



Comparación de extractos orgánicos del sargazo como inhibidores de corrosión de un acero API 5L X52 obtenidos con diferentes disolventes

Comparison of organic extracts from sargassum as corrosion inhibitors of API 5L X52 steel obtained with different solvents

Ruth López Alcántara¹, Tania Yaquelin Puc Sarmiento^{1,2}, Teresita del Niño Jesús Maldonado Montiel¹, Tezozomoc Pérez López³✉

¹ Centro de Investigaciones Biomédicas, Universidad Autónoma de Campeche

² Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Campeche

³ Centro de Investigación en Corrosión, Universidad Autónoma de Campeche.

Resumen

En este trabajo se presentan resultados comparativos de la evaluación de extractos orgánicos de sargazo, como inhibidores de corrosión de un acero API 5L X52, provenientes de 2 sitios diferentes de la Península de Yucatán. La extracción se llevó a cabo en un medio inorgánico polar (agua), uno orgánico polar (metanol) y uno orgánico de polaridad intermedia (acetona), cuyos productos fueron adicionados a 10, 25 y 50 ppm en una disolución de ácido sulfúrico 0.5 M como electrolito. Los ensayos electroquímicos de resistencia de polarización, extrapolación de Tafel y espectroscopía de impedancia electroquímica muestran que en algunos casos, los extractos incrementan la resistencia de transferencia de carga del acero, con lo cual se reduce la velocidad de corrosión y por tanto se manifiesta un efecto inhibitor. Con los extractos de acetona como disolvente, se redujeron las velocidades desde 0.00193 a 0.000058 (A/cm²), obteniendo una eficiencia de inhibición superior a 90%, lo que indica que los extractos en este medio se adsorben con mayor energía a la superficie metálica. No se observó una relación directa del sitio de muestra de sargazo, ni del medio de extracción, en la contribución a la inhibición de la corrosión.

Palabras clave: Sargazo, inhibidor de corrosión, Acero API 5L X52, medio ácido.

Abstract

In this work, comparative results are presented of the evaluation of organic seaweed extracts as corrosion inhibitors of API 5L X52 steel, coming from 2 different sites on the Yucatán Peninsula. The extraction was carried out in a polar inorganic medium (water), a polar organic medium (methanol), and an intermediate polarity organic medium (acetone), whose products were added at 10, 25, and 50 ppm in a 0.5 M sulfuric acid solution as electrolyte. Electrochemical tests of polarization resistance, Tafel extrapolation, and electrochemical impedance spectroscopy show that in some cases, the extracts increase the steel's charge transfer resistance, thereby reducing the corrosion rate and thus exhibiting an inhibitory effect. With acetone extracts as a solvent, the rates were reduced from 0.00193 to 0.000058 (A/cm²), achieving an inhibition efficiency of over 90%, which indicates that the extracts in this medium adsorb with greater energy to the metal surface. No direct relationship was observed between the sargassum sample site, nor the extraction medium, in the contribution to corrosion inhibition.

Keywords: Sargassum, corrosion inhibitor, API 5L X52 steel, acidic medium.

Introducción

A través del tiempo, los grupos humanos se han adaptado al entorno con el objetivo de lograr mejores condiciones de vida, y para ello han elaborado diversos materiales, entre ellos los metales, que son básicos para fabricar objetos tales como tuberías, monedas, llaves, utensilios de cocina, electrodomésticos, aviones, trenes, barcos, automóviles, autobuses, etc. Sin embargo, en los metales tiene lugar un proceso denominado corrosión, que es la causa general de la alteración y destrucción de la mayor

Historial

Manuscrito recibido: 3 de noviembre de 2025

Manuscrito aceptado: 20 de marzo de 2026

Manuscrito publicado: abril 2026

✉ Autor para correspondencia

Tezozomoc Pérez López
tezperez@uacam.mx

Como citar

López Alcántara R, Puc Sarmiento TY, Maldonado Montiel TDNJ, Pérez López T (2026). Comparación de extractos orgánicos del sargazo como inhibidores de corrosión de un acero API 5L X52 obtenidos con diferentes disolventes. *Ciencia Nicolaita* 96:92-99. DOI:10.35830/cn.vi96.889

parte de los materiales naturales o fabricados por el hombre (Ávila y Genescá, 1987). Aunque no es un tema nuevo, es conveniente dedicarle mayor atención, ya que no es un fenómeno que pueda ser eliminado, pero sí puede minimizarse la velocidad del proceso.

En México, se cuenta con 68 mil 843.15 kilómetros de ductos (Cartocrítica, 2017) que requieren mantenimiento permanente a fin de evitar percances que lleguen a ser de impacto en la infraestructura, medio ambiente, economía y seguridad humana. De ahí la importancia de preservar los ductos en buenas condiciones de operación y seguridad. Convencionalmente, la parte externa de los ductos enterrados se protegen mediante protección catódica, los que están expuesta a la intemperie se protegen con sistemas de recubrimientos, mientras que para la parte interna se utilizan inhibidores (Godínez *et al.*, 2003; Kadhim *et al.*, 2021; Tamalmani y Hazlina, 2020)

La primera etapa del proceso de inhibición de la corrosión comienza con la adsorción superficial del inhibidor sobre la superficie metálica, creando interacciones de tipo electrostático que pueden ser fuerzas de van der Waals o de mayor energía para formar quimisorción con los sitios de reacción anódica y/o catódica, reduciendo así las reacciones de oxidación-reducción (González-Rodríguez, 2006; Zakeri *et al.*, 2022). Los inhibidores inorgánicos, como arseniatos, fosfatos, cromatos y dicromatos, pueden funcionar de manera excelente, aún a altas temperaturas durante períodos prolongados. En este tipo de inhibidores, son los aniones los responsables de reducir la velocidad de corrosión. Sin embargo, son altamente peligrosos y tóxicos; no se descomponen ni pierden su potencia al desecharse, lo que representa un riesgo para la salud humana y el medio ambiente. Esta falta de degradación puede ocasionar la acumulación de sustancias nocivas y aumentar el riesgo de problemas a largo plazo, como el cáncer (Zakeri *et al.*, 2022).

Es cada vez más común utilizar inhibidores provenientes de sustancias de origen natural, que además de mostrar potenciales beneficios, son mucho más amigables con el medio ambiente. Actualmente, debido a la problemática ambiental que causan los inhibidores químicos, se ha formulado la creación de inhibidores “verdes” entre las que se encuentra extractos de plantas (Wei, *et al.*, 2020; Tejeda *et al.*, 2014; Gómez, 2022; Chung *et al.*, 2020). Maldonado y col. (2022), ensayaron con acero al carbono en medio ácido, un extracto en medio etanólico de una semilla de una especie muy común de la Península de Yucatán, México, con resultados favorables en la disminución de la velocidad de corrosión. Torres *et al.* (2023), realizaron pruebas con acero SAE 1010, en ácido clorhídrico 1M, utilizando *Tradescantia spathacea*; repor-

tan eficiencias superiores al 90% y determinaron que actúa de acuerdo a un mecanismo mixto, con adsorción superficial en monocapa, tipo Langmuir.

El sargazo es una especie invasiva que afecta los ambientes en los que prolifera (Rodríguez-Martínez *et al.*, 2021), sobre todo en zonas turísticas de las costas de México (Aguirre, 2021). Diversas investigaciones han utilizado algún tipo de sargazo, probando disolventes de diferente polaridad con la intención de probar si los extractos tienen propiedades inhibitorias. Nadi *et al.* (2019), aplicaron sobre acero al carbono, un extracto obtenido de *Sargassum muticum*, colectado en la costa Atlántica de Marruecos, a base de biopolímero de alginato en HCl 1M y ambiente de decapado. Alcanzaron hasta 97% de eficiencia de inhibición y determinaron un mecanismo de cobertura superficial de monocapa, tipo Langmuir. Malyon *et al.* (2024), caracterizaron extractos de *Sargassum natans* y *Sargassum fluitans* recolectadas en 3 sitios de la Isla Guadalupe, en HCl 1M sobre muestras de acero. Los autores reportaron diferentes eficiencias de inhibición, que son asociadas al tipo de medio de extracción. Nikitasari *et al.* (2021), investigaron extractos de sargazo en Indonesia, obteniendo eficiencias mayores del 90% en un acero API 5L X52 en HCl 0.1M. Lambert *et al.* (2023) reportaron con un extracto de sargazo de 2 partes de la costa de la Isla Martinica con acero C38 en medio HCl 1M, eficiencias desde 74 a 83%, determinando un mecanismo de cobertura tipo Langmuir.

En este trabajo se obtuvieron extractos de sargazo, recolectados en Campeche, Golfo de México (*Sargassum fluitans*) y Tulum, en el Caribe de México (*Sargassum natans*), como propuesta de inhibidores de corrosión para ensayar un acero API 5L X52 en H₂SO₄ 0.1M. La eficiencia mayor a 90%, es prometedora para proceso de obtención y utilización de los extractos de sargazo, lo que implicaría un beneficio doble, al ocupar un producto que afecta el ambiente y usarlo como inhibidor de corrosión para limpieza y decapado de aceros de tubería de la industria petrolera.

Materiales y métodos

Colecta de sargazo, zonas de muestreo

Muestra A. (*Sargassum fluitans*). Littler y Littler (2000). Campeche Playa Bonita, Lerma (Golfo de México). Playa Bonita, ubicada en la localidad de Lerma, Campeche, se encuentra aproximadamente en las coordenadas 19°47'35" N (latitud norte) y 90°33'35" O (longitud oeste), sobre la costa del Golfo de México, al sur de la Ciudad de San Francisco de Campeche.

Muestra B. (*Sargassum natans*). Littler y Littler (2000). Tulum, bahía QROO (Caribe mexicano). Las coordenadas geográficas aproximadas de Tulum, Quintana Roo, en el Caribe mexicano, son **20°12'39" N 87°27'48" O**. Estas coordenadas sitúan al pueblo y la zona arqueológica en la costa este de la Península de Yucatán.

Preparación de muestras

Las muestras de sargazo recolectadas se colocaron en bolsas limpias, para proseguir con su lavado con el objetivo de eliminar cualquier otro componente que pudiera interferir. Posteriormente, se sometieron al secado a temperatura ambiente de tal manera que adquirieran las condiciones para su molienda y obtención del extracto de ambos sargazos. Finalmente, fueron guardadas en bolsas de cierre hermético. La **Figura 1** muestra el proceso de molido y el pesado de la cantidad obtenida.

Para la obtención de los extractos, se utilizaron tres sustancias conforme a su polaridad: 1) polar inorgánico (Agua, Ag); 2) polar orgánico (Metanol, Me) y 3) orgánico de polaridad intermedia (Acetona Ac). La finalidad fue disolver diferentes componentes de los sargazos para comparar su capacidad inhibidora. Para un gramo de sargazo (A o B respectivamente), se utilizaron 30 mL de cada sustancia, con posteriores filtrado y secado.

Las probetas de acero API 5L X52 con un área aproximada de 1 cm², fueron cortadas de una sección de tubería. Posteriormente, fueron embebidas en resina tipo epoxi de marca comercial y finalmente fueron tratadas superficialmente con lijas números 100, 200, 400 y 600.

Ensayos electroquímicos

La **Tabla 1** muestra la matriz de ensayos para la evaluación de la capacidad inhibidora de los extractos sobre un acero API 5L X52 en un medio ácido sulfúrico 0.5 M a temperatura ambiente, se realizaron ensayos a 2 muestras testigo y concentraciones de 10 ppm, 25 ppm y 50 ppm de cada inhibidor. Los ensayos electroquímicos fueron realizados en una celda convencional de 3 electrodos: calomel saturado como referencia, platino como contraelectrodo y acero API 5L X52 como electrodo de trabajo. La velocidad de corrosión se determinó mediante los barridos de las pruebas electroquímicas: resistencia a la polarización (Rp) con un intervalo desde -20 a +20 mV vs Ecorr; extrapolación de Tafel (ET) con un intervalo de -250 a 250 mV vs Ecorr y espectroscopía de impedancia electroquímica (EIE) con un intervalo de frecuencias de 100,000 a 0.01 Hz, con una señal de 10 mV de amplitud y 7 lecturas por década.

Resultados y discusión

Potencial de corrosión (Ecorr)

La **Figura 2** presenta los resultados de la medición de esta variable termodinámica para la serie del sargazo recolect-

Tabla 1. Matriz experimental

Sitio/Concentración (ppm)	0	10	25	50
Campeche (A)	Ecorr	Rp	ET	EIE
Tulum (B)	Ecorr	Rp	ET	EIE

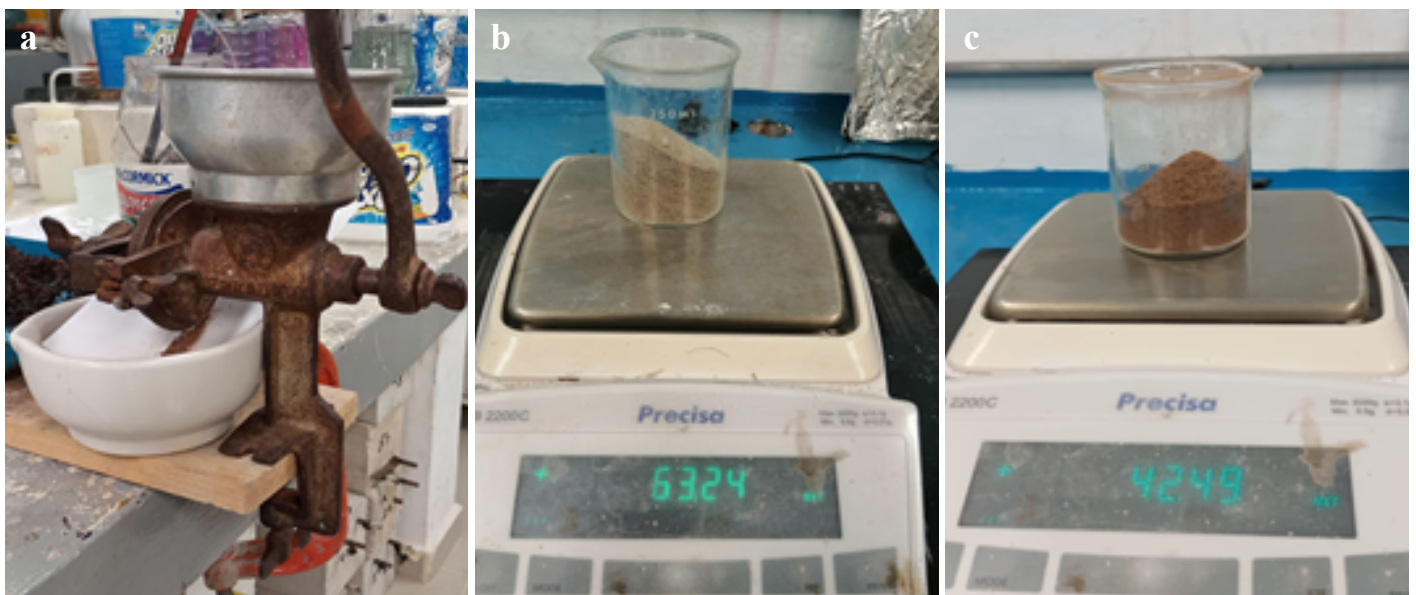


Figura 1. Proceso de molido y pesado. a) Extracción del sargazo b) y c) Cantidad de extractos obtenidos.

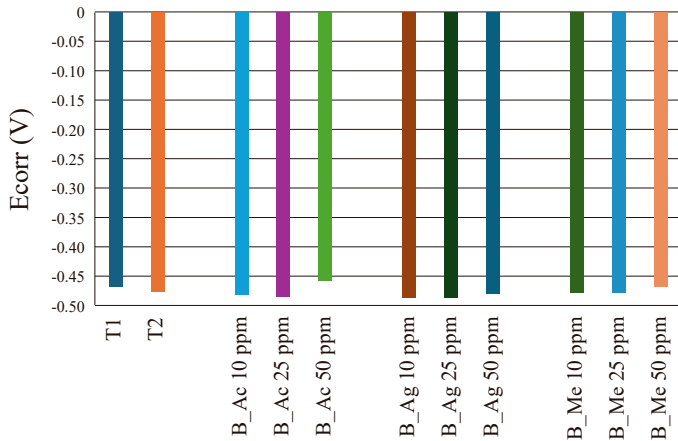


Figura 2. Potencial de corrosión, Ecorr, de muestras colectadas en Tulum.

ado en Tulum. Se advierte una ligera tendencia a desplazar el Ecorr a valores más negativos, en el intervalo de variación desde -0.440 a -0.492 V lo cual puede ser útil para aplicaciones donde se busca inhibir la corrosión sin alterar drásticamente las condiciones del entorno Nadi *et al.* (2019) y Meylon *et al.* (2024), obtuvieron valores de potencial en el mismo intervalo con disolución 1M de HCl; Nikitasari *et al.* (2000) reportaron valores ligeramente inferiores en disolución de HCl 0.1 M. Estos resultados indican que el Ecorr es similar para extractos de sargazo en medio ácido, independientemente del origen. Se observa la estabilidad del sistema en el medio ácido y la poca influencia que se induce por la adición de los extractos marinos.

Resistencia de polarización (Rp)

En la **Figura 3** se presenta el gráfico de Rp como función de

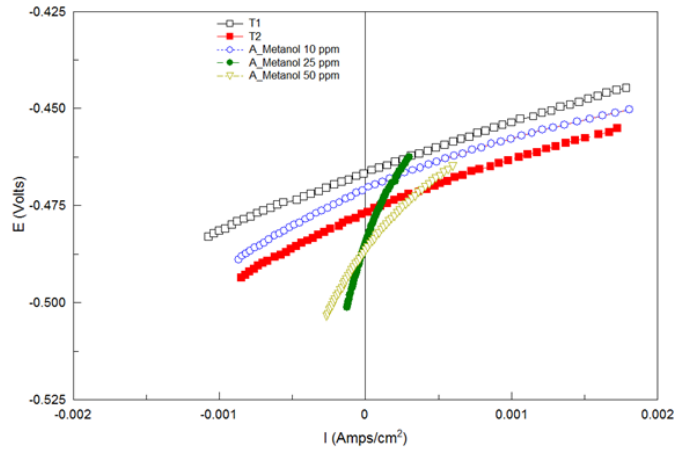


Figura 3. Resistencia de polarización, Rp, de una serie representativa a 3 diferentes concentraciones.

la concentración de inhibidor. En la mayoría de los casos, las muestras de extractos de sargazo presentaron valores de Rp má altos que la muestra de testigo (sin extracto), lo que sugiere una mayor resistencia a la corrosión. Sin embargo, no se observó una relación directa entre el lugar de la recolección de sargazo y la eficiencia inhibitoria de los extractos. En la **Figura 4**, se aprecia la disminución de la velocidad de corrosión al incrementar la concentración del inhibidor. De los barridos de Rp, se obtuvieron los resultados de la **Tabla 2**.

En la **Figura 4**, se aprecia una clara tendencia decreciente de la velocidad de corrosión conforme se incrementa la concentración de los (tres) extractos del sargazo. Este comportamiento es característico de inhibidores cuya eficiencia depende de la cobertura superficial que logran sobre el metal, sugiriendo un mecanismo de adsorción. La relación inversa entre concentración y velocidad de

Tabla 2. Velocidades de corrosión obtenidas por resistencia de polarización.

Concentración (ppm)	Lerma (A)		Tulum (B)	
	Código	i (A/cm²)	Código	i (A/cm²)
0	T1 (Blanco1)	0.00193	T1 (Blanco1)	0.00193
0	T2 (Blanco 2)	0.00169	T2 (Blanco 2)	0.00169
10	A_Ac 10 ppm	0.00114	B_Ac 10 ppm	0.00155
25	A_Ac 25 ppm	0.00091	B_Ac 25 ppm	0.0000903
50	A_Ac 50 ppm	0.000091	B_Ac 50 ppm	0.000058
10	A_Ag 10 ppm	0.00071	B_Ag 10 ppm	0.00162
25	A_Ag 25 ppm	0.00075	B_Ag 25 ppm	0.00128
50	A_Ag 50 ppm	0.00052	B_Ag 50 ppm	0.00127
10	A_Me 10 ppm	0.00172	B_Me 10 ppm	0.00106
25	A_Me 25 ppm	0.00026	B_Me 25 ppm	0.00142
50	A_Me 50 ppm	0.00054	B_Me 50 ppm	0.000058

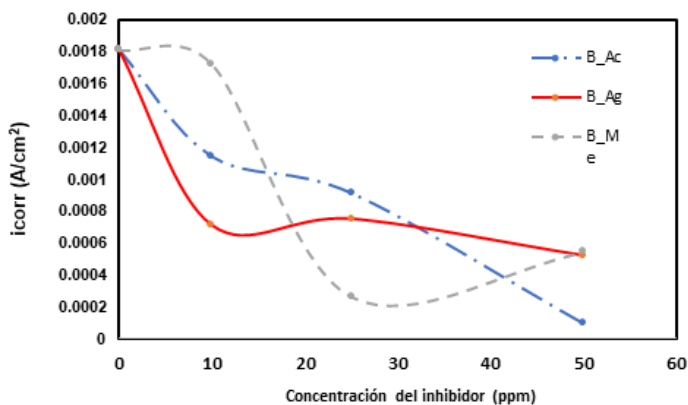


Figura 4. Velocidades de corrosión obtenidas por resistencia de polarización, R_p , de una serie representativa a 3 diferentes concentraciones.

corrosión refuerza la hipótesis de que los compuestos bioactivos presentes en los extractos de sargazo se adsorben sobre la superficie metálica, formando una barrera protectora que limita el acceso a los agentes corrosivos. Estos resultados respaldan el potencial del sargazo como fuente de inhibidores de corrosión de origen natural, cuya eficacia puede modularse a través del ajuste de su concentración. Asimismo, cuando se comparan las velocidades de corrosión en función de la concentración del inhibidor, los tres extractos del sargazo (extracto con agua, acetona y metanol) muestran patrones inhibitorios distintos: El extracto etanólico no reduce la velocidad de corrosión entre 0 y 10 ppm, pero tiene un fuerte efecto inhibitorio en el intervalo de concentración entre 10 y 25 ppm, sin embargo, a concentración superior la velocidad de corrosión aumenta sugiriendo posible saturación o desestabilización. El extracto acetónico, reduce la velocidad de corrosión desde concentraciones bajas (entre 0 y 10 ppm) mostrando una caída suave de la pendiente pero constante hasta registrar $icorr < 0.0002 \text{ A/cm}^2$ en 50 ppm de concentración, la más eficiente globalmente. El extracto acuoso, por otro lado, muestra una disminución en la velocidad de corrosión más rápida en el intervalo de 0 a 10 ppm, comparada con los extractos metanólico y de acetona, pero posteriormente se estabiliza en el intervalo entre 10 y 50 ppm.

Extrapolación de Tafel (ET).

Las curvas de polarización de la **Figura 5** mostraron disminución de la velocidad de corrosión de las muestras con el incremento de la concentración del inhibidor. Se observa que en algunos casos el efecto es en la región catódica y en otros en ambas regiones, tanto catódica como anódica. En los ensayos complementarios, no se manifiesta una tendencia clara entre el medio de extracción y el efecto de inhibición en la interfase del sistema. En la **Figura 6**, se aprecia la disminución de la velocidad de corrosión al

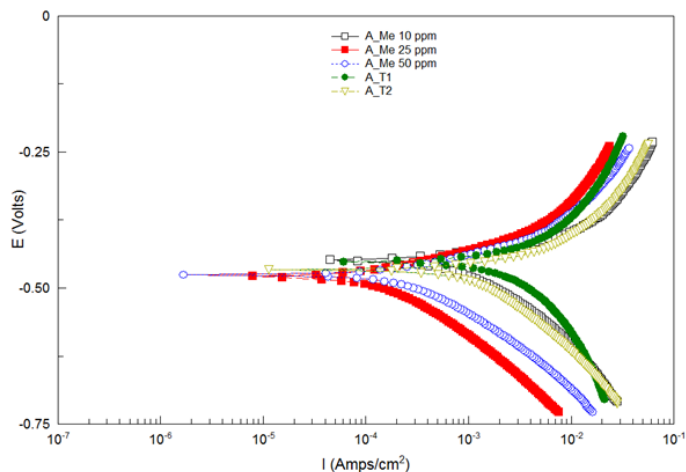


Figura 5. Curvas de polarización de Tafel, de una serie representativa a 3 diferentes concentraciones.

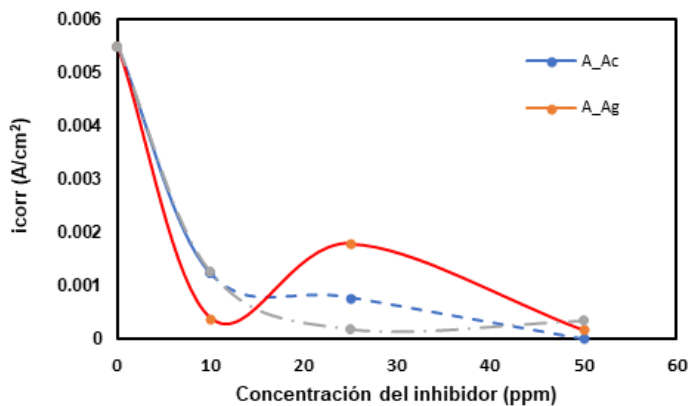


Figura 6. Velocidades de corrosión obtenidas por Curvas de polarización de Tafel, de una serie representativa a 3 diferentes concentraciones.

incrementar la concentración del inhibidor. De los barridos de extrapolación de Tafel, se obtuvieron los resultados de la **Tabla 3**.

Espectroscopía de impedancia electroquímica (EIE).

En la **Figura 7**, en diagramas de Nyquist se aprecia que los semicírculos son mayores en las muestras cuando se incrementa la concentración de los extractos. También se aprecia que en las bajas frecuencias tiende a formarse un semicírculo debajo del eje horizontal en los testigos lo cual es indicio de la reacción de generación de hidrógeno. En las diferentes concentraciones de inhibidor, es posible que el loop inductivo sea el efecto combinado de la reacción de hidrógeno con la adsorción superficial del inhibidor de los extractos ensayados. El incremento en el radio de los semicírculos de los diagramas de Nyquist indica mayor resistencia en la intercara disolución-acero, lo que reduce la velocidad de corrosión. De los barridos de espectroscopía de impedancia electroquímica, se obtuvieron los resultados de la **Tabla 4**.

Tabla 3. Velocidades de corrosión obtenidas por extrapolación de Tafel.

Concentración (ppm)	Lerma (A)		Tulum (B)	
	Código	i (A/cm ²)	Código	i (A/cm ²)
0	T1	0.00854	T1	0.00854
0	T2	0.00244	T2	0.00244
10	A_Ac 10 ppm	0.001232	B_Ac 10 ppm	0.001078
25	A_Ac 25 ppm	0.000785	B_Ac 25 ppm	0.0000191
50	A_Ac 50 ppm	0.0000202	B_Ac 50 ppm	0.000021
10	A_Ag 10 ppm	0.000394	B_Ag 10 ppm	0.001441
25	A_Ag 25 ppm	0.001794	B_Ag 25 ppm	0.001138
50	A_Ag 50 ppm	0.000187	B_Ag 50 ppm	0.000791
10	A_Me 10 ppm	0.001261	B_Me 10 ppm	0.0007204
25	A_Me 25 ppm	0.000195	B_Me 25 ppm	0.000794
50	A_Me 50 ppm	0.000351	B_Me 50 ppm	0.0000044

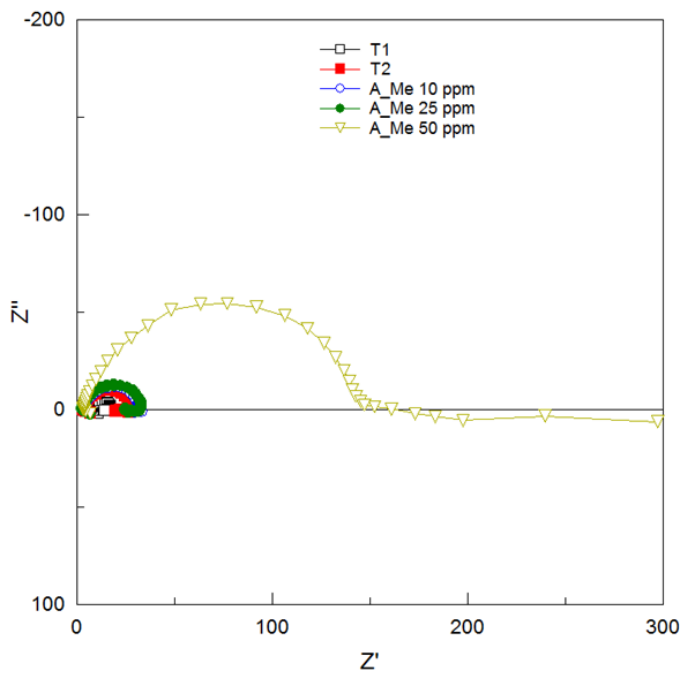


Figura 7. Espectroscopía de impedancia electroquímica, EIE, de una serie representativa a 3 diferentes concentraciones.

Eficiencia. El valor es obtenido a partir de los valores de velocidad de corrosión, mediante la ecuación:

$$Ef = \frac{icorr1 - icorr2}{icorr1} * 100$$

En la **Figura 9** se muestra la eficiencia inhibitoria (%) de los extractos de sargazo (Ag, Ac, Me) en 3 concentraciones diferentes. se confirma que el extracto de acetona alcanza la mayor eficiencia global (95%) a

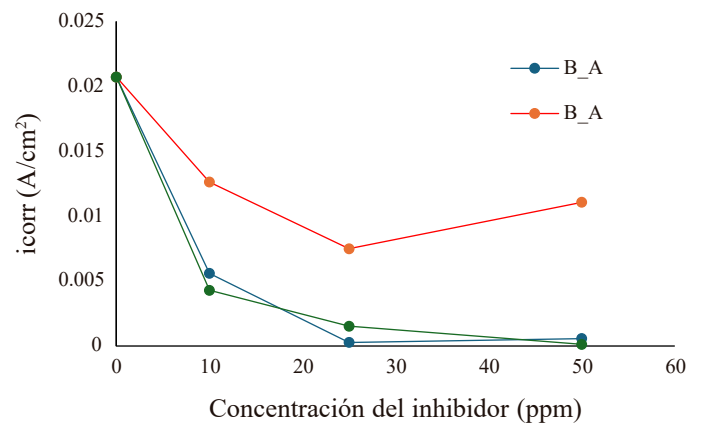


Figura 8. Curvas de polarización de Tafel, de una serie representativa para 3 diferentes concentraciones.

concentración de 50 ppm, mientras que el extracto acuoso actúa mejor a baja concentración (10 ppm); el extracto metonólico muestra un comportamiento no lineal con pérdida de eficacia a concentración alta (50 ppm). Es decir, se observa que la adición de los inhibidores incrementa la resistencia del sistema, lo cual demuestra su capacidad para funcionar como reductor de la velocidad de corrosión.

Conclusiones

Los resultados de los ensayos electroquímicos muestran que los extractos de sargazo tienen potencial capacidad como inhibidores de corrosión. Tanto en polarización de alto como bajo campo en corriente directa se observa que disminuye la velocidad de corrosión con la adición de extractos y su concentración. Con la señal en corriente

Tabla 4. Velocidades de corrosión obtenidas por espectroscopía de impedancia electroquímica.

Concentración (ppm)	Lerma (A)		Tulum (B)	
	Código	i (A/cm ²)	Código	i (A/cm ²)
0	T1	0.00183876	T1	0.00183876
0	T2	0.00123200	T2	0.00123200
10	A_Ac 10 ppm	0.00116749	B_Ac 10 ppm	0.0055914
25	A_Ac 25 ppm	0.00638821	B_Ac 25 ppm	0.00027446
50	A_Ac 50 ppm	0.00031707	B_Ac 50 ppm	0.00057433
10	A_Ag 10 ppm	0.01125541	B_Ag 10 ppm	0.01262136
25	A_Ag 25 ppm	0.0013000	B_Ag 25 ppm	0.0074928
50	A_Ag 50 ppm	0.00863787	B_Ag 50 ppm	0.01106383
10	A_Me 10 ppm	0.00790274	B_Me 10 ppm	0.00429043
25	A_Me 25 ppm	0.00369844	B_Me 25 ppm	0.00152672
50	A_Me 50 ppm	0.00393343	B_Me 50 ppm	0.00012683

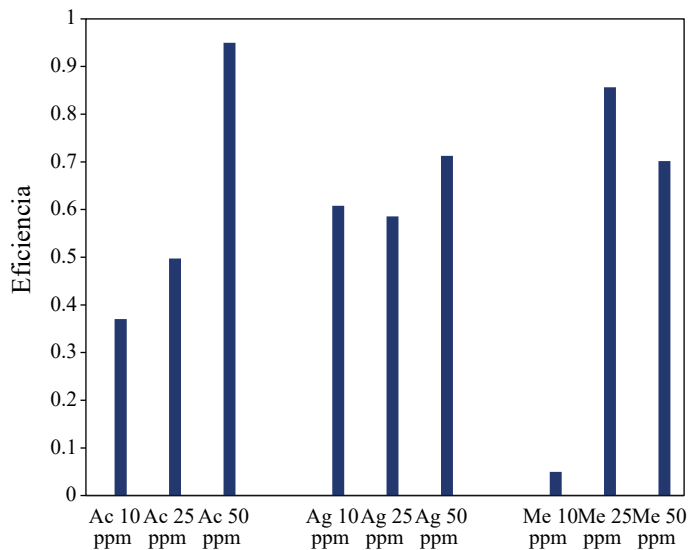


Figura 9. Eficiencia de inhibición de una serie representativa a 3 diferentes concentraciones.

alterna (EIE), también se observa la capacidad de inhibición de corrosión de las sustancias ensayadas. Se obtuvieron reducciones de velocidad de corrosión desde 0.00193 a 0.000058 (A/cm²) con 50 ppm de extracto de sargazo procedente de Tulum, utilizando como disolvente acetona. No se aprecia una tendencia clara por efecto del sitio de recolección del sargazo. Se observó que los extractos obtenidos con acetona mostraron mejor capacidad inhibidora, seguida del metanol y por último el agua. Esto es debido a que cada la naturaleza del disolvente extrae sustancias características afines a su estructura polar o no polar, afectando de diferente manera a la condición de la intercara electrolito-metal.

Agradecimientos

Los autores externan su gratitud a la Universidad Autónoma de Campeche por el apoyo otorgado para el desarrollo de esta investigación.

Referencias

- Aguirre Muñoz A (2019). El Sargazo en el caribe mexicano, la negación y el voluntarismo a la realidad.
- Ávila J, Genescá J (1987). Mas allá de la herrumbre, *México, Fondo de Cultura Económica*, p. 110.
- Bockris JM, Reddy AKN (2000). *Modern Electrochemistry 2B: Electrode Processes in Chemistry, Engineering, Biology and Environmental Science*, p. 561, 2nd Ed., Kluwer Academic/Plenum Publishers, N. Y.
- Chung I-M, Malathy R, Priyadharshini R, Hemapriya V, Kim S-H, Prabakaran M (2020) Inhibition of mild steel corrosion using Magnolia kobus extract in sulphuric acid medium. *Materials Today Communications* 25:101687. doi:10.1016/j.mtcomm.2020.101687
- Godínez LA, Meas Y, Ortega R, Corona A (2003). Los inhibidores de corrosión. *Revista de Metalurgia* 39149. <https://revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia/article/view/325/327>.
- Gómez-Pérez AY (2022). Evaluación de extractos naturales como inhibidores de corrosión para acero API 5L X52 en medio ácido, Tesis de Maestría en Ciencias de la Preservación de Materiales, Universidad Autónoma de Campeche, pp 98.
- González Rodríguez CA (2006). Comportamiento electroquímico de un inhibidor de corrosión tipo amina cuaternaria en agua de mar sintética. Tesis Maestría en Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, pp 102.

- Kadhim A, Betti N, Al-Bahrani HA, Al-Ghezi MKS, Gaaz T, Kadhum AH, Alamiery A (2021). A mini review on corrosion, inhibitors and mechanism types of mild steel inhibition in an acidic environment. *Int. J. Corros. Scale Inhib.* 10(3):861-884. doi:10.17675/2305-6894-2021-10-3-2.
- Kausalya Tamalmani H, Husin H (2020). Review on Corrosion Inhibitors for Oil and Gas Corrosion Issues. *Appl. Sci.* 10(10):3389. doi:10.3390/app10103389.
- Lambert P, Said-Ahmed M, Jama C, Lebrini M (2023). Molecules from *Sargassum algae* as green inhibitor for C38 in HCl medium: extraction, characterization and electrochemical study. *Coatings* 13:2076. doi:10.3390/coatings13122076.
- Littler DS, Mark Masterton Littler (2000). Caribbean Reef Plants. An Identification Guide to the Reef Plants of the Caribbean, Bahamas, Florida And Gulf of México. OFF SHORE GRAFICS, INC. PO. BOX 6139. WASHINGTON. D. C. 20044-5139. USA. The Ocean Conservancy.
- Maldonado Rivas PJ, García Ochoa EM, Corvo Pérez FE, Dzib Pérez LR, Pérez Lopez T, Chan Metelin L (2022). Evaluación del extracto etanólico de semillas de *Piscidia piscipula* (jabón) como inhibidor de la corrosión del acero al carbono en medio ácido. *South Florida Journal of Development* 3(5):6203-6208. doi:10.46932/sfjdv3n5-055.
- Melyon S, Reig Rodrigo P, Sénard M, Brelle L, Sylvestre M, Gaspard S, Valencia DP, Cebrian-Torrejon G (2024). Investigating the inhibitory effect of *Sargassum natans* and *Sargassum fluitans* extracts on iron corrosion in 1.00 mol L⁻¹ HCl solution. *Coatings* 14:1316. doi:10.3390/coatings14101316
- Nadi I, Belattmania Z, Sabour B, Reani A, Sahibed-dine A, Jama C, Bentiss F (2019). *Sargassum muticum* extract based on alginate biopolymer as a new efficient biological corrosion inhibitor for carbon steel in hydrochloric acid pickling environment: Gravimetric, electrochemical and surface studies. *International Journal of Biological Macromolecules* 141:137-149. doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.08.253
- Nikitasari A, Sundjono G, Royani A, Priyotomo G (2021). *Sargassum* seaweed extract as a novel green corrosion inhibitor for API-5L carbon steel. *International Journal of Corrosion and Scale Inhibition* 10:1689-1699. doi:10.17675/2305-6894-2021-10-4-20
- Rodríguez-Martínez RE, Quintana-Pali G, Trujano-Rivera KI, Herrera R, García-Rivas MdC, Ortiz A, Castañeda G, Maldonado G, Jordán-Dahlgren E (2021) *Sargassum* landings have not compromised nesting of loggerhead and green sea turtles in the Mexican Caribbean. *Journal of Environmental Management* 299:113614. doi:10.1016/j.jenvman.2021.113614
- Tejeda Benítez LP, Meza Castellar PJ, Altamiranda Percy ED, Berrocal Bravo MJ (2014). Uso de extractos de plantas como inhibidores de corrosión Plant extracts used as corrosion inhibitors. *Informador Técnico* 78(2):155-164.
- Torres Hernández JR, Del Angel Meraz E, Corvo Pérez EF (2023). *Tradescantia spathacea*: New green corrosion inhibitor for SAE 1010 steel in acid medium. *Int. J. Corros. Scale Inhib.* 12(1):61-83. doi:10.17675/2305-6894-2023-12-1-4.
- Wei H, Heidarshenas B, Zhou L, Hussain G, Li Q, Kostya O (2020). Green inhibitors for steel corrosion in acidic environment: state of art. *Materials Today Sustainability* 10:100094.
- Zakeri A, Bahmani E, Rouh Aghdam AS (2022). Plant extracts as sustainable and green corrosion inhibitors for protection of ferrous metals in corrosive media: A mini review. *Corrosion Communications* 5:25-38. doi:10.1016/j.corcom.2022.03.002.

Páginas web consultadas

<https://cartocritica.org.mx/2017/ductos/>

<https://www.worldcat.org/es/title/caribbean-reef-plants-an-identification-guide-to-thereef-plants-of-the-caribbean-bahamas-florida-and-gulf-of-mexico/oclc/475374358>