



2º ENCUENTRO NACIONAL DE CORROSIÓN
Asociación Chilena de Corrosión. ACHCORR-2008.

**EVALUACIÓN DE BENZOTRIAZOL Y BENZOTRIAZOLES SUSTITUIDOS
COMO INHIBIDORES DE LA CORROSIÓN DE COBRE**

F. Pineda, C. Martínez, E. Vargas, A. Arancibia, M.A. Páez

Facultad de Química y Biología, Universidad de Santiago de Chile,

Casilla 40, Correo 33, Santiago, Chile.

e-mail: carolamartinezu@gmail.com

RESUMEN

En el presente trabajo se estudió el efecto de distintos sustituyentes ubicados en la posición 5 del inhibidor benzotriazol, tradicionalmente empleado en la protección de cobre. Para ello se realizaron los ensayos de corrosión mediante curvas de polarización y pérdida de masa en medio ácido y neutro (ácido clorhídrico y pentaborato de amonio, respectivamente).

Los derivados de benzotriazol evaluados fueron: 5-Metil y 5-Cloro-benzotriazol, de acuerdo a los resultados obtenidos es posible señalar que el benzotriazol y 5-Metil-benzotriazol son inhibidores catódicos cuando sus respectivas concentraciones son mayores que 10^{-4} M, mientras que el 5-Cloro-benzotriazol se comporta como un inhibidor mixto hasta una concentración de 10^{-3} M, ya que sobre dicha concentración el inhibidor se comporta anódicamente. Es así que de los tres inhibidores estudiados la eficiencia de ellos en orden creciente es la siguiente: 1H-Benzotriazol < 5-Metil-benzotriazol < 5-Cloro-benzotriazol.

Palabras claves: corrosión, cobre, inhibidor, benzotriazol

INTRODUCCION

El cobre es un material que presenta ventajosas propiedades, como por ejemplo buena conductividad térmica y eléctrica, destacable maleabilidad y ductilidad, es por esto que presenta innumerables aplicaciones ^[1].

A pesar de la nobleza del cobre, en medios altamente agresivos como aquellos que presentan al ion cloruro, puede presentar corrosión. Es por ello, que es necesario desarrollar métodos que ayuden a protegerlo, siendo uno de ellos la adición de inhibidores de corrosión a los medios agresivos.

Los inhibidores de corrosión de acuerdo a su naturaleza protectora pueden ser clasificados en anódicos, catódicos y mixtos; esto debido principalmente al tipo de reacción electroquímica que bloquean.

Dentro de los inhibidores más estudiados para cobre, se encuentra el benzotriazol y sus derivados ^[2-15]. Este compuesto actúa formando en la superficie una película pasivante, pudiendo de esta forma inhibir el proceso corrosivo.

Adicionalmente, se ha reportado en literatura que la estabilidad de la película pasivante formada es dependiente del pH del electrolito, ya que en medios altamente ácidos dicha película se torna porosa ^[13, 15]. Así también diversos autores señalan que la eficiencia del



2º ENCUENTRO NACIONAL DE CORROSIÓN Asociación Chilena de Corrosión. ACHCORR-2008.

benzotriazol puede ser optimizada mediante la modificación de la molécula, por medio de la incorporación de distintos grupos; es así que al emplear sustituyentes de mayor largo de cadena o la presencia de mayor insaturaciones en ellos provoca un aumento en la eficiencia del inhibidor^[3].

Es en este contexto que el objetivo de este trabajo se evaluó la incorporación de los sustituyentes metil y cloro en la estructura del benzotriazol, empleando para ello curvas de polarización y ensayos de pérdida de masa.

PARTE EXPERIMENTAL

Se empleó un electrodo de cobre pureza electrolítica (99.999%) con área de exposición de 0.64 cm².

Previo a la realización de las curvas de polarización el electrodo se pulió con lija SiC de granulometría 800, 1200 y 2400, posteriormente la superficie fue lavada con agua destilada. Así también emplearon como electrodo de referencia Hg/Hg₂SO₄ y como contraelectrodo uno de platino y una celda electroquímica de tres componentes. Las soluciones empleadas en los ensayos fueron pentaborato de amonio (PBA) y ácido clorhídrico en el rango de concentraciones de 1x10⁻² a 1x10⁻⁵ M para PBA y 0.1 M para HCl.

Para los ensayos de pérdida de masa se emplearon placas de cobre de 99.9% de pureza y dimensiones de 2 cm², realizando las medidas por un periodo de 300 horas en HCl 0.1 M sin inhibidor y con el inhibidor BTA y sus derivados.

RESULTADOS Y DISCUSION

I. Curvas de polarización

I.i. Medio ácido: en este caso la mejor protección otorgada al material metálico fue usando el inhibidor con el sustituyente cloro, la figura 1 muestra la curva de polarización respectiva a distintas concentraciones donde se evidencia que a bajas concentraciones el comportamiento es del tipo mixto, al aumentar la concentración el inhibidor se comporta anódicamente; este cambio señala un cambio en el mecanismo de protección, asociándose a que a dichas concentraciones el ion cloruro facilita la formación de la especie CuBTA en la superficie metálica. Dicha especie es la que permite que el material metálico sea protegido ante los ataques corrosivos.

2º ENCUENTRO NACIONAL DE CORROSIÓN
Asociación Chilena de Corrosión. ACHCORR-2008.

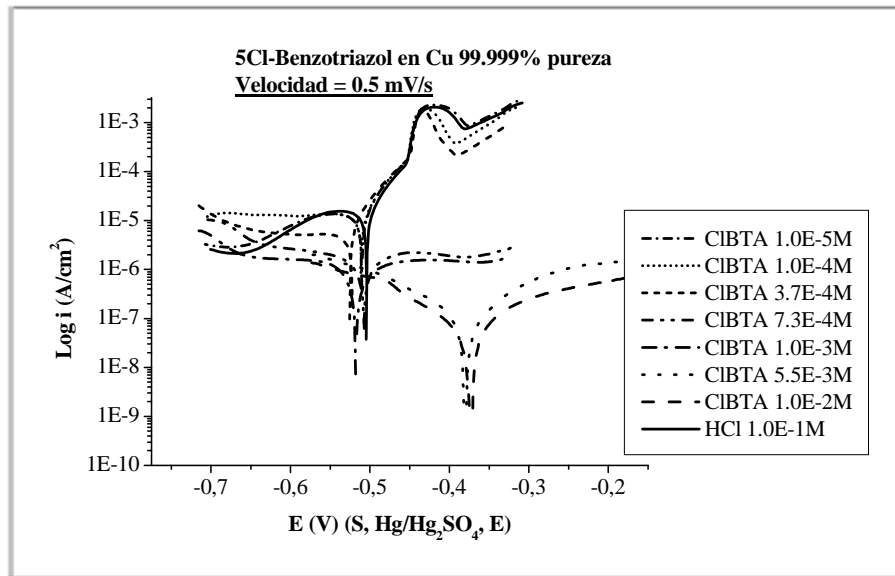


Figura 1: Curvas de polarización para Cu en HCl 0.1M y con distintas concentraciones de 5Cl-BTA.

Tabla I: Resumen de parámetros para 5Cl-BTA.

[Inh] (M)	E_{corr} (mV)	$\text{Log } i$ (A/cm^2)	B_A (mV/dec)	B_C (mV/dec)	% inhibición
0	-0,509	9,901E-6	43,0	41,6	----
1,0E-2	-0,375	3,673E-8	75,6	71,6	99,62
5,5E-3	-0,379	6,555E-8	74,0	68,6	99,34
1,0E-3	-0,516	4,208E-7	65,3	61,9	95,75
7,3E-4	-0,508	6,782E-7	63,5	58,8	93,15
3,7E-4	-0,540	5,756E-6	56,4	53,2	41,87
1,0E-4	-0,514	7,016E-6	52,1	51,2	29,14
1,0E-5	-0,516	7,833E-6	47,2	43,6	20,89

I.i. Medio neutro: para este caso el mejor resultado fue sin modificar el inhibidor benzotriazol, alcanzando eficiencias del 99,9%. En la figura 2 se presentan las curvas de polarización a distintas concentraciones del inhibidor, de ellas se observa que al aumentar la concentración del inhibidor disminuye la velocidad de corrosión, sin experimentar grandes variaciones en los valores de potencial de corrosión.

2º ENCUENTRO NACIONAL DE CORROSIÓN
Asociación Chilena de Corrosión. ACHCORR-2008.

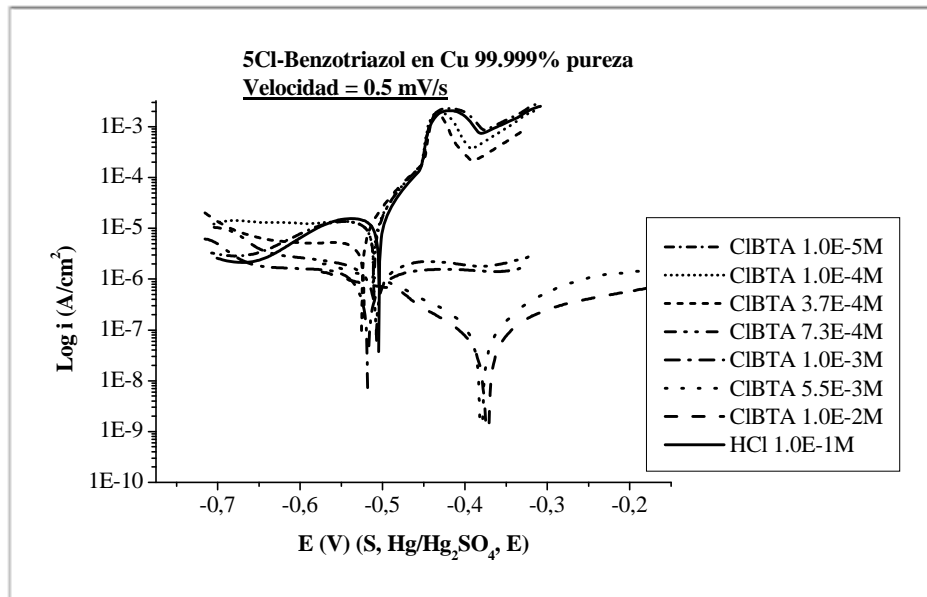


Figura 2: Curvas de polarización para Cu en PBA 0.1M y con distintas concentraciones de 5Cl-BTA.

Tabla II: Resumen de parámetros para BTA.

[Inh] (M)	E_{corr} (mV)	$\text{Log } i$ (A/cm^2)	B_A (mV/dec)	B_C (mV/dec)	% inhibición
0	-0,549	6,547E-6	36,9	42,5	----
1,0E-2	-0,410	1,282E-9	71,5	60,5	99,98
5,5E-3	-0,394	1,591E-9	66,1	59,3	99,97
1,0E-3	-0,375	2,381E-9	59,6	59,8	99,96
7,3E-4	-0,384	2,467E-9	54,0	58,8	99,95
3,7E-4	-0,552	5,775E-8	55,0	54,8	99,11
1,0E-4	-0,539	2,926E-6	42,8	45,0	55,31
1,0E-5	-0,547	4,642E-6	40,2	43,8	29,10

Cabe destacar que en ambos casos la eficiencia del inhibidor o % de inhibición se calculó mediante la siguiente ecuación (1):

$$EI \% = \frac{I_{corr}^{\circ} - I_{corr}}{I_{corr}^{\circ}} \times 100 \quad (1)$$

II. Pérdida de masa: En este caso los experimentos fueron realizados en medio ácido, los resultados demuestran que las eficiencias están próximas a los valores obtenidos mediante curvas de polarización, es decir, a medida que se aumenta la concentración del inhibidor aumenta la protección al material metálico.



2º ENCUENTRO NACIONAL DE CORROSIÓN
Asociación Chilena de Corrosión. ACHCORR-2008.

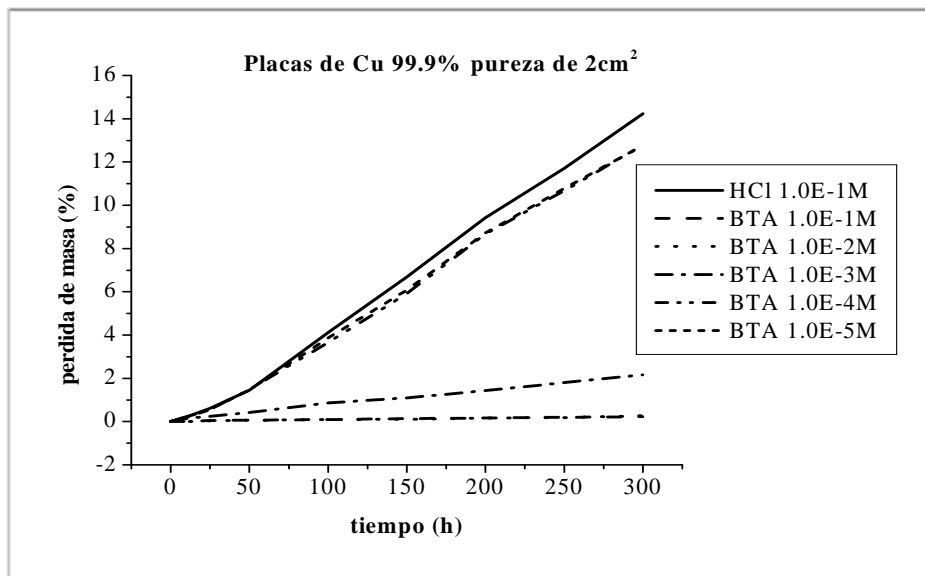


Figura 3: Pérdidas de masa para Cu en 1HBTA.

Tabla III: Cálculo del porcentaje de inhibición para BTA.

[Inhibidor] (M)	Masa promedio a tiempo = 0 (g)	Masa promedio a tiempo = 300h (g)	% Inhibición
0	0,7535	0,6462	----
1,0E-2	0,7689	0,7669	98,14
1,0E-3	0,7627	0,7462	84,80
1,0E-4	0,7662	0,6683	10,17
1,0E-5	0,7443	0,6493	10,26

CONCLUSIONES

Los compuestos benzotriazol, metil-benzotriazol y cloro-benzotriazol actúan como inhibidores de la corrosión medio ácido y neutro para cobre. En el caso de medio ácido la mejor protección es otorgada por el inhibidor 5Cl-BTA, esto debido a que se favorece la formación de especies $BTAH_2^+$ que son las asociadas a la protección superficial y en medio neutro 1H-BTA.

REFERENCIAS

- [1] J. A. González Fernández, *Control de la corrosión, estudio y medida por técnicas electroquímicas*, (1989), 1, 25-29
- [2] G. Kear, B. D. Barker and F. C. Walsh, *Corros. Sci.*, 46 (2004) 109-135.
- [3] J. M. Bastidas, P. Pinilla, E. Cano, J. L. Polo and S. Miguel, *Corros. Sci.* 45 (2003) 427-449.



2º ENCUENTRO NACIONAL DE CORROSIÓN
Asociación Chilena de Corrosión. ACHCORR-2008.

- [4]A. Dafali, B. Hammouti, R. Mokhlisse and S. Kertit, *Corros. Sci.* 45 (2003) 1619-1630.
- [5]K. F. Khaled and N. Hackerman, *Electrochim. Acta*, 49 (2004) 485-495.
- [6]P. Kern and D. Landolt, *Electrochim. Acta*, 47 (2001) 589-598.
- [7]J. O'M. Bockris and K. T. Jeng, *J. Electroanal. Chem.* 330 (1992) 541-581.
- [8]J. O'M. Bockris, B. R. Scharifker and J. L. Carbajal, *Electrochim. Acta*, 32 (1987) 799-809.
- [9]F. Ammeloot, C. Fiaud and E. M. M. Sutter, *Electrochim. Acta*, 44 (1999) 2549-2558.
- [10]D. Pletcher, *A first course in electrode processes*, (1991), 38, 40-42.
- [11]Y. Jiang and J. B. Adams, *Surf. Sci.* 529 (2003) 428-442.
- [12]M. Sugimasa, L-J. Wan, J. Inukai and K. Itaya, *J. Electrochem. Soc.* 149 (2002) E367-E373.
- [13]M. R. Vogt, R. J. Nichols, O. M. Magnussen and R. J. Behm, *J. Phys. Chem.* 102 (1998) 5859-5865.
- [14]V. Brusica, M. A. Frisch, B. N. Eldridge, F. P. Novak, F. B. Kaufman, B. M. Rush and G. S. Frankel, *J. Electrochem. Soc.* 138 (1991) 2253-2259.
- [15]G. Brunoro, A. Frignani, A. Colledan and C. Chiavari, *Corros. Sci.* 45 (2003) 2219-2231.