

# LAS PROPIEDADES DEL AMERICIO Y DEL EUROPIO Y SU HOMOLOGIA DE POSICION EN EL CUADRO PERIODICO

G. E. VILLAR

Instituto de Tecnología y Química de la Facultad de Ingeniería, Montevideo

## RESUMEN

En la ley de formación de las envolturas electrónicas de los actínidos propuesta por el autor en 1938, los electrones se agregarían a la envoltura electrónica del actinio sucesivamente en el nivel 5 f.

En las envolturas electrónicas propuestas por Seaborg para los actínidos en 1954, se da en general preferencia a las envolturas del tipo 5f, 7s, sin incluir al electrón  $6d^1$  que existe en el actinio, adoptándose en general envolturas electrónicas similares a las del tipo 4f, 6s que actualmente parecen ser mas indicadas para los lantánidos.

No obstante, y en razón de las propiedades de los actínidos, Seaborg presenta en muchos casos como alternativa, o como única solución (uranio y curio) envolturas electrónicas que se ajustan a la ley de formación anteriormente citada.

Solamente para el americio, berkelio y californio admite Seaborg como únicas configuraciones posibles las del tipo 5f, 7s.

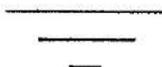
Como las propiedades del americio son mucho más conocidas que las del berkelio y el californio, se ha hecho un estudio de las razones que condujeron a Seaborg a admitir para el americio la configuración  $5f^7 7s^2$ , similar a la del europio  $4f^7 6s^2$ .

Los argumentos de Seaborg están principalmente basados en las investigaciones de Tomkins y Fred sobre los espectros de emisión de

los elementos homólogos de las series de los lantánidos y de los actínidos. Sin embargo, estos investigadores expresan que el adecuado análisis de los términos espectrales, necesario para deducir de ellos las configuraciones electrónicas, obligaría a realizar estudios espectrales mucho más extensos y sobre muestras mucho mayores.

El autor analiza las razones que conducen a admitir como más posible para el americio la configuración del tipo  $5f^6, 6d^1, 7s^2$ , aún en el caso de que la configuración del europio fuera del tipo  $4f^7 6s^2$ .

La presencia del electrón  $6d^1$  en los actínidos podría justificar la diferencia de carácter químico que presentan los compuestos del tipo uranilo, neptunilo, plutonilo, amerencilo, que no se han encontrado aún en los lantánidos.



### Introducción.

El estudio reciente de las propiedades químicas y físicas de los elementos transuránicos ha puesto en evidencia la analogía que existe entre varios de los elementos homólogos de las series de los lantánidos y de los actínidos.

Al hacer notar en 1938 (1) la posible existencia de la serie de los actínidos, indicamos al mismo tiempo, la ley de formación que debería corresponder a las estructuras electrónicas de los catorce elementos que siguen al actinio en el Cuadro Periódico; en las cuales los electrones que se agregarían a la envoltura electrónica del actinio, se incorporarían sucesivamente en el nivel 5f.

Esta misma ley de formación de las configuraciones electrónicas de los actínidos fué deducida mucho más recientemente por Wells (2).

Del estudio comparativo realizado por este autor entre las propiedades de los actínidos y de los lantánidos, parecería deducirse que tuvo influencia sobre aquel, la ley de formación de las configuraciones electrónicas de los lantánidos establecida por Hund (3).

Wells, como nosotros, supone que los electrones del nivel 5f comienzan a incorporarse en forma sucesiva a partir del torio en adelante.

Este asunto ha sido bastante discutido en los últimos años, habiendo hecho Maddock (4) una reseña sobre la posición sustentada al respecto por diversos autores.

La información mas reciente sobre dicha cuestión se encuentra en el libro de Seaborg (5) que acaba de aparecer, según el cual corresponderían a los actínidos y a los elementos homólogos de la serie de los lantánidos, envolturas electrónicas que se indican en el cuadro I.

Las configuraciones electrónicas propuestas en el cuadro I cumplen con la ley indicada por nosotros, exceptuando las correspondientes al americio, berkelio y californio.

Es todavía escasa la información que se requeriría para deducir en forma concreta las configuraciones electrónicas, tanto de los actínidos, como de los lantánidos.

Por este motivo, al establecer Seaborg las configuraciones que figuran en el cuadro I, ha hecho notar que se trata solamente de una "predicción" de las configuraciones que corresponderían al estado normal de los átomos gaseos de los elementos comprendidos en el cuadro.

También ha señalado Seaborg que las configuraciones previstas para el cerio y el praseodimio se han deducido de las determinadas para los átomos de dichos elementos en un primer grado de ionización; mientras que las configuraciones propuestas para el prometio, terbio y disprosio han sido obtenidas por interpolación; siendo por ello susceptibles de duda.

En lo que respecta a las configuraciones establecidas en el referido cuadro para los átomos al estado normal del neodimio, samario, europio y gadolíneo son las determinadas espectroscópicamente por Brewer, Edwards y Templeton en 1949.

La serie de configuraciones propuestas por Seaborg para los lantánidos, coincide por otra parte, con las configuraciones que se indican en el Cuadro Periódico de Hubbard desde 1950 hasta la fecha.

Según el Cuadro de Hubbard, las envolturas electrónicas de los catorce elementos que siguen al lantano en el Cuadro Periódico, se caracterizarían por la ausencia de electrones en el nivel 5d, excepto el gadolíneo y el lutecio, que tendrían un electrón 5d, lo mismo que el lantano.

El estudio comparativo de las envolturas electrónicas que figuran en el cuadro I, ponen de manifiesto la influencia que han ejercido sobre Seaborg las configuraciones electrónicas de los lantánidos, ya que da preferencia a las configuraciones que tienen libre el nivel 6d; proponiendo sin embargo como segunda alternativa, configuraciones en que aparece un electrón en el nivel 6d, en el caso del torio, proto-

Cuadro 1

CONFIGURACIONES ELECTRONICAS \* PROPUESTAS POR SEABORG  
PARA LOS ELEMENTOS HOMOLOGOS DE LAS SERIES DE LOS ACTINIDOS  
Y DE LOS LANTANIDOS, AL ESTADO GASEOSO (5)

Serie de los actínidos	Configuración electrónica	Serie de los lantánidos	Configuración electrónica
Actinio .....	6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	Lantano .....	5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>
Torio .....	6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> (5f <sup>1</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> ) **	Cerio .....	4f <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup>
Protoactinio .....	5f <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> (5f <sup>1</sup> 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> )	Praseodimio .....	4f <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup>
Uranio .....	5f <sup>3</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	Neodimio .....	4f <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup>
Neptunio .....	5f <sup>5</sup> 7s <sup>2</sup> (5f <sup>4</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> )	Prometio .....	4f <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup>
Plutonio .....	5f <sup>6</sup> 7s <sup>2</sup> (5f <sup>5</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> )	Samario .....	4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>
Americio .....	5f <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup>	Europio .....	4f <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup>
Curio .....	5f <sup>7</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	Gadolíneo .....	4f <sup>7</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>
Berkelio .....	5f <sup>9</sup> 7s <sup>2</sup>	Terbio .....	4f <sup>9</sup> 6s <sup>2</sup>
Californio .....	5f <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup>	Disprosio .....	4f <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>

\* Complementarias de las configuraciones del radón y del xenón respectivamente.

\*\* Se indican entre paréntesis otras alternativas propuestas por Seaborg.

actinio, neptunio y plutonio. Estas configuraciones coinciden con las que se deducen de acuerdo con la ley de formación propuesta por nosotros en 1938.

Según lo indica Seaborg (5), el estudio de la información sobre espectroscopía de rayos X en el radio, torio y uranio, condujo a Russell a afirmar en 1944 y 1946 que el nivel 5f comienza a llenarse en el torio.

La evidencia del nivel 6d es tan notable en el caso del uranio, que Seaborg admite como única alternativa, la configuración  $5f^3 6d^1 7s^2$ , aunque la correspondiente al neodimio, elemento homólogo de la serie de los lantánidos, sea  $4f^4 6s^2$ .

El análisis del reciente estudio realizado por Seaborg (5), parecería hacer cada vez más posible la ley de formación propuesta por nosotros. Al obligar esta ley a admitir que existe un electrón 6d en todos los actínidos, aparecería una falta de analogía con la serie de los lantánidos, donde de acuerdo con las opiniones más aceptadas hoy, solamente el lantano, gadolínico y lutecio presentarían un electrón 5d.

Esta falta de analogía entre las envolventes electrónicas, podría explicar la ausencia de compuestos penta y hexavalentes en los lantánidos, así como la existencia de los iones del tipo  $MO_2^{++}$  que caracterizan a los compuestos de uranio, neptunio, etc.; de los cuales no se encuentran homólogos en la serie de los lantánidos.

#### **Las envolventes electrónicas del americio y del europio.**

En el cuadro 1 figuran las envolventes electrónicas propuestas por Seaborg para el americio y el europio. Dichas envolventes se caracterizan porque son del mismo tipo, no presentando el americio electrones del nivel 6d, del mismo modo que el europio no presentaría electrones del nivel 5d.

Se supone que la configuración electrónica del europio se encuentra entre las más seguras, desde el punto de vista de los datos espectrales.

Seaborg ha adoptado para el americio una configuración homóloga a la del europio, en razón de las analogías generales que caracterizan a las dos series de "tierras raras" y apoyándose además en el trabajo de Tomkins y Fred (6) publicado en 1949, relativo a la comparación de los espectros de emisión de los elementos de ambas series.

Como consecuencia de dicho estudio comparativo, los autores últimamente citados llegaron a la conclusión de que el espectro del americio presentaría, con respecto a los espectros de los elementos que le preceden en la serie, la misma relación que presenta el espectro del europio con respecto a los de las tierras raras que le preceden en el Cuadro Periódico.

Estas deducciones no sólo están lejos de ser categóricas, sino que los propios autores expresan que en razón de la complejidad de los

espectros del torio y de los elementos que le siguen en el Cuadro Periódico, sería necesario que los estudios espectrales fueran mucho más extensos y efectuados sobre muestras mucho mayores, para que se pudiera realizar sobre los resultados el adecuado análisis de los términos espectrales necesario para deducir de ellos las configuraciones electrónicas (6).

Estas manifestaciones ponen de manifiesto la imprecisión de los referidos estudios experimentales y por consiguiente, de las deducciones basadas en aquéllos.

De aquí resulta la posibilidad de que la configuración electrónica del americio presente un electrón en el nivel 6d, aun cuando la configuración del europio no tuviera un electrón del nivel 5d. En forma similar a como ocurre con las configuraciones electrónicas del uranio y del neodimio propuestas por Seaborg en el cuadro 1.

Los estudios realizados en 1952 por Stephanon, Nigon y Penne-  
man (7) sobre los espectros de absorción del americio y del europio trivalentes, en ácido perclórico, no permiten tampoco llegar a conclusiones de alguna precisión respecto a las configuraciones electrónicas de dichos elementos al estado normal.

Según estos investigadores dichos espectros serían similares desde el punto de vista de presentar bandas de absorción extremadamente definidas; sin embargo, los coeficientes de extinción molecular del americio trivalente, serían cien veces mayores que los respectivos coeficientes de extinción del europio trivalente.

Esta particularidad de los espectros de absorción ha sido interpretada en el sentido de que la probabilidad de transiciones que afecten el nivel 5f es mucho mayor para el caso del americio, que la correspondiente a transiciones en que intervenga el nivel 4f para el caso del europio.

Si se admiten para el americio y el europio las configuraciones electrónicas que figuran en el cuadro 1, corresponderían a sus iones trivalentes las siguientes configuraciones:

Am .....	Configuración radón, 5f <sup>6</sup>
Eu .....	" xenón, 4f <sup>6</sup>

La presencia de tres pares electrónicos en los niveles 5f y 4f ofrecería alguna dificultad para explicar el paramagnetismo de los iones Am<sup>+++</sup> y Eu<sup>+++</sup>; ya que a primera vista aparecería la posibilidad de

que los electrones se aparearan con un momento orbital y de giro ("spin") mutuamente neutralizados, con lo cual los iones deberían de ser diamagnéticos. Esto obliga a admitir que por lo menos cuatro de los electrones 5f o 4f no se encuentran apareados, para poder contribuir así al momento magnético registrado experimentalmente.

En cambio, si se admite para el europio la configuración electrónica establecida por Hund, y para el americio, la deducida por Dawson en 1952 (8) y prevista por nosotros (1) (9), corresponderían a los iones trivalentes las siguientes configuraciones:

Am .....	Configuración radón, 5f <sup>5</sup> , 6d <sup>1</sup>
Eu .....	" xenón, 4f <sup>5</sup> , 5d <sup>1</sup>

El número impar de electrones de los niveles 5f y 6d, así como 4f y 5d, estaría de acuerdo con el paramagnetismo de los iones citados.

### Conclusiones.

Las consideraciones que anteceden tienden a demostrar que no existen aún argumentos suficientemente fundados como para justificar para el americio una configuración electrónica del tipo de la admitida actualmente para el europio, en la cual no figure un electrón en el nivel 5d.

Las diferencias que el americio presenta con el europio desde el punto de vista de la valencia, permitirían justificar el hecho de que las respectivas envoltentes electrónicas fueran de diferente tipo.

Ante las afirmaciones categóricas de los espectroscopistas, que han desechado las configuraciones electrónicas establecidas por Hund para los lantánidos, pasarían a segundo plano los argumentos en favor de una configuración 4f<sup>6</sup> × 5d<sup>1</sup> × 6s<sup>2</sup> para el europio, a pesar de ser ésta muy atrayente.

### Referencias bibliográficas

- (1) G. E. Villar; Bcl. Fac. Ing. Montevideo, 5, 233 (1938).
- (2) A. F. Wells; Structural Inorganic Chemistry, Oxford at the Clarendon Press, Oxford (1950).
- (3) D. M. Yost, H. Russell Jr., G. S. Garner; The Rare-Earth Elements and Their Compounds, John Wiley & Sons, Inc. New York (1947).
- (4) A. C. Maddock; Anales Real Soc. Españ. Fís. y Quím. (Madrid), N° 9, 150 (1948).

- 
- (5) G. T. Seaborg, J. J. Katz; The Actinide Elements, McGraw-Hill, Book Co, In. New York (1954).
  - (6) F. S. Tomkins, M. Fred; J. Optical Soc. Am. 39, 357 (1949).
  - (7) S. E. Stephanon, J. P. Nigon, E. A. Penneman; J. Chemic. Physics 21, 42 (1953).
  - (8) J. K. Dawson; Nucleonics, 10, N° 9, 39 (1952).
  - (9) G. E. Villar; pR (Montevideo), 3, N° 1-6, 7 C (1953).