



VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ANÁLISIS POR ICP – MS DE METALES PESADOS EN MUESTRAS BIOLÓGICAS.

Ing. Rodolfo Díaz Zamora¹

Resumen

ICP – MS, hace referencia a la técnica de espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo. Esta es una variante de las técnicas de análisis por espectrometría de masas. Esta técnica está establecida de manera estándar en laboratorios, para analizar: aguas, suelos, alimentos, muestras clínicas, entre otras.

Entre sus ventajas tenemos: alta precisión, reducido coste económico y bajos límites de detección. Además de analizar el mayor número de los elementos e isótopos de la tabla periódica, de forma simultánea en menor tiempo (máximo cinco minutos), lo cual representa un aporte importante para el ámbito de acción.

Palabras clave: ventajas y desventajas, análisis multielemental, plasma inducido, campos de aplicación, detector de masas.

Introducción

Esta técnica, denominada espectrometría de masas con fuente de plasma (ICP-MS), posee una alta sensibilidad y rapidez en el análisis multielemental, lo cual posibilita la capacidad de cuantificar las concentraciones de un rango mínimo de 5 órdenes de magnitud, es decir desde unos limitados PPT a cantidades mayores de PPM. Permitiendo así, analizar más elementos a un menor número de muestra y en menor tiempo.

Gracias a la adopción de dos propiedades analíticas esta técnica es un importante instrumento de análisis. Estas dos propiedades son: la obtención de la matriz libre de interferencias y la presencia de una alta relación señal-ruido.

Cabe señalar, que el plasma de acoplamiento inductivo de argón se utiliza como basamento eficaz de iones en su estado M+. El espectro de masas de esta fuente de iones es medido a través de un espectrómetro de masas cuadrupolar.

Esta práctica se realiza mediante la interface, que introduce iones de plasma a través de un orificio (Cono), a través de una unidad de vacío diferencial y después dentro del filtro cuadrupolar de masa.

1 Instituto Nacional De Salud (INS)

Debido a esta dinámica de análisis es que el instrumento es sumamente eficiente y eficaz para poder medir las concentraciones de metales pesados, por ejemplo, podemos mencionar: As, Se, Cd, Pb, Hg, etc.

En torno al mayor entendimiento de un ICP-MS, se puede dividir el sistema en: Introducción de muestras, generación de iones, interfase de acondicionamiento, discriminador de iones y detector.

La mayoría de las muestras analizadas por el ICP-MS son líquidas. Sin embargo, muestras sólidas pueden ser analizadas usando sistemas LASER o celdas calentadas para vaporizar la muestra. Las muestras gaseosas pueden ser analizadas introduciéndolas directamente en el instrumento. El sistema más común de introducción de muestra en un ICP-MS es el de un nebulizador con una cámara de rocío. El nebulizador convierte la muestra líquida en unas gotas muy pequeñas, estas gotas son transportadas a través de la cámara de rocío hacia el tubo o inyector que es el canal central de la antorcha y luego dentro del plasma. El plasma ioniza los elementos presentes en las gotas. Estos iones luego pasan a través de la interfase y los lentes iónicos. Después de ser enfocados por los lentes iónicos, los iones son separados de acuerdo a su relación masa a carga por espectrómetro de masas y luego son medidos por el detector.

Una vez que el detector mide los iones, el sistema de datos computarizado es usado para convertir la intensidad de señal medida en concentraciones para cada elemento y generar un reporte de los resultados.

Campos de aplicación

Un ICP-MS puede analizar casi cualquier tipo de muestra (Figura 1)

- Aguas
- Químicas
- Semiconductores
- Digestiones acidas
- Alimentos
- Materiales geológicos
- Materiales clínicos
- Muestras forenses
- Fármacos
- Petroquímicas
- Metales



Fuente: Agilent Technologies

Figura 1. Campos de aplicación de ICP-MS. Fuente: Agilent Technologies

Significado de ICP-MS

El ICP, supone el “Plasma de acoplamiento inductivo”:

- Fuente de iones a alta temperatura
- Descompone, atomiza e ioniza la muestra

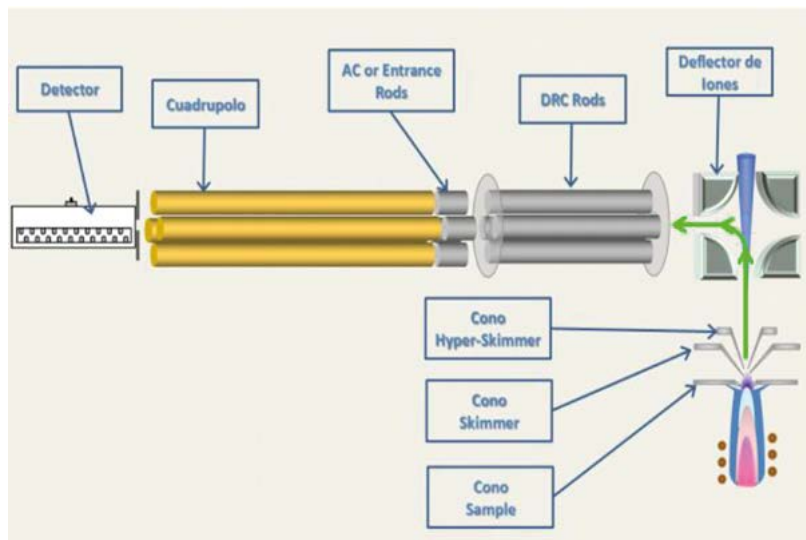
En el caso de MS, significa “Espectrómetro de masas”

- Diferentes tipos de analizadores de masas (Qpole, TOF, DF)
- Intervalo de masas de 7 a 250 uma (Li a U)
- Detector de modo dual (ppt a ppm)

Proporciona información isotópica

Componentes de un ICP-MS

Un ICP-MS consiste de los siguientes componentes (ver Figura 2):



Fuente: Perkin Elmer.

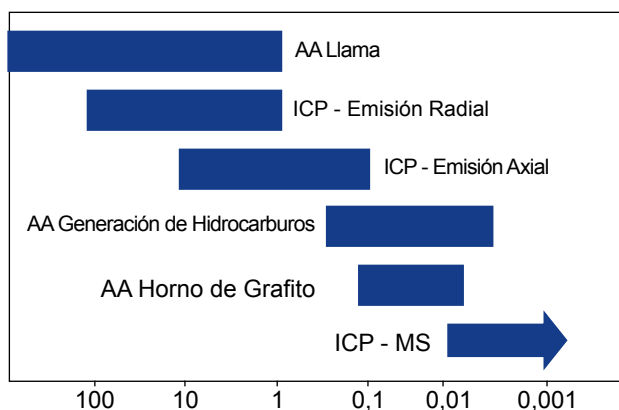
Figura 2. Esquema de Espectrómetro de Masas con Plasma Inductivamente Acoplado, ICP-MS.

- Sistema de Introducción de Muestra: Consiste de una bomba peristáltica, nebulizador y cámara de rocío. Provee el medio para que la muestra ingrese al instrumento.
- Sistema de Antorcha ICP: Genera el Plasma, el cual sirve como la fuente de iones del ICP-MS. Convierte los átomos en iones.
- Interfase: Acomoda la presión atmosférica a la que se encuentra la fuente de iones ICP al alto vacío en que se encuentra el espectrómetro de masa.
- Sistema de Vacío: Proporciona el alto vacío para la óptica iónica, el cuadrupolo y el detector.
- Lentes Iónicas: Enfocan a los iones dentro de un haz para su transmisión dentro del cuadrupolo.
- Cuadrupolo: Actúa como un filtro de masa para ordenar a los iones por su relación masa a carga (m/z).
- Detector: Cuenta a los iones individuales que pasan a través del cuadrupolo.
- Sistema de Control y Manejo de Datos: Controla todos los parámetros del instrumento y el manejo de datos hasta la obtención de los resultados de la concentración final.

Ventajas DEL ICP-MS comparado con otras técnicas

Este tipo de análisis elemental e isotópico ha venido liderando en las diversas aplicaciones en las últimas dos décadas analíticas más convencionales (Figura 3) como fluorescencia de rayos x, espectrometría de emisión o absorción atómica, etc.

Esto a causa de su capacidad de discriminar isótopos y a sus bajos límites de detección, que pueden llegar a ser inferiores a los 10^{-6} mg/L. Dichos límites son mucho más bajos que los de otras técnicas.



Fuente: Metodologías analíticas para la determinación y especiación de arsénico en aguas y suelos.

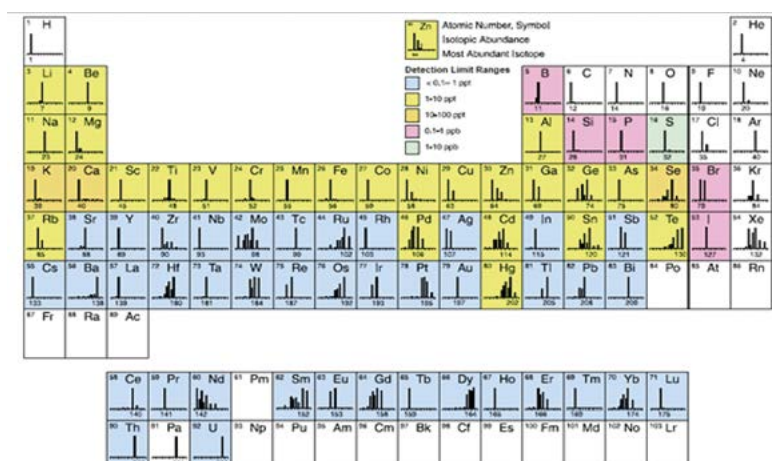
Figura 3. Rangos aproximados de los límites de detección en µg/L.

La ICP-MS representa una técnica bastante ventajosa, por ejemplo, supone:

- Alta precisión.
- Bajos límites de detección.
- Razonables costes económicos, salvo en la preparación de las muestras y en el Ar del plasma.
- Análisis del mayor número de los elementos e isótopos de la tabla periódica de manera simultánea en 5 minutos, aunque no analiza elementos inferiores al Na⁺, salvo Li, B, y Be.
- El ICP-MS sobre otras técnicas inorgánicas para determinaciones elementales puede determinar los isótopos individuales de cada elemento. Esto posibilita la realización de mediciones de relación y dilución isotópica.

Elementos que pueden ser medidos mediante ICP-MS

Para los laboratorios que usan Absorción Atómica o Emisión Atómica, el ICP-MS ofrece la oportunidad de conseguir una mayor productividad y obtener más bajos límites de detección. El ICP-MS mide la mayoría de elementos en la tabla periódica (Figura 4).



Fuente: Perkin Elmer.

Figura 4. Elementos que pueden ser medidos por el ICP-MS

Los elementos mostrados en color en la figura 1 pueden ser analizados por ICP-MS con límites de detección en un rango de partes por trillón (ppt) o fracciones de ppt. Los elementos en blanco no pueden ser medidos por ICP-MS o no tienen isótopos de ocurrencia natural. Las líneas mostradas para cada elemento en la figura 1 indican el número y la abundancia relativa del isótopo natural para cada elemento – esto es algunas veces referido como la huella digital isotópica del elemento. Todos los isótopos de ocurrencia natural tienen el mismo número atómico (número de protones en el núcleo), pero difieren en su masa atómica. Este es el resultado de los diferentes números de neutrones presentes en el núcleo de cada isótopo.

El ICP-MS comparte los mismos componentes, incluyendo el espectrómetro de masa de cuádruplo, sistema de vacío y detector que en otros tipos de espectrómetros de masas como el LC/MS y el GC/MS. Sin embargo la fuente de iones de plasma usado en el ICP-MS es muy diferente que las fuentes de iones de baja energía utilizadas en los instrumentos LC/MS y GC/MS. La extremadamente alta temperatura de la fuente de iones por plasma rompe todas las moléculas presentes en la muestra. Como resultado de esto el ICP-MS solo detecta los iones elementales, esto hace que el ICP-MS sea mucho más comparable con otras técnicas inorgánicas para análisis elemental, tales como el Absorción Atómica y Emisión Atómica. Además las técnicas de preparación de muestras y estándares, sistema de introducción de muestra y potenciales interferencias son muy similares a las de AAS e ICP-OES.

Necesidades analíticas del ICP-MS para la medida de metales en un laboratorio químico

- **Sistema de introducción de muestras robusto**
 - Para todas las matrices manejadas rutinariamente (orina, sangre, etc.)
- **Medida de varios elementos en una misma adquisición**
 - Menor tiempo de análisis
 - Mayor productividad
 - Menores costes de análisis
- **Medidas a nivel de trazas y de altas concentraciones en una misma adquisición**
 - Menor tiempo de análisis
 - Mayor productividad
 - Menores costes de análisis
- **Posibilidad de determinación de especies con heteroátomos**
 - Especiación, farmacocinéticas, estudios metabólicos, etc.

Desventajas DEL ICP-MS en el análisis

Existen algunas limitaciones, a pesar de los avances que se han tenido en los últimos años:

- Tolerancia del plasma: supresión de la ionización o problemas en la interfase (bloqueo de los conos y deriva de la señal) debido a muestras con alto contenido de matriz (>0.3%).
- Presencia de interferencias espectrales derivadas de la matriz, se modifican en función de la composición de las muestras. Generalmente son variables y desconocidas.
- Rango lineal limitado, especialmente cuando se trabaja en disímiles niveles de concentración (configuración de alta sensibilidad para elementos ultra traza, podría saturar la señal de mayoritarios).

Bibliografía

1. M.I. Litter, M.A. Armienta, S.S. Farias. Iberoarsen: Metodologías analíticas para la determinación y especiación de arsénico en aguas y suelos. Argentina: Ciencia y Tecnología para el Desarrollo CYTED; 2009. 242 p. Disponible en https://paginas.fe.up.pt/~cigar/html/documents/Monografia2_000.pdf
2. Montaser A. Inductively coupled plasma mass spectrometry: from A-Z. New York: John Wiley & Sons Inc; 1998. 1000 p.
3. Fernández Ruiz R. La técnica de Plasma - Masas (ICP-MS). [Internet]. Seminarios. 2003 [citado el 6 de julio de 2017]. Disponible en: http://www.uam.es/personal_pas/txrf/icpms.html