44. Muestreo. Técnicas de muestreo. Itinerario a seguir desde los puntos de toma de muestra hasta el laboratorio. Conservación de las muestras. Fiabilidad del muestreo.

Introducción

El muestreo constituye una fase crítica en cualquier procedimiento de análisis físico, químico o microbiológico, ya que de su correcta ejecución depende la representatividad, fiabilidad y validez de los resultados obtenidos. Esta operación, frecuentemente considerada una tarea previa al análisis propiamente dicho, es en realidad un proceso técnico complejo que debe planificarse y ejecutarse bajo criterios rigurosos, tanto si se lleva a cabo en contextos industriales, medioambientales, alimentarios o de control de calidad. Una muestra mal tomada, conservada o transportada puede inducir errores significativos en la interpretación de los datos, afectando la toma de decisiones técnicas, económicas o legales.

La selección del tipo de muestreo, la determinación de los puntos de toma, los recipientes adecuados, el procedimiento de conservación y la documentación asociada son aspectos interdependientes que deben integrarse dentro de un protocolo sistemático. Cada una de estas decisiones influye en la fiabilidad del resultado analítico y en la trazabilidad del proceso, especialmente en sectores donde la calidad del producto o la detección de contaminantes debe estar plenamente justificada.

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. La formación en técnicas de muestreo permite capacitar a los futuros profesionales para desempeñar tareas de control de calidad, verificación de procesos, seguimiento ambiental o investigación aplicada en condiciones técnicas adecuadas y conforme a normativa.

En el ámbito de la Formación Profesional, abordar el estudio del muestreo y sus implicaciones metodológicas ofrece al alumnado la oportunidad de comprender la relación directa entre una toma de muestra representativa y un resultado analítico fiable. Esto favorece el desarrollo de competencias técnicas y científicas, como el pensamiento metódico, la interpretación de procedimientos normalizados y la aplicación de criterios de calidad. Esta introducción permite dar paso al análisis detallado de las técnicas de muestreo, el itinerario seguido hasta el laboratorio, las condiciones de conservación y los factores que inciden en la fiabilidad de este proceso esencial.

Muestreo. Técnicas de muestreo

El muestreo es el procedimiento mediante el cual se obtiene una porción representativa de un material o sistema para su análisis posterior. Su objetivo principal es caracterizar, con el menor margen de error posible, las propiedades físicas, químicas o biológicas de una población o conjunto de interés, a partir del análisis de una fracción de este. En el contexto de los laboratorios químicos, medioambientales o industriales, el muestreo es una etapa esencial que precede al análisis, y cuyo rigor metodológico condiciona la validez de los resultados obtenidos. Un muestreo mal ejecutado puede invalidar completamente el proceso analítico, por más preciso que sea el instrumental utilizado posteriormente.

Para garantizar su efectividad, el muestreo debe estar planificado, justificado técnicamente y documentado, integrándose en procedimientos normalizados que incluyan desde el tipo de muestra a obtener hasta las condiciones de conservación y transporte. Las técnicas de muestreo varían en función del tipo de material (líquido, sólido, gas), del estado del sistema (estático o dinámico), de los objetivos del análisis (cuantitativo o cualitativo) y del entorno donde se realiza (industrial, ambiental, sanitario, etc.).

Clasificación del muestreo: probabilístico y no probabilístico

Existen dos grandes enfoques en el muestreo según el criterio de selección de las muestras:

- **Muestreo probabilístico:** cada unidad del conjunto tiene una probabilidad conocida y no nula de ser seleccionada. Garantiza la objetividad y la representatividad estadística. Dentro de esta categoría se encuentran:
 - *Muestreo aleatorio simple:* selección al azar de unidades del conjunto sin ningún criterio adicional.
 - *Muestreo sistemático:* selección a intervalos regulares dentro de una secuencia ordenada.
 - *Muestreo estratificado:* división de la población en subgrupos homogéneos y muestreo dentro de cada uno.
 - *Muestreo por conglomerados:* elección aleatoria de grupos completos, especialmente útil cuando la población está dispersa.
- **Muestreo no probabilístico:** la elección de las muestras se basa en criterios no aleatorios, como la accesibilidad, el juicio técnico o la conveniencia. No permite generalizar estadísticamente los resultados, pero puede ser válido en contextos exploratorios o cuando se conocen bien las características del sistema. Algunos tipos son:
 - *Muestreo por conveniencia:* se eligen las muestras más accesibles o fáciles de obtener.

- *Muestreo dirigido o intencional*: basado en el conocimiento experto, orientado a detectar puntos críticos o valores extremos.
- *Muestreo por cuotas*: se establecen proporciones específicas de subgrupos a muestrear.

Técnicas de muestreo según el estado físico del material

El estado físico de la sustancia o medio a muestrear determina en gran medida la técnica a emplear, los dispositivos necesarios y los procedimientos específicos de toma.

a) Muestreo de sólidos

En materiales sólidos (polvos, gránulos, suelos, residuos), el principal reto es obtener una muestra representativa del conjunto, ya que la heterogeneidad puede ser alta. Se emplean herramientas como cucharillas, tubos de muestreo o caladores.

- *Muestreo puntual*: toma de una sola porción del material. Poca representatividad.
- *Muestreo compuesto*: mezcla homogénea de varias submuestras puntuales.
- *Muestreo por capas*: extracción de muestras de diferentes profundidades o secciones para representar la totalidad del volumen.

b) Muestreo de líquidos

En líquidos homogéneos, una muestra puntual puede ser suficiente. En sistemas estratificados o en movimiento, es necesario aplicar técnicas más complejas:

- *Muestreo en superficie, fondo o a media altura*, en función de la distribución esperada del analito.
- *Muestreo en flujo*: mediante derivación de un caudal parcial representativo, con dispositivos como válvulas o tomamuestras automáticos.
- *Muestreo en botellas estériles*, si se requiere control microbiológico.

c) Muestreo de gases

Los gases requieren sistemas cerrados para evitar pérdidas o alteraciones durante la toma. Se emplean bolsas de muestreo, tubos absorbentes, jeringas de gas o bombas de vacío.

- *Muestreo continuo*: permite obtener una muestra integrada a lo largo del tiempo.
- *Muestreo instantáneo*: captura puntual en un momento determinado.

En todos los casos, es fundamental evitar contaminaciones cruzadas, emplear materiales compatibles con el analito de interés y registrar las condiciones ambientales (temperatura, presión, humedad) durante la toma.

Planificación y documentación del muestreo

Un muestreo eficaz requiere la elaboración de un plan que incluya:

- Objetivo del muestreo y justificación.
- Tipo y número de muestras a obtener.
- Equipos y recipientes necesarios.
- Métodos de conservación y transporte.
- Identificación de los puntos de toma y condiciones del entorno.
- Códigos de trazabilidad y etiquetado de las muestras.
- Registro de incidencias durante la toma.

Además, deben aplicarse procedimientos normalizados de trabajo (PNT) y protocolos validados que aseguren la repetibilidad del proceso y la integridad de la muestra desde su origen hasta el laboratorio.

Aplicación profesional y didáctica

En el ámbito industrial, ambiental y sanitario, el dominio de las técnicas de muestreo es indispensable para garantizar la calidad de los procesos, el cumplimiento normativo y la toma de decisiones basadas en datos fiables. En el contexto educativo de la Formación Profesional, su aprendizaje permite al alumnado desarrollar competencias técnicas vinculadas a la metrología, la normalización de procedimientos, la trazabilidad y la prevención de errores.

El enfoque práctico del muestreo favorece el trabajo en equipo, el análisis riguroso del entorno operativo y la aplicación de criterios científicos al control de calidad. Tras el conocimiento de estas técnicas, resulta fundamental analizar con detalle el itinerario que sigue la muestra desde su punto de origen hasta el laboratorio, y las condiciones necesarias para conservar sus propiedades intactas.

Itinerario a seguir desde los puntos de toma de muestra hasta el laboratorio. Conservación de las muestras

Una vez realizada la toma de muestra, comienza una fase crítica para garantizar que esta llegue al laboratorio en condiciones óptimas y sin alteraciones. El trayecto que recorre la muestra desde su punto de origen hasta el laboratorio, así como las condiciones de conservación aplicadas durante ese recorrido, deben estar estrictamente planificados y documentados. Un error en esta etapa puede comprometer la representatividad del material, alterar su composición o provocar la degradación de los analitos, afectando la validez del análisis posterior. Por tanto, la integridad de la muestra solo puede garantizarse mediante un itinerario controlado, una trazabilidad documentada y una conservación adecuada en función de la naturaleza del producto.

Fases del itinerario desde el punto de muestreo al laboratorio

El itinerario técnico de una muestra contempla una serie de etapas que deben respetarse de forma sistemática para preservar sus características originales:

a) Sellado y etiquetado de la muestra

Justo después de la recogida, la muestra debe colocarse en un recipiente limpio, compatible con su naturaleza química o biológica, y debidamente cerrado para evitar fugas o contaminación cruzada. A continuación, debe etiquetarse con un código único que garantice su trazabilidad. La etiqueta incluirá al menos:

- Identificación del punto de muestreo.
- Fecha y hora de la toma.
- Tipo de muestra y volumen recogido.
- Nombre del responsable de la toma.
- Condiciones ambientales relevantes (temperatura, humedad, presión).

b) Registro y documentación

Toda muestra debe ir acompañada de una hoja de campo o formulario de registro que complemente la etiqueta. Este documento recoge información adicional como:

- Método de muestreo empleado.

- Observaciones durante la toma (olor, color, turbidez, presencia de partículas).
- Código del PNT aplicado.
- Equipos utilizados y calibración asociada.
- Condiciones especiales de transporte o conservación.

Este registro es parte de la trazabilidad documental y permite validar los resultados obtenidos posteriormente en el laboratorio.

c) Transporte al laboratorio

El transporte de la muestra debe realizarse en un tiempo mínimo y bajo condiciones que eviten su alteración física, química o microbiológica. Dependiendo del tipo de muestra, se pueden emplear:

- **Contenedores isotérmicos o refrigerados**, si se requiere mantener una temperatura controlada.
- **Sistemas de amortiguación y soporte**, para evitar la agitación de muestras sensibles.
- **Embalajes secundarios absorbentes y seguros**, cuando se trata de sustancias peligrosas o biológicas.

En trayectos largos o cuando no es posible el análisis inmediato, se utilizan sistemas portátiles de refrigeración o congelación, siempre bajo control de temperatura continua mediante registradores digitales.

Conservación de las muestras según su naturaleza

Cada tipo de muestra presenta requerimientos específicos de conservación que deben respetarse para evitar procesos como la oxidación, la hidrólisis, la descomposición microbiana o la evaporación de compuestos volátiles. Algunos criterios generales son:

- **Muestras líquidas acuosas**: conservar en frío (4 °C) y en frascos herméticos. En algunos casos, se requiere acidificación para evitar reacciones químicas (por ejemplo, acidificación con HNO₃ para conservar metales).
- **Muestras orgánicas o volátiles**: almacenar en frascos ámbar y a temperatura controlada, evitando la exposición a la luz o a cambios bruscos de temperatura.

- **Muestras biológicas o microbiológicas:** conservar a temperatura de refrigeración (2–8 °C) o incluso congelación (–20 °C o inferior), según el tipo de análisis (bacteriológico, enzimático, genético).
- **Muestras sólidas (suelos, residuos, alimentos):** mantener en bolsas selladas o recipientes estancos, en ambiente seco o refrigerado si se trata de compuestos degradables.

El tiempo entre la recogida y el análisis debe ser el mínimo posible, y si se requiere almacenamiento prolongado, deben emplearse sistemas de conservación validados que no alteren la muestra.

Trazabilidad y control de calidad en el itinerario

Para asegurar la fiabilidad de los resultados, todas las muestras deben estar sometidas a un sistema de trazabilidad que permita reconstruir su historial completo, desde la toma hasta el análisis. Este control incluye:

- Códigos únicos de identificación.
- Registros electrónicos o físicos de cada etapa del recorrido.
- Controles de temperatura durante el transporte y almacenamiento.
- Protocolos de verificación de recipientes, cierres y etiquetas.
- Procedimientos de rechazo de muestras alteradas o contaminadas.

Además, en laboratorios acreditados bajo normas de calidad (como la ISO 17025), este sistema de trazabilidad forma parte del aseguramiento técnico, y su cumplimiento es obligatorio para garantizar la validez de los datos analíticos.

Aplicación profesional y didáctica

En los sectores industrial, ambiental y agroalimentario, la correcta gestión del itinerario de las muestras y su conservación es clave para cumplir con los requisitos de calidad, seguridad y regulación legal. En el aula de Formación Profesional, trabajar estos contenidos permite al alumnado comprender la importancia del control de condiciones externas, el valor de la trazabilidad documental y los efectos que un fallo logístico puede tener en la fiabilidad del análisis.

Además, simular procedimientos de muestreo, registrar la documentación asociada y gestionar condiciones de transporte y conservación promueve el desarrollo de competencias técnicas y

organizativas esenciales para la práctica profesional. Una vez entendida la importancia de preservar la integridad de las muestras, resulta necesario reflexionar sobre los factores que determinan la fiabilidad del muestreo y su impacto directo en la validez de los resultados obtenidos.

Fiabilidad del muestreo

La fiabilidad del muestreo es un factor determinante en la validez de cualquier procedimiento analítico, ya que condiciona directamente la calidad de los resultados obtenidos. Aun contando con métodos de análisis precisos y tecnología avanzada, si la muestra no es representativa del conjunto o ha sufrido alteraciones durante su recolección, conservación o transporte, los datos resultantes carecerán de valor técnico y científico. La fiabilidad en el muestreo implica, por tanto, minimizar al máximo los errores sistemáticos y aleatorios, y asegurar que los resultados del análisis reflejan fielmente las propiedades del sistema original.

Garantizar esta fiabilidad requiere un enfoque integrado que contemple aspectos metodológicos, operativos y organizativos, en el marco de procedimientos normalizados y verificados. El personal implicado debe estar adecuadamente formado, los equipos deben mantenerse calibrados y los protocolos deben establecer criterios claros para evaluar la calidad del proceso de muestreo.

Factores que afectan a la fiabilidad del muestreo

Existen múltiples variables que pueden comprometer la calidad de una muestra y, por ende, la fiabilidad del análisis posterior. Entre las más relevantes se encuentran:

- **Heterogeneidad del material:** en sistemas complejos o poco homogéneos, como suelos, residuos o mezclas industriales, es más difícil obtener una fracción representativa. La selección de puntos de muestreo y la cantidad total recogida son claves para minimizar este riesgo.
- **Tamaño de muestra inadecuado:** tanto por defecto como por exceso, puede afectar a la representatividad. El tamaño debe adecuarse al tipo de análisis y al grado de homogeneidad del sistema.
- **Instrumentación deficiente o mal calibrada:** el uso de herramientas sucias, deterioradas o incompatibles con la muestra puede introducir contaminantes o provocar pérdidas del analito.
- **Errores humanos:** la falta de formación, la omisión de pasos del procedimiento, la identificación incorrecta o el manejo inadecuado de las muestras son causas frecuentes de resultados no fiables.

- **Alteraciones post-muestreo:** como la descomposición química, evaporación, oxidación o contaminación durante el transporte y conservación, especialmente en muestras sensibles o con analitos inestables.

Cada uno de estos factores puede controlarse mediante una adecuada planificación, ejecución rigurosa y seguimiento documental, aspectos fundamentales en entornos técnicos donde la calidad es una exigencia.

Indicadores de calidad en el proceso de muestreo

Para evaluar la fiabilidad de un procedimiento de muestreo, es necesario establecer criterios objetivos que permitan verificar su calidad. Algunos indicadores comúnmente utilizados incluyen:

- **Repetibilidad:** capacidad de obtener resultados consistentes al repetir el muestreo bajo las mismas condiciones.
- **Reproducibilidad:** grado de concordancia de los resultados cuando el muestreo es realizado por distintos operarios, en diferentes momentos o lugares, pero bajo el mismo protocolo.
- **Representatividad:** medida en que la muestra refleja las características del conjunto del que procede. Depende de la técnica utilizada, el número de submuestras y la forma de mezcla.
- **Trazabilidad:** posibilidad de reconstruir todo el proceso desde la toma hasta el análisis, mediante registros documentales fiables.
- **Conformidad con los PNT:** evaluación del cumplimiento de los procedimientos establecidos, tanto en lo técnico como en lo documental.

El uso de controles de calidad internos, ensayos de verificación cruzada y auditorías internas permite asegurar que el proceso de muestreo se ajusta a estándares reconocidos y mantiene una calidad técnica constante.

Mejora continua y control de errores

En entornos profesionales donde el muestreo es una actividad recurrente, se debe implantar un enfoque de mejora continua basado en:

- **Revisión y actualización periódica de los procedimientos normalizados,** en función de nuevas normativas, tecnologías o condiciones operativas.

- **Formación y reciclaje técnico del personal**, con énfasis en los aspectos críticos del muestreo y en la gestión de no conformidades.
- **Evaluación de resultados históricos**, para identificar patrones de error, desviaciones o necesidades de ajuste en los métodos aplicados.
- **Implantación de herramientas de control estadístico**, como análisis de varianza o estudios de incertidumbre, que permitan cuantificar la calidad del proceso de muestreo.

Este enfoque proactivo no solo refuerza la fiabilidad técnica, sino que permite reducir costes, evitar repeticiones innecesarias de análisis y mejorar la credibilidad de los resultados frente a auditorías externas o exigencias normativas.

Aplicación profesional y formativa

En sectores como el medioambiental, el farmacéutico, el alimentario o el industrial, la fiabilidad del muestreo es un aspecto clave para garantizar la calidad del producto, el cumplimiento regulatorio y la protección del consumidor o del entorno. En el ámbito de la Formación Profesional, su enseñanza favorece el desarrollo de competencias relacionadas con la calidad, la documentación técnica, la evaluación de procesos y la toma de decisiones fundamentadas.

Mediante actividades prácticas, simulaciones y análisis de casos reales, el alumnado puede comprender la relación directa entre una muestra bien tomada y un resultado válido, interiorizando la importancia del rigor metodológico y la mejora continua. Esta reflexión técnica y pedagógica permite cerrar el análisis del tema abordado, sintetizando la relevancia del muestreo como eje clave del control analítico en contextos profesionales exigentes.

Conclusión

El muestreo constituye una fase esencial en cualquier proceso de análisis técnico o científico, ya que de él depende en gran medida la validez, la representatividad y la fiabilidad de los resultados obtenidos. A lo largo del tema se han analizado los principios fundamentales del muestreo, las distintas técnicas según el tipo de material, el itinerario que sigue la muestra desde su punto de origen hasta el laboratorio, los métodos de conservación adecuados y los factores que condicionan la calidad del proceso. En todos los casos, se ha puesto de manifiesto que el muestreo no puede abordarse como una operación secundaria, sino como una actividad técnica que requiere planificación, rigor y control constante.

Desde una perspectiva técnica, el muestreo debe integrarse dentro de sistemas de calidad que aseguren la trazabilidad de la muestra, la repetibilidad del procedimiento y la correcta interpretación de los datos analíticos. La aplicación de procedimientos normalizados, la formación del personal, la calibración de los equipos y la documentación exhaustiva son prácticas imprescindibles para alcanzar un nivel óptimo de fiabilidad. Estos elementos, en

conjunto, permiten evitar errores sistemáticos o aleatorios que puedan comprometer la toma de decisiones en sectores como el medioambiental, el industrial, el agroalimentario o el sanitario.

En el ámbito de la Formación Profesional, el tratamiento didáctico del muestreo ofrece al alumnado la oportunidad de desarrollar competencias técnicas transversales, como la capacidad de análisis, la atención al detalle, el control de calidad, la gestión documental y la responsabilidad en el trabajo. La incorporación de actividades prácticas, simulaciones de casos reales y análisis crítico de errores facilita la conexión entre el conocimiento teórico y su aplicación directa en el entorno profesional.

Además, la correcta ejecución del muestreo favorece un enfoque preventivo en la gestión de procesos, optimiza el uso de recursos y contribuye a reducir el impacto ambiental de los procedimientos analíticos, especialmente cuando se requiere minimizar el número de determinaciones o evitar repeticiones por errores en la toma de muestras. Estos principios se alinean con los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con la producción responsable, la salud ambiental y la calidad en el trabajo técnico.

En definitiva, formar profesionales capaces de ejecutar un muestreo fiable y técnicamente adecuado no solo mejora la empleabilidad del alumnado, sino que fortalece su perfil como agentes responsables dentro de sistemas de control y calidad cada vez más exigentes. Desarrollar estas competencias representa un valor diferencial en entornos donde la precisión, la trazabilidad y la mejora continua son condiciones imprescindibles para el desempeño profesional.

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

Gil i Gil, G. (2016). *Mantenimiento electromecánico en industrias de proceso* (1.ª ed.). Editorial Síntesis.

Labián Fernández-Pacheco, B., Peña Ruiz, M. de G., & Tercero Cotillas, M. del R. (2024). *Sostenibilidad aplicada al sistema productivo*. Editorial Síntesis.

Martínez Pacho, R. (Ed.). (2016). *Tratado de tecnología farmacéutica (Vol. II): Operaciones básicas*. Editorial Síntesis.

Moreno Valderrey, C. (2014). *Dispensación de productos farmacéuticos*. Ediciones Paraninfo.

Parra Hurtado, B., & Navarro Martínez, M.ª J. (2018). *Acondicionamiento y almacenamiento* (1.ª ed.). Editorial Síntesis.

Sánchez, J. L. B. (2020). *Formulación y preparación de mezclas* (1.ª ed.). Editorial Síntesis.

VV.AA. (2024). *Formulación magistral (Ciclo Formativo Grado Medio)* (1.ª ed.). Editorial Altamar.

VV.AA. (2007). *Operaciones básicas en el laboratorio de farmacia*. Editorial MAD.