



MX0400363

Congreso Internacional Conjunto Cancún 2004 LAS/ANS-SNM-SMSR/International Joint Meeting Cancun 2004 LAS/ANS-SNM-SMSR  
XV Congreso Anual de la SNM y XXII Reunión Anual de la SMSR/XV SNM Annual Meeting and XXII SMSR Annual Meeting  
Cancún, Q.R., México, 11-14 de Julio, 2004/Cancún, Q.R., Mexico, July 11-14, 2004

## Compuestos de Magnesio- Molibdeno como Matrices de Generadores de $^{99m}\text{Tc}$

**T. S. Jiménez Martínez**

Instituto de Investigaciones Nucleares  
Km 36.5 Carr. México- Toluca, 52045 México  
thania\_susana@terra.com.mx.

**Asesor: F. Monroy Guzmán**

Instituto de Investigaciones Nucleares  
Km 36.5 Carr. México- Toluca, 52045 México  
fmg@nuclear.inin.mx

### Resumen

El sistema generador de radionúclidos más difundido, y utilizado en el mundo, es el  $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ . Estos utilizan  $^{99}\text{Mo}$ , producto de fisión del  $^{235}\text{U}$  de muy alta actividad específica, adsorbido sobre alúmina (0.2 % de  $^{99}\text{Mo}$ /gramo de alúmina). Una alternativa para la producción de generadores de baja actividad específica, vía la reacción  $^{98}\text{Mo}(n,\gamma)^{99}\text{Mo}$ , se basa en la utilización compuestos a base de molibdatos, como matrices de los generadores  $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ . En este trabajo se propone desarrollar un generador a base de compuestos de molibdatos de magnesio, que podrían ser irradiados después de su síntesis, dada la corta vida media del único radioisótopo producido por el magnesio:  $^{27}\text{Mg}$  ( $t_{1/2} = 9.46\text{m}$ ). En este trabajo se estudiaron dos parámetros, fundamentales en la preparación de los molibdatos de magnesio, matrices de los generadores  $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ , y su influencia en la eficiencia y pureza radionúclida: el lavado de los geles previó a su irradiación y la relación molar Mo:Mg. Los molibdatos de magnesio no lavados presentan mayores eficiencias (72%), pero no cumplen con un porcentaje menor al 0.015% de  $^{99}\text{Mo}$ , ni con una pureza radioquímica del 90%, excepto cuando se utiliza la relación molar Mo: Mg de 1:1.08 la cual proporcionan los mejores resultados.

### 1. INTRODUCCIÓN

El sistema generador de radionúclidos más difundido, utilizado y comercializado en el mundo, es el  $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ . Comercialmente los generadores de  $^{99m}\text{Tc}$  utilizan una columna cromatográfica cargada con alúmina, en donde el  $^{99}\text{Mo}$ , producto de la fisión del  $^{235}\text{U}$ , es adsorbido y eluido el  $^{99m}\text{TcO}_4^{-2}$  mediante una solución salina. La alúmina adsorbe sólo el 0.2 % del  $^{99}\text{Mo}$ , por lo que se requieren altas actividades específicas de  $^{99}\text{Mo}$ . Por otra parte, la producción de  $^{99}\text{Mo}$  como resultado de la fisión, impone separaciones radioquímicas que generan significativas cantidades de desechos radioactivos de mediana actividad, e infligen elaboradas manipulaciones radioquímicas [1,2]. Dadas estas limitaciones, nuevos procedimientos de preparación de generadores  $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ , de baja o mediana actividad específica, que guarden las mismas características de calidad y pureza que las obtenidas por el generador tradicional, vía la reacción

nuclear  $^{98}\text{Mo}(n,\gamma)^{99}\text{Mo}$ , son objeto de estudio en numerosos países y particularmente importantes para zonas cuyas capacidades nucleares son medianas o bajas, como es el caso de nuestro país, que tendrían la posibilidad de producir dichos generadores con sus propios recursos técnicos y económicos, de ahí la importancia de obtener nuevas vías de producción del  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  [3, 4,5].

Investigaciones realizadas con geles de molibdato de zirconio, que actúan como matriz de los generadores de  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ , han mostrado que puede incorporarse hasta un 30 % en peso del  $^{99}\text{Mo}$ , producido vía la reacción nuclear  $^{98}\text{Mo}(n,\gamma)^{99}\text{Mo}$ . En estos trabajos se ha demostrado que la irradiación de los geles previamente sintetizados afectan de manera importante las eficiencias de los generadores, por lo que es necesario realizar la síntesis de dichos geles partiendo de  $^{99}\text{MoO}_3$ , situación que implica el uso de sistemas de síntesis adecuados para la manipulación de materiales activos y que consumen por lo menos 7 horas de proceso [1,2,4,7,8,9,10,11].

Así pues, con el objeto de encontrar nuevas alternativas de producción de generadores de  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ , fáciles de producir y con altas eficiencias de elución, se propone en este trabajo desarrollar un generador a base de compuestos de magnesio y molibdeno, que podrían ser irradiados después de su síntesis, dada la corta vida media del único radioisótopo producido por el magnesio:  $^{27}\text{Mg}$  ( $t_{1/2}= 9.46\text{m}$  ). No se han reportado trabajos en relación a este tipo de compuestos, siendo entonces indispensable, realizar estudios sobre la formación y comportamiento de éstos en relación a sus funciones de matriz de los generados de  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ . En este trabajo se determinó el efecto que tiene la relación molar Mo:Mg y el lavado de los molibdatos de magnesio sintetizados, en el desempeño de los generadores  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ , parámetros como la eficiencia de elución, la pureza radionúclida, radioquímica y química de los eluatos fueron determinados en cada caso.

## 2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

### 2.1. Síntesis de Molibdatos de Magnesio

La síntesis de los molibdatos de magnesio, consta de dos partes: primeramente se preparó una solución de molibdato de amonio a partir de 1 g de  $\text{MoO}_3$ , sinterizado previamente a  $650^\circ\text{C}$  durante una hora a una velocidad de  $10^\circ/\text{min}$ , el cual fue puesto en contacto con 7.3 mL de  $\text{NH}_4\text{OH}$  2 M, para su disolución. La reacción entre el óxido de molibdeno y el hidróxido de amonio tomó alrededor 6 horas, siendo su pH final de alrededor de 7. Por otro lado se preparó una solución de  $\text{MgCl}_2$  0.5 M, la cual fue adicionada gota a gota, mediante una bureta, a la solución de molibdato de amonio, para formar los molibdatos de magnesio. El pH de la reacción entre ambos reactivos fue seguida potenciométricamente mediante un potenciómetro marca Hanna Instruments, Model PH301, con un electrodo de vidrio HI 1131. En la Tabla No. 1 se describen las condiciones a las cuales fueron preparados los cuatro diferentes molibdatos de magnesio.

Previamente a la síntesis de los geles, se realizaron estudios del comportamiento ácido base de la solución de  $\text{MgCl}_2$  0.5 M, titulando 10 mL de la solución de magnesio con  $\text{HCl}$  0.1 M y posteriormente esa misma cantidad de solución de magnesio, con  $\text{NH}_4\text{OH}$  1 M. El registro de la variación de pH se llevó cabo potenciométricamente.

Una vez sintetizada la solución de molibdato de magnesio, es necesario inducir su precipitación ajustando el pH final de la solución, utilizando HCl 4 M (Tabla No.I). Así pues, un estudio ácido-base fue realizado previamente al ajuste del pH de los molibdatos de magnesio con el fin de determinar el valor de pH al cual los molibdatos precipitan. Este estudio fue realizado potenciométricamente utilizando como titulante HCl 4 M.

**Tabla I Condiciones de preparación de los molibdatos de magnesio**

| No. compuesto | MoO <sub>3</sub> (g) | NH <sub>4</sub> OH 2M (mL) | NH <sub>4</sub> OH:MoO <sub>3</sub> | pH de la solución | MgCl <sub>2</sub> 0.5M (mL) | pH de la solución | Mo:Mg  | pH ajustado con HCl |
|---------------|----------------------|----------------------------|-------------------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|--------|---------------------|
| 1             | 1.0020               | 7.3                        | 1:2                                 | 7.420             | 9                           | 6.6785            | 1:0.64 | 0.05                |
| 2             | 1.0022               | 7.3                        | 1:2                                 | 7.100             | 16.5                        | 6.144             | 1:1.18 | 0.49                |
| 3             | 1.0061               | 7.3                        | 1:2                                 | 7.098             | 13                          | 6.206             | 1:1.08 | 0.319               |
| 4*            | 1.0009               | 7.3                        | 1:2                                 | 7.474             | 15                          | 6.466             | 1:0.93 | 0.466               |

\*En este compuesto se invirtió el orden de adición seguido en la preparación de los otros compuestos.

Los molibdatos de magnesio son entonces secados mediante una lámpara de infrarrojo, durante un día, después triturados en un mortero de ágata y finalmente secados en una estufa a 40°C por un día.

Antes de su irradiación cada gel se pesó y se dividió en dos porciones; una de estas porciones fue lavada con 200 mL de agua destilada y se secó por 24 horas a 40 °C, a estos molibdatos los nombraremos como lavados y al resto del material que no sufrió ningún tratamiento previo a la irradiación, se les denominó molibdatos no lavados.

## 2.2. Irradiación de Molibdatos de Magnesio

Aproximadamente 0.2 g de los molibdatos no lavados y 0.7 g de los molibdatos lavados fueron encapsulados en contenedores de polietileno de alta densidad. Posteriormente se irradiaron en el reactor TRIGA MARK III durante 2 horas con un flujo de  $1.65 \times 10^{12} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{seg}^{-1}$ .

## 2.3. Preparación de Generadores <sup>99</sup>Mo/<sup>99m</sup>Tc

Los geles irradiados se depositaron en una columna cromatográfica de vidrio, marca Wheaton (80 x 12mm) que contiene un soporte interno de fibra de vidrio. Antes de introducirlos a las columnas, éstas fueron preparadas de la siguiente forma: se colocó papel filtro Whatman No. 1, ajustado al diámetro de la columna, seguido de 1g de alúmina acidifica, nuevamente se colocó otro papel filtro y finalmente los <sup>99</sup>Mo-molibdatos de magnesio y sobre éste otra porción más de papel filtro Whatman No. 1.

La alúmina acidificada fue preparada poniendo en contacto aproximadamente 10 g de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  neutro (pH = 7 marca Fluka) con 100 mL de HCl 1M durante un día, posteriormente la alúmina se filtró y secó.

Las columnas se lavaron con 50 mL de solución de NaCl al 0.9% y fueron eluidas cada 23 horas durante una semana.

## 2.4. Características de los Generadores $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$

Se construyeron curvas de elución tomando alícuotas de aproximadamente 0.14 mL y cuantificando su actividad en un detector de GeHp marca Canberra, mod. 7229P, a una distancia de 5 cm entre el detector y la muestra, durante 60 segundos, tomando las áreas de los picos de 140.5 KeV ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ), 181.1 KeV ( $^{99}\text{Mo}$ ) y 739.6 KeV ( $^{99}\text{Mo}$ ), utilizando estos datos se determinó la pureza radionúclida de cada eluato. La actividad del  $^{99}\text{Mo}$  y del  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  presentes en las columnas antes y después de cada elución se determinó en la cámara de ionización CAPINTEC modelo CRC-10R. Así pues la eficiencia de elución fue determinada relacionando la actividad de  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  obtenida teóricamente a partir de la actividad de  $^{99}\text{Mo}$  encontrada en la columna, con la actividad obtenida de  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  en los eluatos.

La determinación de la pureza radioquímica de los eluatos, se realizó en cromatografía sobre papel filtro Whatman No. 1, utilizando una fase móvil con la siguiente composición: 25 % agua y 85 % metanol. El tecnecio en su forma química:  $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ , presenta un  $R_f$  de 0.6 a 0.7 bajo estas condiciones [7].

Transcurridos 30 días se determinó el pH de los eluatos potenciométricamente y la presencia de  $\text{Al}^{+3}$  en éstos. La presencia de aluminio se determinó de la siguiente manera: se impregnó una tira de papel filtro Whatman No. 1 (1.5 x 5 cm) con el reactivo de aluminona, sobre la cual se aplica una solución patrón de 10 ppm de  $\text{Al}^{+3}$  y una gota de eluato, comparándose las intensidades relativas de las coloraciones obtenidas [7].

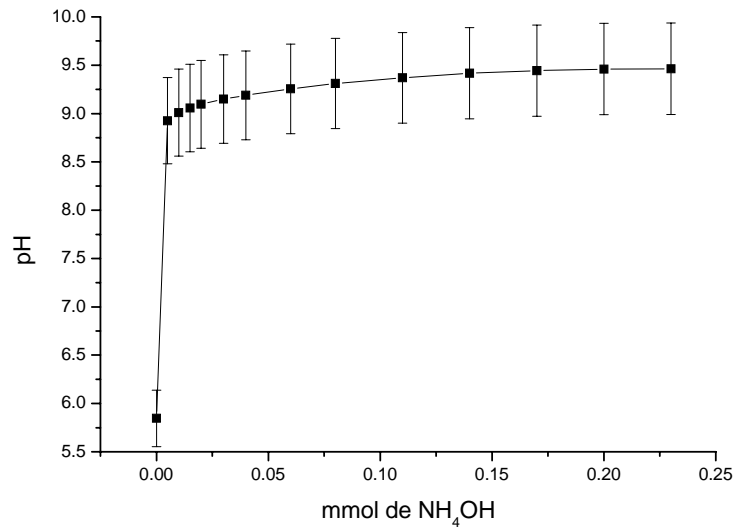
La aluminona fue preparada de la siguiente forma: en un matraz aforado de 500 mL se disuelven en agua destilada, 77 g de acetato de amonio, hasta disolución total de la sal. Después se adiciona a la solución anterior 12.5 mL de HCl (dilución 1:4 con agua destilada); por otra parte se disuelve 1g de aurintocarboxilato de amonio en 50 mL de agua destilada, esta solución se agrega al matraz aforado. Finalmente se adiciona a este matraz 0.5 g de goma arábiga disueltos en 50 mL de agua destilada. Se completa el volumen de 500 mL con agua destilada, de la solución final se toman 20 mL y se lleva a un volumen de 100 mL con agua destilada.

## 3. RESULTADOS

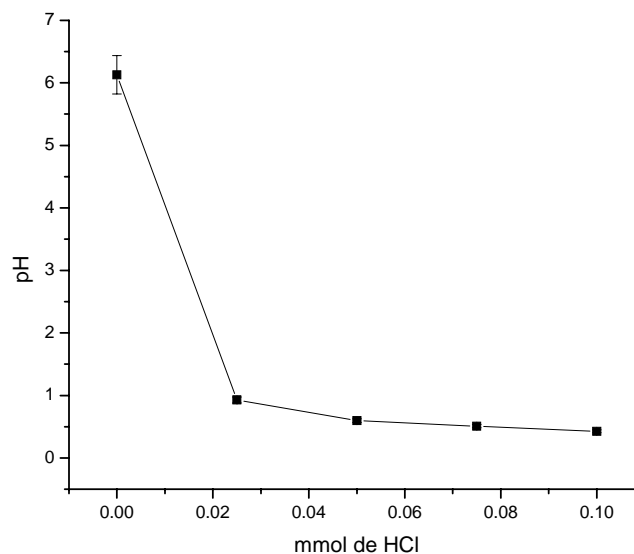
### 3.1 Síntesis de Molibdatos de magnesio

El objetivo de realizar el estudio del comportamiento ácido-base de la sal de magnesio era conocer el comportamiento la solución de  $\text{MgCl}_2$  al modificar el pH. La Figuras 1a y 1b muestran la variación de pH al adicionar a las soluciones de  $\text{MgCl}_2$ , HCl y  $\text{NH}_4\text{OH}$ . El pH inicial de las

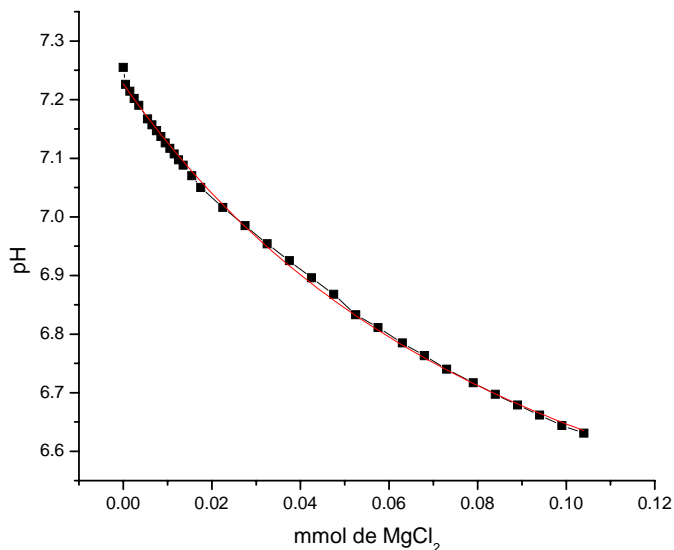
soluciones de cloruro de magnesio se encuentran alrededor de 6.2-6.4, produciéndose dos grandes saltos de pH cuando se adicionan alrededor de 0.02 mmoles, tanto de HCl como de NH<sub>4</sub>OH, llegando a dos mesetas, en donde el pH prácticamente no varía aún cuando se adicionan OH<sup>-</sup> o H<sup>+</sup> a la solución. La solución no presenta ningún cambio de color o presencia de precipitado en todo el intervalo de pH estudiado.



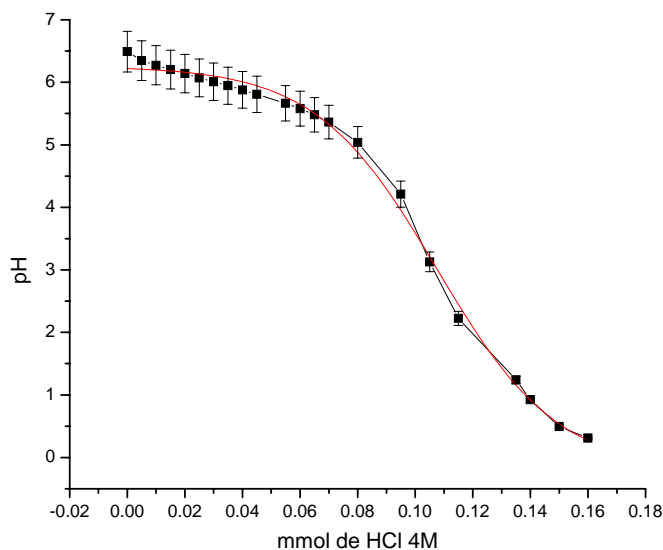
**Figura 1a. Comportamiento de una solución de MgCl<sub>2</sub> en un pH básico**



**Figura 1b. Comportamiento de una solución de MgCl<sub>2</sub> a un pH ácido.**



**Figura 2. Variación de pH agregando MgCl<sub>2</sub> 0.5 M a la solución de MoO<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub>**



**Figura 3. Ajuste de pH de los molibdatos de magnesio con HCl 4M.**

La Figura 2 muestra la variación del pH conforme la solución de cloruro de magnesio se fue adicionando a las soluciones de molibdatos; como puede observarse, el pH tiende a disminuir ligeramente de 7.4 a 6.8, manteniéndose constante a este valor.

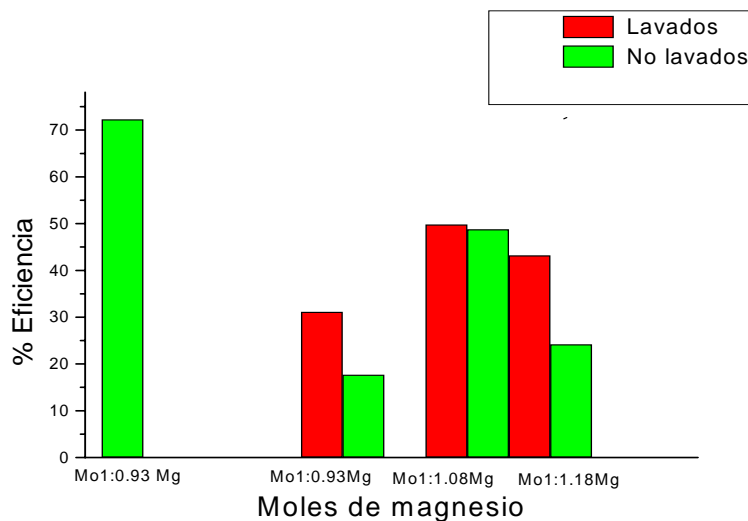
En la figura 3 se observa la variación del pH en la solución de molibdatos de magnesio, al acidificar la solución, hasta llegar a un punto cercano a cero, en el cual se da la precipitación de

estos compuestos. Alrededor de 1.5 de pH, hay una disminución abrupta del valor de pH, debajo de este valor el molibdato de magnesio comienza a precipitar.

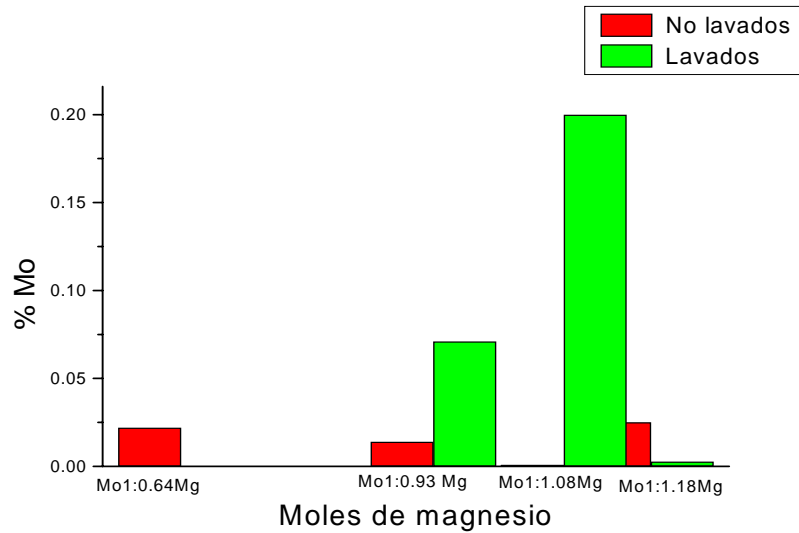
## 2.4. Características de los Generadores $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$

La Figura 4 nos muestra la relación existente entre los moles de magnesio utilizados en la preparación del gel con respecto a la eficiencia que este presenta. Cuando la relación molar Mo: Mg es de 1:0.64 se obtiene la mayor eficiencia y esta va disminuyendo conforme se aumenta la cantidad de moles de magnesio respecto a los moles de molibdeno. También se puede observar que los geles lavados presentan una mayor eficiencia comparados con los geles no lavados preparados a las mismas relaciones molares.

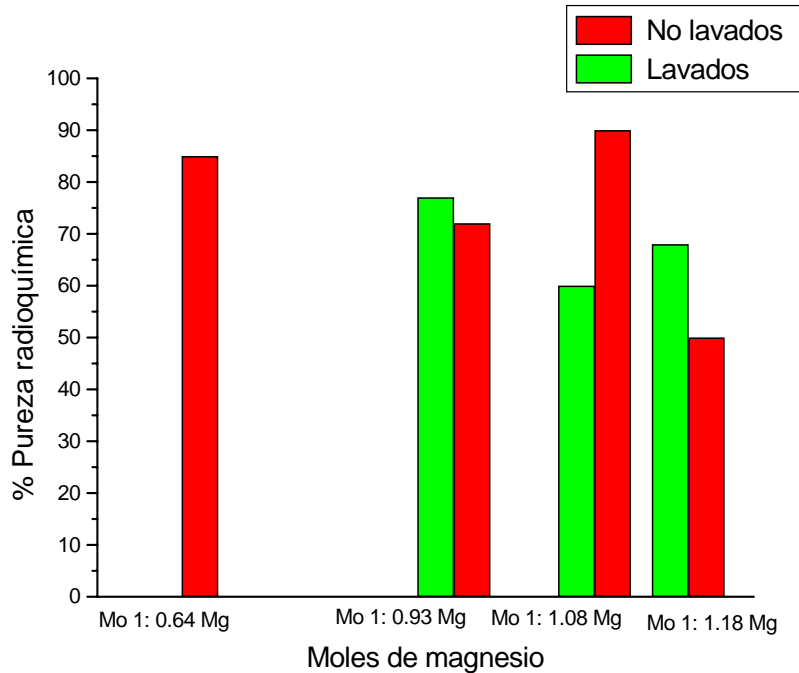
La pureza radionúclida de los eluatos está reportada en relación a la cantidad de  $^{99}\text{Mo}$  presente en éstos. En la figura 5 se muestra que el lavado de los geles influye en el porcentaje de molibdeno presente en los eluatos, ya que los geles lavados presentan un porcentaje de  $^{99}\text{Mo}$  mucho mayor que aquellos que no fueron lavados. Cuando la relación Mo: Mg se acerca 1:1 el porcentaje de  $^{99}\text{Mo}$  aumenta, es decir disminuye la pureza radionúclida de los eluatos



**Figura 4 Eficiencia del generador en función de la relación molar Mo:Mg, Mo=1**



**Figura 5. Pureza radionúclida (%  $^{99}\text{Mo}$ ) de los eluatos en función de la relación molar Mo:Mg. Mo=1**



**Figura 6. Pureza radioquímica (%  $^{99m}\text{TcO}_4^-$ ) de los eluatos en función de la relación molar Mo:Mg. Mo=1.**

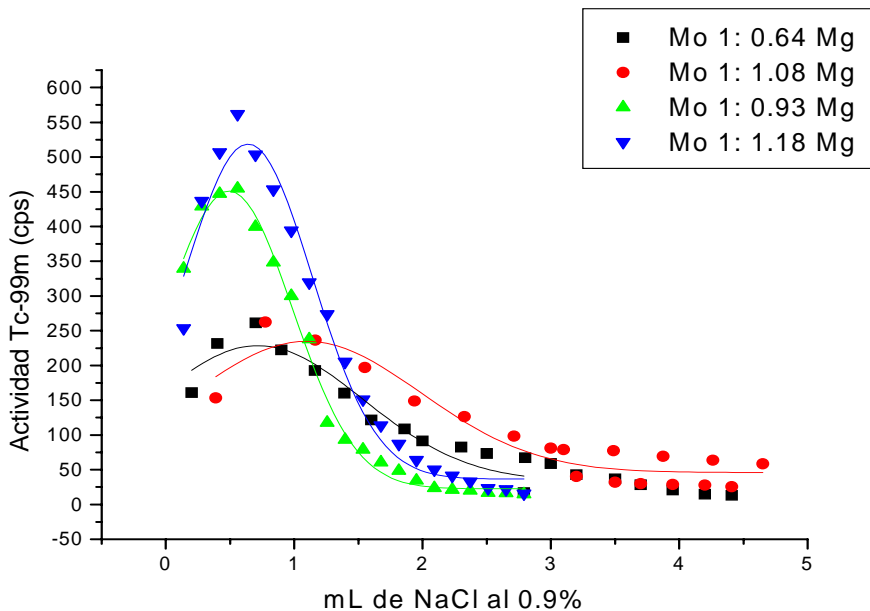
En cuanto a la pureza radioquímica se puede observar en la Figura 6, que cuando aumenta la cantidad de moles de magnesio, respecto a la cantidad de moles de molibdeno, la pureza



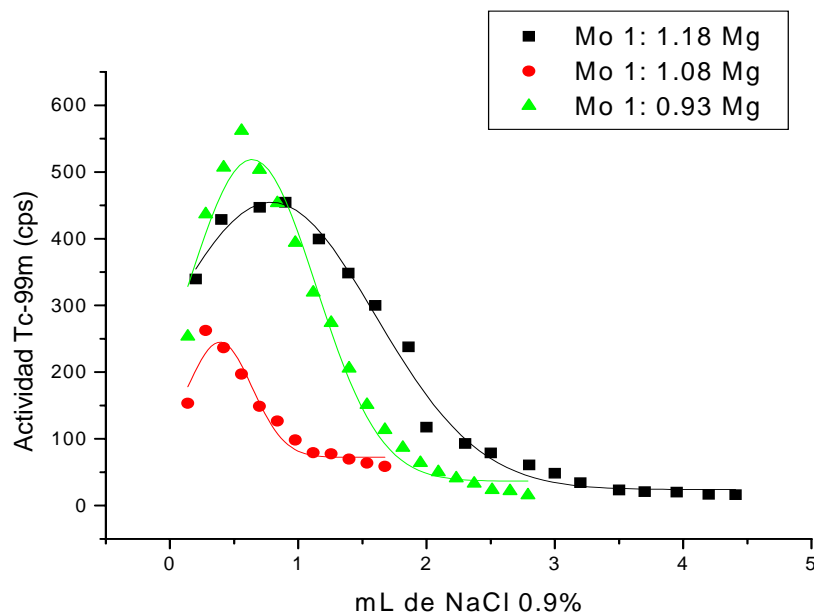
radioquímica disminuye, excepto en el molibdato cuya relación Mo:Mg es 1:1.08, donde se obtiene la mayor pureza radioquímica. Además de esto también se nota la influencia del lavado en los geles, puestos que aquellos que fueron lavados aumentaron su pureza radioquímica respecto al mismo gel no lavado, excepto el gel mencionado antes con una relación 1: 1.08. Purezas radioquímicas superiores al 80 % nos indican que el  $^{99m}\text{Tc}$  presente en los eluatos se encuentra prácticamente bajo la forma química  $^{99m}\text{TcO}_4^-$ . En el caso de los eluatos con bajas purezas radioquímicas, esto nos sugiere que el  $^{99m}\text{Tc}$  se encuentre en otros estados de oxidación.

Los eluatos obtenidos en las diferentes eluciones tuvieron valores de pH que van de 4.5 a 5.6. En la figura 7 se muestran las curvas de elución obtenidas en los generadores  $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$  preparados con  $^{99}\text{Mo}$ -molibdatos de magnesio a diferentes relaciones molares Mo:Mg. En los compuestos lavados el volumen de elución con el que se obtuvo la mayor cantidad de  $^{99m}\text{Tc}$  fue de 2 mL de NaCl 0.9 % y en aquellos que no fueron lavados, éste aumento hasta 3 mL. El molibdato preparado con la relación molar Mo:Mg 1:0.93 es el que presenta el menor volumen de elución, aproximadamente 1.5mL.

En relación a la presencia de  $\text{Al}^{3+}$ , las pruebas realizadas en todos nuestros eluatos, muestran que éstos contenían menos de 10 ppm de aluminio.



**7a. Curvas de elución de los generadores  $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$  a base de  $^{99}\text{Mo}$ -molibdatos de magnesio lavados.**



**Figura 7b. Curvas de elución de los generadores  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  a base de  $^{99}\text{Mo}$ -molibdatos de magnesio no lavados**

#### 4. CONCLUSIONES

Si se considera que un generador adecuado es aquel que presenta una eficiencia mayor al 80 %, menos de 0.015 % de  $^{99}\text{Mo}$ , una pureza radioquímica mayor al 90 %, un pH de elución entre 5.5 y 7.5, un volumen de elución menor a 5 mL y menos de 10 ppm de otros contaminantes como aluminio, entonces de acuerdo a estos parámetros, el mejor molibdato de magnesio, para ser utilizado como matriz de los generadores  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  es el que presenta la relación molar Mo:Mg igual a 1: 1.08.

El molibdato de magnesio preparado con la relación molar Mo:Mg igual a 1: 1.08 y que además no se lava previamente a la irradiación, es el que presenta una pureza radioquímica del 90 %, lo cual indica la presencia de  $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$  en sus eluatos, un porcentaje de  $^{99}\text{Mo}$  menor a 0.015%, un pH de los eluatos de entre 5.4 y 5.6, además de un volumen de elución de 1.5 mL a 3 mL con una solución de NaCl al 0.9% y un contenido de aluminio en los eluatos menor a 10 ppm. Sin embargo su eficiencia es menor al 80 %, ya que se encuentra en un intervalo de entre 50% y 60%. El molibdato de magnesio preparado a la relación molar Mo:Mg igual a 1: 0.64 presenta la eficiencia más alta, 72.2 %, pero no cumple con los otros parámetros requeridos, ya que presenta 0.022 % de  $^{99}\text{Mo}$ , una pureza radioquímica del 72 %, y un pH de sus eluatos de entre 3.8 y 4.2 aunque el volumen de elución es de 3 mL de NaCl al 0.9 % y el contenido de aluminio es menor a 10 ppm.

## AGRADECIMIENTOS

A la Gerencia de Aplicaciones Nucleares a la Salud y al Departamento de Producción de Radioisótopos y al personal que labora en el reactor del ININ. Este trabajo estuvo financiado por el CONACYT, bajo el No. de proyecto J33049-M.

## REFERENCIAS

1. W.C. Eckelman, B. M. Coursay, "Special issue on Technetium- 99m", *Appl. Radiation Isotopes* **Vol 6**, p. 33, 10 (1982).
2. Boyd, R. E, "The Generator: a Viable Alternative Source of  $^{99m}\text{Tc}$  for Nuclear Medicine", *Appl. Radiation Isotopes*, **Vol.42**, p. 1027-1033 (1997).
2. Evans, J.V. Moore, P. W., Shying, M. E. y Sodeau, J. M., "Zirconium Molybdate Gel as a Generator for Technetium-99m. The Concept and its Evaluation", *Appl. Radiation Isotopes*, **Vol. 38**, p. 19-23 (1987).
4. Saraswathy, P., Sarkar, S.K. Patel, R.R., Arora, S.S. y Narasimhan D.V. S., "Evaluation of Preparation and Performance of Gel Column  $^{99m}\text{Tc}$  Generators based on Zirconium Molybdate- $^{99}\text{Mo}$ ", *Radiochim. Acta*, **Vol. 30**, p. 83, 97-102 (1998).
5. Vanaja, P., Ramamoorthy, N. Saraswathy, P. W. y Mani, R. S., "Preparation of a Sterile Closed System  $^{99m}\text{Tc}$  Generator based on Zirconium Molybdate", *Radiochim. Acta*, **Vol. 3**, p.42, 49-52 (1982).
6. El Absy, M.A. El Nagar, M. y Audah, A. "Technetium-99m Generators Based on Neutron Irradiated 12-Molybdocerate as Column Matrix", *J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles*, **Vol. 183**, p. 339-350 (1994).
7. Ociel Cortés Romero, "*Generadores  $^{99}\text{Mo}$ -  $^{99m}\text{Tc}$  a base de geles de molibdatos de titanio*" Tesis. Químico. Universidad Nacional Autónoma de México, p.48-49 (2004).
8. Laura Verónica Díaz Archundia, "*Evaluación de la influencia de pH en la eficiencia del Generador  $^{99}\text{Mo}$ -  $^{99m}\text{Tc}$  a base de molibdato de zirconio*". Tesis Ingeniero Químico. Instituto Tecnológico de Toluca, p. 34 ( 2003).
9. F. Monroy-Guzmán, L. V. Díaz Archundia and A. Contreras Ramírez. "Effect of Zr:Mo ratio on  $^{99m}\text{Tc}$  generator performance based on zirconium molybdate gels". *Appl. Radiation Isotopes*. **Vol.59** p 27-34, 59, (2003).
10. F. Monroy-Guzman, E. S. Barron Santos and S. Hernandez. "Synthesis installation of zirconium-99Mo-molybdate gels to  $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$  generator". *Synthesis and Applications of Isotopically Labelled Compounds*. **In prensa**
- 11 A. Contreras Ramírez, F. Monroy Guzmán, L. V. Díaz Archundia. "Síntesis e irradiación de geles de zirconio molibdatos utilizados como matrices de generadores  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99m}\text{Tc}$ " "*Memorias En XII Congreso Anual De La Sociedad Nuclear Mexicana. XX Reunión Anual De La Sociedad Mexicana De Seguridad Radiológica*" Ixtapa, Zihuatanejo, Gro., México.10-13 de Noviembre del 2002. **Memorias en CD.**