

Espectrometría de Movilidad Iónica (IMS)

Autor : Dr. Norberto Gabriel Boggio

La espectrometría de movilidad iónica, más conocida por su sigla en inglés IMS (Ion Mobility Spectrometry) es una de las técnicas de la química analítica instrumental utilizada para detectar y caracterizar compuestos volátiles o semi-volátiles en el aire.

El desarrollo de esta tecnología a nivel comercial adquirió importancia a partir de la necesidad de contar con instrumentos y sensores que pueden ser eficaces en una gran variedad de ambientes de funcionamiento para la detección de productos químicos de alta toxicidad, compuestos explosivos y narcóticos, en muy pequeñas cantidades (trazas). En estas aplicaciones, la rapidez de respuesta, la especificidad del IMS junto con la posibilidad de contar con equipos portátiles, son características que lo han ubicado en un lugar destacado frente a otras opciones.

Principio de funcionamiento

El principio de funcionamiento de un espectrómetro de movilidad iónica tradicional consiste vaporizar la muestra a analizar, ionizar el analito presente y luego desplazar los iones bajo la acción de un gradiente campo eléctrico dentro de un tubo (fig.1). Al ingresar al mencionado tubo el conjunto de iones choca contra una corriente de gas inerte que se mueve en sentido contrario a los iones produciéndose numerosas colisiones entre iones y moléculas. De esta manera se produce una separación selectiva de los iones que poseen tamaños y formas similares, de manera que llegan al extremo del tubo a diferentes tiempos. Con esta información es posible calcular la movilidad de los iones que representa una característica distinguible de cada compuesto y permite identificar el analito. Los resultados se expresan en forma gráfica en un diagrama llamado espectro de movilidad o de plasmagrama de manera clásica (fig.2) donde se representa la intensidad o concentración de los distintos iones en función del tiempo. El siguiente esquema ilustra el principio de funcionamiento:

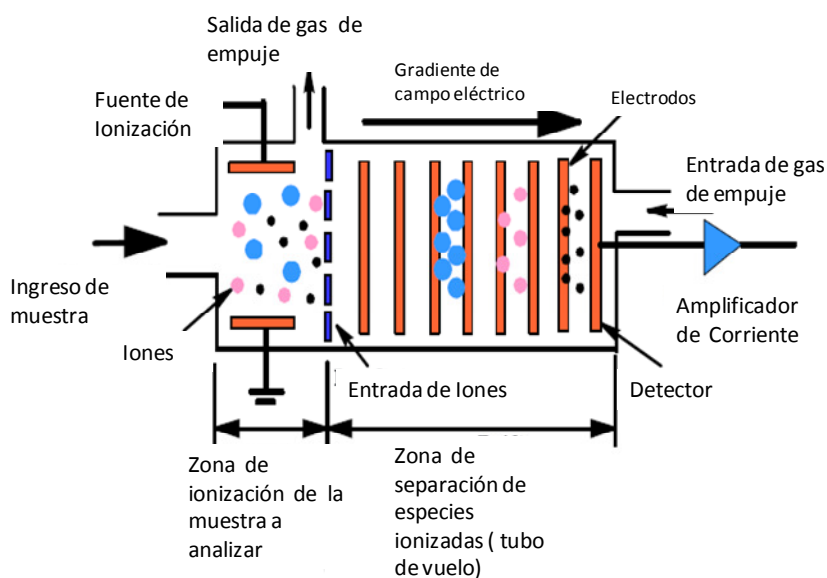


Figura 1: Esquema básico del funcionamiento de un IMS

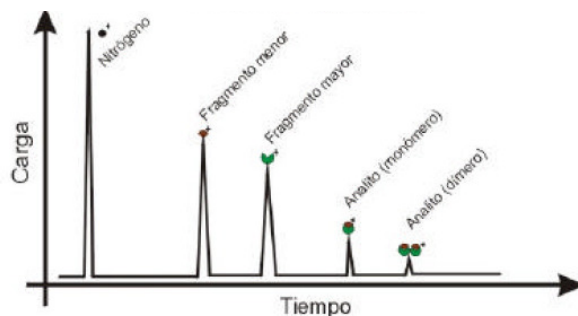


Figura 2 : Espectro de movilidad iónica. Los picos corresponden a las sustancias ionizadas que llegan al detector en un determinado tiempo.

Una de las ventajas más interesantes de esta técnica es que las etapas de formación y detección de iones en la mayoría de los equipos se realizan a presión atmosférica en aire puro, siendo una de las principales ventajas del método la ausencia de sistemas de generación de vacío como en la espectrometría de masas. En comparación con esta última, los IMS presentan un diseño simple, de bajo costo de mantenimiento, más portátil y económico. Además son instrumentos de alta sensibilidad cuyos límites de detección permiten detectar cantidades tan pequeñas como microgramos ó hasta nanogramos por litro de muestra.

Históricamente, los primeros estudios en espectrometría de movilidad iónica se registraron durante 1950 y 1960, mientras que el desarrollo de los primeros modelos comerciales se realizó a principios de la década de 1970, época en la cual a esta técnica se la conocía como cromatografía de plasma. Durante varios años no existió un modelo claro sobre la química de los iones en tubos de vuelo de los IMS, por lo cual los desarrollos a nivel comercial tuvieron importantes altibajos. Fue entonces a partir de fines de los '80 cuando los estudios científicos ayudaron a comprender y describir los mecanismos del comportamiento de los iones y su relación con los espectros de movilidad. Actualmente ya se cuenta con bases de datos espectrales en paquetes de software de fácil acceso.

Por otra parte, ya en la década de los '90 los avances tecnológicos posibilitaron complementar el análisis por IMS con otras técnicas anteriormente conocidas como la cromatografía gaseosa y la espectrometría de masas, construyéndose equipos de laboratorio de alta resolución para distinguir entre moléculas de estructura compleja y muy parecida.

Principales campos de aplicación

Como se mencionó anteriormente, la necesidad de contar con instrumentos que den una respuesta rápida en situaciones de control en zonas de cierto nivel de riesgo han conducido al empleo de los principios del IMS para el desarrollo de dispositivos comerciales de uso industrial, militar y civil en el área de seguridad y policial.

Particularmente su utilización creció fuertemente en el área de la seguridad, destacándose como detectores de trazas de explosivos, sobre todo a partir de la concientización e interés a nivel gubernamental en la protección contra el terrorismo a raíz de los trágicos ataques en Nueva York y Washington del 11 de septiembre de 2001 y otros desastres posteriores en España, Israel, Afganistán e Irak, por mencionar algunos ejemplos. También en este ámbito se extendió su uso a la detección de drogas ilícitas.

Entre las ventajas de uso se cuentan la rapidez del análisis y la posibilidad de contar con equipos tanto portátiles como de tipo portal. En todo el mundo se cuentan más de 20000 unidades instaladas a partir de 2004 ubicándose en una situación de importancia respecto de otros sistemas de control.

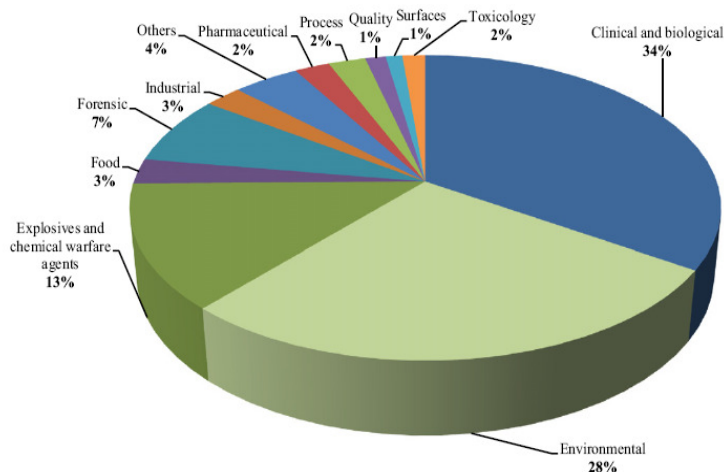


Figura 3 : Analizadores IMS para detección de drogas tipo portátil (izq.) y portal para control de drogas y/o explosivos en aeropuertos o embajadas (der.) . Fotos :Sandia National Labs.

Otra área de aplicación de los analizadores IMS es en el monitoreo ambiental de contaminantes, donde es necesario contar con instrumentos para el control in situ y que den una rápida respuesta en la detección de muy bajos niveles de concentración de dichos compuestos. Se pueden citar entre otros ejemplos, el control de emisión de óxidos de nitrógeno liberados por los vehículos con motores de combustión o la detección de sustancias orgánicas volátiles (principalmente derivados del benceno) que también se emiten desde diversos tipos de industrias y constituyen un serio riesgo para la salud de la población, dada su toxicidad y alta probabilidad de producir diversos tipos de cáncer. En este sentido, la legislación vigente en los diferentes países es cada vez más exigente en cuanto al control de los límites máximos permitidos y los IMS resultan aptos en este tipo de control ya que detectan muy bajos niveles de concentración, en el orden partes por millón o partes por billón. Esto último significa contar con equipos capaces de detectar microgramos de una dada sustancia presentes en un kilogramo de muestra.

Otro campo de creciente aplicación del IMS en la última década ha sido el estudio de biomoléculas donde hubo numerosos avances aplicando el concepto de movilidad sobre todo en la determinación de la conformación de dichas moléculas.

El siguiente diagrama muestra de manera más global la utilización de la espectrometría de movilidad iónica en diferentes campos de aplicación (porcentajes calculados sobre 721 referencias tomadas de ISI Web Of Knowledge , Mayo de 2010) :



Durante los últimos 10 años la técnica IMS fue reconocida y aceptada en el ámbito de la química analítica y este reconocimiento se ve reflejado en la cantidad de trabajos presentados en simposios y conferencias internacionales y en los artículos publicados en journals de química, física y bioquímica. Este nivel de interés no se observaba antes del año 2000, hecho que puede ser atribuido a una creciente concientización de que los analizadores IMS son una tecnología clave para contrarrestar el aumento de la vulnerabilidad de la población civil en la guerra no convencional a través de su uso en el ámbito militar.

Dependiendo de la sofisticación del sistema, el desarrollo de la tecnología alcanzará niveles muy diferentes e influirá significativamente en el costo. Si consideramos la compra de equipos es importante tener presente que bajo costo de compra, no implica bajo costo de mantenimiento, por ejemplo, los perros detectores de drogas, tienen un bajo costo de compra, pero el entrenamiento de los mismos es caro. Para exponer algunos costos indicativos, podemos decir que el costo de un equipo comercial (está claro que el desarrollo de la tecnología demanda una inversión mucho mayor) puede variar desde unos 500000 U\$S hasta 5000U\$S, esta variación es función de la sofisticación del equipo y esto es en última instancia función de la tecnología adoptada.

Una notable tendencia en relación al desarrollo de nuevos instrumentos es la miniaturización de los tubos de vuelo motivado en la necesidad de tener equipos portátiles de pequeño volumen. Para el futuro se espera la integración de estos equipos analizadores con sistemas de comunicación global como Internet.

Desarrollo de la tecnología IMS en nuestro país

En el laboratorio de olfatometría del Depto. de Micro y Nanotecnología de la Comisión Nacional de Energía Atómica se está desarrollando un sistema basado en la espectrometría de movilidad iónica para la detección de trazas de compuestos orgánicos contaminantes. El trabajo se lleva a cabo en el marco de un proyecto de investigación y desarrollo (PID) de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Técnica con la participación y apoyo de la empresa Bell Export S.A.

El diseño sobre el que se está trabajando actualmente responde al esquema denominado celda de IMS o cross-flow IMS, donde (a diferencia del IMS tradicional) los iones, desviados por el campo eléctrico colocado en dirección transversal a su desplazamiento

, aterrizan sobre un conjunto de detectores de acuerdo a su carga y masa generando un patrón característico o huella digital que permite identificarlos. El siguiente esquema (fig.4) muestra el IMS tipo celda :

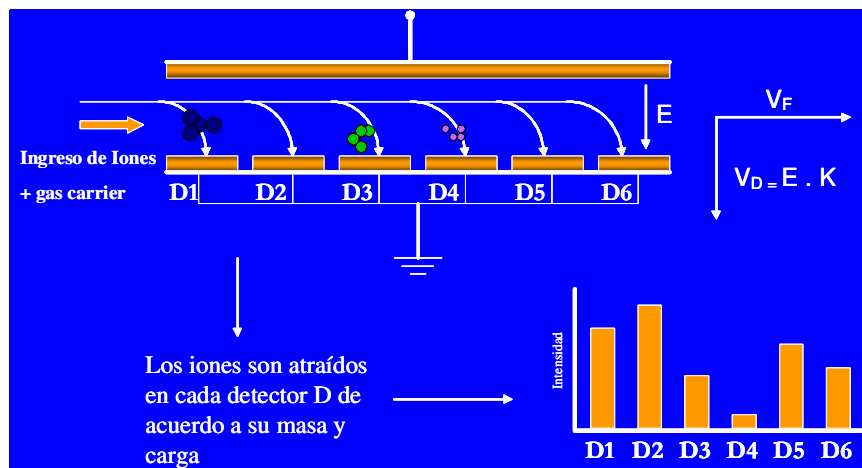


Figura 4 : Esquema de IMS tipo Celda o cross-flow , actualmente en desarrollo en CNEA .

Para optimizar la detección es necesario determinar los parámetros que afectan a la movilidad iónica del compuesto a analizar. Estos parámetros son: la temperatura del gas portador, la velocidad de los iones, la distancia entre los electrodos, y la intensidad del campo eléctrico.

Referencias bibliográficas:

- Dr. Alberto Lamagna , Ing. Pablo Alonso Castillo. Estudio de factibilidad tecnológica y económica de desarrollo en nuestro país de la tecnología de olfateadores (sniffers).
- N. G. Boggio, P. Alonso Castillo , J. J. Ortiz , A. Lamagna , A. Boselli , C. A. Rinaldi. Desarrollo de un espectrómetro por movilidad iónica para la detección de compuestos orgánicos (explosivos, drogas y contaminantes) . Anales AFA 2008, Vol 20, p.208-210.
- Boggio N.G., Pierpauli K. Rinaldi C.A. , Lamagna A. Detection Of Volatile Organic Compounds with an IMS Cell Type Device with a Corona Discharge Ionization Source. Sensor Letters 9, 866-868 (2011).
- Marquez-Sillero I. et al. Ion Mobility Spectrometry For Environmental Analysis Trends In Analytical Chemistry. Vol 30 , No.5, p.677 – 690 (2011)
- G. A. Eiceman and Z. Karpas, Ion Mobility Spectrometry, 2nd edn., CRC Press, Boca Raton, FL (2005).
- G. A. Eiceman and H. Schmidt, Advances in ion mobility spectrometry of explosives, Aspects of Explosives Detection, Chapter 9, Elsevier B. V. (2009).
- Solis A.A., Sacristán E. Designing the Measurement Cell of a swept-field differential aspiration condenser. Rev. Mex. Fis. 52 (4), 322-328 , (2006)

El autor : Norberto Gabriel Boggio. Licenciado en Ciencias Químicas de la UBA. Doctor en Ingeniería de Microsistemas, Università Tor Vergata , Roma (2006). Actualmente es Investigador Asistente del Conicet, trabajando en el Laboratorio de Olfatometría del Depto. de Micro y Nanotecnología del Centro Atómico Constituyentes de la CNEA.