

57. Criterios de selección del método y técnica analítica. Clasificaciones de las técnicas analíticas instrumentales. El proceso analítico. Parámetros analíticos y no analíticos.

Introducción

Los criterios de selección del método y la técnica analítica son fundamentales en el ámbito de la química industrial y el análisis químico, ya que garantizan la fiabilidad y precisión de los resultados en diferentes aplicaciones industriales, ambientales, alimentarias y farmacéuticas. La correcta elección de la técnica analítica no solo optimiza los recursos disponibles, sino que también contribuye a mejorar la calidad y seguridad de los productos, minimizando riesgos y cumpliendo con la normativa vigente. Además, las clasificaciones de las técnicas analíticas instrumentales permiten a los profesionales seleccionar la metodología más adecuada en función de los parámetros específicos de cada análisis.

En el contexto industrial, el proceso analítico es esencial para controlar la calidad de las materias primas, los productos intermedios y los productos finales, garantizando que cumplan con los estándares de calidad y seguridad establecidos. Los parámetros analíticos y no analíticos son clave para evaluar la exactitud, precisión, sensibilidad y selectividad de las técnicas utilizadas, permitiendo así obtener resultados reproducibles y comparables. Estos parámetros son determinantes no solo para el control de calidad, sino también para la investigación y desarrollo de nuevos productos, donde la validación de métodos analíticos es un proceso crítico.

En este contexto, la LOMLOE y la Ley Orgánica 3/2022 de Ordenación e Integración de la Formación Profesional refuerzan la importancia del desarrollo de las competencias del alumnado para mejorar su potencial de empleabilidad. Los conocimientos y habilidades asociados a la correcta selección de métodos analíticos y al dominio de las técnicas instrumentales contribuyen a formar profesionales capaces de afrontar los retos del sector químico-industrial con garantías de éxito.

La especialidad de Análisis y Química Industrial en la Formación Profesional abarca una amplia variedad de ciclos formativos que preparan a los estudiantes para desempeñar funciones técnicas en laboratorios de control de calidad, investigación y desarrollo, así como en plantas industriales. La correcta aplicación del proceso analítico y la interpretación de los parámetros asociados no solo optimizan los procesos productivos, sino que también aportan un valor añadido al tejido industrial, especialmente en sectores estratégicos como el farmacéutico, el alimentario y el medioambiental.

A continuación, se desarrollarán en profundidad los principales criterios de selección de métodos y técnicas analíticas, las clasificaciones de las técnicas instrumentales, el proceso

analítico y los parámetros analíticos y no analíticos, ofreciendo una visión integral de su importancia tanto en el ámbito profesional como en el educativo.

Criterios de selección del método y técnica analítica. Clasificaciones de las técnicas analíticas instrumentales

La selección adecuada del método y la técnica analítica en el ámbito de la química industrial es crucial para garantizar la fiabilidad, precisión y eficacia en el análisis de muestras. Esta decisión influye directamente en la calidad de los resultados obtenidos y, por ende, en la toma de decisiones en procesos industriales, investigaciones científicas y controles de calidad. Los criterios de selección del método analítico se basan en diversos factores, entre los que destacan la naturaleza de la muestra, el objetivo del análisis, la sensibilidad requerida, el coste y la disponibilidad de los equipos.

Criterios de selección del método analítico

1. **Naturaleza de la muestra:** La composición química, el estado físico (sólido, líquido o gaseoso), la matriz y la concentración del analito son factores determinantes. Por ejemplo, para muestras biológicas se prefieren técnicas que minimicen la degradación de compuestos sensibles, como la cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas (LC-MS).
2. **Objetivo del análisis:** Dependiendo de si se requiere un análisis cualitativo (identificación de compuestos) o cuantitativo (determinación de concentraciones), se seleccionan técnicas diferentes. Por ejemplo, la espectroscopia infrarroja (IR) se usa frecuentemente para identificar grupos funcionales, mientras que la cromatografía de gases (GC) con detector de ionización de llama (FID) es ideal para la cuantificación de compuestos volátiles.
3. **Sensibilidad y selectividad:** En análisis donde la concentración del analito es muy baja, se requiere una técnica con alta sensibilidad, como la espectrometría de masas. La selectividad es igualmente importante en matrices complejas, donde es fundamental diferenciar entre compuestos con estructuras químicas similares.
4. **Precisión y exactitud:** En procesos industriales, donde los resultados analíticos pueden afectar la calidad del producto final, es esencial seleccionar métodos con baja variabilidad y alta concordancia con el valor real. La validación del método mediante parámetros como la linealidad, el límite de detección (LOD) y el límite de cuantificación (LOQ) es una práctica habitual.
5. **Tiempo y coste del análisis:** La disponibilidad de recursos económicos y el tiempo requerido para obtener los resultados también influyen en la elección del método. Por ejemplo, las tiras reactivas en análisis rápidos de campo son económicas y rápidas, aunque su precisión sea limitada comparada con técnicas instrumentales más sofisticadas.
6. **Disponibilidad y mantenimiento de equipos:** No todas las instalaciones disponen de equipamiento avanzado. En entornos donde los recursos son limitados, se priorizan

técnicas menos costosas y de fácil mantenimiento, como la espectrofotometría UV-Visible frente a la resonancia magnética nuclear (RMN).

Clasificación de las técnicas analíticas instrumentales

Las técnicas analíticas instrumentales se clasifican en función del principio físico-químico utilizado para la detección y cuantificación de los analitos. Esta clasificación permite estructurar el conocimiento y facilita la elección del método más adecuado según las necesidades del análisis.

1. Técnicas espectroscópicas

Las técnicas espectroscópicas se basan en la interacción de la radiación electromagnética con la materia. Se emplean para la identificación y cuantificación de compuestos mediante la medición de la absorción, emisión o dispersión de luz. Ejemplos destacados incluyen:

- **Espectrofotometría UV-Visible:** Ideal para la cuantificación de compuestos que absorben en el rango ultravioleta o visible.
- **Espectroscopia de infrarrojo (IR):** Utilizada para identificar grupos funcionales en compuestos orgánicos.
- **Espectroscopia de fluorescencia:** Alta sensibilidad para la detección de trazas de compuestos.
- **Espectrometría de masas (MS):** Ofrece información detallada sobre la masa molecular y la estructura de los compuestos.

2. Técnicas cromatográficas

Las técnicas cromatográficas permiten la separación de componentes en una mezcla compleja, basándose en la interacción diferencial de los analitos con una fase estacionaria y una fase móvil. Se utilizan tanto para la separación como para la cuantificación de compuestos. Las más comunes son:

- **Cromatografía de gases (GC):** Especialmente útil para compuestos volátiles y termorresistentes.
- **Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC):** Amplio espectro de aplicaciones, desde compuestos polares hasta no polares.
- **Cromatografía en capa fina (TLC):** Método simple y económico para la separación rápida de compuestos.

3. Técnicas electroquímicas

Las técnicas electroquímicas miden las propiedades eléctricas de un analito, como el potencial, la corriente o la conductancia. Se utilizan principalmente en análisis cuantitativos:

- **Potenciometría:** Emplea electrodos selectivos para medir la concentración de iones específicos, como el pH.

- **Voltametría:** Permite determinar la concentración de especies electroactivas mediante el registro de la corriente en función del potencial aplicado.
- **Conductimetría:** Se utiliza para medir la conductividad eléctrica de soluciones, ideal en análisis de pureza de agua.

4. Técnicas térmicas

Las técnicas térmicas estudian el comportamiento de los materiales bajo condiciones de temperatura controlada. Se utilizan principalmente en el análisis de polímeros, materiales inorgánicos y estudios de estabilidad térmica:

- **Análisis termogravimétrico (TGA):** Mide la pérdida de masa de una muestra al aumentar la temperatura.
- **Calorimetría diferencial de barrido (DSC):** Proporciona información sobre las transiciones de fase y la estabilidad térmica de los materiales.

Aplicaciones prácticas en el sector profesional

En la industria química y farmacéutica, la selección del método analítico adecuado permite garantizar la pureza y seguridad de los productos. Por ejemplo, en el control de calidad de medicamentos, la HPLC se utiliza ampliamente para asegurar que las concentraciones de los principios activos se encuentran dentro de los límites establecidos. En el ámbito medioambiental, las técnicas cromatográficas combinadas con la espectrometría de masas permiten detectar contaminantes en aguas y suelos con gran precisión.

El desarrollo de estas competencias en el alumnado de Formación Profesional facilita su integración en laboratorios de control de calidad, investigación y desarrollo, así como en departamentos de producción de diversas industrias. La siguiente sección profundizará en el proceso analítico y en los parámetros analíticos y no analíticos, elementos clave para la correcta implementación de las técnicas seleccionadas.

El proceso analítico. Parámetros analíticos y no analíticos

El proceso analítico es un conjunto de etapas sistemáticas diseñadas para obtener información cuantitativa y cualitativa sobre una muestra. Este proceso es fundamental en la química industrial y en diversos sectores, como el farmacéutico, el alimentario y el medioambiental, donde la precisión y la fiabilidad de los resultados analíticos son cruciales para garantizar la calidad y la seguridad de los productos y procesos. Además, los parámetros analíticos y no analíticos permiten evaluar la idoneidad del método empleado, asegurando la validez de los datos obtenidos.

El proceso analítico: fases y características

El proceso analítico se compone de varias etapas, cada una con funciones específicas que contribuyen al éxito del análisis. Las principales fases incluyen la toma de muestras, el tratamiento de las muestras, la medición y el procesamiento de los datos.

1. Toma de muestras

La primera fase del proceso analítico es la toma de muestras, una etapa crítica que determina la representatividad del análisis. Se debe asegurar que la muestra recogida sea homogénea y refleje fielmente el material total. En la industria alimentaria, por ejemplo, la toma de muestras de un lote de producción debe seguir procedimientos normalizados para evitar sesgos en los resultados.

2. Preparación de la muestra

La muestra bruta rara vez se puede analizar directamente. La preparación de la muestra incluye operaciones como la disolución, la dilución, la extracción, la filtración y, en algunos casos, la derivatización. Estas operaciones permiten adaptar la muestra al método analítico elegido. En la espectrometría de masas, por ejemplo, las muestras suelen necesitar un tratamiento previo para optimizar la ionización de los analitos.

3. Medición

En esta fase se aplica la técnica analítica seleccionada para obtener una señal medible. Las mediciones pueden basarse en distintos principios, como la absorbancia en espectrofotometría, la respuesta de un detector en cromatografía o la corriente generada en técnicas electroquímicas. La correcta calibración del instrumento y el uso de patrones de referencia son esenciales para obtener resultados precisos y fiables.

4. Tratamiento de los datos

El último paso del proceso analítico implica la interpretación de los datos obtenidos. Se utilizan herramientas estadísticas para evaluar la fiabilidad de los resultados, detectando posibles errores y estableciendo el margen de incertidumbre. Este análisis permite determinar si los resultados cumplen con los criterios de calidad exigidos por las normativas o especificaciones del proceso.

Parámetros analíticos: criterios de calidad del método

Los parámetros analíticos son indicadores clave que permiten evaluar la validez de un método analítico. Entre los más importantes se encuentran la exactitud, la precisión, la sensibilidad, la selectividad, el límite de detección (LOD) y el límite de cuantificación (LOQ).

1. **Exactitud:** Mide el grado de concordancia entre el resultado obtenido y el valor real. Se evalúa utilizando patrones de referencia o materiales de control de calidad.

2. **Precisión:** Se refiere a la reproducibilidad de los resultados bajo condiciones similares. Se divide en precisión repetitiva (mismo analista, mismo equipo) y precisión intermedia (diferentes analistas o días).
3. **Sensibilidad:** Determina la capacidad del método para detectar pequeñas variaciones en la concentración del analito. Es fundamental en el análisis de trazas de contaminantes.
4. **Selectividad:** Es la capacidad del método para diferenciar el analito de otros componentes de la muestra. Es especialmente relevante en matrices complejas, como las muestras biológicas.
5. **Límite de detección (LOD) y límite de cuantificación (LOQ):** El LOD es la menor concentración del analito que puede detectarse, mientras que el LOQ es la menor concentración que puede cuantificarse con precisión aceptable.
6. **Linealidad:** Evalúa la capacidad del método para proporcionar resultados proporcionales a la concentración del analito en un rango determinado.

Parámetros no analíticos: factores operativos y económicos

Además de los parámetros puramente analíticos, existen factores operativos y económicos que deben considerarse al seleccionar un método analítico. Estos incluyen el tiempo de análisis, el coste de los reactivos y consumibles, la complejidad del equipo, el mantenimiento requerido y la capacitación necesaria para el personal. En un entorno industrial, la eficiencia operativa es un criterio tan importante como la calidad analítica, especialmente cuando se manejan grandes volúmenes de muestras.

Aplicaciones prácticas y relevancia en la Formación Profesional

El dominio del proceso analítico y el conocimiento de los parámetros asociados permiten a los técnicos de laboratorio tomar decisiones fundamentadas y aportar valor añadido en procesos de control de calidad y desarrollo de productos. En el sector químico-industrial, estas competencias se traducen en una mejora de la seguridad y la eficiencia de los procesos productivos, así como en el cumplimiento de las normativas vigentes.

El enfoque didáctico en la Formación Profesional debe orientarse a la práctica, integrando metodologías activas como el aprendizaje basado en proyectos y simulaciones en laboratorio. Esto facilita al alumnado la adquisición de competencias profesionales directamente aplicables al mundo laboral.

Tras este recorrido por las etapas del proceso analítico y los parámetros que garantizan la calidad del análisis, se puede vislumbrar cómo estos conocimientos son esenciales no solo para la correcta ejecución de los procesos industriales, sino también para la formación de profesionales altamente cualificados y preparados para afrontar los desafíos de un mercado laboral cada vez más exigente y tecnológicamente avanzado.

Conclusión

El tema abordado ha permitido profundizar en los criterios de selección del método y técnica analítica, así como en las clasificaciones de las técnicas analíticas instrumentales y el proceso analítico. Estos conceptos resultan fundamentales en el ámbito de la química industrial y en otros sectores clave, como el farmacéutico, el alimentario y el medioambiental, donde la precisión y fiabilidad de los análisis influyen directamente en la calidad y seguridad de los productos y procesos.

La correcta selección de las técnicas analíticas, basada en criterios como la naturaleza de la muestra, el objetivo del análisis, la sensibilidad y la disponibilidad de recursos, es un aspecto crucial para garantizar resultados analíticos de calidad. Las técnicas espectroscópicas, cromatográficas, electroquímicas y térmicas ofrecen un amplio abanico de posibilidades, permitiendo adaptar el análisis a las necesidades específicas de cada situación. Asimismo, el proceso analítico, estructurado en etapas bien definidas, asegura que cada paso del análisis se realice con el máximo rigor y eficiencia.

Los parámetros analíticos, como la exactitud, la precisión, la sensibilidad y la selectividad, junto con los parámetros no analíticos, que incluyen factores operativos y económicos, conforman un marco integral para evaluar la idoneidad de un método analítico. Estos parámetros son esenciales no solo para validar métodos en el laboratorio, sino también para optimizar procesos industriales y garantizar el cumplimiento de las normativas vigentes.

En el contexto de la Formación Profesional, estos conocimientos técnicos permiten al alumnado desarrollar competencias clave para su futura empleabilidad. El aprendizaje basado en proyectos, el uso de simulaciones de laboratorio y el enfoque práctico de la enseñanza contribuyen a formar profesionales capacitados para integrarse con éxito en el mercado laboral, especialmente en sectores donde el control de calidad y la investigación y desarrollo tienen un papel protagonista.

Por último, el enfoque metodológico sugerido, basado en la práctica activa y la contextualización de los aprendizajes en escenarios reales, facilita no solo la adquisición de habilidades técnicas, sino también el desarrollo de competencias transversales como el trabajo en equipo, la resolución de problemas y la capacidad crítica. Todo ello en línea con los principios establecidos por la LOMLOE y la Ley Orgánica 3/2022 de Ordenación e Integración de la Formación Profesional, reforzando el potencial de empleabilidad del alumnado y su contribución al desarrollo económico y social.

Bibliografía

Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. Boletín Oficial del Estado, núm. 340, 30 de diciembre de 2020.

Ley Orgánica 3/2022, de 31 de marzo, de ordenación e integración de la Formación Profesional

Machuca Sánchez, D. I. (2018). *Prevención de riesgos en industrias químicas*. Síntesis.

Mariana Peralta, C. *Control de calidad de medicamentos automatizados derivatización preconcentración*. (2013). Editorial Académica Española

Martín Brieva, H. *Fundamentos de biotecnología farmacéutica*. (2018). Dextra Editorial S.L.

Martín Gandía, P. (2021). *Organización y gestión en industrias químicas*. Síntesis.

Nelson, N. *Principios de bioquímica: 7ª edición Lehninger*. (2018). Ediciones Omega.

Vian Ortuño, A. (1993). *Introducción a la química industrial* (2ª ed.). Editorial Reverté.