

# *Estudio morfológico de nanopartículas funcionalizadas para secuestrar iones de metales pesados*

**Margarita García-Garduño<sup>1</sup>, Jaqueline Cañetas<sup>2</sup> y Genoveva Hernández-Padrón<sup>3\*</sup>**

1. División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Odontología, UNAM, México D.F., Circuito Institutos S/N, Cd. Universitaria, México, D. F., 04510, México.
2. Instituto de Física, Ciudad Universitaria, UNAM, México D.F., Circuito Institutos S/N, Cd. Universitaria, México, D. F., 04510, México.
3. Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada, Departamento de Nanotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Juriquilla, Boulevard Juriquilla 3001 C.P. 76230, Juriquilla, Querétaro, AP 1-1010, Querétaro 76000, México. E-mail: [genoveva@unam.mx](mailto:genoveva@unam.mx)

## **RESUMEN**

Nanomateriales de sílice funcionalizados con grupos tiol en su superficie fueron producidos para atrapar metales pesados. El grupo tiol tiene gran afinidad con iones metálicos y en este trabajo es utilizado como material secuestrante de metales pesados. Los nanomateriales fueron producidos mediante el proceso sol-gel, usando como precursor TMOS, y funcionalizados “in situ” con grupos mercaptanos en la superficie de los soles de sílice, para formar sitios activos afines a metales pesados y atraparlos mediante una reacción de complejación.

## **OBJETIVO**

El objetivo del presente trabajo es la modificación química de la superficie de las partículas de soles de sílice con grupos tiol para secuestrar iones de metales pesados.

## **INTRODUCCIÓN**

La incorporación química de grupos funcionales en la superficie de soles o geles de sílice han presentado un gran potencial en la actividad química de estas superficies [1-3], esta forma de funcionalización abre la posibilidad de controlar el comportamiento químico en la superficie de las nanoártículas, debido a que se le pueden incorporar sitios activos afines a iones metálicos o grupos contaminantes; el anclaje de estos iones metálicos forma complejos metálicos de tal manera que puede propiciar un manejo más controlado de ciertos metales pesados o de sustancia altamente tóxicas en aguas residuales. En principio un camino directo para preparar este tipo de nanomateriales ha

sido el proceso sol-gel, este proceso se realiza en dos etapas que son la hidrólisis y la condensación, de esta manera en la formación de los soles mediante la hidrolisis y/o condensación se pueden ir modificando su propiedades químicas en sus superficie [4]. Esta nueva propuesta de preparación “in situ” de los nanopartículas funcionalizadas mediante el proceso sol-gel, abre la posibilidad de obtener materiales funcionales en su superficie con diferentes grupos químicos y que pueden ser secuestradores o encapsuladores de compuestos altamente contaminantes, de compuestos costos o tóxicos, por ejemplo u otras aplicaciones [5].

Los nanomateriales funcionales han sido comparados con materiales no modificados. La hidrolisis y condensación de los nanomateriales es menor que de los no funcionalizados Para verificar la efectividad de la superficie funcionalizada se probaron los metales de cobre, mercurio y plomo.

En este trabajo se estudiaron las etapas del proceso sol-gel para la formación de partículas tanto modificadas como no modificadas en su superficie con grupos tiol. La caracterización de estos materiales se realizó FT-IR para verificar la funcionalización de las nanopartículas, mientras que por dispersión de luz dinámica se determinó el punto de gelación y sedimentación, para determinar el tiempo de estabilización de los soles. La cinética complejante de las partículas funcionalizadas se determinó mediante dispersión de luz dinámica y la morfología de las partículas encapsuladas con metales pesados se estudio por microscopia electrónica de barrido.

## **METODOLOGÍA**

Los nanomateriales fueron preparados mediante una solución alcohólica de tetrametoxysilano (Aldrich 99%) TMOS, y 3-mercaptopropyl-trimethoxysilano (Aldrich 99%) MPTS.

Los soles funcionalizados fueron preparados mediante una solución de metanol con TMOS, y agitación magnética muy suave, posteriormente es agregada gota a gota otra solución de metanol y agua, se deja en agitación magnética y en reflujo por 30 minutos a una temperatura aproximada de 67 °C. La relación molar utilizada es de 1:4:12 TMOS, agua y metanol, respectivamente.

Una vez producidas las partículas de sílice, se modifican con MPTS que es agregado en una solución con metanol en relación molar 1:1 respecto al TMOS. Esta solución es dejada en reflujo por 2 horas y agitación magnética constante.

Mediante este procedimiento se obtuvieron partículas con morfología de concha. La cinética de crecimiento de partículas se llevo a cabo mediante dispersión de luz dinámica usando un equipo Brookhaven BI-90 y un correlador BI-9000. Todas las medidas tienen un error de  $\pm 3\%$ , y un láser 488 nm a un ángulo de  $90^\circ$ .

La espectroscopia infrarroja es realizada en un espectrofotómetro Bruker Vector 33 mediante la técnica de reflectancia difusa.

La morfología fue realizada en un microscopio electrónico de barrido JEOL- JSM-5200.

## RESULTADOS

En la figura 1 se muestra la cinética de crecimiento del tamaño de partícula de sílice con la superficie modificada (silica-thiol) y la no modificada (pure silica). Aquí podemos observar que el tamaño de la sílice modificada es mayor y permanece estable por un tiempo mayor al de las partículas no modificadas.

En la figura 2, se muestra el espectro de infrarrojo donde se puede observar la funcionalización química de los soles de sílice en la banda  $2569\text{ cm}^{-1}$  correspondiente al grupo tiol.

En las figura 3 se muestra la morfología para los soles de sílice con iones de metal de (a) cobre, (b) mercurio y (c) plomo.

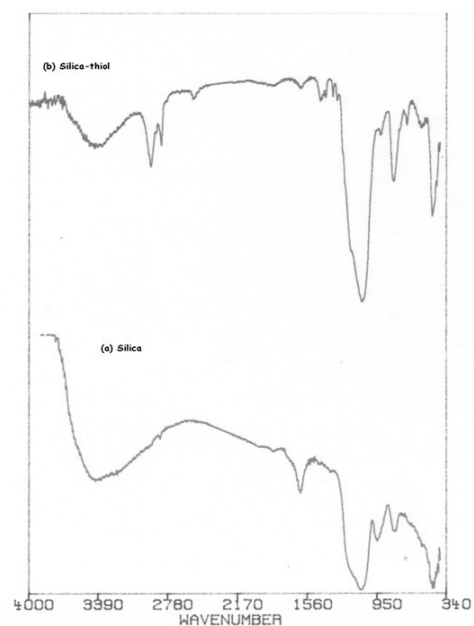
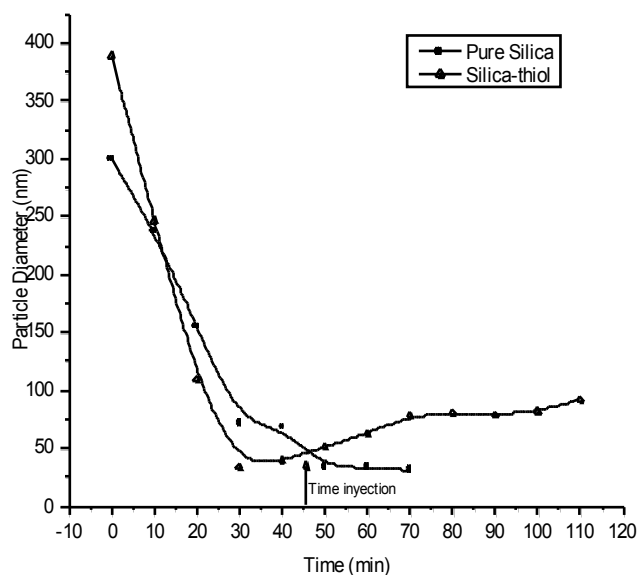


Figura 1. Cinética de crecimiento del tamaño de partícula.

Figura 2. Espectro FT-IR (a) sílice y (b) sílice-tiol

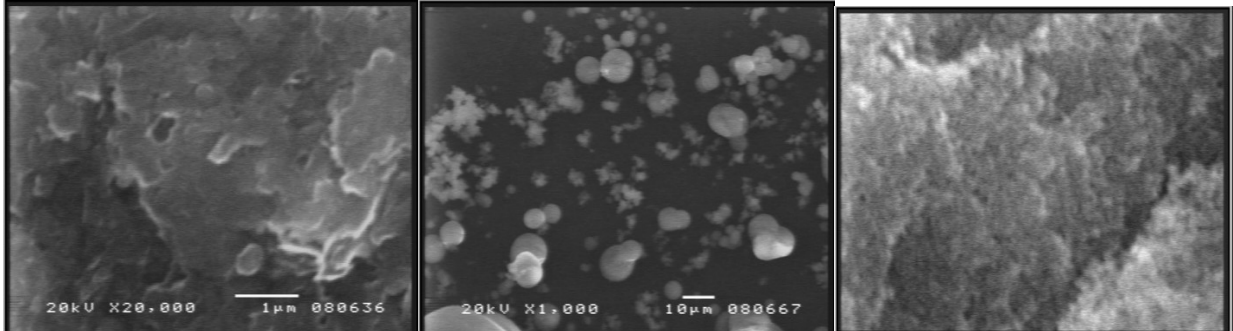


Figura 3. Microfotografía SEM, de las partículas sílice-tiol con metales secuestrados.

## CONCLUSIÓN

La superficie de las partículas de sílice han sido modificadas con grupos tiol mediante el proceso sol-gel. La incorporación de los grupos tiol no muestran un significativo cambio en la estructura de los geles producidos, en términos de la porosidad, pero si presentan un tiempo mayor de gelación, que es muy importante para la estabilidad de la reacción obteniéndose una mayor beneficio en la reactividad de la superficie. La funcionalización ha permitido obtener un proceso de complejación secuestrando metales tóxicos como mercurio, plomo y cobre. Esto puede ser de relevancia tecnológica para la limpieza de aguas residuales industriales o aplicaciones biomédicas.

## REFERENCIAS

- [1] A. P. Philipse A. Vrij, J. Colloid and Inter. Sci., 128 (1989) 121.
- [2] F. Schwertfeger, N. Hüshing and U. Schubert, J. Sol-Gel Sci. &Tech., 2 (1994) 103-108.
- [3] H. Wolter, W. Storch and H. Ott, Mat. Res: Soc. Symp. Proc., 346 (1994) 143-149.
- [4] B. Riegel, S. Plitersdorf, W. Kiefer, N. Hüshing, U. Schubert, J. Molecular Structure, 410-411 (1997) 157-160.
- [5] G. Hernández and R. Rodríguez, J. Non – Cryst. Solids, 246 (1999) 209-215.