UJAT
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
"Estudio en la duda. Acción en la fe"

JEEOS

Journal of Energy, Engineering Optimization and Sustainability

2026



Vol. 10 Núm. 3 (2026)
Reserva de Derechos al Uso Exclusivo
No. 04-2026-050410175100-102. ISSN: 2448-8186

Esta revista está citada en:

Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal LATINDEX.http://www.1atindex.unam.mx/ JOURNAL OF ENERGY, ENGINEERING OPTIMIZATION AND SUSTAINABILITY, Vol 10, No. 3, Año 2026, es una publicación continúa editada por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Av. Universidad S/N, Zona de la Cultura, Col. Magisterial, C.P. 86040, Villahermosa, Tabasco, México. Tel. (+52) (933) 358 1500 Ext. 5040, https://revistajeeos.ujat.mx/JEEOS/es/, Email: jeeos@ujat.mx. Indizada en LATINDEX. Editora responsable: Laura Lorena Díaz Flores. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2026-050410175100-102, ISSN: 2448-8186, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Pauly González Mayo, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Av. Universidad S/N, Zona de la Cultura, Col. Magisterial, Centro, Tabasco. C.P. 86040. Fecha de última actualización, 15 de diciembre 2026.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution- NonCommercialShareAlike 4.0 International License.

JEEOS

UJAT
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
"Estudio en la duda. Acción en la fe"

Índice Vol. 10 Núm. 3 (2026)

Transformación material en la vivienda chontal, caso de estudio: Huimango, Cunduacán, Tabasco 1-12
Campos-de Dios P.C.[1*], Govea-Ek A.[1]

Inhibición de corrosión en acero API 5L-X52 mediante extracto etanólico de *Tradescantia spathacea Sw* 13-25
Estrada-Hernández G. V., Figueroa-Ramírez S.J.[*], Sierra-Grajeda J.M.T., Santis Espinosa L.F., Benavides O., De la Cruz-May L.

Efecto de las nanoparticulas metálicas sobre el crecimiento de la microalga *Coelastrella sp.* para la producción de biocombustible 26-37
Santis-Espinosa L.F[1*], Figueroa-Ramírez S.J.[1], Vargas-Estrada L.[2], López-Vidaña E.C.[3]

Influence of dopant material on a silicone polymer subjected to low-pressure air plasma treatments 38-52
Alarcón-Hernández F.B.[1]*, Fuentes-Albarrán M. del C.[1], Paredes-Olguín M.[2], Avelar-Domínguez F.[1], Gadea-Pacheco J.L.[1], Sandoval-González A.[3]

Cambio en la producción de potencia empleando Na_2SO_4 en el cátodo de una celda de combustible microbiana 53-60
Fuentes-Albarrán M. del C.[1]*, Alarcón-Hernández F.B.[1], Cornejo-Tapia C.P.[1], Sandoval-González A.[2]

Estudio exploratorio del contenido de etanol en la pulpa de la T*hevetia peruviana* (Pers.) K. Schum en Yucatán, México 61-79
Koh-Echeverría L.E.[1], Amado-Méndez K.[2], Díaz-Ballote, L.F.J.[2], Herrera-Zamora, D.M.[2]*

Determinación de carbohidratos por HPLC: comparación de detectores UV-Vis *vs* índice de refracción 80-93
Fernández-Orozco I.V.[1], Grijalva-Haro M.I.[2], Madrigal-Diaz S.C.[1], Ojeda-Morales M.E.[1], Díaz-Reyes C.C.[1], García-López S.[1], Juárez-Zirate S.J.[3]*

Efecto de un plasma pulsado de aire en las propiedades superficiales de caucho butílico 94-103
Alarcón-Hernández F.B.[1]*, Fuentes-Albarrán M. del C.[1], Garay-Galicia J.A.[1], Sandoval-Gonzáles A.[2]

Estudio del tiempo de fraguado en pastas de cemento con sustitución parcial por biocemento de ostión 104-116
Segundo-Díaz T. de J.[1], Mora-Ortiz R.S.[1]*, Díaz-Alvarado S.A.[1], Ramón-de los Santos C. [2]

Estudio teórico de un captador solar de aire con y sin material de cambio de fase 117-128
Álvarez-Alor B.[1*], Cruz-Valdez J. A. [2], Montalvo D. [3], López-Santos F.[1], Alvarado-Méndez P. E.[4], Zetina-Ríos I. I.[5].

Inhibición de corrosión en acero API 5L-X52 mediante extracto etanólico de *Tradescantia spathacea Sw*

Corrosion inhibition in API 5L-X52 steel using ethanolic extract of *Tradescantia spathacea Sw*

Estrada-Hernández G. V., Figueroa-Ramírez S.J.*, Sierra-Grajeda J.M.T., Santis Espinosa L.F., Benavides O., De La Cruz-May L.

Universidad Autónoma del Carmen, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Avenida Central S/N, Esq. con Fracc. Mundo Maya, C.P. 24115, Ciudad del Carmen, Campeche, México
*sfigueroa@pampano.unacar.mx

Artículo Científico
Publicado: 15 de diciembre 2026

RESUMEN

La corrosión interna de metales representa un problema crítico que genera pérdidas económicas significativas y compromete la seguridad de infraestructuras industriales a nivel mundial. Tradicionalmente, este fenómeno se ha combatido mediante inhibidores químicos sintéticos que, aunque efectivos, presentan alta toxicidad ambiental y riesgos para la salud. Ante esta problemática, la química verde ha impulsado la búsqueda de inhibidores naturales, capaces de ofrecer protección eficiente y sostenible frente a la corrosión.

En este contexto, el sureste de México posee una notable diversidad de flora con propiedades bioactivas de gran potencial. El presente estudio evaluó el extracto etanólico de hojas de *Tradescantia spathacea Sw*. (Maguey morado), recolectadas en la localidad de Nayarit Castellot, Champotón, Campeche. El extracto fue caracterizado mediante técnicas fitoquímicas y espectroscópicas, confirmándose la presencia de polifenoles y grupos funcionales de tipo fenólico mediante espectroscopía UV-Vis y espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), compuestos reconocidos por su actividad inhibidora de la corrosión. La eficiencia del extracto fue evaluada sobre acero API 5L-X52 en medio ácido, empleando técnicas gravimétricas y electroquímicas. Los resultados evidenciaron una eficiencia de inhibición máxima del 85% a una concentración de 800 ppm, demostrando su capacidad para reducir significativamente la corrosión en condiciones ácidas. Este trabajo destaca el potencial de la flora regional como fuente de inhibidores verdes, integrando sostenibilidad ambiental y eficiencia técnica con perspectivas de aplicación industrial.

Palabras clave: Corrosión, Inhibidor de corrosión, Extracto de planta, *Tradescantia spathacea Sw.*

ABSTRACT

The internal corrosion of metals represents a critical problem that generates significant economic losses and compromises the safety of industrial infrastructure worldwide. Traditionally, this phenomenon has been addressed using synthetic chemical inhibitors that, although effective, present high environmental toxicity and health risks. In response to this challenge, green chemistry

Registro ISSN 2448-8186
DOI:10.19136/Jeeos.a10n3.6699

has driven the search for natural inhibitors capable of offering efficient and sustainable corrosion protection. In this context, southeastern Mexico possesses remarkable flora diversity with bioactive properties of great potential. The present study evaluated the ethanolic extract of leaves of *Tradescantia spathacea Sw.* (Maguey morado), collected in the locality of Nayarit Castellot, Champotón, Campeche. The extract was characterized using phytochemical and spectroscopic techniques, confirming the presence of polyphenols and phenolic functional groups through UV-Vis spectroscopy and Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), compounds recognized for their corrosion inhibitory activity. The efficiency of the extract was evaluated on API 5L-X52 steel in an acid medium using gravimetric and electrochemical techniques. The results demonstrated a maximum inhibition efficiency of 85% at a concentration of 800 ppm, proving its capacity to significantly reduce corrosion under acidic conditions. This work highlights the potential of regional flora as a source of green inhibitors, integrating environmental sustainability and technical efficiency with prospects for industrial application.
Keywords: Corrosion, Corrosion inhibitor, Plant extract, *Tradescantia spathacea Sw*.

INTRODUCCIÓN

En la industria petrolera del sureste mexicano, el acero al carbono API 5L-X52 es ampliamente utilizado en oleoductos y tuberías. La corrosión interna y externa provocada por ambientes ácidos y salinos representa un problema muy significativo, que implica inversiones anuales de millones de dólares para su mitigación y pérdidas globales equivalentes al 3.4 % del producto interno bruto (PIB) mundial, de acuerdo con estimaciones a escala internacional [1]. Aunque la corrosión es un fenómeno inevitable, su control se logra empleando inhibidores sintéticos, los cuales son tóxicos y restringidos por normativas como ISO 14001.

En este sentido, los inhibidores verdes de origen vegetal han surgido como una alternativa sostenible [2], debido a su baja toxicidad, biocompatibilidad, menor costo y amplia disponibilidad regional, fomentando la innovación y el aprovechamiento de recursos nativos.

En México, el interés por los estudios fitoquímicos de plantas ha crecido en los últimos 20 años, destacando biomateriales de la familia *Commelinaceae*, como *Tradescantia spathacea Sw*. (maguey morado), cuyos compuestos fenólicos, flavonoides, cumarinas y quinonas se asocian con propiedades antioxidantes y diversas aplicaciones en medicina tradicional [3]–[6]. En particular, *Tradescantia spathacea Sw.* ha mostrado actividades antioxidantes, antiinflamatorias y antimicrobianas, y recientes investigaciones indican que tanto la extracción con etanol como la decocción son métodos eficientes para recuperar estos metabolitos bioactivos, obteniéndose extractos con alta actividad antioxidante medida mediante los métodos de captación del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH), poder reductor férrico (FRP) e inhibición de la quelación de iones ferrosos (FIC), con múltiples usos potenciales [7]. Estos antecedentes respaldan su evaluación como inhibidor verde de corrosión en aceros, en concordancia con las tendencias actuales hacia soluciones más ecológicas y sostenibles.

Registro ISSN 2448-8186
DOI:10.19136/Jeeos.a10n3.6699

En el presente trabajo se presenta la obtención y caracterización del extracto etanólico proveniente de hojas de *Tradescantia spathacea Sw* mediante pruebas fitoquímicas y técnicas espectroscópicas para la identificación de compuestos orgánicos. Asimismo, se evalúa el extracto etanólico como inhibidor verde de corrosión empleando acero API 5L-X52 en medio ácido mediante pérdida de peso y técnicas electroquímicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación del extracto. Las hojas de *Tradescantia spathacea Sw*. (**Figura 1**) fueron recolectadas en la localidad de Nayarit Castellot (Xnoha), perteneciente al Municipio de Champotón, Estado de Campeche, México. El sitio de recolección se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas 19° 13' 26" N (19.22386°) de latitud y 90° 14' 54" O (−90.24837°) de longitud. La recolección se llevó a cabo durante la temporada de primavera, periodo en el que las plantas presentan un desarrollo óptimo y una mayor concentración de metabolitos secundarios.

El muestreo se realizó de manera sistematizada y no probabilística, mediante la selección visual de hojas con base en criterios de calidad previamente establecidos, considerando coloración uniforme y característica de la especie, tamaño representativo y desarrollo completo, así como ausencia de daños visibles por exposición solar o ataque de insectos y otros agentes biológicos.



Figura 1. *Tradescantia spathacea Sw.*

El extracto etanólico se obtuvo mediante el método de maceración. Previo a la extracción, las hojas recolectadas fueron sometidas a un pretratamiento para garantizar la calidad del material vegetal: se lavaron con agua purificada para eliminar impurezas superficiales, polvo y residuos orgánicos; posteriormente se dejaron secar para eliminar el exceso de humedad y se introdujeron en un horno a temperatura controlada hasta obtener peso constante. Una vez secas, las hojas fueron trituradas hasta obtener un material particulado homogéneo.

Registro ISSN 2448-8186
DOI:10.19136/Jeeos.a10n3.6699

Se preparó una solución con 25 g de hojas secas de *Tradescantia spathacea Sw*. y 250 mL de etanol al 95% grado analítico (J.T. Baker), estableciendo una relación sólido-solvente de 1:10 (w/v). La mezcla se mantuvo a temperatura ambiente (25 °C) bajo agitación constante durante 72 h. Posteriormente, la mezcla fue filtrada y el extracto se concentró utilizando un rotavapor (Buchi, modelo R-215) a 70 °C y 65 rpm. Seguidamente, se preparó la solución patrón utilizando el extracto seco y una mezcla agua-etanol en relación 90:10 (v/v) [8]. A partir de esta solución, se prepararon las diferentes concentraciones del inhibidor (200–1000 ppm) en 0.5 M HCl.

Caracterización del extracto. Se realizaron pruebas fitoquímicas cualitativas para identificar los principales compuestos orgánicos presentes en el extracto. Se empleó la reacción de Shinoda, NaOH al 10% (Fermont), grenetina (Knox), $FeCl_3$ al 1% (J.T Baker), reacción con $Pb(CH_3COO)_2$ al 10% (Fermont) y prueba de altura de espuma [9].

El extracto etanólico se analizó mediante espectroscopía Ultravioleta-Visible (UV-Vis) utilizando un espectrofotómetro UV/Visible (Oxford, modelo PMI) en el intervalo de 200 a 800 nm con una velocidad de escaneo de 300 nm min^{-1}, y mediante espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) empleando un espectrofotómetro (Bruker, modelo Tensor I) con una resolución de 4 cm^{-1}, 32 escaneos en un rango de 500 a 4000 cm^{-1} utilizando un ATR con punta de diamante.

La eficiencia de inhibición y la velocidad de corrosión se evaluaron mediante la prueba de pérdida de peso y técnicas electroquímicas.

Siguiendo la metodología establecida en la norma ASTM G5–94, para la prueba de pérdida de peso se prepararon probetas de acero API 5L-X52, las cuales fueron desbastadas con lijas de carburo de silicio de grano 600, 800, 1000 y 1200.
Seguidamente, se limpiaron con agua desionizada y acetona. El medio corrosivo empleado fue 0.5 M HCl. Las probetas se expusieron tanto en ausencia como en presencia del inhibidor, en concentraciones de 200 a 1000 ppm, durante 3 h y 72 h a temperatura ambiente. La velocidad de corrosión se determinó mediante la Ecuación 1:

$$V = \mathrm{K}\frac{\Delta \mathrm{W}}{\mathrm{DAt}} \qquad (1)$$

Dónde: V es la velocidad de corrosión (mm $año^{-1}$), K es $8.76x10^4$, $\Delta \mathrm{W}$ es la diferencia de peso (antes y después del tratamiento (g), D es la densidad del material (g cm^{-3}), A es el área de exposición (cm^2) y t es el tiempo de exposición (h). El porcentaje de eficiencia del inhibidor (EI) se determinó se determinó mediante la Ecuación 2 [10]:

$$EI\% = \frac{Wo - Wi}{Wo} \times 100 \qquad (2)$$

Dónde: Wo y Wi son las velocidades de corrosión sin inhibidor y con inhibidor, respectivamente.

Registro ISSN 2448-8186
DOI:10.19136/Jeeos.a10n3.6699

En las pruebas electroquímicas se empleó la misma metodología para la preparación de las probetas. Se utilizó una celda electroquímica de tres electrodos: como electrodo de referencia se empleó un electrodo de calomel saturado Hg/Hg_2Cl_2 (SCE), como electrodo auxiliar una barra de grafito y como electrodo de trabajo las probetas de acero API 5L-X52 con área expuesta de 1.95 cm^2. El electrolito fue 0.5 M HCl, y se evaluaron las mismas concentraciones del inhibidor (200–1000 ppm).

Previo a la caracterización electroquímica se midió el potencial de circuito abierto (E_{OCP}) durante 30 min. Se aplicó la técnica de resistencia a la polarización (Rp) con un barrido de ±20 mV vs. E_{corr} a una velocidad de 0.125 mV s^{-1}. La eficiencia de inhibición se determinó mediante la Ecuación 3:

$$IE(\%) = \frac{RPL_{inh} - RPL_0}{RPL_{inh}} \times 100 \qquad (3)$$

dónde RPL_{inh} y RPL_0 son la resistencia a la polarización con y sin inhibidor, respectivamente.

Las curvas de polarización potenciodinámicas se realizaron a un barrido de potencial de ±500 mV vs E_{corr} (ΔE = 1000 mV) a la velocidad de barrido de 0.5 mV s^{-1}. La eficiencia de inhibición (IE) se determinó mediante la Ecuación 4:

$$IE(\%) = \left(\frac{I^0_{corr} - I^{inh}_{corr}}{I^0_{corr}}\right) \times 100 \qquad (4)$$

dónde I^0_{corr} y I^{inh}_{corr} son los valores de densidad de corriente de corrosión sin y con inhibidor, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de extracción. A partir de la masa del extracto seco y la masa inicial de las hojas empleadas, se determinó el porcentaje de rendimiento (%R), mediante la Ecuación 5:

$$\%\, R = \frac{P_s}{P_i} \times 100 \qquad (5)$$

Dónde: P_s es el peso de extracto seco (g) y P_i es el peso inicial de las hojas (g).

El rendimiento calculado fue del 26%, valor que puede atribuirse a la elevada polaridad del etanol, que favorece la extracción de compuestos bioactivos. Se ha reportado que el tipo de solvente y las mezclas hidrosolventes juegan un papel determinante en la extracción de compuestos activos de materiales vegetales [11]–[13]. El rendimiento obtenido es comparable con lo reportado en la literatura para extractos vegetales ricos en metabolitos secundarios como polifenoles y compuestos fenólicos [14][15].

Caracterización fitoquímica. En la **Tabla 1** se muestran los resultados de las pruebas fitoquímicas realizadas al extracto etanólico de *Tradescantia spathacea Sw*. Las pruebas confirmaron la presencia de flavonoides, taninos, compuestos fenólicos y la ausencia de saponinas. La reacción de

Registro ISSN 2448-8186
DOI:10.19136/Jeeos.a10n3.6699

Shinoda y la prueba con NaOH mostraron coloraciones características de flavonoides (flavonoles, flavonas, flavanonas, chalconas, auronas y xantonas), mientras que la prueba con grenetina confirmó la presencia de taninos. La prueba con $FeCl_3$ indicó derivados de ácido gálico y catecol, y la reacción con $Pb(CH_3COO)_2$ corroboró la presencia de compuestos fenólicos adicionales, incluyendo derivados del ácido cafeico. La prueba de espuma evidenció la ausencia de saponinas [16], [17].

Tabla 1 Pruebas fitoquímicas del extracto etanólico.

Pruebas Fitoquímicas	Resultados		Compuestos Orgánicos identificados
	Resultado	Indicador de presencia	
Reacción de Shinoda	Positivo (+)	Coloración rojo fuerte	Flavonoles, Flavonas, Flavononas, Chalconas, Auronas
Hidróxido de sodio al 10%	Positivo (+)	Coloración amarillo fuerte	Flavonoles, Flavonas, Chalconas, Xantonas
Grenetina	Positivo (+)	Coloración amarillo claro	Taninos
Cloruro férrico al 1%	Positivo (+)	Coloración azul fuerte	Derivados del ácido gálico o catecol
Reacción con acetato de plomo al 10%	Positivo (+)	Precipitado blanco	Taninos, flavonas, flavonoles o ácido cafeico
Prueba de altura de espuma	Negativo (–)	No se presentó la cualidad	Saponinas

La composición fitoquímica del extracto sugiere que los metabolitos secundarios presentes podrían interactuar con la superficie metálica mediante un mecanismo de adsorción. Los compuestos fenólicos y flavonoides contienen heteroátomos con pares de electrones libres —O, N y S— así como insaturaciones por dobles enlaces [18], cuya alta densidad electrónica interactúa con los orbitales d vacíos del metal, favoreciendo la formación de una película orgánica protectora sobre la superficie. Los inhibidores de corrosión más efectivos ejercen su acción inhibidora precisamente a través del mecanismo de adsorción [19], dado que poseen heteroátomos, sistemas de electrones π y anillos aromáticos que facilitan su enlace con los sitios activos del metal [20]. En consecuencia, la presencia confirmada de estos grupos funcionales en el extracto de Tradescantia spathacea Sw., evidenciada mediante los análisis fitoquímicos y espectroscópicos, respalda la propuesta del mecanismo de adsorción como responsable de la actividad inhibidora observada.

Caracterización espectroscópica. El extracto etanólico de *Tradescantia spathacea* se caracterizó mediante espectroscopía UV-Vis para detectar grupos cromóforos y espectroscopia FT-IR para identificar grupos funcionales.

Registro ISSN 2448-8186
DOI:10.19136/Jeeos.a10n3.6699

En la **Figura 2** se muestra el espectro UV-Vis del extracto etanólico de *Tradescantia spathacea Sw*. Se observa una banda de absorción máxima a 270 nm, característica de estructuras de tipo flavonoide y grupos fenólicos [21].

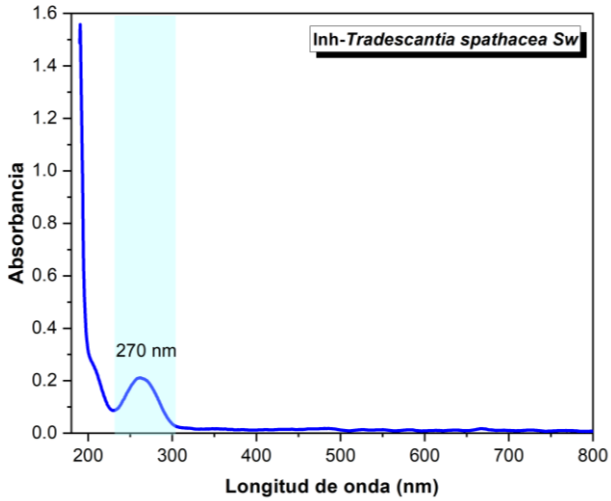


Figura 2 Espectro UV-Vis del extracto etanólico de la *Tradescantia spathacea Sw.*

En la **Figura 3** se presenta el espectro FTIR del extracto etanólico y se identifica una banda de absorción a 3344 cm^{-1} correspondiente al grupo hidroxilo (O-H), con ensanchamiento característico de enlaces por puente de hidrógeno, típico de alcoholes, fenoles y polifenoles (3600–3000 cm^{-1}). Las bandas entre 3000–2850 cm^{-1} corresponden al estiramiento C-H de los grupos metilo y metileno. Las bandas en el rango 1830–1650 cm^{-1} se asocian al grupo carbonilo (C=O). Las bandas a 1600 cm^{-1} y 1450 cm^{-1} corresponden al doble enlace C=C aromático, característico de flavonoides y cumarinas [22], [23].

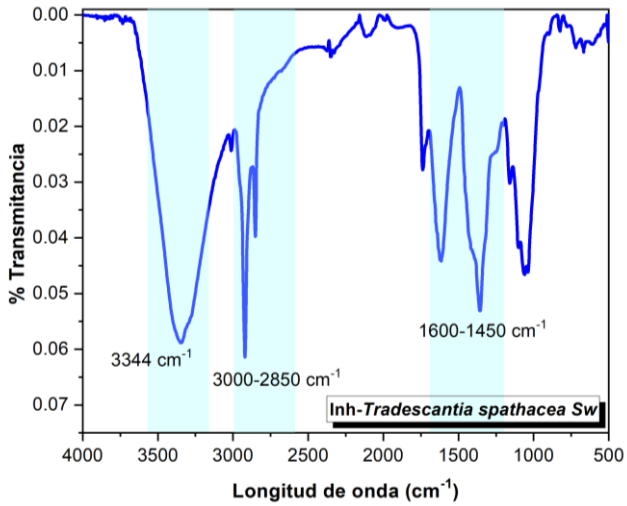


Figura 3. Espectro FTIR del extracto etanólico de la *Tradescantia spathacea Sw.*

Registro ISSN 2448-8186
DOI:10.19136/Jeeos.a10n3.6699

Evaluación mediante pérdida de peso. Se evaluó la velocidad de corrosión y la eficiencia del inhibidor para el acero API 5L-X52 en 0.5 M HCl, utilizando concentraciones del extracto de 0, 200, 400, 600, 800 y 1000 ppm, con tiempos de exposición de 3 h y 72 h.

La **Tabla 2** muestra los valores de velocidad de corrosión para las distintas concentraciones. En ausencia del inhibidor (0 ppm), la velocidad de corrosión aumenta con el tiempo de exposición, confirmando la susceptibilidad del material al medio ácido. Al incrementar la concentración del extracto, se observó una reducción gradual y consistente de la velocidad de corrosión en ambos tiempos de exposición, siendo la concentración de 800 ppm la que registró los menores valores.

Tabla 2. Valores de la velocidad de corrosión del acero API 5L-X52 mediante pérdida de peso.

Concentración del inhibidor (ppm)	Velocidad de corrosión (mm año^{-1})	
	Tiempo de exposición (h)	
	3	72
0	35.982	0.495
200	16.916	0.245
400	11.683	0.167
600	9.626	0.148
800	6.542	0.097
1000	13.085	0.171

La **Figura 4** muestra la eficiencia del inhibidor en función de la concentración y el tiempo de exposición. La eficiencia aumentó gradualmente al incrementar ambas variables, alcanzando un valor máximo del 82% a 800 ppm. Este comportamiento indica que el extracto etanólico de *Tradescantia spathacea Sw.* actúa como inhibidor efectivo contra la corrosión del acero API 5L-X52 en medio de HCl. Resultados similares han sido reportados para otros extractos vegetales ricos en compuestos fenólicos evaluados en condiciones ácidas comparables. [13],[14].

Evaluación del extracto etanólico mediante técnicas electroquímicas. En **la Figura 5** se presentan los resultados de resistencia a la polarización obtenidos para cada condición experimental. En la **Figura 6** se muestra la variación de la resistencia a la polarización y la eficiencia de inhibición en función de la concentración de acuerdo con la Ecuación 6, a medida que se incrementa la concentración del inhibidor, la resistencia aumenta, alcanzando una eficiencia máxima del 88% a 800 ppm.

$$IE(\%) = \frac{RPL_{inh} - RPL_0}{RPL_{inh}} \times 100 \qquad (6)$$

Donde RPL_{inh} y RPL_0 son la resistencia a la polarización con y sin inhibidor, respectivamente.

Registro ISSN 2448-8186
DOI:10.19136/Jeeos.a10n3.6699

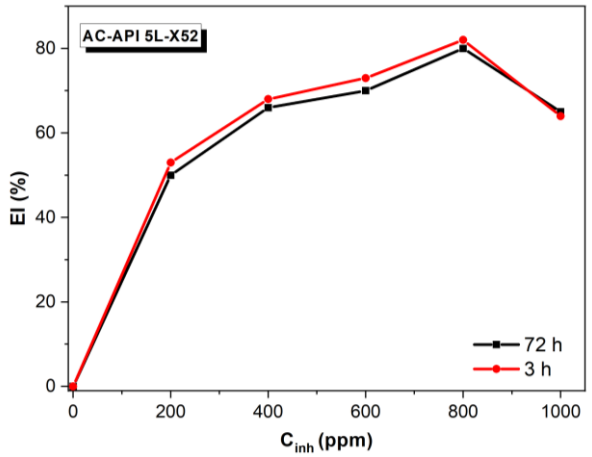


Figura 4. Valores de la eficiencia del inhibidor obtenido para las diferentes concentraciones (ppm) en función del tiempo de exposición.

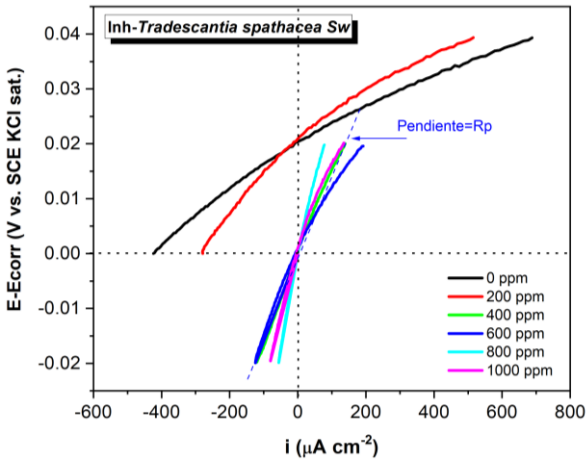


Figura 5. Gráfico Resistencia a la polarización del acero API 5L-X52 en 0.5 M HCl a diferentes concentraciones del inhibidor de *Tradescantia Spathacea Sw.*

Las curvas de polarización potenciodinámicas (**Figura 7**) muestran que el inhibidor desplaza el potencial de corrosión hacia valores más negativos y reduce las densidades de corriente anódica y catódica, con máxima protección a 800 ppm. A 1000 ppm, el incremento de corriente sugiere una saturación del efecto inhibidor.

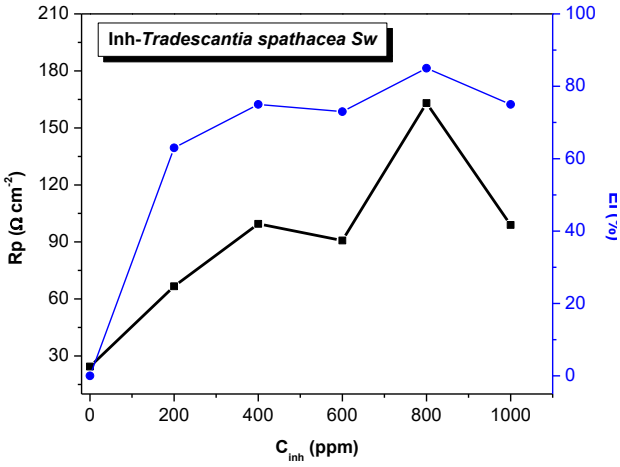


Figura 6 Variación de la resistencia a la polarización y eficiencia de inhibición a diferentes concentraciones.

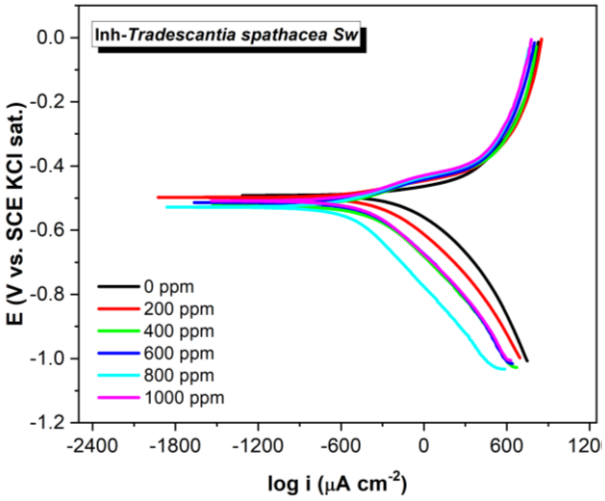


Figura 7. Curvas de polarización obtenidas sobre el acero API 5L-X52 empleado diferentes concentraciones del inhibidor en 0.5 M HCl a 0.5 mV s^{-1}.

En la **Tabla 3** se presentan los parámetros de E_{corr}, i_{corr} y Rp obtenidos. El aumento de Rp y la disminución de la densidad de corriente con mayores concentraciones confirman la reducción de la velocidad de corrosión. La máxima eficiencia (85%) se obtuvo a 800 ppm, mientras que

Registro ISSN 2448-8186
DOI:10.19136/Jeeos.a10n3.6699

concentraciones de 400–600 ppm mostraron un 74% de protección. A 1000 ppm la eficiencia disminuye, lo que sugiere saturación del inhibidor sobre la superficie metálica se calculó mediante la Ecuación 7 y Ecuación 8:

$$\%\ Eficiencia = \frac{i_{corr,blanco} - i_{corr,inh}}{i_{corr,blanco}} \quad (7)$$

$$\%\ Eficiencia = \frac{Rp_{inh} - Rp_{,blanco}}{Rp_{,inh}} \quad (8)$$

Tabla 3. Parámetros de corrosión obtenidos a partir de las curvas de polarización para el acero API 5L-X52 empleando diferentes concentraciones del inhibidor.

C_{inh} (ppm)	E_{corr}(V)	icorr (μA cm^{-2})	V_{corr} (mm $año^{-1}$)	EI (%)	Rp (cm^{-2})	EI (%)
0	-492.05	250.93	1.60	0	24.41	0
200	-495.59	111.27	0.72	55	66.67	63
400	-521.52	77.73	0.49	69	99.49	75
600	-513.66	78.79	0.50	69	90.77	73
800	-529.06	44.38	0.28	82	163.08	85
1000	-509.34	75.26	0.48	70	98.97	75

La eficiencia máxima de inhibición del 85% obtenida para el extracto etanólico de *Tradescantia spathacea Sw*., rico en polifenoles y compuestos fenólicos, a 800 ppm sobre acero API 5L-X52 en medio ácido, es consistente con lo reportado en la literatura. El extracto de hojas de *palma datilera*, con contenido fenólico, alcanzó 85% a 1000 ppm en acero de bajo carbono en medio ácido. El extracto etanólico de *Galium verum*, rico en polifenoles, reportó 91.82% a 400 ppm en acero dulce en medio ácido. Para acero API 5L, el extracto de *Aloe vera* con compuestos fenólicos alcanzó entre 83.75 y 88.60% a 300 mg L^{-1} en medio ácido. En conjunto, la eficiencia obtenida para *Tradescantia spathacea S*w. es competitiva respecto a otros inhibidores verdes de origen vegetal evaluados en condiciones similares [24]–[28].

CONCLUSIONES

Los resultados de las pruebas fitoquímicas mostraron la presencia de polifenoles en el extracto obtenido de las hojas de *Tradescantia spathacea Sw*., con un rendimiento del 26%.

La espectroscopía UV-Vis confirmó la presencia de grupos polifenólicos con estructuras de tipo flavonoide, y el análisis FTIR reveló la presencia de grupos funcionales característicos, principalmente el grupo hidroxilo (O-H) asociado a compuestos fenólicos.

La evaluación del extracto mediante el método gravimétrico mostró una eficiencia de inhibición del 85% con una velocidad de corrosión de 0.097 mm $año^{-1}$ para la concentración de 800 ppm.

Registro ISSN 2448-8186
DOI:10.19136/Jeeos.a10n3.6699

El inhibidor obtenido de *Tradescantia spathacea Sw*. se comporta como un inhibidor de tipo mixto, ya que su presencia sobre la superficie del electrodo disminuye la densidad de corriente tanto en la rama anódica como en la catódica de las curvas de polarización. Asimismo, presenta un efecto predominantemente catódico, evidenciado por el desplazamiento del potencial de corrosión hacia valores más negativos. La máxima eficiencia de inhibición (85%) se alcanzó a una concentración de 800 ppm.

Como líneas de investigación futura se propone determinar los parámetros termodinámicos de adsorción (ΔG°ads, ΔH°ads y ΔS°ads) mediante el ajuste de isotermas de adsorción a diferentes temperaturas, lo cual permitiría confirmar la espontaneidad del proceso y distinguir entre fisisorción y quimisorción, descartando otros mecanismos de protección. Adicionalmente, se sugiere realizar análisis superficiales mediante SEM-EDX y XPS para verificar directamente la formación de la película orgánica protectora sobre el acero API 5L-X52, así como estudios computacionales mediante DFT y dinámica molecular para identificar los sitios activos de los compuestos fenólicos responsables de la interacción con la superficie metálica.

REFERENCIAS

[1] G. Koch, J. Varney, N. Thompson, O. Moghissi, M. Gould y J. Payer, International Measures of Prevention, Application, and Economics of Corrosion Technologies Study. Houston, TX, SA: NACE International, 2016.

[2] H. Parangusan, M. H. Sliem, A. M. Abdullah, M. Elhaddad, N. Al-Thani y J. Bhadra, "Plant extract as green corrosion inhibitors for carbon steel substrate in different environments: A systematic review," Int. J. Electrochem. Sci., vol. 20, no. 4, Art. no. 100919, 2025, doi: 10.1016/j.ijoes.2024.100919.

[3] L. E. S. Lopes et al., "Neuroprotective effects of Tradescantia spathacea tea bioactives in Parkinson's disease: In vivo proof-of-concept," J. Tradit. Complement. Med., vol. 14, no. 4, pp. 435-445, 2024, doi: 10.1016/j.jtcme.2024.01.003.

[4] J. Cruz-Maldonado, J. R. Velázquez-Martínez, C. O. Pozo-Leyva, J. Guzmán-Ceferino, A. A. Ochoa-Flores y M. Aurora, "Extracto de Tradescantia spathacea como bioestimulante en el crecimiento y actividades biológicas de Lactobacillus acidophilus y Lacticaseibacillus rhamnosus," Ecosist. Recur. Agropec., vol. 12, no. 1, pp. 1-13, 2025, doi: 10.19136/era. a12n1.4452.

[5] T. Prajapati, A. Shukla y N. Modi, "Tradescantia spathacea Sw.: A review of its pharmacological and ethnopharmacological properties," Int. J. Res. Cult. Soc., pp. 52-56, 2020.

[6] M. Butnariu et al., "A review on Tradescantia: Phytochemical constituents, biological activities and health-promoting effects," Front. Biosci., vol. 27, no. 6, p. 15, 2022.

Registro ISSN 2448-8186
DOI:10.19136/Jeeos.a10n3.6699

[7] J. Ban, L. Tan y Y. M. Kwan, "The biological activities of the spiderworts (Tradescantia)," Food Chem., vol. 317, Art. no. 126411, 2020, doi: 10.1016/j.foodchem.2020.126411.

[8] B. R. Fazal, T. Becker, B. Kinsella y K. Lepkova, "A review of plant extracts as green corrosion inhibitors for CO_2 corrosion of carbon steel," npj Mater. Degrad., vol. 6, no. 1, p. 14, 2022, doi: 10.1038/s41529-021-00201-5.

[9] S. Sasidharan, Y. Chen, D. Saravanan y K. M. Sundram, "Extraction, isolation and characterization of bioactive compounds from plants' extracts," Afr. J. Tradit. Complement. Altern. Med., vol. 8, no. 1, pp. 1-10, 2011.

[10] O. Vergara, Inhibidores de corrosión eficientes a temperaturas por encima de la ambiente, tesis, Univ. Nacional de Colombia, 2018.

[11] I. El Mannoubi, "Impact of different solvents on extraction yield, phenolic composition, in vitro antioxidant and antibacterial activities of deseeded Opuntia stricta fruit," J. Umm Al-Qura Univ. Appl. Sci., vol. 9, no. 2, pp. 176-184, 2023, doi: 10.1007/s43994-023-00031-y.

[12] L. S. Mahdi, N. S. Obaid, M. S. Mahdi y H. Shakir, "Ultrasonic assisted extraction and antimicrobial activity of local Moringa oleifera leaves," Int. J. Med. Toxicol. Leg. Med., vol. 27, no. 5, pp. 437-442, 2024.

[13] C. Bitwell, S. Sen y C. Luke, "A review of modern and conventional extraction techniques and their applications for extracting phytochemicals from plants," Sci. Afr., vol. 19, Art. no. e01585, 2023, doi: 10.1016/j.sciaf.2023.e01585.

[14] N. V. Zagoskina et al., "Polyphenols in plants: Structure, biosynthesis, abiotic stress regulation, and practical applications (Review)," Int. J. Mol. Sci., vol. 24, pp. 2-25, 2023.

[15] N. Akomeng y S. Adusei, "Organic solvent extraction and spectrophotometric quantification of total phenolic content of soil," Heliyon, vol. 7, no. 11, Art. no. e08388, 2021, doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e08388.

[16] J. G. Umiljendić, M. Sarić-Krsmanović y L. Radivojević, "Phytochemical analysis of Asclepias syriaca L. leaf extract and its potential phytotoxic effect on some invasive weeds," Sci. Afr., vol. 15, pp. 1-14, 22025, doi 10.1038/s41598-025-90940-1.

[17] V. Sureshkumar, "Phytochemical screening and thin layer chromatography profiling of various extracts of Achyranthes aspera and Cissus quadrangularis," J. Phytopharmacol., vol. 10, no. 44, pp.225-229, 2021, doi: 10.31254/phyto.2021.10402.

[18] L. Chen y D. Lu, "Organic compounds as corrosion inhibitors for carbon steel in HCl solution: A comprehensive review," Materials, vol. 15, Art. no. 2023, 2023, doi: 10.3390/ma15062023.

[19] C. S. Proença, B. Serrano, J. Correia y M. E. Araujo, "Evaluation of tannins as potential green corrosion inhibitors of aluminium alloy used in aeronautical industry," Metals, vol. 12, no. 3, p. 508, 2022, doi: 10.3390/met12030508.

Registro ISSN 2448-8186
DOI:10.19136/Jeeos.a10n3.6699

[20] R. M. Bandeira et al., "The green plant-based corrosion inhibitors: A sustainable strategy for corrosion protection," Surf. Sci. Technol., vol. 3, p. 19, 2025, doi: 10.1007/s44251-025-00084-7.

[21] F. Guemari, S. E. Laouini, A. Rebiai, A. Bouafia y A. Barhoum, "UV-Visible spectroscopic technique as a reliable, fast, and cost-effective method for the prediction of total polyphenol contents: Validation in a bunch of medicinal plant extracts," Appl. Sci., vol. 12, p. 10, 2022.

[22] I. Shahzadi, S. Munawar, A. Shah, M. M. Shah y T. Ismail, "Antimicrobial potential of silver nanoparticles synthesized using Tradescantia pallida extract," Front. Bioeng. Biotechnol., vol. 10, pp. 1-13, 2022, doi: 10.3389/fbioe.2022.907551.

[23] T. K. Velayutham, J. Thomas, V. P. Raphael y K. Ragi, "Ixora coccinea extract as an efficient eco-friendly corrosion inhibitor in acidic media: Experimental and theoretical approach," Curr. Chem. Lett., vol. 9, pp. 1-12, 2021, doi: 10.5267/j.ccl.2020.12.001.

[24] A. Cojocaru, G. E. Badea, I. Maior, S. Dzitac, O. D. Stănășel y C. D. Ionaș, "Electrochemical investigations of Galium verum ethanolic extract as a steel corrosion eco-inhibitor in the acid media: An unexpected versatility of plant chemistry," Materials, vol. 18, no. 99, p.2078, 2025, doi: 10.3390/ma18092078.

[25] H. Lgaz y H. Lee, "Computational exploration of phenolic compounds in corrosion inhibition: A case study of hydroxytyrosol," Materials, vol. 16, p. 6159, 22023, doi 10.3390/ma16186159.

[26] A. A. Adamu, O. Risikat, A. Iyun y J. D. Habila, "Adsorption and thermodynamic studies of the corrosion inhibition effect of Desmodium adscendens (Swartz) extract on carbon steel in HCl," BMC Chem., vol. 19, p. 163, 2025, doi: 10.1186/s13065-025-01541-y.

[27] M. H. Samat y S. Yahya, "Experimental and theoretical studies on extract of date palm seed as a green anti-corrosion agent in hydrochloric acid solution," Molecules, vol. 26, p. 3535, 2021, doi: 10.3390/molecules26123535.

[28] M. Shahidi y M. R. Gholamhosseinzadeh, "Mentha spicata L. extract as a green corrosion inhibitor for carbon steel in HCl solution," Chem. Res., vol. 5, no. 2, p. 15, 2017, doi: 10.22036/pcr.2017.41160.

Registro ISSN 2448-8186
DOI:10.19136/Jeeos.a10n3.6699