

Inhibición de la corrosión de acero, zinc y cobre en soluciones de HCl usando jugo de sábila

Pech-Canul Máximo A.^{*}, González Dzul Carlos E.

Departamento de Física Aplicada, Cinvestav-Mérida, Km 6 ant. Carr. a Progreso, Ap 73
Cordemex, CP 97310, Mérida, Yuc., México.

^{*}e-mail: max@mda.cinvestav.mx

Se realizaron mediciones de impedancia electroquímica y curvas de polarización global para 3 metales (acero, cobre y zinc) después de 2h de inmersión en soluciones de HCl 1M con y sin un aditivo extraído del gel de la hoja de sábila. Basados en los valores de resistencia de polarización obtenidos con impedancia y en los valores de densidad de corriente de corrosión obtenidos por extrapolación de Tafel, se concluyó que el aditivo actúa como un buen inhibidor para acero y para zinc, pero no para el cobre. Las constantes de Tafel para los 3 metales en las soluciones de prueba fueron consistentes con los reportados en la literatura. En cuanto al modo de acción del aditivo, se observó que para acero y zinc actúa como un inhibidor mixto, mientras que para cobre actúa como un inhibidor anódico.

Palabras claves: acero, cobre, zinc, inhibidor, sábila.



1. Introducción

En muchos procesos de limpieza de metales en la industria se usan ácidos, y para controlar la corrosión de los mismos se agregan inhibidores de corrosión. Para hierro y acero en HCl generalmente se usan compuestos orgánicos conteniendo nitrógeno (tales como las alquilaminas) y los derivados del acetileno (tal como el alcohol propargílico) [1,2]; en el mismo medio se usan para el cobre derivados del benzotriazol ó algunos otros compuestos heterocíclicos como el 2-mercaptobenzotiazol [1,3] y para el zinc se usan derivados de la carbacida [4]. Ahora bien, los extractos de algunas plantas comunes contienen aminoácidos, alcaloides, pigmentos y taninos. Teniendo en cuenta que varios de estos componentes pueden tener una acción inhibidora para la corrosión se han reportado varios estudios en los que se emplean extractos naturales de diversas plantas para proteger a varios metales contra la corrosión en medio ácido [5-9]. El uso de tales sustancias ofrece ventajas en costo y son más aceptables ecológicamente que los inhibidores comerciales.

De las más de 360 especies de Aloe, el *Aloe Barbadensis* Miller (conocido también como *Aloe Vera* ó Sábila) es el que ha adquirido mayor importancia comercial en los últimos años debido al amplio uso que tiene en la elaboración de productos medicinales, alimenticios y cosmetológicos. La hoja de sábila contiene más de 200 constituyentes de diferentes pesos moleculares y se compone de 3 regiones morfológicamente distintas: la corteza exterior, el gel que se encuentra en el centro y el jugo (ó exudado) que transporta fluidos y que se encuentra entre la corteza y el gel. En particular el gel se compone principalmente de carbohidratos, aminoácidos (ácido aspártico, ácido glutámico, alanina, glicina, metionina, leucina, etc.), proteínas y ácidos orgánicos [10-12]. En este trabajo se usa un gel extraído de la hoja de sábila producida en la región de Yucatán y se estudia su acción inhibidora para tres metales de uso común (acero, zinc y cobre).

2. Condiciones experimentales

Los metales usados en este estudio fueron acero al carbón grado comercial, cobre puro (Goodfellow) y zinc puro (Goodfellow). Una barrita cilíndrica de cada uno fue embebida en resina epóxica dejando una cara circular expuesta (de 0.7854 cm² para el acero, 0.5026 cm² para zinc y 0.1963 cm² para el cobre) para ser usada como electrodo de

trabajo. Previo a cada experimento los electrodos fueron lijados hasta el acabado de lija 1200, desengrasados y enjuagados con agua destilada.

Las soluciones de prueba consistieron de HCl 1M en ausencia (solución blanco) y en presencia de un aditivo extraído del gel de la hoja de sábila. Primero se separó el gel de hojas frescas de sábila y luego se procedió a licuarlo y filtrarlo. El jugo resultante se agregó como aditivo al ácido en varias concentraciones que iban desde un 2% hasta un 50% en volumen. Aquí se presenta los resultados obtenidos con las dos concentraciones extremas.

Para las pruebas electroquímicas se usó un sistema de tres electrodos, consistiendo del electrodo de trabajo, una malla de platino como contra electrodo y un electrodo saturado de calomel como electrodo de referencia. En cada prueba se esperaba 2 horas para que el potencial de corrosión se estabilice (en condiciones normales de aireación) y a continuación se hacía la medición de impedancia electroquímica usando una señal senoidal de potencial de 10 mV de amplitud en un rango de frecuencias entre 5 KHz y 0.05 Hz tomando 5 puntos por década. Al terminar la medición de impedancia se procedía a obtener la curva de polarización global con una velocidad de barrido de 1 mV/s, empezando en el lado catódico. Los rangos de potencial fueron diferentes, dependiendo del metal usado (ver Figuras 1, 3 y 5).

3. Resultados y discusión.

3.1 Acero

La Figura 1 muestra las curvas de polarización global del acero en las soluciones de prueba. Es evidente que el aditivo produce una disminución en la velocidad de corrosión, actuando como un inhibidor de tipo mixto.

Tabla 1 Parámetros de polarización para acero en 1M HCl con y sin adición del gel de sábila

	b_a (mV/decada)	b_c (mV/decada)	i_{corr} ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	ξ (%)
Blanco	77	-88	157	
B+ 2% V aditivo	83	-97	133.2	15.2
B+ 50% V aditivo	91	-120	71.3	54.6

De la extrapolación de Tafel se obtuvieron las pendientes de Tafel y las densidades de corriente de corrosión reportadas en la Tabla 1. La eficiencia de inhibición ξ se obtuvo mediante la siguiente formula:

$$\xi = \left(1 - \frac{i_{corr}^I}{i_{corr}^B}\right) \times 100 \quad (1)$$

donde i_{corr}^B y i_{corr}^I son las densidades de corriente de corrosión en la solución blanco y con inhibidor, respectivamente. En presencia del gel de la hoja de sábila ocurren dos cosas: a) el valor de ambas pendientes de Tafel se incrementa al aumentar la concentración de aditivo, lo cual concuerda con lo observado por Saleh y colaboradores para acero en una solución 5% de HCl conteniendo *Aloe Eru* [5] y b) los valores de la corriente de corrosión disminuye con respecto a la del blanco, lo cuál está en buen acuerdo con un aumento en la resistencia de transferencia de carga R_{ct} obtenido a partir de los diagramas de impedancia de la Figura 2 (ver los valores de R_{ct} al pie de la figura).

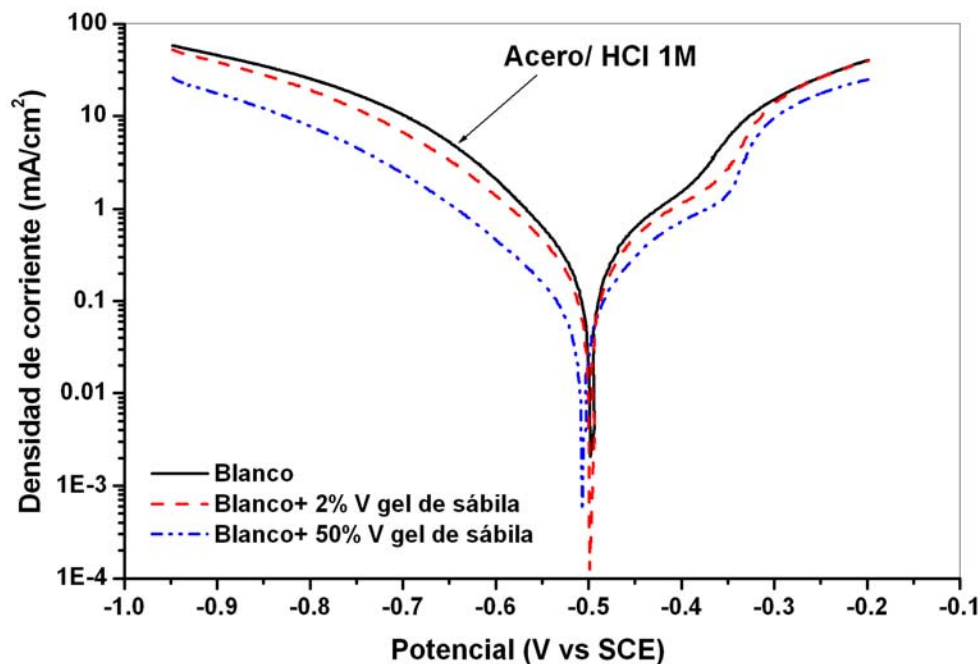


Figura 1. Efecto de la adición de gel de sábila sobre las curvas de polarización de acero en HCl 1M

La mejor eficiencia de inhibición obtenida es de aproximadamente un 55%, indicando que el gel de sábila no es tan buen inhibidor para el acero en HCl 1M. Es

interesante observar que el gel contiene aminoácidos [10-12] y algunos de éstos han sido probados como buenos inhibidores para acero en soluciones de HCl. Tal es el caso de la metionina que fue estudiada por O.K. Abiola [13] y de la alanina, glicina y leucina que fueron estudiadas por Ashassi-Sorkhabi y colaboradores [14]. El grupo de N. Hackerman [15] también hizo pruebas con aminoácidos y llegaron a la conclusión que de los 22 que probaron algunos de ellos actúan como inhibidores y otros como aceleradores de la corrosión. De aquí se podría decir que probablemente la eficiencia de inhibición con el gel de la hoja de sábila pueda mejorar si se hacen extractos conteniendo a los aminoácidos que mejor actúan como inhibidores y aislando a los que son aceleradores de la corrosión.

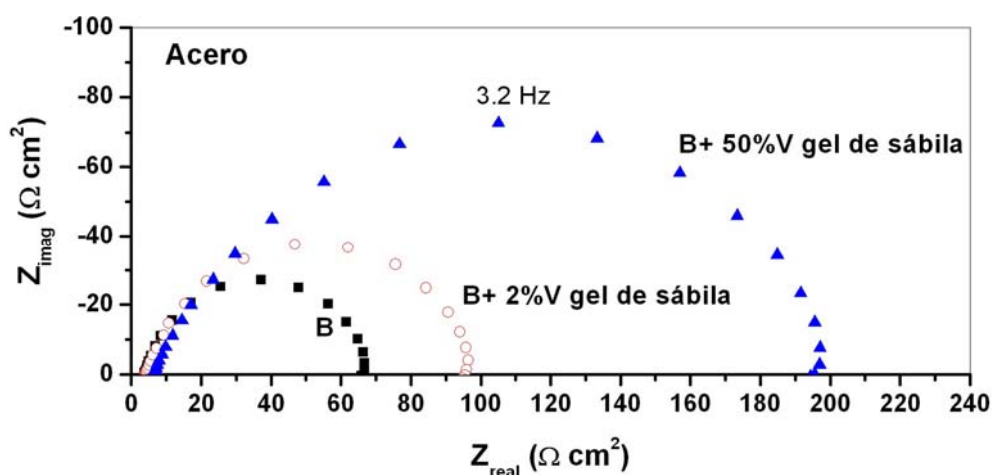


Figura 2. Respuesta de impedancia electroquímica en el potencial de corrosión para acero en HCl 1M conteniendo: 0%, 2% y 50% V del aditivo. Los valores de R_c son, respectivamente: $62.8 \Omega\text{-cm}^2$, $92.5 \Omega\text{-cm}^2$ y $190.3 \Omega\text{-cm}^2$.

3.2 Cobre

La Figura 3 muestra las curvas de polarización global para cobre en las 3 soluciones de prueba. Se observa que el aditivo modifica la cinética de la reacción anódica principalmente. Los valores de la densidad de corriente de corrosión obtenidos por extrapolación de Tafel (y reportados en la Tabla 2) muestran que es muy poca la disminución en i_{corr} debida a la presencia del aditivo, y en el mejor caso la eficiencia de inhibición es de un 23%. Los diagramas de impedancia obtenidos en el rango de

frecuencias de 5 KHz a 0.05Hz muestran una respuesta similar del cobre en las 3 soluciones.

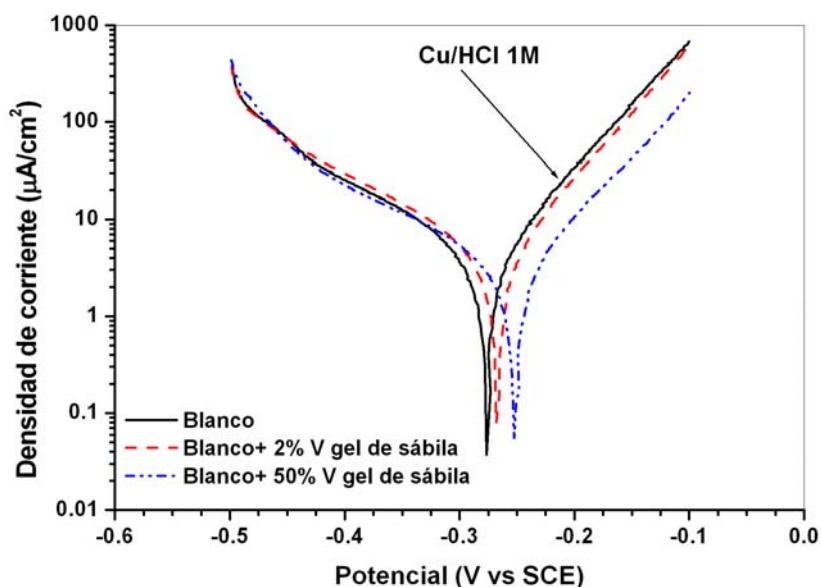


Figura 3. Efecto de la adición de gel de sábila sobre las curvas de polarización de cobre en HCl 1M

Tabla 2 Parámetros de polarización para cobre en 1M HCl con y sin adición del gel de sábila

	b_a (mV/decada)	b_c (mV/decada)	i_{corr} ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	ξ (%)
Blanco	72	-116	2.98	
B+ 2% V aditivo	71	-114	2.9	2.7
B+ 50% V aditivo	77	-135	2.29	23.1

Aparentemente el gel de la hoja de sábila no es muy efectivo para reducir la velocidad de corrosión del cobre en HCl 1M. En un estudio reciente [16] se reportó el efecto de 2 aminoácidos (alanina y cisteína) sobre la corrosión del cobre en una solución de HCl 0.5M, mostrando que agregados en una concentración de 10^{-5} M la alanina y cisteína proporcionan eficiencias de inhibición del 43 y del 59%, respectivamente. Además se reportó que ambos actúan como inhibidores anódicos. La alanina forma parte de los

aproximadamente 20 aminoácidos encontrados en el gel de la hoja de sábila [11,12] y probablemente es responsable del efecto de inhibición anódica observado con el aditivo, sin embargo es de los que están en menor proporción. Entonces, una posible explicación de las bajas eficiencias de inhibición observadas para el cobre (Tabla 2) es que los componentes activos para la inhibición están en muy baja concentración.

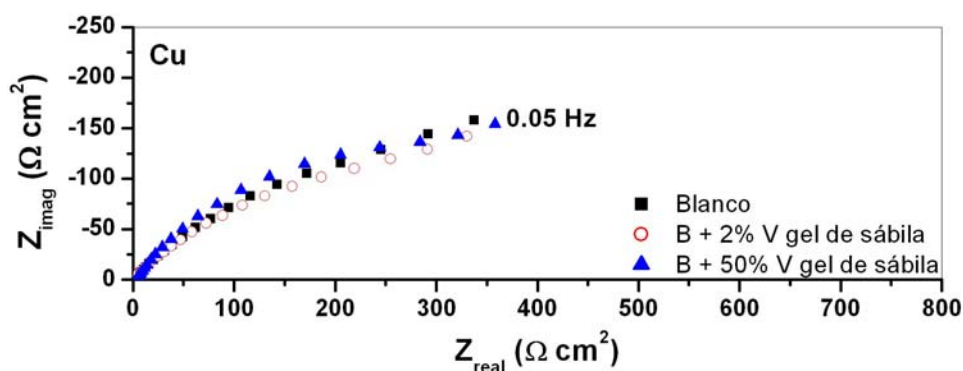


Figura 4. Respuesta de impedancia electroquímica en el potencial de corrosión para cobre en HCl 1M con y sin aditivo.

3.3 Zinc

La Figura 5 muestra las curvas de polarización globales para zinc en las soluciones de prueba. Es evidente que el gel actúa como un inhibidor mixto, puesto que se reducen las corrientes parciales de ambas reacciones.

En la Tabla 3 se presentan los resultados de la extrapolación de Tafel. En concordancia con el aumento en la resistencia de transferencia de carga (ver valores al pie de la Figura 6) obtenida de los diagramas de impedancia (Figura 6), al incrementar la concentración del aditivo los valores de i_{corr} disminuyen drásticamente dando como resultado una eficiencia de inhibición del orden del 90%. Lo interesante es que aún con un 2% V del aditivo se logra una alta eficiencia de inhibición. Esto está en contraste con lo observado por Saleh y cols. [5] que reportaron una eficiencia del 43% usando *Aloe Eru*. Esto quiere decir que el componente activo en el gel de la hoja de sábila no está presente en el *Aloe Eru*, ó bien que se encuentra en menor proporción. Se observa también que el aumento en eficiencia va acompañado de un aumento en la pendiente de Tafel catódica.

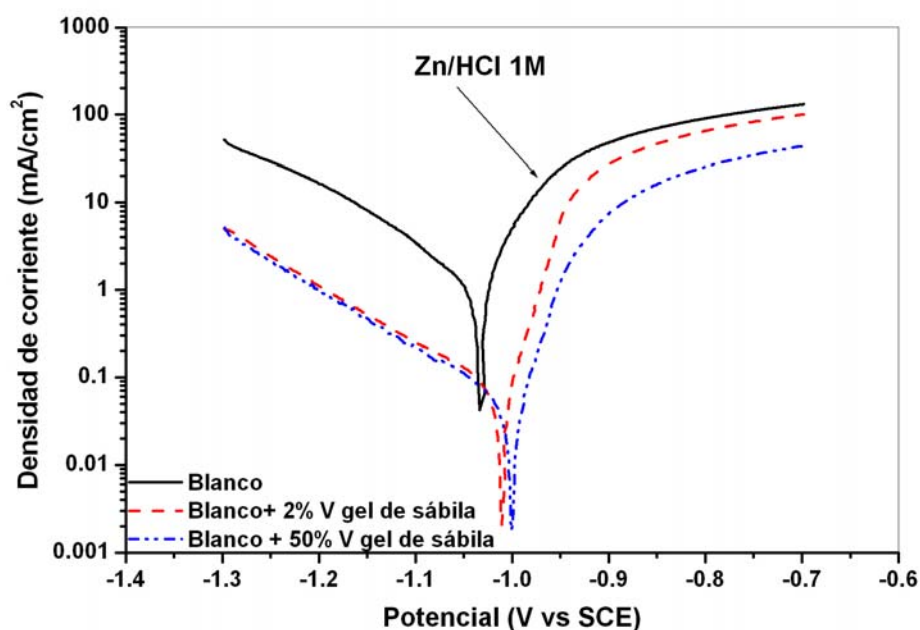


Figura 5. Efecto de la adición de gel de sábila sobre las curvas de polarización de zinc en HCl 1M

Tabla 3 Parámetros de polarización para zinc en 1M HCl con y sin adición del gel de sábila

	b_a (mV/decada)	b_c (mV/decada)	i_{corr} ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	ξ (%)
Blanco	44	-113	894.6	
B+ 2% V aditivo	30	-119	59.5	93.3
B+ 50% V aditivo	35	-133	46.7	94.8

4. Conclusiones

El aditivo basado en el gel de la hoja de sábila actúa como un buen inhibidor para acero y para zinc en una solución de HCl 1M, pero no resulta tan bueno para cobre en la misma solución. Las constantes de Tafel para los 3 metales en las soluciones de prueba fueron consistentes con los reportados en la literatura. En cuanto al modo de acción del aditivo, se observó que para acero y zinc actúa como un inhibidor mixto, mientras que para

cobre actúa como un inhibidor anódico.

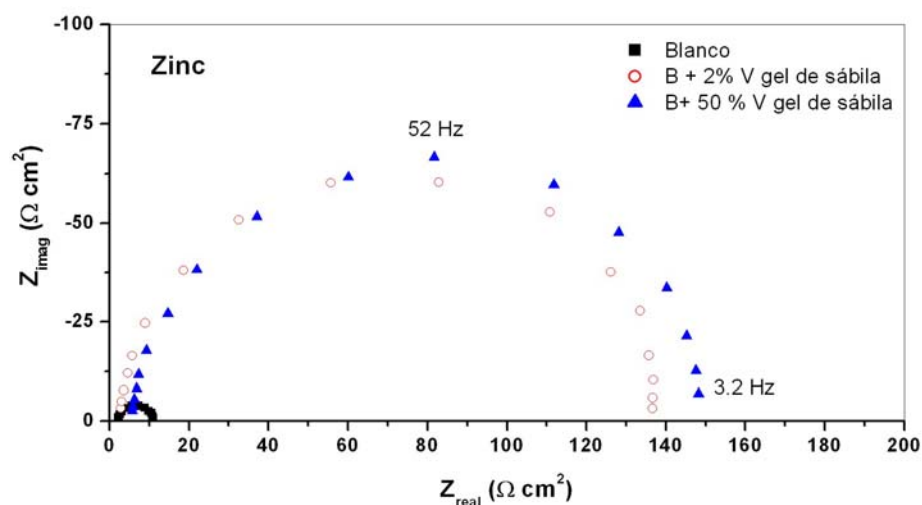


Figura 6. Respuesta de impedancia electroquímica en el potencial de corrosión para zinc en HCl 1M conteniendo: 0%, 2% y 50% V del aditivo. Los valores de R_{ct} son, respectivamente: $9 \Omega\text{-cm}^2$, $133 \Omega\text{-cm}^2$ y $142 \Omega\text{-cm}^2$.

5. Referencias

1. G. Schmitt, Br. Corros. J. 19 (1984) 165.
2. M. Bartos and N. Hackerman, J. Electrochem. Soc. 139 (1992) 3428.
3. D.M. Bastidas, Surf. Interface Anal. 38 (2006) 1146.
4. A.S. Fonda, L.H. Madkour, A.A. ElShafel and S.A. Abd ElMaksoud, Bull. Korean Chem. Soc. 16 (1995) 454.
5. R.M. Saleh, A.A. Ismail and A.A. El Hosary, Br. Corros. J. 17 (1982) 131.
6. S. Martinez and I. Stern, J. Appl. Electrochem., 31 (2001) 973.
7. K.O. Orubite and N.C. Oforka, Mater. Lett. 58 (2004) 1768.
8. A.Y. El-Etre, M. Abdallah and Z.E. El-Tanrawy, Corros. Sci. 47 (2005) 385.
9. L.R. Chauhan and G. Gunasekaran, Corros. Sci., 49 (2007) 1143.
10. G. Luta and B.H. McAnalley, GlycoScience & Nutrition 6 (2005) 1.
- 11.- <http://www.terrylabs.com>
12. G.R. Waller, S. Mangiafico and C.R. Ritchey, Proc. Okla. Acad. Sci. 58 (1978) 69.
13. O.K. Abiola, J. Chil. Chem. Soc., 50 (2005) 685.

14. H. Ashassi-Sorkhabi, M.R. Majidi and K. Seyyedi, *Appl. Surf. Sci.*, 225 (2004) 176.
15. V. Hluchan, B.L. Wheeler and N. Hackerman, *Mater. and Corros.*, 39 (2004) 512.
16. Da-Quan Zhang, Li-Xin Gao and Guo-Ding Zhou, *J. Appl. Electrochem.*, 35 (2005) 1081.

