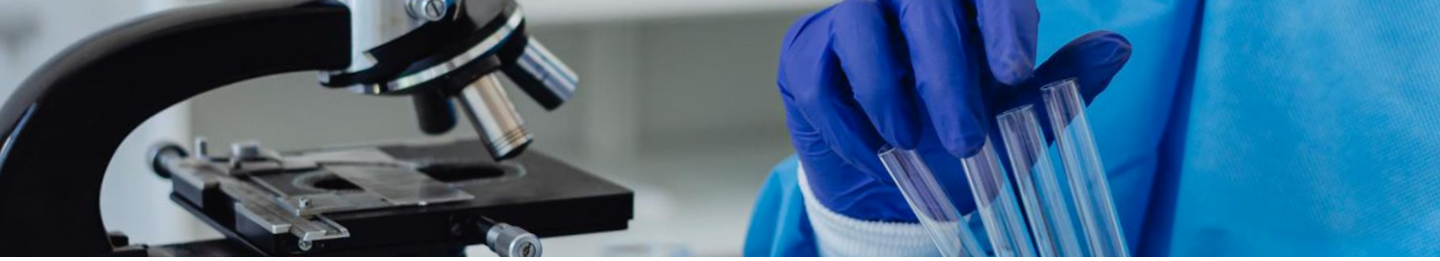
Algunos están muy bien resguardados en los pisos interiores, mientras que otros se encuentran en el último piso y son fáciles de mover o “saltar” hacia otro edificio cercano. Cuando un átomo pierde uno o más de estos electrones, decimos que ocurrió un proceso de oxidación. En otras palabras, el átomo “cede” electrones y queda con un desequilibrio eléctrico, lo que poco a poco debilita al metal. Si este proceso continúa durante mucho tiempo, el material puede deteriorarse, perder resistencia e incluso fracturarse. Es como si, ladrillo a ladrillo, el edificio comenzara lentamente a desmoronarse... y, eventualmente, ¡pum! Colapsará.



"Contra cada padecimiento crece una planta" Paracelso (1493–1541)

Las plantas como aliadas para proteger los metales de la corrosión

Siglos antes de que existieran los laboratorios modernos, el médico y alquimista suizo Paracelso ya intuía lo que la ciencia hoy confirma, el padecimiento del metal es la corrosión y la planta ofrece su remedio. Paradójicamente, la misma manzana que se oxida contiene compuestos capaces de proteger al metal de ese mismo destino. Las plantas en su raíz, corteza, hojas, flores, frutos y semillas producen metabolitos secundarios (flavonoides, taninos, alcaloides, saponinas) como mecanismo de defensa propio. Los mismos compuestos que protegen a la planta del estrés oxidativo pueden proteger al metal.



De las plantas se extraen los compuestos orgánicos que forman una capa ultrafina sobre la superficie metálica, como una película invisible que bloquea el contacto con el oxígeno y la humedad, como se observa en la Figura 1, es "como cubrirse con una capa de cera para protegerse del ambiente".



Figura 1. La capa invisible: extracto vegetal formando una barrera protectora sobre la superficie metálica.

Algunos ejemplos de extractos naturales obtenidos de plantas y utilizados para disminuir la corrosión incluyen la raíz de la manzanilla, la corteza del tallo de papaya, frutas como como manzanas, la semilla de aguacate, ¡incluso los pétalos de un girasol! cuyos compuestos naturales han demostrado propiedades inhibidoras que ayudan a reducir el proceso de corrosión en metales.

Pero, ¿cómo se elabora un extracto de planta para usarlo como inhibidor de corrosión?



Imagina que quieres capturar lo mejor de una planta, sus colores, sus aromas, sus compuestos activos, y concentrarlo en un líquido listo para trabajar en el laboratorio. Eso es, en esencia, un extracto vegetal. El proceso comienza mucho antes de encender cualquier equipo de laboratorio: en el campo, seleccionando cuidadosamente la parte de la planta que nos interesa, ya sean hojas, cáscara, raíz, semilla o flor.



Esa elección no es al azar: se basa en estudios previos que indican dónde se concentran los compuestos orgánicos de interés. Una vez recolectado el material vegetal, se lava y se seca, ya sea al sol, en horno a baja temperatura o mediante liofilización (técnica de secado por congelación), para eliminar la humedad sin destruir los compuestos que nos interesan. Después se muele hasta obtener un polvo fino, como si se preparara una especia de cocina, pero con fines científicos.

Este polvo se mezcla con un solvente (líquido utilizado para extraer o disolver los compuestos de interés, que puede ser agua destilada, etanol o metanol, etc., dependiendo del tipo de moléculas que se quieran extraer. La mezcla se deja reposar durante horas o incluso días, en un proceso llamado maceración, similar a cuando se prepara un té o una infusión, pero mucho más controlado.



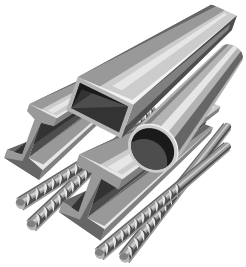
Figura 2. Del campo al laboratorio: etapas de recolección, preparación y extracción de los compuestos activos de la planta.

Finalmente, la mezcla se filtra para separar el material vegetal sólido del líquido rico en moléculas activas. Ese líquido resultante, el extracto, puede usarse directamente o concentrarse aún más mediante evaporación del solvente hasta obtener una pasta o polvo. El resultado final es un producto natural, concentrado y listo para enfrentarse al reto de la corrosión (Figura 2).

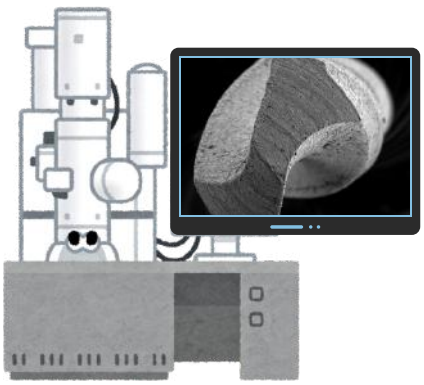
¡A los inhibidores de corrosión también les hacen pruebas!

Saber que un compuesto natural puede proteger un metal es solo el primer paso; el verdadero reto es demostrarlo con evidencia científica. Para ello, los investigadores recurren a una serie de pruebas especializadas que evalúan qué tan bien trabaja el inhibidor y cómo interactúa con la superficie del metal. La prueba más clásica es la de pérdida de masa: se sumerge una pieza de metal en una solución corrosiva, con y sin extracto, durante un tiempo determinado.

Al final, se pesa el metal. Si la pieza tratada con el extracto pesa más que la que estuvo sola en el medio agresivo, significa que el inhibidor funciona: protegió al metal y evitó que se "corroyera". Entre mayor sea la diferencia, mejor es el inhibidor.



Las pruebas electroquímicas son aún más sofisticadas (Fig. 3). Con técnicas como la espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) y las curvas de polarización de Tafel, los científicos pueden "escuchar" cómo fluyen los electrones en la superficie del metal sumergido en solución. Si el extracto está haciendo su trabajo, la transferencia de electrones disminuye notablemente, lo que se traduce en una menor velocidad de corrosión.



Es como medir el pulso del metal: si late más despacio, está más tranquilo y protegido. Adicionalmente, se utilizan técnicas de caracterización de superficie como la microscopía electrónica de barrido (SEM), que permite observar directamente la superficie del metal a escala de nanómetros y ver si el extracto formó esa película protectora.



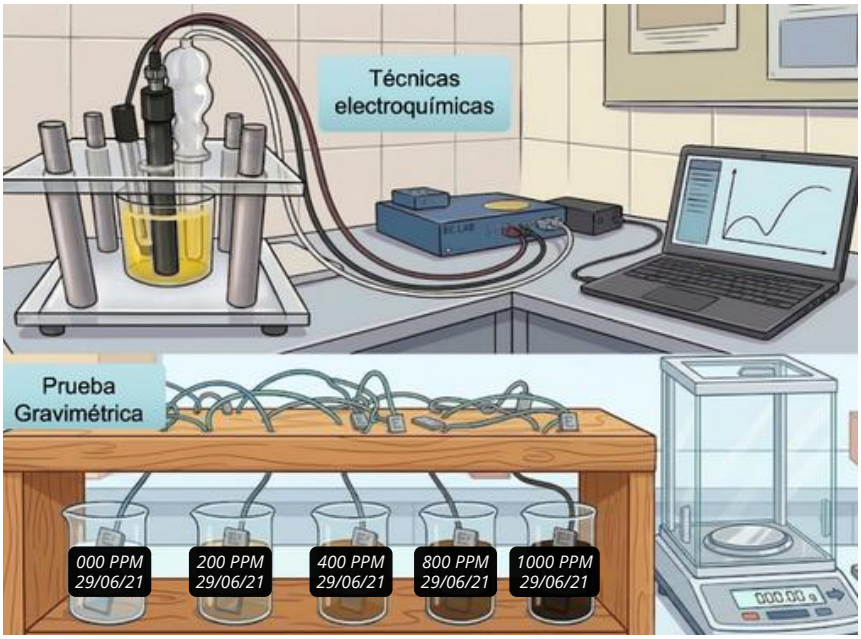


Figura 3. De la solución al diagnóstico: protocolo experimental para la evaluación gravimétrica y electroquímica del extracto vegetal como inhibidor de corrosión.

También se emplean la espectroscopía infrarroja (FTIR) y la espectroscopía de rayos X (XPS) para identificar qué moléculas del extracto se adhirieron al metal y cómo interactúan con él. Juntas, estas pruebas cuentan la historia completa: no solo cuánto protege el inhibidor, sino por qué y cómo lo hace. El uso de extractos de plantas más conocidos como inhibidoras verdes, son biodegradables, de bajo costo, sustentables, ecológicos, tienen menor toxicidad y son una respuesta ecológica ante la problemática de corrosión.

¿Sabías que...? hasta 1 gramo de extracto obtenido de plantas puede contener miles de moléculas capaces de adsorberse sobre la superficie del acero y formar una barrera protectora de apenas nanómetros de espesor, pero lo suficientemente eficiente para reducir la corrosión hasta en un 90%.



Para llevar

Un inhibidor de corrosión a base de extractos de plantas es una sustancia natural obtenida de diferentes partes vegetales, como hojas, raíces, semillas, frutos, tallos o flores, que se emplea para disminuir o controlar el proceso de corrosión en materiales metálicos. Ahora ya sabes que.... la presencia de compuestos orgánicos en las plantas, como alcaloides, flavonoides, taninos, polifenoles y aceites esenciales, forman una película protectora sobre la superficie del metal, reduciendo la interacción con agentes corrosivos del medio.

Agradecimientos

Los autores expresan su sincero agradecimiento al Centro de Excelencia de Investigación en Servicios Petroleros y Protección Ambiental (CEISPPA) y a la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR) por el respaldo institucional y los recursos proporcionados para la realización de este trabajo de investigación.

Para Consulta

1. Alan Miralrio A, Vázquez AE. 2020. Plant extracts as green corrosion inhibitors for different metal surfaces and corrosive media: A review. Processes 8(942): 1-27. [Link]

2. Holla BR, Mahesh R, Manjunath HR, et al. 2024. Plant extracts as green corrosion inhibitors for different kinds of steel: A review. Heliyon 10(14): e33748. [Link]

3. Mungwari CP, Obadele BA, King CK. 2025. Phytochemicals as green and sustainable corrosion inhibitors for mild steel and aluminium: Review. Results in Surfaces and Interfaces 18: 100374. [Link]

4. Bandeira RM, Lima FP, Nunes MS, et al. 2025. The green plant-based corrosion inhibitors: a sustainable strategy for corrosion protection. Surface Science and Technology 3(19): 1-28. [Link]

5. Fazal BR, Becker T, Kinsella B, et al. 2022. A review of plant extracts as green corrosion inhibitors for CO_2 corrosion of carbon steel. npj Materials Degradation 6(1): 1-18. [Link]

6. Alao AO, Popoola AP. 2023. Utilization of green inhibitors as a sustainable corrosion control method for steel in petrochemical industries: A review. Frontiers in Energy Research 10: 1-21 [Link]



Crédito de imágenes en orden de aparición: Getty Images, Pexels, sofiastd, Getty Images Signature, VC, RATOCA, Likha, Daria Szymonowicz, OlyaGutArt, Canva AI Elements Lab with AI, Fine Art, irasutoya, Marco Livolsi, Canva AI Studio with AI, David Stanciu's Images, Pravokrugulnik, Arthon meekodong. Créditos de figuras: Figuras 1-3 proporcionadas por los autores. Los autores confirman que ningún párrafo del manuscrito ha sido generado completamente o con más del 50% de sus palabras con una herramienta de IA.

Dra. Beatriz Escobar Morales
Editora Asociada Revista CyN

Diseño de publicación: Sofia Paz



Gladys Vianey Estrada Hernández

Estudiante de doctorado en Ciencias de la Ingeniería en la Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR), estudia el desarrollo de extractos naturales para prevenir la corrosión de metales.

contacto: 192501@mail.unacar.mx



Sandra Jazmín Figueroa Ramírez

Es profesora-investigadora en la Universidad Autónoma del Carmen. Su trabajo de investigación se centra en el desarrollo electrocatalizadores para aplicaciones ambientales e inhibidores verdes de corrosión.

contacto: sfgueroa@pampano.unacar.mx



Olena Benavides

Adscrita a la UNACAR, es profesora-investigadora con formación en Óptica. Su línea de investigación se centra en la caracterización de materiales mediante métodos ópticos.

contacto: obenavides@pampano.unacar.mx



Juan Manuel Tadeo Sierra Grajeda

Profesor-investigador adscrito a la UNACAR. Su trabajo se centra en el análisis de procesos de transferencia de energía y masa mediante técnicas de dinámica de fluidos computacional, así como en el diseño y estudio de celdas de combustible de membrana de intercambio protónico y su integración con sistemas de energía renovable.

contacto: jsierra@pampano.unacar.mx