



Muestras miniaturizadas como herramienta de mejora de los procesos e y reducción en las generación de los residuos

Por Juan Bustamante, João Paulo Ferreira y Fabiana Imagawa



Imagen 1. Comparación entre botellas tras miniaturización de muestras ambientales.

Proyecto ALS LATAM visa procesos sostenibles y miniaturizados.

La reducción del volumen de recogida de muestras medioambientales es un tema importante cuando se trata de vincular la sostenibilidad y la optimización de los recursos. Al disminuir la cantidad de material colectado, reducimos significativamente el impacto ambiental asociado con la colección, el transporte, el almacenamiento y el análisis de las muestras. Este tema está relacionado con nuestro compromiso con la certificación ISO 140001 y la búsqueda de la innovación y el desarrollo de productos y servicios más sostenibles por parte

de ALS. La importancia de trabajar con volúmenes más pequeños de muestras medioambientales no solo está ligada a la reducción del impacto ambiental, sino también a la eficiencia operativa y a la innovación en los procesos analíticos. Minimizar el tamaño de las muestras recolectadas permite optimizar recursos como el uso de reactivos, el consumo energético y el manejo de residuos, favoreciendo así una cadena de valor más sostenible.

Además, recolectar y procesar menores volúmenes de muestras contribuye a mejorar la seguridad en las operaciones de campo y laboratorio. Disminuir el manejo de grandes cantidades de

material reduce el riesgo de accidentes y exposición a sustancias potencialmente peligrosas, lo que es fundamental para proteger la salud de los trabajadores. Desde el punto de vista técnico, la reducción de volúmenes puede incentivar el desarrollo de métodos analíticos más precisos y sensibles.

La necesidad de analizar cantidades más pequeñas impulsa la innovación en tecnologías de medición y detección, fomentando la adopción de equipos más sofisticados y procedimientos mejorados que pueden ofrecer resultados de alta calidad con menor cantidad de muestra.

Planificar, hacer, verificar y actuar

La conciencia de los desafíos ambientales, junto con la búsqueda de los consumidores, ha impulsado la creación de estándares que promueven la sostenibilidad. Cuando buscamos adoptar estos estándares, queremos demostrar un compromiso con las prácticas responsables.

La norma ISO 14001 forma parte de un conjunto de normas ISO de certificación de calidad de servicio. Esta norma reconocida internacionalmente establece las directrices para un sistema de gestión ambiental eficaz. Dentro de este ámbito, es importante implementar las acciones necesarias para alcanzar los objetivos y metas de procesos más sostenibles.

Al utilizar una directriz ISO, demostramos nuestro compromiso con la mejora de nuestros procesos. Como una de las formas en que buscamos la innovación y el desarrollo de nuevos productos y servicios más sostenibles, hemos internalizado la **miniaturización del muestreo para más de 20 métodos de análisis de matrices ambientales en Brasil, 5 para Chile, 30 para Colombia y 1 para República Dominicana**, que, en paralelo, involucran mejoras en las pruebas de estos métodos junto con la reducción de residuos.

El flujo de proceso para las pruebas ambientales

El caudal del proceso para el ensayo de matrices ambientales depende del tipo de matriz a analizar (agua, suelo, aire, entre otros...), de los parámetros a determinar y de la legislación aplicable. Independientemente del tipo, una verdad se aplica a todos, la generación de residuos.

Incluso puede parecer irónico que segmentos enfocados en el medio ambiente terminen generando residuos e impactando el medio ambiente. Para



Imagen 2 Transporte de muestras de campo ALS.

evaluar un contaminante, generamos contaminantes. Desafortunadamente, independientemente del segmento, todos impactamos.

La preparación de muestras y las pruebas de ensayo proporcionan una variedad de desechos, como solventes, desechos líquidos y sólidos, subproductos químicos y materiales de embalaje, que pueden contaminar el medio ambiente a gran escala si no se gestionan adecuadamente.

Hay muchos procesos como la filtración, la extracción y la digestión, por ejemplo. Los equipos utilizados en los análisis ambientales consumen electricidad y agua. Algunas pruebas generan efluentes líquidos que pueden contener contaminantes y necesitan tratamiento antes de ser eliminados. El uso de combustibles fósiles para la generación de energía en laboratorios y logística. El transporte contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero.

Estos son algunos puntos con los que tenemos que lidiar a diario. Ahora bien, ¿cómo podemos reducir nuestros

impactos mientras trabajamos en el sector medioambiental?

Planificación y preparación

Independientemente del sector en el que opere un segmento comercial, dos preguntas son importantes. **¿Cuál es el propósito de mi proceso/desempeño? ¿Qué información se busca obtener?**

En el segmento de pruebas, se deben considerar los métodos más adecuados para cada parámetro, considerando la matriz deseada, la precisión y la detección. Por lo tanto, cuestiones como los puntos de recogida, la cantidad de muestra necesaria, el embalaje y la conservación de las muestras están correlacionadas. No menos importante, se consideran cuestiones relacionadas con las pruebas, como la verificación de la calibración de los equipos, la disponibilidad de reactivos y los patrones de referencia.

Todos estos puntos son de suma importancia para obtener, al final del proceso, el cumplimiento analítico.



Imagen 3: En 2021 se desarrolló e internalizó los métodos miniaturizados de TPH, PAH y surfactantes en ALS Ambiental Brasil. Esta implementación permitió la reducción de insumos, solventes y generación de residuos.

Mitigación de impactos

Independientemente del área de operación de un sector, es fundamental adoptar prácticas sostenibles. En nuestra realidad, algunos puntos se toman en consideración. Buscamos implementar programas para reducir y optimizar el consumo de energía y buscar alternativas menos tóxicas y más seguras para los reactivos químicos utilizados en las pruebas.

La implementación de estas mejoras no solo optimiza el uso de recursos y minimiza el impacto ambiental, sino que también representa un avance hacia procesos más sostenibles en todo el ciclo de vida de las muestras. En la fase de recolección, emplear volúmenes menores implica una logística más eficiente y una disminución de la huella de carbono, ya que se requieren menos recursos para el transporte y almacenamiento. A nivel de laboratorio, el uso de metodologías más eficientes contribuye a reducir la demanda de reactivos y la generación de residuos peligrosos, sin comprometer la calidad y la precisión de los análisis.

El verdadero desafío radica en equilibrar la sostenibilidad con la integridad de los resultados, garantizando que las innovaciones implementadas mantengan la robustez y la fiabilidad de los datos obtenidos. Esto requiere un enfoque continuo en la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías, así como en la capacitación del personal para adaptarse a estos cambios sin afectar la consistencia de los ensayos analíticos.

Reducción del volumen de recogida y mejora de los procedimientos

La reducción del volumen de recogida de muestras ambientales se centra en la optimización de los recursos. Al reducir la cantidad de material recolectado, es posible reducir significativamente el impacto ambiental asociado con la recolección, el transporte, el almacenamiento y el análisis de muestras. Un volumen de recogida más pequeño permite transportar un mayor número de muestras al mismo tiempo. Con esto, obtenemos una menor relación de la cantidad de emisión de gases por muestra.

La recogida de muestras implica el uso de diversos recursos, como el agua (preparación de la muestra), la energía

(logística y pruebas), el embalaje (cajas, contenedores de transporte) y los reactivos químicos (conservantes de muestras, reactivos de ensayo) y, por lo tanto, se reduce la demanda de estos recursos.

Podemos tener una estimación de la reducción de la generación de residuos en este ámbito. En promedio, el volumen de muestras mensuales analizadas para la determinación de metales puede superar los 3000 ensayos. Normalmente, las metodologías para este tipo de ensayo pueden requerir la recolección de 100 mL de muestra para ensayo, reensayo o posibles pérdidas. Las técnicas modernas requieren entre 10 y 15 mL de muestra.

En este escenario, 70 mL se descartarían si no se utilizan en otros procesos. Para un promedio de 3000 ensayos, este exceso de volumen de eliminación es de alrededor de 210 L/mes. Este volumen de residuos se puede evitar. Este mismo paralelismo se puede aplicar a muchos otros ensayos, todos los cuales todavía requieren tratamientos especiales o incineración de residuos. Se trata de un efecto dominó en el que cuantos más residuos tengamos, más residuos se sumarán a ellos.



Imagen 4: Informatización de los procesos de recolección y ensayos.

La recolección de muestras genera una cantidad importante de residuos, como envases, guantes, materiales de empaque, entre otros, y con ello, al reducir el volumen se reduce la cantidad de residuos generados. Otro punto importante es que la reducción en el volumen de recogida puede generar un ahorro de costes, tanto en la fase de recogida como en las etapas posteriores de transporte y análisis.

¿Cómo aplicar la reducción en el proceso?

Cambiar el plan de muestreo permite recolectar una cantidad mínima de muestra necesaria para obtener resultados confiables. Esta enmienda se basa en la revisión de los métodos existentes que permiten una reducción del volumen de la muestra de acuerdo con el método.

En caso de que exista la posibilidad, las técnicas analíticas deben ser objeto de ajustes o deben desarrollarse nuevas técnicas.

En este caso, la atención se centra en el empleo de técnicas analíticas que permitan la detección de concentraciones más bajas de analitos, reduciendo la cantidad de muestra requerida.

Si existe la posibilidad de digitalizar todo el proceso, con el fin de reducir el uso de papel, se gana en una mayor optimización y reducción de residuos. Actualmente, en **ALS Ambiental en Latinoamérica**, utilizamos procesos informatizados en todos nuestros procesos, como el uso de tabletas en el campo (muestreo), base de datos para logística, registro de muestras y ensayos computarizados (LIMS).

Modificaciones para la reducción de residuos en ALS Ambiental en Latinoamérica

Todas las implementaciones de reducción de residuos y mejora continua son parte de la política internacional de ALS. Como segmento de ALS Ambiental en Latinoamérica, **los equipos de Brasil, Chile, Colombia y República Dominicana están trabajando para mejorar sus procesos.**

Brasil

A principios de 2021, la unidad inició el proyecto para evaluar métodos que puedan miniaturizarse y reducir el volumen de muestras. Hasta el momento, 24 procesos han tenido una reducción de la mitad del volumen de recolección. Todos ellos están vinculados a los ensayos/servicios de la Tabla 1. La mayoría de los analitos se normalizaron a 50 mL de muestra para su análisis.

Esta implementación permitió una reducción de alrededor de 1500 litros mensuales de residuos destinados a la incineración y/o tratamiento

Además, algunos métodos colorimétricos se vincularon a análisis de flujo segmentado, lo que permitió un menor uso de volumen de muestra y reactivos, así como un menor tiempo de análisis en relación con los procedimientos clásicos.

Dos métodos muy comunes en el sector ambiental han experimentado mejoras, son los métodos TPH - Hidrocarburos Totales de Petróleo y PAHs - Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos. En los ensayos orgánicos, es común el uso de solventes orgánicos para extraer los compuestos de interés. Estos reactivos suelen ser tóxicos y difíciles de tratar.

Tabla 1: Ensayos con volúmenes reducidos de muestras recogidas

BRASIL	
Analitos relacionados con la reducción de volumen	
Cromo VI (Matriz Líquida)	
Cromo VI disuelto (matriz líquida)	
Dureza (matriz líquida)	
Hierro II (Matriz Líquida)	
Hierro disuelto II (matriz líquida)	
Barrido de metales disueltos (matriz líquida)	
Barrido total de metales (matriz líquida)	
Sílice (matriz líquida)	
Silicio disuelto (matriz líquida)	
Silicio y sílice (matriz líquida)	
Nitrógeno total (matriz neta)	
Nitrato (matriz líquida)	
Nitrito (matriz líquida)	
DQO - Demanda Química de Oxígeno (Matriz Líquida)	
Fluoruro (matriz líquida)	
Cianuro libre (matriz líquida)	
Cianuro total (matriz líquida)	
WAD Cianuro (Matriz Líquida)	
Turbidez (matriz líquida)	
Ortofosfato (matriz líquida)	

Reducir el consumo y, en consecuencia, la generación aporta numerosos beneficios como se ha mencionado anteriormente. El gran énfasis de ambos métodos radica en la reducción de solventes durante el proceso y en la validación e implementación de métodos cromatográficos, y el uso de tecnologías para lograr concentraciones más bajas.

Una de las pruebas que tiene más residuos es la prueba de determinación de surfactante de agua. En la unidad de ALS de São Paulo, se desarrolló un método miniaturizado y validado para la prueba. Esto permitió reducir el uso de cloroformo (altamente tóxico) en aproximadamente un 80%, reduciendo así los reactivos utilizados y reduciendo la eliminación de residuos también cerca del 80% en relación con el método clásico.

Chile

ALS Chile cuenta con 5 metodologías para materiales líquidos validados con reducción de volumen de muestra a 100 mL y alícuotes para ensayos entre 5 y 10 mL, estas reducciones han permitido el uso de botellas más pequeñas, lo que implica una reducción en la cantidad de detergente utilizado en el lavado de material, de reactivos en la conservación de muestras y procesos de prueba, además de una reducción de los resultados (muestras, restos reactivos y mezclas de ambos).

Tabla 2: Ensayos con reducción de volumen de muestra colectada en Chile.

CHILE
Analitos con reducción de volumen
Cromo VI en agua
Iones ferrosos en el agua
Anión por ICS en agua (F-, Cl-, NO ₂ -, SO ₄ -2, Br-, NO ₃ -, ClO ₃ -, PO ₄ -3)
Metales por ICP-MS e ICP-OES en agua
Nitrito visible a los rayos UV en el agua

Colombia

A principios de 2024, la unidad inició un proyecto para evaluar métodos analíticos que puedan ser miniaturizados, reduciendo el volumen de las muestras recolectadas y, por ende, el uso de recursos. Hasta la fecha, se ha logrado disminuir en un 50% o más el volumen de 33 procesos analíticos incluidos en los ensayos de la Tabla 3. La mayoría de los analitos ahora se normalizan a volúmenes de 100 mL, 50 mL o incluso menos para su análisis.

Tabla 3: Ensayos con volúmenes reducidos de muestras recogidas

COLOMBIA
Analitos relacionados con la reducción de volumen
Aniones por Cl
Color a longitud de onda simple
Color a tres longitudes de onda
Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX)
Compuestos Semivolátiles Fenólicos
Conductividad
Fenoles
Nitrógeno Amoniacal
Nitrógeno Kjeldahl
Pesticidas Organoclorados
Pesticidas Organofosforados
pH
Salinidad
Surfactantes Aniónicos como SAAM
Turbidez
Acidez
Alcalinidad
Bicarbonatos, Carbonatos e Hidróxidos
Sólidos Disueltos Totales
Sólidos Suspendedos Totales
Sólidos Totales
Sulfuro
Nitrógeno Total
Fósforo Reactivo Disuelto (Leído como Ortofosfato)
Fósforo Reactivo Total (Leído como Ortofosfato)
Fósforo Ácido Hidrolizable Total
Fósforo Orgánico Total
Fósforo Total
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)
Dureza Cállica
Cromo Hexavalente
Nitrito
Sulfato

Esta reducción en el volumen de las muestras se tradujo en una disminución significativa del peso de los frascos de vidrio utilizados, pasando de un promedio inicial de 0.50 kg/muestra a 0.27 kg/muestra, lo que representa casi

un 50% menos. Con la implementación de la miniaturización para el área de Cromatografía de Gases (CG), la sede alcanzó un peso promedio de 0.20 kg/muestra, una reducción adicional del 30% respecto al valor histórico.

Los métodos colorimétricos también se han adaptado a volúmenes más pequeños, lo que ha reducido el consumo de muestras y reactivos y ha acortado los tiempos de análisis en comparación con los métodos convencionales. La mejora más significativa se ha logrado en el área de CG, donde el volumen de muestra necesario para la determinación de Compuestos Orgánicos Semivolátiles (SVOC) se redujo de 1000 mL a 100 mL, manteniendo la misma sensibilidad y disminuyendo diez veces el uso de diclorometano, un solvente tóxico y de difícil tratamiento.

Esta reducción en el consumo de solventes y reactivos minimiza no solo la generación de residuos peligrosos, sino también el impacto ambiental general, contribuyendo a un manejo más responsable de los recursos. En el caso de los ensayos orgánicos, donde el uso de solventes es indispensable, la reducción en su consumo disminuye la toxicidad y los desafíos en su eliminación, mejorando la sostenibilidad de los procesos. La validación de estos métodos miniaturizados y la optimización del uso de tecnologías para alcanzar concentraciones más bajas destacan el compromiso con una gestión ambiental más eficiente y responsable, sin comprometer la calidad analítica.

República Dominicana

Tensoactivos (Detergentes Aniónicos): La validación se realizó al SM 5540 C, un método instrumental que requiere una extracción preliminar del analito. La reducción de volumen fue de 100 a 50 mL de extracción final.



Con la implementación, se redujo el volumen de muestra requerido para el análisis de 1000 a 500 mL.

El método es ventajoso porque permite disminuir todos los insumos empleados en el proceso de extracción por lo tanto genera ahorros.

El método es Acreditado por ECA (Ente Costarricense de Acreditación: LD: 0,005 y LC: 0,050 mg/L.

ALS Ambiental

Durante más de 45 años, ALS ha estado proporcionando soluciones integrales de prueba a los clientes. Nuestra adopción de tecnología de punta y metodologías innovadoras, junto con la fortaleza de nuestros equipos internacionales, garantizan la entrega de servicios de la más alta calidad, utilizando conocimiento local y soluciones personalizadas. Buscamos oportunidades para conservar los recursos, reducir los residuos, minimizar el impacto en las comunidades donde operamos. Estas son algunas medidas para reducir los impactos en el sector del análisis ambiental, un sector que juega un papel fundamental en la protección del medio ambiente, pero que también se suma a los impactos negativos. Es esencial que todos, incluidos los laboratorios ambientales, adopten prácticas sostenibles para minimizar sus impactos y contribuir a un futuro más sostenible. Estamos trabajando en otros ensayos y procesos que compartiremos periódicamente a medida que concluyamos.

Referencias e imágenes

- <https://pt.vecteezy.com/arte-vetorial/25841725-mao-desenhado-chile-mapa-ilustracao>
- <https://pt.vecteezy.com/arte-vetorial/3087856-esboco-simples-mapa-da-republica-dominicana>
- International Organization for Standardization (ISO)
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)
- CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo)
- <https://www.alsglobal.com/-/media/ALSGlobal/Resources-Grid/2024-ALS-Sustainability-Report.pdf>
- <https://www.sydle.com/br/blog/ciclo-pdca-6019c634725a6426834decea>
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 24 Ed.
- <https://www.epa.gov/>
- International Organization for Standardization (ISO). (2015). ISO 14001: Environmental management systems — Requirements with guidance for use. Ginebra, Suiza: ISO.
- International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). (1998). Guidelines for the Assessment of Environmental Analytical Methods. Pure and Applied Chemistry, 70(4), 993-1014.
- European Commission. (2009). Directive 2008/98/EC on Waste (Waste Framework Directive). Official Journal of the European Union, L 312, 3–30.
- Rudnick, L. R., & Techapiesanchaorenkij, R. (2014). Green Analytical Chemistry: Theory and Practice. CRC Press.
- Keith, L. H., & Gron, L. U. (2007). Principles of Green Analytical Chemistry and the Use of These Principles in Analytical Method Development. Chemical Reviews, 107(8), 2695-2708.
- Przyjazny, A., Kokosa, J. M., & Namieśnik, J. (2000). Miniaturized Analytical Systems for Environmental Sample Preparation and Analysis: A Review. Environmental Science & Technology, 34(7), 1413-1420.
- Harrington, P. B., & Krieger, M. S. (2005). Impact of Sample Size Reduction on the Performance of Environmental Methods and Monitoring Programs. Environmental Monitoring and Assessment, 105(1-3), 1-18.
- Tobiszewski, M., Namieśnik, J., & Pena-Pereira, F. (2017). Environmental Risk-Based Ranking of Analytical Solvents. Green Chemistry, 19(5), 1034-1042.
- Royal Society of Chemistry (RSC). (2013). Environmental Analytical Chemistry. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry Publishing.

Análisis ambientales ALS en Latinoamérica

ARGENTINA Buenos Aires

Casella Piñero 354, Avellaneda
+54 11 4265 2000

BRASIL São Paulo

Rua Galatéia, 1824, Carandirú
+54 11 4082 4300

CHILE Santiago

Av. Hermanos Carrera Pinto 159, Colina
+56 22 654 6106

COLÔMBIA Barranquilla

Carrera 41, Calle 73B N° 72
+57 31 7515 3270

EQUADOR Quito

De los Eucaliptos E 3-23 y Los Cipreses
+593 22 80 88 77

MÉXICO Monterrey

Loma de los Pinos 5505-D
Col. La Estanzuela Vieja
+52 81 8317 9150

PERU Lima

Avenida Guillermo Dansey 1801
Cercado de Lima
+51 488 9500

REPÚBLICA DOMINICANA Santo Domingo

Av. Isabel Aguiar corner Calle I
Zona Industrial de Herrera
Santo Domingo Oeste
+1 809 638-9447

Para obtener más información sobre estos y otros diversos parámetros analizados en nuestras unidades ambientales, comuníquese con Fabiana Imagawa - Gerente Técnica de ALS Ambiental para América Latina.

[✉ fabiana.imagawa@alsglobal.com](mailto:fabiana.imagawa@alsglobal.com)

ALS ofrece una amplia gama de servicios de pruebas especializados que cubren cada etapa del ciclo de vida de su proyecto. Visita alsglobal.com para más información sobre nuestros servicios y especialidades.

ALS right solutions. right partner. © Copyright 2024 ALS Limited. All rights reserved.

alsglobal.com