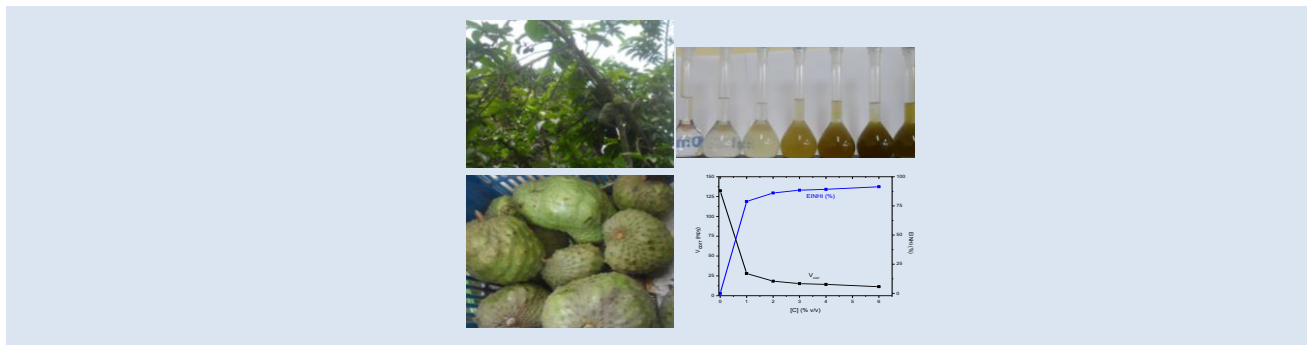


EVALUACIÓN DE LA INHIBICIÓN DE LA CORROSIÓN DEL ACERO EN MEDIO ÁCIDO USANDO EL EXTRACTO DE CÁSCARAS DE *ANNONA MURICATA L.*Abel Vergara^{1*}, Karin Paucar¹, Pedro Pizarro¹, Ronald Paucar¹, I. Silupú¹

1: Facultad de Ingeniería Química y Textil, Universidad Nacional de Ingeniería. Av. Túpac Amaru 210. Rimac, Lima, Perú.

*Correo Electrónico (autor de contacto): avergara@uni.edu.pe



RESUMEN

En este trabajo de investigación se reporta los resultados obtenidos de la evaluación del efecto inhibitor de la corrosión del extracto etanólico obtenido a partir de las cáscaras del fruto de la *Annona muricata L.* por medio de las técnicas gravimétrica (pérdida de peso), electroquímica (polarización potenciodinámica) y microscopía electrónica de barrido (MEB). Las pruebas se realizaron usando acero SAE 1008 en medio ácido (HCl 0,5M) en ausencia y presencia del inhibidor. El inhibidor se evaluó a cinco diferentes concentraciones de 1-6 % v/v. Los resultados preliminares obtenidos indican que con el incremento de la concentración del extracto inhibitor la velocidad de corrosión del acero disminuye y que la eficiencia de inhibición aumenta alcanzando valores próximos al 90%. Los resultados de pérdida de peso y electroquímicos muestran que su mecanismo de inhibición se debe a la adsorción de moléculas del inhibidor sobre el metal, la cual correlaciona con la isoterma de adsorción de Langmuir. El análisis superficial por MEB de las muestras de acero después de su inmersión en solución de HCl 0,5M en presencia del extracto inhibitor evidenció una mejora en su acabado superficial respecto al ataque en ausencia del mismo, confirmando así la capacidad inhibitor de la corrosión del extracto.

Palabras claves: inhibitor, cáscaras de *Annona muricata L.*, curvas de polarización, pérdida de peso.

EVALUATION OF THE CORROSION INHIBITION OF STEEL IN ACID MEDIUM USING THE EXTRACT OF *ANNONA MURICATA L.* PEELS

ABSTRACT

In this research the results of the evaluation of corrosion inhibition effect of an ethanolic extract obtained from the fruit peels of *Annona muricata L.* by means of gravimetric (weight loss) and electrochemical (potentiodynamic polarization) techniques and microscopy SEM are reported. The tests were performed using steel SAE 1008 in acid medium (HCl 0.5M) in absence and presence of the inhibitor. The corrosion inhibitor was tested in five different concentrations of 1-6% v/v. The results indicate that with the increase of the inhibitor extract concentration the corrosion rate of steel decreases and the inhibition efficiency increases reaching values close to 90%. All weight loss and electrochemical results show that their inhibition mechanism is due to the adsorption of inhibitor molecules on the metal, which followed a Langmuir adsorption isotherm. The SEM analysis of the steel samples after their immersion in HCl 0.5M solution in the presence of the inhibitor extract evidenced an improvement in their surface finish compared to the attack in their absence, confirming their ability to inhibit the corrosion of the extract.

Key words: inhibitor, peels of *Annona muricata L.*, polarization curves, weight loss.

1. INTRODUCCIÓN

Un método eficaz y económico para el control y prevención de la corrosión del acero en medio ácido es el uso de inhibidores [1]. Los extractos obtenidos a partir de diferentes partes de las plantas (hojas, frutos, semillas, cáscaras, etc.) han revelado su efecto inhibitorio de la corrosión debido a la presencia de compuestos fenólicos, flavonoides, alcaloides, taninos, etc.; en general, compuestos orgánicos de cadenas gobernadas con enlaces simples, dobles, triples, anillos aromáticos y heteroátomos como N, O y S, que pueden absorberse sobre el acero debido al enlace que puede resultar por su interacción con los electrones p y/o π así como con los electrones libres de los átomos donadores y que actuando como una especie barrera reduce su ataque por corrosión cuando es expuesto al medio ácido [2-5]. En particular, los extractos de las cáscaras de frutos de una variedad de plantas tales como mango, naranja, plátano, entre otros, han reportado aceptables propiedades inhibitorias de la corrosión del acero en soluciones ácidas [5-9]. Por ejemplo, Xue-Fan et al. [5] verificaron que el extracto obtenido a partir de la cáscara de granada en HCl 1M a una concentración de 500 mg/L alcanzó una eficiencia de 93% a 30°C mientras que Taleb et al. [8] reportaron una eficiencia de inhibición del 84% en HCl 2M a 25°C a 1000 ppm de concentración del extracto de las cáscaras de papa.

La *Annona muricata L.* es una planta que pertenece a la familia de la *Annonaceae*, los extractos obtenidos a partir de sus diferentes partes: hojas, cáscaras y semillas han reportado la presencia de metabolitos secundarios como: fenoles, alcaloides, flavonoides, taninos, entre otros, que les aportan actividad biológica, insecticida, antimicrobiana, anticorrosiva, etc. [10-14].

El presente trabajo es el primer reporte sobre la aplicación del extracto etanólico de las cáscaras del fruto de la *Annona muricata L.* como inhibidor de la corrosión del acero SAE 1008 en solución ácida de HCl 0,5M a diferentes concentraciones del extracto. La eficiencia de inhibición de la corrosión fue determinada por ensayos de pérdida de peso y polarización potenciodinámica. La morfología superficial fue examinada por microscopía electrónica de barrido (MEB).

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Obtención del extracto inhibitorio

Las cáscaras secas de *Annona muricata L.* fueron molidas y tamizadas hasta malla N°10 (2 mm). La extracción se obtuvo usando 30 g. de cáscaras en 100 mL de etanol absoluto, Merck p.a. usando agitación constante durante 2h y posterior filtración al vacío. El extracto así obtenido fue caracterizado a través de marcha fitoquímica [15,16] y medición del contenido de alcaloides [16] y flavonoides [17].

2.2 Electrodo de trabajo y solución de ensayo

Se utilizaron muestras rectangulares de un acero SAE 1008 (0,04% C, 0,01% Si, 0,18% Mn, 0,018% P, 0,007% S, 0,029% Al, 0,0008% B, resto % Fe), que previamente fueron tratadas mediante un desbaste sucesivo con papel abrasivo de mallas 80 a 1000, lavadas con agua destilada, limpiadas en ultrasonido con etanol y secadas antes de ser pesadas. Este tratamiento de las muestras de acero se utiliza tanto para el ensayo gravimétrico como para el ensayo electroquímico. La solución de ensayo HCl 0,5 M se preparó a partir de la dilución de HCl 37% p.a. y agua destilada.

2.3 Ensayos gravimétricos

La velocidad de corrosión de las muestras de acero SAE 1008 en HCl 0,5 M en ausencia y presencia del extracto etanólico de cáscaras de *Annona muricata L.* se determinó a temperatura ambiente a partir de la inmersión de muestras rectangulares de 40 x 10 x 2 mm en la solución corrosiva naturalmente aireada. Las muestras ya tratadas por desbaste fueron suspendidas en la solución de ensayo. Transcurrido el tiempo de inmersión de 2h, las muestras fueron retiradas y lavadas con agua destilada, etanol, secadas y pesadas. Los experimentos se realizaron por triplicado y con reproducibilidad. El rango de concentración del extracto etanólico de la planta *Annona muricata L.* empleado en la evaluación fue del 1 al 6 %v/v. Todos los ensayos se realizaron a temperatura ambiente (294 K). La concentración del inhibidor se expresó en %v/v, la eficiencia de inhibición η (%) y superficie cubierta (θ) se determinaron usando las siguientes relaciones [18,19]:

$$\eta = (\Delta m_0 - \Delta m_i) / \Delta m_0 \times 100 \quad (1)$$

Donde: Δm_0 y Δm_i son las pérdidas de masas entre el área de las muestras (cm^2) en ausencia y en

presencia del inhibidor, respectivamente.

$$\Theta = 1 - \Delta m_i / \Delta m_o \quad (2)$$

Para poder determinar la velocidad de corrosión en mpy (milésima de pulgada por año) se utilizó la siguiente relación:

$$\text{Velocidad de corrosión (mpy)} = K \Delta m A^{-1} T^{-1} D^{-1} \quad (3)$$

Donde:

Δm pérdida de masa en g

A área de la muestra en cm^2

T tiempo de inmersión en horas

D densidad del acero 7,86 g/cm^3

$$K = 3,45 \times 10^6$$

2.4 Ensayos electroquímicos

2.4.1. Curvas de polarización potenciodinámica

Las curvas de polarización potenciodinámica se realizaron usando una celda de tres electrodos. Esta celda consistió de una muestra de acero SAE 1008 previamente tratada como electrodo de trabajo, de una placa plana de platino como electrodo auxiliar y un electrodo de calomel saturado (SCE) como electrodo de referencia. Antes de polarizar la muestra, se realizó la medición del potencial del circuito abierto (OCP) del electrodo de trabajo, el cual fue registrado durante 1h. Las curvas de polarización se obtuvieron a partir de la polarización del electrodo de trabajo en el rango de -20 a +20 mV a una velocidad de barrido de 0,5 mV/s para determinar la resistencia a la polarización, R_p . Las curvas de polarización para el rango de -250 a +250 mV a una velocidad de barrido de 1 mV/s permitieron determinar las pendientes de tafel, potencial de corrosión (E_{corr}) y la densidad de corriente de corrosión (i_{corr}). Las curvas de polarización se obtuvieron usando un potencióstato AUTOLAB 302N. La eficiencia de inhibición η (%) se determinó usando las siguientes relaciones:

$$\eta (\%) = (i_{\text{corr } o} - i_{\text{corr } i}) / i_{\text{corr } o} \times 100 \quad (4)$$

Donde:

$i_{\text{corr } o}$ y $i_{\text{corr } i}$ son la densidad de corriente de corrosión en ausencia y en presencia del inhibidor, respectivamente.

2.5 Morfología superficial

Las muestras de acero SAE 1008 inmersas en solución HCl 0,5M en ausencia y presencia del extracto inhibidor a partir de las cáscaras de *Annona*

muricata L. por 2h a temperatura ambiente, fueron lavadas con agua, secados con etanol y almacenados en desecador hasta su evaluación. Las imágenes morfológicas superficiales fueron obtenidas usando un microscopio electrónico Carl Zeiss de barrido (MEB), EVO MA15 a 1500X, con detector de electrones retrodispersados sonda EDS.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Caracterización del extracto inhibidor

La marcha fitoquímica del extracto etanólico de las cáscaras de *Annona muricata* L. muestra la presencia de alcaloides, taninos, fenoles y flavonoides, mayoritariamente, ver Tabla 1. La determinación cuantitativa de algunos metabolitos identificados cualitativamente, se lista en la Tabla 2.

Tabla 1. Marcha Fitoquímica del extracto etanólico de cáscaras de *Annona muricata* L.

Ensayo	Extracto etanólico de cáscaras de <i>Annona muricata</i> L.
Alcaloides	
Reacción de Mayer	+
Reacción de Dragendorff	++
Reacción de Bouchardat	+
Reacción de Wagner	+
Reacción de Sonneschein	+
Reacción de Popoff	+
Taninos	+++
Fenoles	+++
Saponinas	-
Lactonas sesquiterpénica	+
Flavonoides	+++

(-) no se observa presencia del Metabolito, (+) baja evidencia, (++) evidencia, (+++) alta evidencia

Tabla 2. Cuantificación de metabolitos secundarios presentes en el extracto etanólico de la cáscaras de *Annona muricata* L.

Ensayos de cuantificación	Extracto etanólico de cáscaras de <i>Annona muricata</i> L.
Alcaloides (% lupanina)	2,0530
Flavonoides (mg quercetina/mL)	0,1545

La presencia de sistemas aromáticos con heteroátomos de N y O en el extracto etanólico de la cáscara de *Annona muricata L.* pueden contribuir sinérgicamente entre ellas en la protección contra la corrosión del acero en medio ácido debido a la adsorción de las moléculas del inhibidor en la superficie del acero [7,12,13,20-22].

3.2 Ensayos gravimétricos

Los estudios realizados por pérdida de peso del acero SAE 1008 en HCl 0,5M se realizaron en ausencia y en presencia del inhibidor obtenido del extracto etanólico de cáscaras de *Annona muricata L.* a diferentes concentraciones, del 1% al 6% v/v, para un tiempo de inmersión de 2h a temperatura ambiente. Los parámetros de corrosión obtenidos por los ensayos gravimétricos son mostrados en la Figura 1 y en la Tabla 3.

Con el incremento de la concentración del extracto etanólico de cáscaras de *Annona muricata L.*, la velocidad de corrosión disminuye mientras que la eficiencia aumenta con el incremento de la concentración del extracto inhibidor del 78,8% al 91,4%. Del 1% al 2% v/v la eficiencia aumenta significativamente mientras que del 2% al 6% v/v lo hace menos significativamente. La mayor eficiencia de inhibición fue alcanzada al 6% v/v.

Tabla 3. Parámetros de corrosión obtenidos a partir de la pérdida de masa del acero en HCl 0,5M a diferentes concentraciones del extracto inhibidor.

Conc. de extracto (%v/v)	V_{corr} (mpy)	Eficiencia de la inhibición η (%)	Superficie cubierta Θ
BLANCO	132,29	---	---
1	27,99	78,8	0,79
2	18,36	86,1	0,86
3	15,26	88,5	0,88
4	14,28	89,2	0,89
6	11,38	91,4	0,91

3.3 Curvas de polarización

En la Figura 2 se muestra las curvas de polarización del acero SAE 1008 en solución de HCl 0,5M en ausencia y presencia del extracto etanólico inhibidor a diferentes concentraciones del inhibidor a temperatura ambiente. Los parámetros cinéticos obtenidos a partir de las curvas de polarización potenciodinámica por el método de extrapolación de Tafel se presentan en la Tabla 4. Los valores de R_p obtenidos a partir de la resistencia a la polarización lineal así como la eficiencia de inhibición, η (%), obtenida a partir de los valores de la densidad de corriente de corrosión (i_{corr}) también se muestra en la Tabla 4.

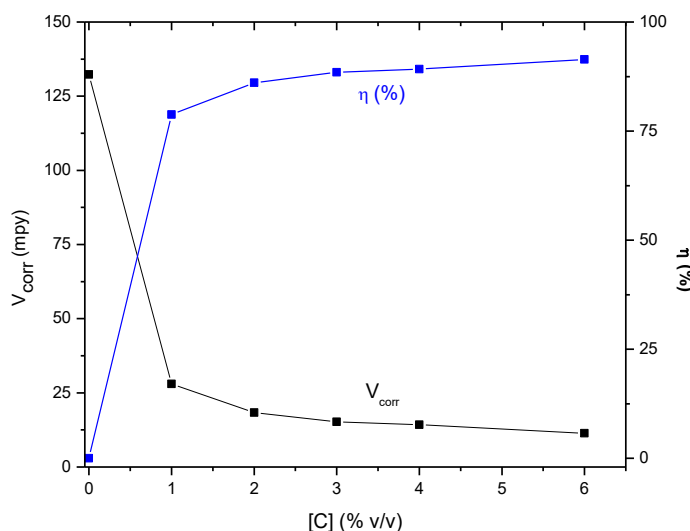


Figura 1. Dependencia de la velocidad de corrosión y la eficiencia de inhibición, η (%) con la concentración del extracto etanólico de cáscaras de *Annona muricata L.* sobre el acero SAE 1008 en HCl 0,5M a temperatura ambiente.

En las curvas de polarización anódica y catódica mostradas en la Figura 2, se puede observar que el incremento de la concentración del extracto inhibidor en la solución ácida, afecta ambas reacciones, anódica y catódica, producidas en la superficie del acero determinando un E_{corr} más negativo que la superficie no inhibida. Estas curvas de polarización muestran que la disolución anódica del acero se reduce y al mismo tiempo, la reacción catódica de evolución de hidrógeno, es retardada probablemente debido al bloqueo superficial que se produce debido a la adsorción de las moléculas del extracto inhibidor sobre la superficie del acero [18-20].

La presencia del extracto inhibidor reduce la velocidad de corrosión del acero sin modificar significativamente el aspecto de la curva de polarización respecto a aquella que no contiene el inhibidor. A partir de los resultados reportados en la Tabla 4, se puede establecer que los valores de E_{corr} del acero en HCl 0,5M en presencia del extracto inhibidor respecto a E_{corr} en ausencia del mismo, varían hacia la dirección más negativa con el incremento de la concentración del extracto inhibidor, alcanzando variaciones entre 22 - 34 mV; sin embargo, no se puede establecer una relación directamente proporcional entre el E_{corr} y el incremento de la concentración del inhibidor.

Tomando en cuenta que para la clasificación de un inhibidor [21], cuando la diferencia entre el E_{corr} en presencia y ausencia del inhibidor es mayor de 85 mV se le puede clasificar como inhibidor anódico o catódico, se puede establecer que el extracto inhibidor en estudio es del tipo mixto.

La densidad de corriente de corrosión (i_{corr}) disminuye apreciablemente con el incremento de la concentración del inhibidor probablemente debido al incremento en el porcentaje de área superficial bloqueada por la adsorción del inhibidor. Las pendientes β_a y β_c muestran también una variación con el incremento en la concentración del inhibidor, aunque la pendiente catódica se ve mucho más afectada que la anódica, con lo cual se presume de un mixto con características predominantemente catódica. La resistencia a la polarización (R_p) también se incrementa considerablemente con el aumento de la concentración del extracto inhibidor. De la eficiencia de inhibición calculada a partir de la densidad de corriente (Ecuación (4)) se tiene que la eficiencia aumenta con el incremento de la concentración del extracto inhibidor alcanzando un valor máximo de 91% al 6% v/v.

Los valores de eficiencia de inhibición obtenidos a partir de las curvas de polarización y reportados en la Tabla 4, muestran similar tendencia que los obtenidos en los ensayos gravimétricos.

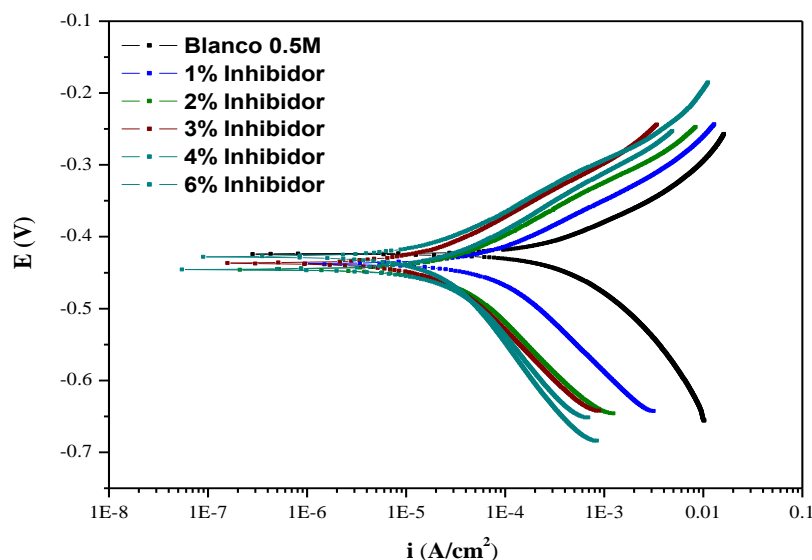


Figura 2. Curvas de polarización potenciodinámica del acero en HCl 0,5M en ausencia y presencia.

Tabla 4. Parámetros de la polarización potenciodinámica del acero en HCl 0,5M a diferentes concentraciones del extracto inhibidor.

Conc. de extracto %v/v	E_{corr} mV (SCE)	i_{corr} $\mu\text{A}/\text{cm}^2$	Pendientes de Tafel (mV/década)		R_p $\Omega \cdot \text{cm}^2$	η (%)
			β_a	β_c		
BLANCO (HCl 0,5M)	-415	225,50	66,2	-65,6	34,68	---
1	-438	59,30	71,9	-95,7	289,54	73,7
2	-446	26,00	77,4	-114,6	738,92	88,4
3	-437	25,06	77,8	-119,6	773,60	88,9
4	-446	23,60	83,7	-127,3	894,24	89,5
6	-449	18,56	92,6	-126,6	1204,89	91,8

3.4 Isoterma de adsorción

El uso de isotermas de adsorción en el estudio de la capacidad de inhibición de la corrosión de un inhibidor, es una herramienta muy usada para inferir sobre su mecanismo de inhibición. El tipo de isoterma de adsorción aporta información relevante sobre las propiedades de los componentes presentes en el extracto inhibidor. La capacidad de adsorción depende de la composición química, potencial, temperatura, etc. [22]. Los valores de superficie cubierta (Θ) a diferentes concentraciones del inhibidor son reportados en la Tabla 3. Según la isoterma de adsorción de Langmuir, Θ está relacionada con la constante de equilibrio de adsorción (K_{ads}) y la concentración (C) del inhibidor por la ecuación:

$$C/\Theta = 1/K_{\text{ads}} + C \quad (5)$$

La Figura 3 muestra la relación de C/Θ a diferentes concentraciones del extracto inhibidor, C , la cual da una línea recta con pendiente próxima a la unidad para las diferentes concentraciones del extracto inhibidor, sugiriendo que la adsorción del inhibidor a diferentes concentraciones está gobernada por la isoterma de adsorción de Langmuir con un valor de K_{ads} , de 18,52 L/g.

3.5 Morfología superficial

La Figura 4 muestra las imágenes de MEB de la superficie del acero SAE 1008 expuestas en HCl 0,5M en ausencia y en presencia de los extractos etanólicos de las cáscaras de *Annona muricata L.* Las imágenes de MEB muestran la reducción del deterioro superficial que experimentaron las muestras de acero en presencia del extracto,

confirmando la capacidad inhibidora de la corrosión de estos extractos frente al medio agresivo, el cual produjo un severo ataque del acero, evidenciado por una corrosión generalizada de aspecto rugoso en ausencia del inhibidor, ver Figura 4.

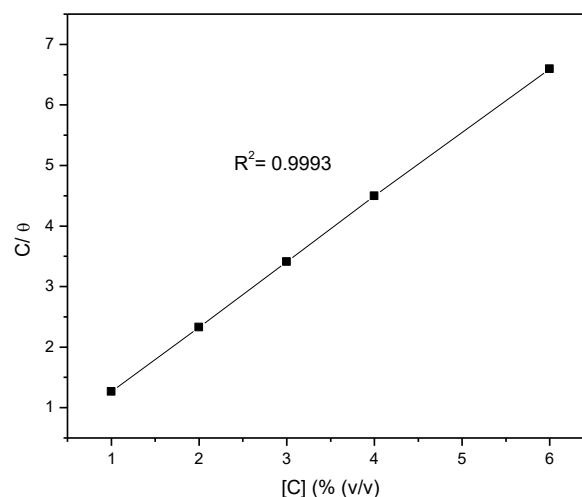


Figura 3. Isoterma de Langmuir para la adsorción de diferentes concentraciones del extracto etanólico de cáscaras de *Annona muricata L.* sobre el acero SAE 1008 en HCl 0,5M a temperatura ambiente.

4. CONCLUSIONES

El extracto etanólico de las cáscaras de *Annona muricata L.* presenta propiedades inhibidoras de la corrosión del acero en medio ácido, HCl 0,5M. Las curvas de polarización del extracto inhibidor indican que es un inhibidor del tipo mixto con características predominantemente catódico y que su eficiencia de inhibición aumenta con el incremento

de la concentración del extracto inhibidor alcanzando una eficiencia de 91% cuando la concentración es del 6% v/v lo cual guarda relación con los resultados obtenidos por pérdida de masa. La relación que se produce entre el área cubierta de metal con la concentración del inhibidor obedece a una isoterma de Langmuir, la cual describe que el área cubierta de metal por adsorción del inhibidor aumenta con el incremento de la concentración del inhibidor y que dicha adsorción es espontánea. La capacidad de inhibición de la corrosión del acero en medio ácido por acción del extracto inhibidor quedó evidenciada por las imágenes de MEB del acero, el cual redujo significativamente su ataque superficial.

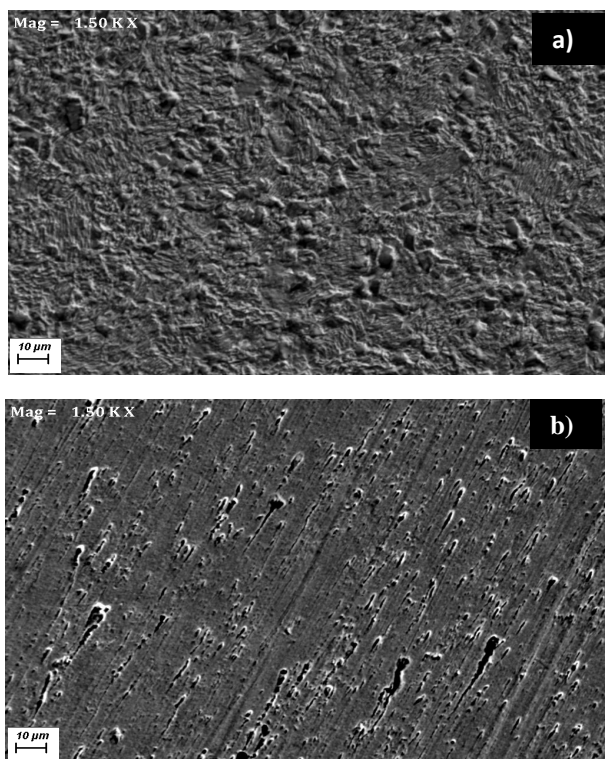


Figura 4. Imágenes de MEB del acero SAE 1008 en HCl 0,5M del ensayo de pérdida de peso, a) sin inhibidor y b) 6,0% v/v del extracto inhibidor de las cáscaras de *Annona muricata L.*

5. AGRADECIMIENTOS

A FINCYT por el apoyo económico brindado a través del proyecto de investigación 371-PNICP-PIAP-2014, al Laboratorio de Control Analítico de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNMSM por el apoyo brindado en la caracterización fitoquímica de los extractos y al INGEMMET por el apoyo brindado para la

obtención de las micrografías.

6. REFERENCIAS

- [1]. Hui J, Jingling S, “Environment Friendly Inhibitor for Mild Steel by Artemisia Halodendron”. En: Int. J. Electrochem. Sci. 2013, (8): 8592 – 8602.
- [2]. Raja P, Sethuraman, M, “Natural products as corrosion inhibitor for metals in corrosive media — A review”. En: Materials Letters, 2008, (62): 113–116.
- [3]. Ghulamullah K, Kazi Md, Wan J, Hapipah B, Fadhil L, Ghulam M, “Application of Natural Product Extracts as Green Corrosion Inhibitors for Metals and Alloys in Acid Pickling Processes- A review”. En: Int. J. Electrochem. Sci., 2015, 10: 6120 – 6134.
- [4]. Sangeetha M, Rajendran S, Muthumegala S, Krishnaveni A, “Green corrosion inhibitors-An Overview”. En: Zaštita Materijala, 2011.
- [5]. Xue-Fan G, Xia-Feng C, Chao C, Li Z, Yong-Ming Z, Jie Z, Gang C, “Anti-corrosion and Antibacteria Property of Modified Pomegranate Peel Extract”. En: Materials Science and Engineering, 2018.
- [6]. Cardozo da Rocha J, Da Cunha P, D’Elia E, “Aqueous Extracts of Mango and Orange Peel as Green Inhibitors for Carbon Steel in Hydrochloric Acid Solution”. En: Materials Research, 2014, (17), 1581-1587.
- [7]. Behrooz N, Ghaffarinejad A, Salahandish R, “Effect of Orange Peel Extract on the Corrosion of Mild Steel in 1 M HCl Solution”. En: 6th Conference on Thermal Power Plants, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran, 2016, p. 19-20.
- [8]. Taleb H, Chehade Y, Abou Zour M, “Corrosion Inhibition of Mild Steel using Potato Peel Extract in 2M HCl Solution”. En: Int. J. Electrochem. Sci., 2011, 6: 6542 - 6556
- [9]. Gunavathy N, Murugavel C, “Corrosion Inhibition Studies of Mild Steel in Acid Medium Using Musa Acuminata Fruit Peel Extract”. En: E-Journal of Chemistry, 2012, 9(1): 487-495
- [10]. Hincapié C, “Insecticidal activity of *Annona muricata* (Anonaceae) seed extracts on *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae)”. En: Rev. Colomb. Entomol, 2008, (34), 76-82.
- [11]. Abadie R., et al., “Actividad antibacteriana de extractos vegetales frente a cepas intrahospitalarias”. En: Revista ECI Perú, 2014, (11): 32-38.
- [12]. Rosaline J. et al, “A study on the phytochemical analysis and corrosion inhibitor on mild steel by

- Annona muricata L. leaves extract in 1N hydrochloric acid". En: Der Chemica Sinica, 2012, 3(3): 582-588.
- [13]. Iroha N, Chidiebere M, "Evaluation of the Inhibitive Effect of Annona Muricata.L. Leaves Extract on Low-Carbon Steel Corrosion in Acidic Media". En: International Journal of Materials and Chemistry, 2017, 7(3): 47-54
- [14]. Soheil Z, Mehran F, Sonia N, Gokula M, Hapipah M, Habsah A, "Annona muricata (Annonaceae): A review of its traditional uses, isolated acetogenins and biological activities". En International Journal of molecular sciences, 2015, 16: 15625-15658.
- [15]. Miranda M. Farmacognosia y Productos Naturales. Primera Edición. Cuba: Ed. Félix Varela. 2001.
- [16]. Lock de Ugaz O, "Investigación fitoquímica. Métodos en el estudio de productos naturales". En: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. 1994.
- [17]. Kostennikova ZA. "UV Spectrophotometric quantitative determination of flavonoid in calendula tincture". En: Farmatsiya, 1983, 33(6): 83-6.
- [18]. ASTM G1. Preparing, Cleaning, and evaluating corrosion test specimens. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia U.S.A. 2009.
- [19]. Desai P, "Eco-friendly inhibitors for Mild steel Corrosion in Hydrochloric Acid". En: Edit. Lap Lambert Academic Publishing. 2016.
- [20]. Vasudha V, Shanmuga P, "Polyalthia Longifolia as a Corrosion Inhibitor for Mild Steel in HCl Solution". En: Research Journal of Chemical Sciences, 2013, 3(1): 21-26
- [21]. Singh A, Ebenso E, Quraishi M, "Corrosion Inhibition of Carbon Steel in HCl Solution by Some Plant Extracts". En: Hindawi Publishing Corporation International Journal of Corrosion, 2012.
- [22]. Muhammad A., Samudra A., Estu R. "Corrosion Inhibitor of Carbon Steel from Onion Peel Extract". 2018, MATEC Web of Conferences, 156, Art. No. 03050.