



RECUPERACIÓN ELECTROQUÍMICA DEL AU ADSORBIDO EN SÍLICES MESOPOROSAS AMINO FUNCIONALIZADAS Y MODIFICADAS CON MAGNETITA

JABNEL DENISSE CAMPOS OLVERA¹, LESLIE PALAFOX RIVAS¹; XIMENA YAMILE DELGADILLO CASTAÑÓN¹, MERCEDES SALAZAR HERNÁNDEZ^{2*}.

¹Departamento de Química; DCNyE; Universidad de Guanajuato. Noria Alta S/N; C.P. 36050; Guanajuato, Gto.

²Departamento de Ingeniería en minas, Metalurgia y Geología. Ex Hacienda de San Matías S/N; C.P. 36020; Guanajuato, Gto.
merce@ugto.mx^{*,2}

RESUMEN

Los procesos hidrometalúrgicos para la recuperación de los valores metálicos a partir de sus minerales o desechos presentan como última etapa la recuperación del valor de la solución rica de lixiviación, en este paso los procesos de adsorción son comúnmente utilizados, en la última década los materiales magnéticos-adsorbentes se han postulado como una buena alternativa para dicha etapa, en este sentido la $GMS-N_3-Fe_3O_4$, se ha propuesto como un material magnético útil para la recuperación de Ag de las soluciones ricas de cianuración, el presente trabajo muestra el uso de este material para la recuperación de Au(III) de medios acuosos, así como la recuperación del metal del adsorbente mediante deposición electroquímica, se muestra el estudio mediante voltamperometría del $[AuCl_4]^-$, del material con oro adsorbido y la caracterización por microscopía óptica del deposito generado.

INTRODUCCIÓN

La recuperación del Au y la Ag de las soluciones ricas de lixiviación provenientes de la extracción directa de sus minerales o desechos electrónicos pueden realizarse por diversos procesos, uno de ellos es la adsorción que comúnmente se realiza con carbón activado, una desventaja que genera este adsorbente es la generación de finos cargados con los iones de interés que generan pérdidas considerables en la industria [1], en este sentido los sistemas de adsorción con compositos magnéticos ofrecen una alternativa para la recuperación del adsorbente mediante concentración magnética y la eliminación así de las columnas de adsorción-desorción, se han reportado la aplicación de este tipo de adsorbentes en la recuperación de iones metálicos como Pb, Ni, Hg, Au y Ag [2, 3]. Recientemente, Salazar y col., han reportado el uso de sílice-magnetita amino funcionalizada ($GMS-N_3-Fe_3O_4$) en la recuperación de Ag(I) de sistemas acuosos, este material ha mostrado una buena capacidad de recuperación magnética a 2000 Gauss de intensidad, lo que sugiere la factible recuperación de estos materiales en concentradores magnéticos para una posible aplicación industrial [4]. El presente trabajo, se muestra el estudio de la recuperación de Au(III) de sistemas acuosos con la $GMS-N_3-Fe_3O_4$, así como el estudio de la recuperación del Au del material mediante electro-depósito.

OBJETIVO

Evaluar la posible recuperación del Au adsorbido en la $GMS-N_3-Fe_3O_4$ mediante electro-deposito

Resultados

La Figura 1, muestra la capacidad de adsorción de la $GMS-N_3-Fe_3O_4$ en un rango de concentración inicial de oro de 50-500mgL⁻¹, mostrándose una recuperación cuantitativa del metal de la disolución (99.7-97%). El ajuste de los datos experimentales al modelo de adsorción de Langmuir indico una capacidad de carga a la mono-capa de 15.9 mgg⁻¹, con una constante de Langmuir (K_L) de 1.08Lmg⁻¹; el análisis del coeficiente de reparto del sistema se observó con valores inferiores a 1 de 0.018-0.0018 en el rango de concentración evaluadas lo que sugiere una adsorción favorable tendiente a la quimio-adsorción.

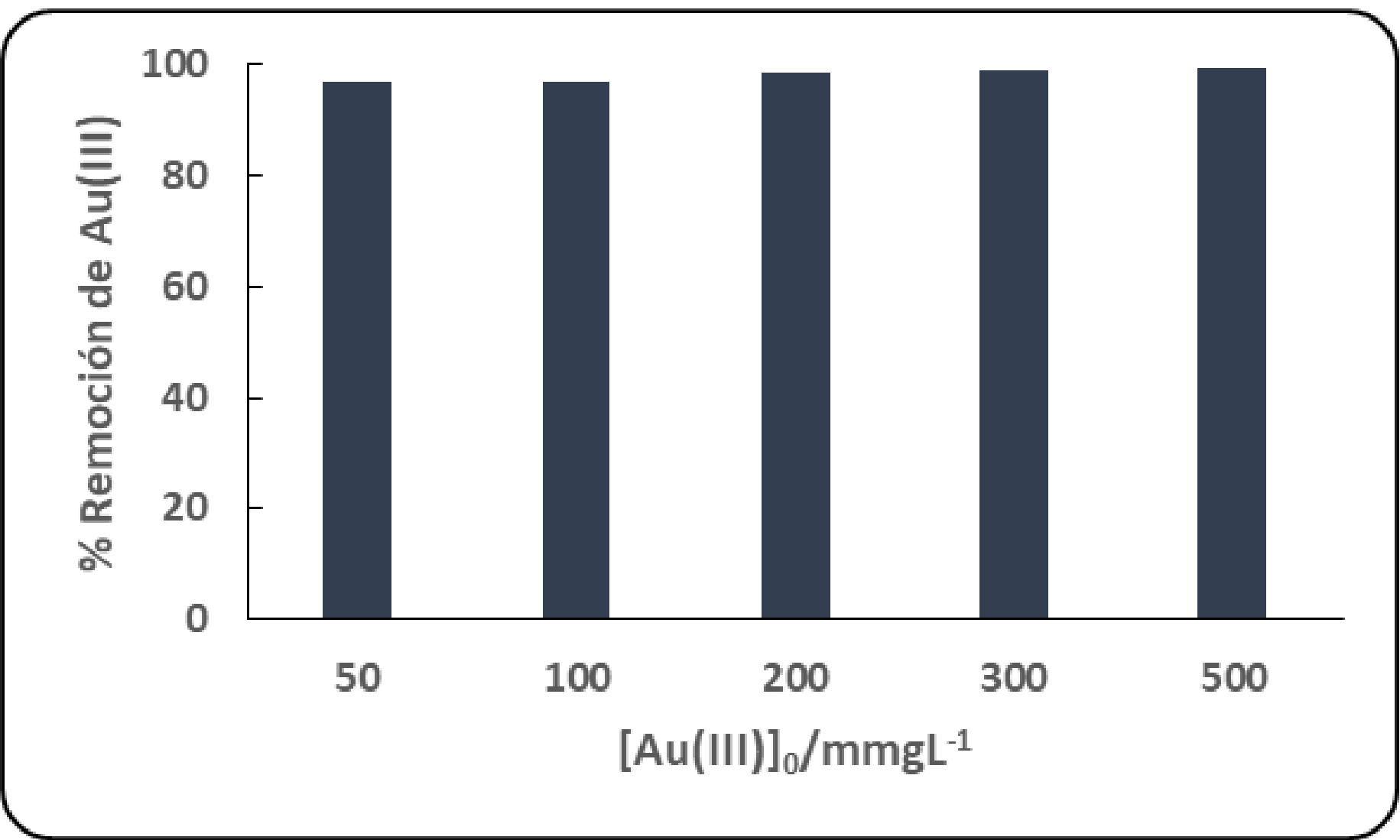


Figura 1. Capacidad de adsorción de Au(III) con la $GMS-N_3-Fe_3O_4$.

La Figura 2a, muestra la voltamperometría cíclica de la magnetita (Fe_3O_4), en donde no se observa ninguna corriente de depósito, lo que podría garantizar la nula intervención de este componente del material en el proceso de recuperación del Au(III) adsorbido en la $GMS-N_3-Fe_3O_4$. La caracterización electroquímica del $[AuCl_4]^-$ en una solución electrolítica de NaCl 1M se muestra en la Figura 2b, en donde se observa 6 procesos: Pico 1 a 300 mV que corresponde a la adsorción de la especie en el electrodo (grafito), posteriormente a -440 mV se muestra la corriente de depósito (Pico 2) para posteriormente observar el cruce de depósito a -580mV (3), a -400 mV se observa un pico de desorción (Pico 4) observándose a -402 y 560 mV los pasos de oxidación del Au(I) y A(III) en el sistema (Pico 5 y 6). Elias y col. reportaron el depósito de oro en sistemas de $K[Au(CN)_2]/KH_2PO_4$ en un intervalo de -300 a – 600 mV [5].

BIBLIOGRAFÍA

[1] Asamoah, R.K. "Specific Refractory Gold Flotation and Bio-Oxidation Products: Research Overview" *Minerals* (2021), 11: 93.

<https://doi.org/10.3390/min11010093>

[2] Syed S. "Silver recovery aqueous techniques from diverse source: hydrometallurgy in recycling" *Waste Management* (2016) 50: 234-256.

[3] Zinan Zhao, Meng Wang, Xuefeng Jiang, Ruwen Lv, and Chun Mao "Fe₃O₄ Nanoparticles Coated with Mesoporous Shells for Pb(II) Removal from Blood" *ACS Applied Nano Materials* (2022), 5(1): 249-258. DOI: 10.1021/acsanm.1c02739

[4] Mercedes Salazar-Hernández, Carmen Salazar-Hernández, Enrique Elorza Rodríguez, Juan Manuel Mendoza-Miranda, Ma. de Jesús Puy-Alquiza, Raúl Miranda-Aviles, Carolina Rodríguez Rodríguez "Using of Green Silica Amine-Fe₃O₄ modified from recovery Ag(I) on aqueous system" *Silicon* (2024), 16(4): 1509-1524. <https://doi.org/10.1007/s12633-023-02779-8>.

[5] Jamil Elias, Magdalena Gizowska, Pierre Brodard, Roland Widmer, Yoram deHazan, Thomas Graule, Johann Michler, Laetitia Philippe

"Electrodeposition of gold thin films with controlled morphologies and their applications in electrocatalysis and SERS" *Nanotechnology* (2012) 23: 2555705. DOI 10.1088/0957-4484/23/25/255705

EXPERIMENTACIÓN

Estudio de la Adsorción del Au(III) con la $GMS-N_3-Fe_3O_4$

Estudio por voltamperometría del $[AuCl_4]^-$ y Fe_3O_4

Caracterización por voltamperometría de la $GMS-N_3-Fe_3O_4-Au$
Obtención del depósito de Au

Caracterización del depósito

La Figura 2c, muestra el voltarograma del material con el oro adsorbido, observándose un primer paso de adsorción del material en el electrodo a -700 mV, por debajo al observado en la solución del tetracoloroauriato (III), se observa el cruce del deposito en forma similar al CV del $[AuCl_4]^-$.

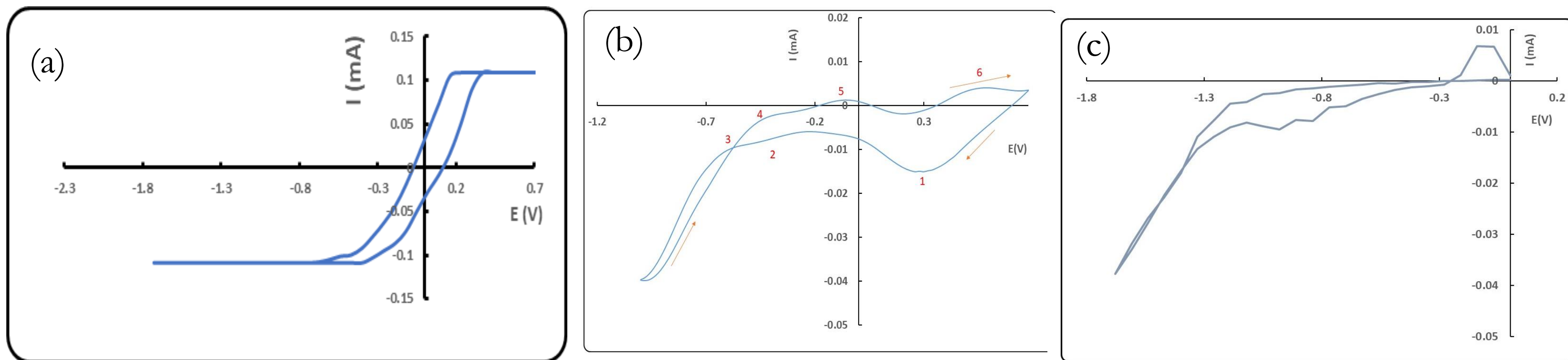


Figura 2. Voltamperometría cíclica de (a) Fe_3O_4 , b) $[AuCl_4]^-$ y c) $GMS-N_3-Fe_3O_4-Au$ en NaCl 1 M

La caracterización del depósito de Au obtenido mediante microscopía óptica, se muestra en la Figura 3a, donde se observa un depósito rugoso con la formación de partículas esféricas. La caracterización del material una vez realizado la desorción del oro mediante el depósito del mismo, se muestra en la Figura 3b, en donde se observa la presencia de la materia orgánica, lo que sugiere que el proceso electroquímico no altera la estructura del material pudiendo este ser reusado en otros ciclos de adsorción.

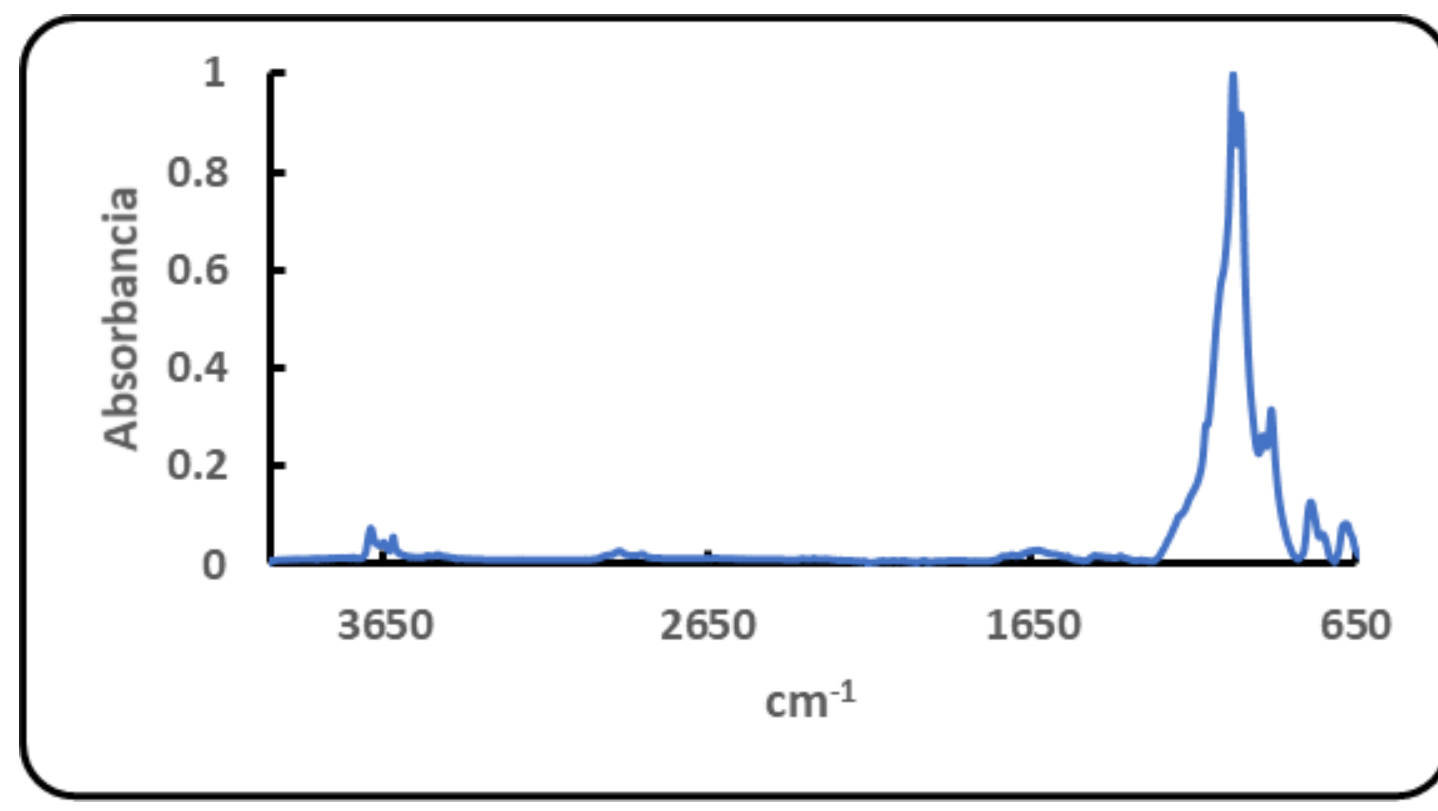
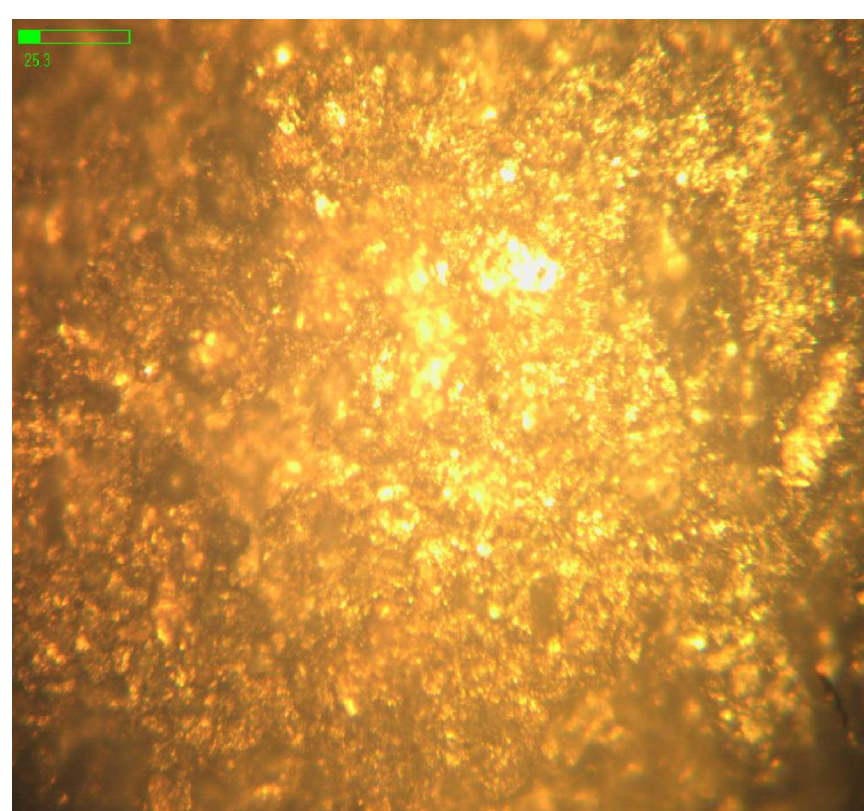


Figura 3. (a) Metalografía del depósito a 40x y (b) FTIR de la $GMS-N_3-Fe_3O_4$ después del proceso de electro-deposito del Au adsorbido

CONCLUSIONES

Los estudios por voltamperometría cíclica de la caracterización electroquímica de la $GMS-N_3-Fe_3O_4$, permitieron evidenciar la posible recuperación del oro adsorbido en el material mediante depósito electroquímico, la caracterización por microscopía óptica mostró la formación de un depósito granular en el electrodo, por otra parte el estudio por FTIR del material después del proceso de desorción evidencia la presencia de la materia orgánica en la sílica, lo que sugiere que el material puede ser reusado en el proceso de recuperación del metal.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad de Guanajuato a través de la DAIP-UGTO por el apoyo para el desarrollo de este proyecto.