

REDUCCIÓN DEL CROMO CONTENIDO EN EFLUENTES LÍQUIDOS DE LA INDUSTRIA DEL CUERO, MEDIANTE UN PROCESO ADSORCIÓN – DESORCIÓN CON ALGAS MARINAS

RESUMEN

El objeto de este trabajo es proveer una alternativa para la remoción de cromo de aguas residuales de curtiembre, utilizando el alga parda *Sargassum sp.* A condiciones de operación de pH de la disolución de 4, grado de agitación 50 rpm, tamaño de partícula de la biomasa de 1.19 mm de diámetro y relación masa de biomasa / volumen de disolución que contiene cromo de 0.02 gr/ml, se obtuvieron eficiencias en la remoción de cromo, con el *Sargassum sp* del 85% para disoluciones sintéticas y de 51% para un efluente real de curtiembre

PALABRAS CLAVES: Cromo, curtiembres, *Sargassum sp* algas marinas y sorción.

ABSTRACT

The object of this work is to provide an alternative for the removal of chromium of residual waters of tannery, using the brown alga Sargassum sp. To conditions of operation of pH of the breakup of 4, grade of agitation 50 rpm, size of particle of the biomass of 1.19 mm of diameter and relationship mass of biomass / breakup volume that contains chromium of 0.02 gr/ml, efficiencies were obtained in the chromium removal, with the Sargassum sp of 85% for synthetic breakups and of 51% for a real effluent of tannery.

KEYWORDS: Chromium, *Sargassum sp*, seaweed, sorption

1. INTRODUCCIÓN

La industria del curtido de cueros genera entre otros, efluentes líquidos con altos contenidos de materia orgánica, sulfuros y cromo trivalente [1]. Este cromo trivalente no es de gran toxicidad, pero bajo ciertas condiciones del medio se oxida, transformándose en cromo hexavalente, elemento de alta toxicidad. Los efluentes de la industria del cuero alcanzan concentraciones de cromo trivalente hasta de 450 ppm, superando las disposiciones de la Organización Mundial de la Salud para aguas de consumo, que especifica un máximo de 1 ppm[2].

Los métodos convencionales para la recuperación del cromo, de aguas residuales industriales, van desde la precipitación química, oxidación o reducción, intercambio iónico, filtración, tecnologías de membrana hasta la recuperación por evaporación; sin embargo estos procesos pueden llegar a ser ineficaces, especialmente en la disposición y almacenamiento de sus desechos [3]. El uso de algas para la remoción de metales, ha resultado ser un método eficaz. El mecanismo de captación de metales implica la formación de complejos entre iones del metal y los grupos (carboxilo, amino, sulfuro fosfato) presentes en la superficie o en los poros de la estructura biológica del alga. Otros mecanismos como la adsorción y el intercambio iónico principalmente, podrían estar implicados [4]. El objeto de este trabajo es proveer una alternativa para la remoción de cromo de aguas

residuales de curtiembre utilizando la biomasa de *Sargassum sp.*

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Método

Para el desarrollo de esta investigación, se caracterizaron físico- químicamente muestras de aguas residuales de curtiembre, de acuerdo con los procedimientos de análisis consignados en el Standard Methods for the examination of Water and Wastewater [3]. En la Tabla 1 se muestran los resultados de las muestras de agua analizadas.

2.1.1 Proceso de Adsorción A una muestra triturada seca del alga parda *Sargassum sp* se le agregó un volumen de solución sintética de cromo, el sistema se agitó y se mantuvo en contacto por un tiempo, para permitir el desarrollo del proceso de sorción; se tomaron muestras periódicas cada 10 minutos a fin de evaluar la evolución del proceso. Se usaron soluciones sintéticas tanto de Cr(III) como de Cr(VI) y se estudió la sorción de ambos iones por separado. La concentración inicial usada para la preparación de las disoluciones de estos iones, se basó en las caracterizaciones de muestras líquidas reales de curtiembre. Con el objeto de lograr las condiciones

OSCAR FABIÁN HIGUERA COBOS*

Ingeniero Metalúrgico, Ms.C
Profesor Auxiliar
Facultad de Ingeniería Mecánica
Universidad Tecnológica de Pereira
osfahico@utp.edu.co

HUMBERTO ESCALANTE HERNÁNDEZ*

Ingeniero Químico, Ph.D
Profesor Titular
Universidad Industrial de Santander
escala@uis.edu.co

DIONISIO LAVERDE*

Ingeniero Metalúrgico, Ph.D
Profesor Titular
Universidad Industrial de Santander
dlaverde@uis.edu.co

***Grupo de investigaciones en
Minerales, Biohidrometalurgia y
Ambiente.
Universidad Industrial de
Santander.**

óptimas para la adsorción de cromo por parte de la biomasa de *Sargassum sp.*, se estudiaron las variables indicadas en la Tabla 2

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	TÉCNICA
pH	3.3		Potenciométrica
Eh	625 (24°C)	mV	Potenciométrica
Sólidos Disueltos	28.168	ppm	Gravimétrica
Cloruros	0.81%		Potenciométrica
Viscosidad	1.17	Centipoises	
Densidad	1.01898	Gr/ml	
Dureza	106.865657	equi gr CaCO ₃ /l	Absorción Atómica
DBO ₅	1626	mg / l	Incubación 5 días
DQO	2867	mg/l	Reflujo Cerrado
Cr(III)	446.868	ppm	Absorción Atómica
Cr(VI)	0.072	ppm	Colorimétrica
Zn	0.7183	ppm	Absorción Atómica
Fe	0.6633	ppm	Absorción Atómica
Al	ND	ppm	Absorción Atómica
Na	8242.8333	ppm	Absorción Atómica
Ca	245.503	ppm	Absorción Atómica
Mg	25.802	ppm	Absorción Atómica

Tabla 1. Caracterización físico-química de una muestra líquida de "Curtiembres López". (Santa Fé de Bogotá).

VARIABLE	RANGO DE TRABAJO
pH	1 - 5
Agitación	0 - 350 rpm
Tamaño de partícula	0.85 mm (+40 Mallas) - 4.75 mm (+8 Mallas)
Concentración de Cr(VI)	20 ppm
Concentración de Cr(III)	20 - 400 ppm
Relación masa de biomasa / volumen de disolución de cromo	0.004 gr / ml y 0.02 gr / ml

Tabla 2. Variables y sus rangos de trabajo para la adsorción de cromo.

2.1.2 Proceso de Desorción. Cuando el proceso de adsorción de cromo terminó, el sistema biomasa-solución de cromo, se filtró. El filtrado (Biomasa cargada con cromo) se transfirió a un erlenmeyer, al cual se adicionó un volumen de agente eluyente, con una concentración definida. La biomasa cargada se mantuvo en contacto con el agente eluyente por 3 horas, sin agitación; se tomaron muestras periódicas cada 20 minutos para evaluar el desarrollo del proceso de desorción. Con el objeto de lograr las mejores condiciones para la desorción de cromo, se utilizaron dos agentes eluyentes los ácidos sulfúrico (H₂SO₄) y clorhídrico (HCl), y se varió concentración y volumen de los mismos. Los rangos de trabajo para la desorción se indican en la Tabla 3.

VARIABLE	RANGO DE TRABAJO
Volumen de agente eluyente	12.5ml - 50ml
Concentración de agente eluyente	0.2M - 0.9M

Tabla 3. Variables y sus rangos de trabajo para la desorción del cromo contenido en la biomasa.

2.1.3 Adsorción - desorción de Cr(III), a partir de una muestra líquida real de curtiembre. Utilizando las mejores condiciones de sorción y desorción de cromo empleando la biomasa de *Sargassum sp.*, se realizó el estudio de la adsorción del Cr(III) con la biomasa de *Sargassum sp.*, contenido en una muestra

líquida real de curtiembre, procedente de "Curtiembres López", en Santa Fe de Bogotá (Ver Tabla 1). Asimismo se estudio la influencia de los otros iones metálicos contenidos en la muestra líquida real, específicamente sodio, calcio y magnesio, en el proceso de adsorción de cromo.

2.2 Materiales

El alga marina *Sargassum sp* fue recolectada en las costas del Mar Caribe Colombiano y secada al sol. Para su utilización en el laboratorio se lavó profusamente con agua natural y desionizada, posteriormente se sometió a secado a 70°C, luego se trituró, de acuerdo con los tamaños de tamiz seleccionados e indicados en la Tabla 2. En este trabajo se utilizaron disoluciones de Cr(III) sintéticas preparadas a partir del Sulfato de Cromo y Potasio, dodecahidratado (CrK(SO₄)₂ · 12 H₂O), grado analítico, con una pureza de 98%, marca J.T Baker. La determinación de las concentraciones de Cr(III) en las disoluciones, se realizó por la técnica analítica de absorción atómica en un equipo Buck Scientific modelo 210 BGP. El control del pH se realizó utilizando H₂SO₄ 0.2 M en algunos casos y NaOH 0.5 N en otros; las mediciones se realizaron con un pH - Meter, marca Metrohm 610.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Efecto del pH de la disolución de cromo. En el caso del Cr(VI) la *Sargassum sp.*, adsorbe un 55% a los 70 minutos de iniciado el proceso, a pH de 2, como se observa en la Figura 1(a) y en Figura 1(b), cuando se incrementa la biomasa a 1gr, el porcentaje de adsorción aumenta al 82% al mismo tiempo y con igual pH.

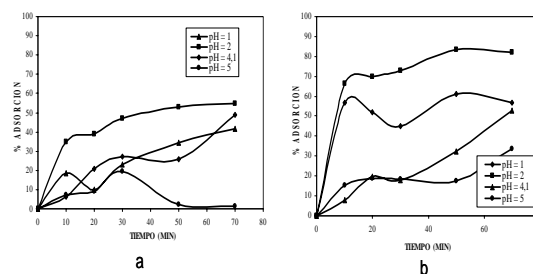


Figura 1. Efecto del pH de la disolución de Cr(VI) en adsorción con la biomasa de *Sargassum sp.* (a) 0.2 gr; (b) 1.0 gr.

En condiciones básicas y neutras el cromo hexavalente está presente como cromato (CrO₄²⁻). A condiciones ácidas las especies de dicromato (HCrO₄⁻, Cr₂O₇⁻) comienzan a dominar ya que el potencial de oxidación se incrementa a medida que el pH disminuye. De acuerdo con los resultados obtenidos (Figura 1), a pH de 2, cuando la eficiencia del proceso es mejor, el Cr(VI) está siendo adsorbido en forma de HCrO₄⁻ o Cr₂O₇⁻. Lo anterior indica que la *Sargassum sp.*, tiene más preferencia para adsorber los dicromatos que los cromatos. Sin embargo, teniendo en cuenta los estudios realizados por Volesky [4], en los cuales se demostró que durante la adsorción de Cr(VI) con la *Sargassum sp.*, este se reduce a Cr(III) gracias a los compuestos

estructurales que el alga contiene y que dicha reducción se ve favorecida a bajos valores de pH, simultáneamente con la adsorción de Cr(VI) se está dando la reducción de Cr(VI) a Cr(III); de ahí que cuando el pH es igual a 1 la eficiencia en la adsorción de Cr(VI) disminuye (Figuras 1(a) y 1(b)), ya que el alga a este valor de pH se concentra en la reducción de Cr(VI) a Cr(III). Esta reducción es comprobada con las medidas de potencial de oxido reducción (Eh) realizados paralelamente con los experimentos de adsorción a pH de 2. Los resultados se muestran en la Tabla 4.

T(min)	Eh(mV)
0	1278
10	997
20	993.78
30	980.7
40	1029.71
50	1036.25
60	892.5
70	1068.92
80	1068.92
90	1062.38

Tabla 4. Variación del E_h durante la adsorción del Cr(VI) con el alga *Sargassum sp.*

De acuerdo a ella, en las disoluciones de Cr(VI) a medida que se desarrolla el proceso de adsorción se presenta una disminución en el valor del E_h, indicando la reducción a Cr(III), ya que los valores de E_h, alcanzan a ubicarse dentro de la zona de estabilidad del Cr(III), como puede observarse en la Figura 2, en la cual se muestra el diagrama de estabilidad para el cromo.

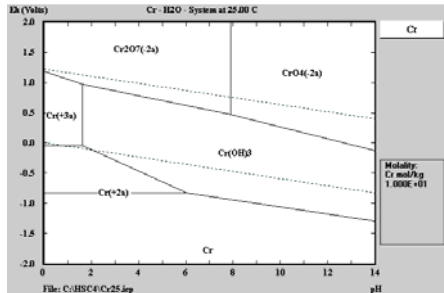
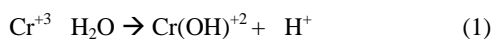


Figura 2. Estabilidad termodinámica de las diferentes especies de cromo.

En la Figura 3, se muestran los resultados obtenidos para la adsorción de Cr(III). Como puede observarse la mayor eficiencia se alcanza a pH de 4, con valores por encima del 90% a los diez minutos de iniciado el proceso de adsorción. Esto se explica debido a que el Cr(III) en contacto con el agua, se hidroliza, proceso que depende entre otros aspectos del valor de pH. La hidrólisis se puede definir como:



Si el Cr(III) está siendo tomado por la *Sargassum sp* la reacción (1) se desplaza hacia la derecha y la solución se vuelve más ácida; sin embargo el pH también puede cambiar durante la descarga tomando protones de la biomasa.

El valor de la constante de equilibrio de la reacción 1 ha sido establecido por Hunt [6] y es de $K_h = 10^{-3.82}$, produciendo un $pK_h = 3.82$. Esto significa que a pH de 3.8 aproximadamente el 50% del total de Cr(III), contenido en el sistema estará en forma de $Cr(OH)^{+2}$, estos cationes son sorbidos por el alga. La adsorción de Cr(III) disminuye cuando el pH tiene un valor de 5, (Figuras 3(a) y 3(b)), ya que a este pH el cromo se precipita en forma de $Cr(OH)_3$.

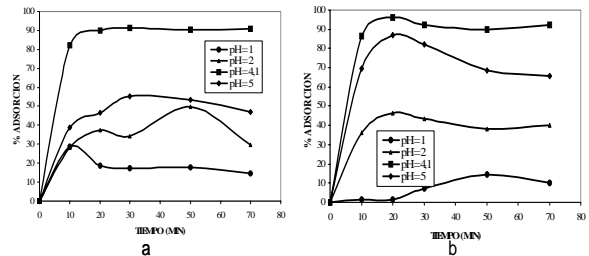


Figura 3. Efecto del pH de la disolución de Cr(III) en adsorción por la biomasa de *Sargassum sp.* Curvas de adsorción (a) 0.2 gr; (b) 1.0 gr.

3.2 Efecto del tamaño de partícula de la biomasa de *Sargassum sp.* Los resultados para la adsorción de Cr(VI) se muestran en la Figura 4. Se observa que el tamaño de la biomasa a +20 mallas (1.19 mm de diámetro de partícula) es el que logra mejores resultados con porcentajes de adsorción superiores al 80% cuando se usa una masa de biomasa de 1 gr, Figura 4(b). Un tamaño mayor, 4.75 mm de diámetro, logra un porcentaje de adsorción de 67% y con un tamaño menor, 0.85 mm de diámetro, el porcentaje de adsorción es de 60%.

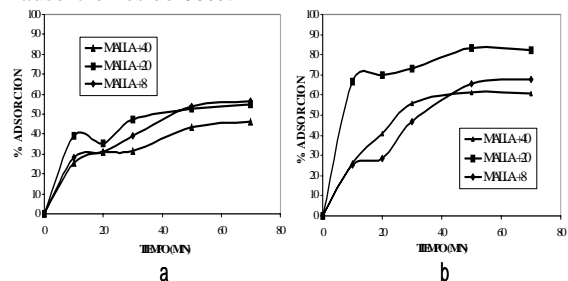


Figura 4. Efecto del tamaño de partícula en la adsorción de Cr(VI) Curvas de adsorción: (a) 0.2 gr, (b) 1.0 gr.

En la Figura 5 se presentan los resultados para la adsorción de Cr(III). Puede observarse que el comportamiento de las curvas de adsorción a tamaños de partícula de 1.19 mm y 0.85 mm de diámetro, fue muy similar, alcanzando porcentajes de adsorción superiores al 85%.

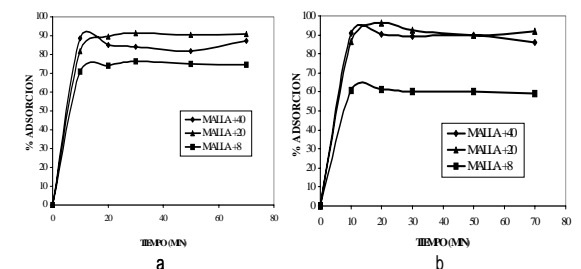


Figura 5. Efecto del tamaño de partícula de la biomasa en la adsorción de Cr(III). (a) 0.2 gr, (b) 1.0 g.

Comparando los resultados a 1.19 mm y a 4.75 mm de diámetro, para la adsorción tanto de Cr(VI), como de Cr(III), se puede concluir que a medida que el tamaño de partícula disminuye el porcentaje de adsorción aumenta, dado que el área de contacto se incrementa. Sin embargo la reducción de tamaño tiene un límite, ya que tamaños de partícula muy pequeños, podrían influir los fenómenos de transferencia de masa.

3.3 Efecto del grado de agitación del sistema. De los resultados mostrados en la Figura 6(a) para la adsorción de Cr(VI) se concluyó que el grado de agitación no influye de manera significativa en la adsorción, las curvas a 350 y 250 rpm, son similares dentro de los 50 primeros minutos del proceso, alcanzando a estos grados de agitación porcentajes de adsorción del 65% y con grados de agitación menores, de 50 y 150 rpm, se logran porcentajes de adsorción superiores al 70%.

En el estudio de la influencia del grado de agitación en la adsorción de Cr(III), Figura 6 (b), se puede observar:

1. Para grados de agitación de 250 y 350 rpm el proceso de adsorción de Cr(III) alcanza una máxima eficiencia, 72% y 82% respectivamente, a los 10 minutos de iniciado el proceso y luego el porcentaje de adsorción disminuye; esto podría significar que el Cr(III), se encuentra débilmente ligado a la biomasa, y que una fuerte agitación, produce una reversión del proceso.
2. Agitaciones moderadas de 50 y 150 rpm, muestran estabilidad, alcanzando porcentajes de adsorción del 80% a los 20 minutos de iniciado el proceso.

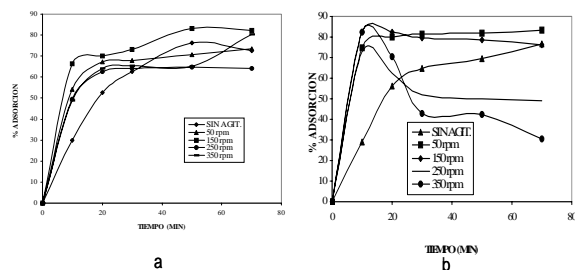


Figura 6. Efecto del grado de agitación en la adsorción de cromo con la *Sargassum sp.* Curvas de adsorción: (a) Cr(VI), (b) Cr(III).

3.4 Efecto de la concentración inicial de Cr(III) en la disolución de trabajo. El comportamiento de la adsorción de Cr(III), variando su concentración inicial en la disolución, se muestra en la Figura 7(a). El porcentaje de adsorción, para el rango de concentraciones evaluadas, se mantiene por encima del 75% a los 20 minutos de iniciado el proceso de adsorción.

Como primera instancia se puede concluir que la facilidad del alga para captar el Cr(III), no depende de la concentración inicial del metal en la disolución, y que definitivamente la adsorción de Cr(III) depende de

la composición estructural del alga parda *Sargassum sp.*

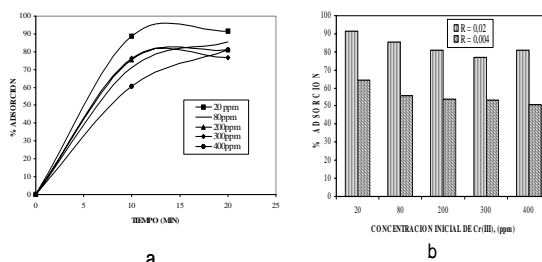


Figura 7. (a) Efecto de la concentración inicial de Cr(III), en la disolución. (b) Efecto de la relación masa de biomasa / volumen de disolución, en la adsorción de Cr(III) por la biomasa de *Sargassum sp.*

3.5 Estudio de la relación masa de biomasa por volumen de disolución de Cr(III). En la Figura 7(b) se observa que a medida que la cantidad de biomasa aumenta, se incrementa el porcentaje de adsorción en todo el rango de concentraciones evaluado. Esto puede explicarse, teniendo en cuenta que cuando se incrementa la masa de biomasa, se incrementa el área de contacto, mejorando de esta forma la eficiencia del proceso de adsorción.

La evaluación de las variables anteriores, permitió identificar su incidencia en el proceso de adsorción, tanto de Cr(III) como de Cr(VI), Los valores óptimos para la adsorción son resumidos en la Tabla 5:

Pretratamiento de la biomasa:	Biomasa B (Lavada con agua desionizada)
Tamaño de partícula de la biomasa:	1.19 mm de diámetro.
Agitación:	50 rpm
Relación masa de biomasa / volumen de disolución de cromo:	0.02 g / ml

Tabla 5. Valores óptimos para la adsorción tanto de Cr(III) como de Cr(VI).

La diferencia fundamental entre los procesos de adsorción de Cr(III) y Cr(VI) por la biomasa de *Sargassum sp.*, esta en el valor del pH inicial de la disolución de cada ion, pH = 2 para la adsorción de Cr(VI) y pH = 4 para la adsorción de Cr(III). Esto implica que los mecanismos de adsorción de cada ión son diferentes, y que los factores fisicoquímicos externos de las soluciones metálicas o del metal mismo, pueden resultar fundamentales para el proceso de adsorción [5]. En la Figura 8, se presentan microfotografías de la biomasa de *Sargassum sp.*, antes y después del proceso de adsorción y desorción de Cr(III) a las condiciones óptimas de operación. En la Figura (8a) pueden observarse las células de *Sargassum sp.*, rodeadas por la membrana celular y dentro de ellas bolsas con pigmentos, como la fucoxantina, luteína, violaxantina, neoxantina, clorofila a y c y el α , β caroteno. De acuerdo con la Figura (8b) el cromo (Zonas blancas) se depositó sobre la membrana celular y algunas partículas alcanzaron a

traspasar la pared y ubicarse en el interior de la célula, de acuerdo al mecanismo de acumulación intracelular.

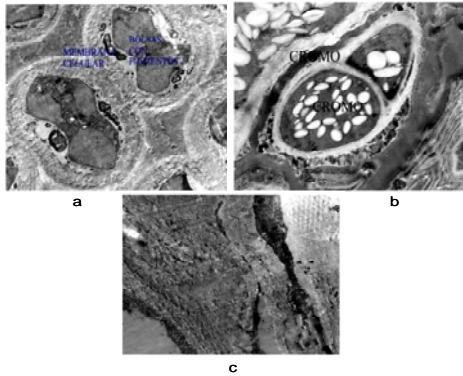


Figura 8. Electromicrofotografías (a) d*Sargassum sp* virgen. (b) *Sargassum sp* cargada con 8.0427 mg de Cr(III). (c) *Sargassum sp* desorbida con 25 ml de H₂SO₄ 0.2M (9.80 k).

3.6 Liberación de iones desde la biomasa de *Sargassum sp*. El alga parda *Sargassum sp*, durante el proceso de adsorción, además de sorber el Cr(III) y el Cr(VI), liberó iones de sodio, calcio y magnesio, los resultados se muestran en la Figura 9(a).

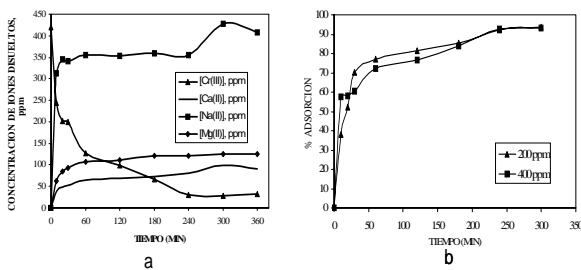


Figura 9. (a)Variación de la concentración de iones en la disolución, durante la adsorción de Cr(III) con la *Sargassum sp*. (b) Saturación de la biomasa de *Sargassum sp*, con Cr(III).

Este comportamiento puede indicar que el mecanismo de intercambio iónico contribuye a la adsorción del cromo por el alga, ya que a medida que la concentración de Cr(III) en la disolución disminuye, las concentraciones de sodio, calcio y magnesio se incrementan. Pero esto no implica como ya se anotó, que este sea el único mecanismo por el cual la adsorción de cromo con el *Sargassum sp*, sea posible. Los iones son liberados gracias a que las algas del género *Sargassum sp*, contienen alginatos de sodio, calcio y magnesio dentro de su estructura polisacárida.

3.7 Saturación de la biomasa. El punto de saturación de la biomasa se alcanza a las 5 horas de iniciado el proceso de adsorción de Cr(III), (Ver Figura 9(b)), en ese punto el porcentaje de adsorción es del 94% para la disolución con concentración inicial de 200 ppm y de 93% para la disolución con concentración inicial de 400 ppm.

3.8 Proceso de desorción del cromo contenido en la biomasa. La extracción del Cr(III) de la biomasa una vez captado, se evaluó usando dos agentes de elución:

los ácidos sulfúrico y clorhídrico. En la Figura 10, se observa el desarrollo del proceso de desorción, usando ácido sulfúrico. Como puede observarse, en la Figura 10, la mayor eficiencia en la desorción se logra a los 180 minutos y depende del volumen de ácido usado.

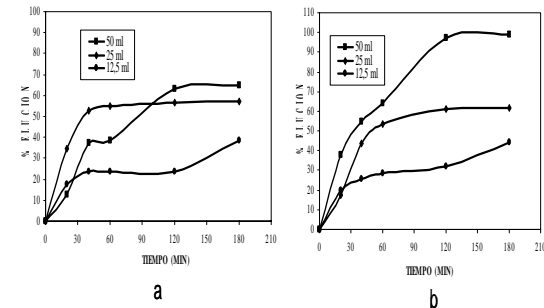


Figura 10. Curvas de elución usando H₂SO₄.(a) 0.2M ; (b) 0.8 M

De acuerdo con la Figura 10(b), usando 50 ml de ácido, la biomasa se desorbe un 99%. Con un volumen de 25 ml de H₂SO₄, se logran eluciones del 61% y del 55%, a concentraciones de 0.8M y 0.2M, respectivamente. Los resultados indican que la concentración del ácido no es una variable determinante del proceso de desorción con H₂SO₄.

Los resultados del proceso de desorción con el otro agente de elución usado, el ácido clorhídrico, se presentan en la Figura 11. De acuerdo con los resultados mostrados, el máximo porcentaje de elución (53%) se logra usando 50ml de HCl 0.9M, a los 180 minutos de iniciado el proceso. Cuando se trabaja con HCl 0.2M, la eficiencia del proceso disminuye, hasta porcentajes de elución del 31%.

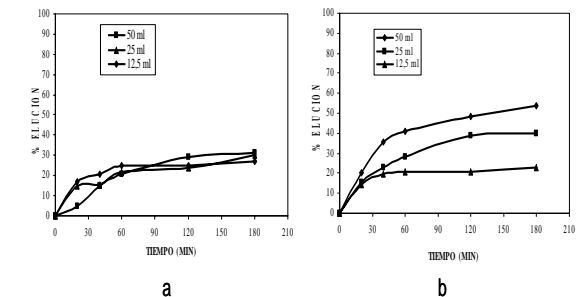


Figura 11. Curvas de elución usando HCl (a) 0.2 M, (b) 0.9 M

La Figura 8(c), muestra una microfotografía de la biomasa de *Sargassum sp* desorbida a las condiciones óptimas (25 ml de 0.2 M de H₂SO₄), en ella se observa que la estructura celular esta dañada. El hecho de que la biomasa se haya deteriorado durante el proceso de desorción, implica que la biomasa no podría ser reutilizada en un proceso posterior de adsorción.

3.9 Sorción de Cr(III), a partir de una muestra líquida real de Curtiembre: Usando los mejores valores de las variables previamente seleccionados, se comparara la eficiencia del proceso cuando se trabaja con una disolución del metal solo y cuando se tiene una disolución real. La presencia de otros iones es determinante para la sorción de cromo por el

Sargassum sp., presentándose competitividad de los diferentes metales para ser sorbidos y disminuyendo el porcentaje de sorción al 51%. Para el proceso de adsorción, se usaron los valores óptimos de las variables estudiadas para la adsorción de Cr(III).

Los resultados se presentan en la Figura 12(a). El máximo porcentaje de adsorción usando una muestra real es de 50.684%, y usando una disolución sintética de Cr(III) el porcentaje de adsorción es del 82.9%, a las mismas condiciones. Este comportamiento es lógico ya que la muestra real como se describe en la Tabla 1, contiene muchos otros metales disueltos, los cuales afectan el desarrollo normal del proceso de adsorción de Cr(III).

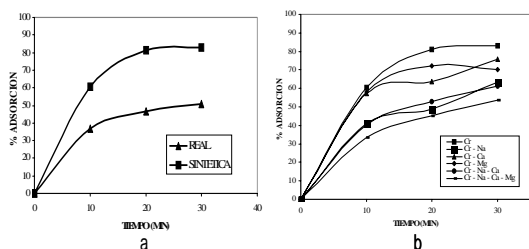


Figura 12. (a) Curva de adsorción de Cr(III) contenido en una muestra líquida real de curtiembre. (b) Influencia de los iones de Na⁺, Ca⁺² y Mg⁺² disueltos en la adsorción de Cr(III) por la biomasa de *Sargassum sp.*

La evaluación de la influencia de los iones de sodio, calcio y magnesio sobre la adsorción de Cr(III), se presenta en la Figura 12(b), de acuerdo a estos resultados, la disminución en la eficiencia del proceso se atribuye al sodio en primer lugar, seguido por el calcio y el magnesio. El experimento de adsorción que utilizó una disolución sintética de Cr(III), Na⁺, Ca⁺² y Mg⁺², arrojó un porcentaje de adsorción de Cr(III) de 53.43%, resultado muy similar al observado con la muestra real, con la cual el porcentaje de adsorción de Cr(III) es de 50.684%. La biomasa de *Sargassum sp.*, puede adsorber también sodio y calcio, los cuales compiten con el Cr(III), por los sitios de ligaje, ocupándolos con mayor facilidad y por ende, disminuyendo la adsorción de Cr(III).

El proceso de desorción de la biomasa cargada con Cr(III) proveniente de la muestra líquida real de curtiembre, se presenta en la Figura 13. En este caso se utilizó un volumen de 25 ml de H₂SO₄ 0.2M.

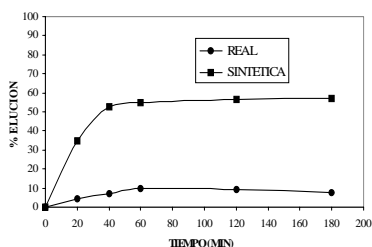


Figura 13. Curva de elución de Cr(III) desde la biomasa. Utilizando 25 ml de H₂SO₄ 0.2M. Experimentación con muestra líquida real de curtiembre.

De los resultados mostrados en la Figura 13, podemos concluir que el proceso de elución del Cr(III) cargado sobre la biomasa de *Sargassum sp.*, a partir de una muestra real de curtiembre, no es satisfactorio y por tanto no podría aplicarse en estas condiciones para la implementación industrial del proceso y por lo tanto sería necesario utilizar otras tecnologías para tratar el alga cargada con cromo. Dentro de esas alternativas podrían estar la inertización y la incineración, siempre y cuando se evalúen las condiciones para que la aplicación de estas tecnologías sea eficiente y no genere mayores problemas de contaminación.

4. CONCLUSIONES

Se consiguió una remoción del 80% de Cr(III) presente en un efluente líquido utilizando el alga *Sargassum sp.*, en una operación en discontinuo, de acuerdo a las siguientes condiciones: pH 4, agitación 50 rpm, tamaño de partícula 1.19 mm de diámetro, concentración de la disolución 400 ppm de Cr(III) y relación masa de alga por volumen de disolución del metal de 0.02. Al utilizar una muestra líquida real de curtiembre, se obtuvo una adsorción de Cr(III) de 50.684%, observándose una disminución en la eficiencia del proceso del 29.316%, respecto a la experimentación con las disoluciones sintéticas.

Los experimentos de desorción de Cr(III) a partir de la biomasa cargada con el metal, no mostraron resultados satisfactorios, los porcentajes de elución varían entre el 55 y el 61% y además las microfotografías mostraron que el ácido daña la estructura celular; por lo cual se requiere un estudio mas profundo de este proceso.

Se comprobó la viabilidad del proceso de adsorción del cromo contenido en efluentes líquidos provenientes de la industria del cuero, utilizando el alga parda *Sargassum sp.*

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Centro panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencia del Ambiente. Guía técnica para la minimización de residuos en Curtiembres. Lima, Perú. 1993.
- [2] International Standards for Drinking Water, 3ed edn. who. Genova, 1971.
- [3] VOLESKY, B. Biosorption of Heavy Metals. CRC Press. Florida. 1990.
- [4] KRATOCHVIL, D. PIMENTEL, P, VOLESKY, B. Removal of Trivalent and Hexavalent Chromium by Seaweed Biosorbent. Environmental Science and Technology. 1998, 32, 2693 –2698.
- [5] DA COSTA, A. Bioabsorção de Metais – Algas. CETEM. Río de Janeiro.1994.
- [6] WRIGHT, P.J; WEDER, J. H. Biosorption of inorganic tin and methyl tin compounds by estuarine macro algae. En: Environmental Science and Technology, 25. 1991. p. 287-294.