

Un análisis acerca de las muchas ventajas y algunos de los inconvenientes de la enseñanza experimental en escala micro.

¿Por qué microescala?

Rosa María Mainero*

Introducción

Conforme la triple preocupación por el medio ambiente, la seguridad y los elevados costos de operación de los laboratorios ha ido creciendo, se ha hecho más patente la necesidad de reducir la escala de los experimentos en los laboratorios.

Hace cincuenta años, lo común era trabajar en una escala de 50 a 100 g para sólidos y de 500 a 2000 mL para líquidos, y no es difícil encontrar experimentos de laboratorio de esa época en escalas de 500 a 1000 g de sólido. Esta tendencia ha ido decreciendo gradualmente. En las décadas de los años cincuenta y sesenta se redujo la escala usual a alrededor de 10 g; como ejemplo puede verse el libro de Arthur Vogel intitulado *Small Scale Preparations* (Primera edición, 1957). La tendencia a disminuir la escala continuó hasta llegar a lo que actualmente se conoce como "microescala". En las técnicas de microescala, las cantidades son menores que 1 g o 2 mL, preferentemente alrededor de los 25 a 150 mg para sólidos y de 100 a 2000 μ L para líquidos.

De hecho, muchas prácticas en microescala podrían realizarse actualmente por todos los alumnos de dos grupos con la misma cantidad de reactivos y disolventes que utilizaba un solo alumno en las técnicas convencionales.

En muchos países se ha diseminado el uso de las técnicas en microescala debido a las múltiples ventajas que ofrecen. Tenemos conocimiento de su uso en Estados Unidos, Alemania, Finlandia, Checoslovaquia, Egipto, Australia y por supuesto, México.

Beneficios de las técnicas en microescala

Algunas de las ventajas más relevantes de las técnicas en microescala, de índole ecológica, de higiene, de seguridad y económica, con las implicaciones éticas inherentes, son:

- Una mejoría impresionante de la calidad del aire en los laboratorios, ya que se puede eliminar casi totalmente la presencia de vapores de disolventes.
- Prácticamente la total desaparición de los accidentes de laboratorio provocados por reactivos cáusticos, inflamables o explosivos y, aun en caso de llegar a ocurrir, su gravedad es mucho menor.
- Una disminución notable de los riesgos a la salud originados por la exposición a compuestos tóxicos, irritantes, alérgicos, mutagénicos o cancerígenos.
- Una contribución significativa a la preservación de nuestro medio ambiente, al haber una reducción radical entre el 75% y hasta el 99% en la generación de desechos químicos, además de simplificarse su eliminación y reducirse notablemente los costos asociados.
- La reducción radical de costos de operación en los laboratorios, sobre todo en el ahorro de sustancias químicas y en costos del material convencional más pequeño (vasos, matraces, tubos, pipetas Pasteur, placas excavadas, etcétera). Actualmente los equipos para microescala con juntas ensamblables (muchas de ellas no sólo esmeriladas, sino con rosca) son relativamente más costosos que los convencionales, pero es de esperarse que conforme aumente su demanda y, consecuentemente, la competencia entre los diferentes fabricantes, sus costos bajarán apreciablemente. Indirectamente, los costos también se reducen, ya que la fragilidad del material de microescala es menor porque el grosor del vidrio es algo mayor y la resistencia mecánica en las piezas pequeñas es más alta.

Desde el punto de vista didáctico también hay múltiples ventajas en el uso de la microescala:

- Aunque el trabajo en microescala requiere de técnicas especiales, ninguna es más difícil de aprender o de aplicar que las técnicas convencionales; de hecho, algunas son más sencillas y los aparatos más fáciles de montar.
- La variedad de experimentos que pueden realizarse en microescala es más amplia, ya que

Departamento de Ingeniería y Ciencias Químicas,
Universidad Iberoamericana, Prol. Reforma 880,
1210 México, D. F.

Recibido: 22 de abril de 1997;

Aceptado: 2 de mayo de 1997

- pueden utilizarse reactivos mucho más costosos.
- La habilidad y cuidado en el manejo de sustancias químicas tienden a acrecentarse y las pérdidas mecánicas a disminuir.
- Generalmente la atención de los alumnos tiende a concentrarse más y a afinarse el pensamiento analítico.
- La mayor parte de los fenómenos que pueden ser observados en experimentos realizados en escala convencional, también pueden apreciarse análogamente con las técnicas de microescala.
- Puede haber un ahorro considerable de tiempo, ya que, por una parte, la velocidad de reacción aumenta al incrementarse la relación área/volumen y, por lo tanto, la transferencia de masa. Por otro lado, el cuidadoso desarrollo que han tenido estos experimentos, junto con las posibilidades actuales de hacer análisis fácil y rápidamente a la mezcla de reacción a intervalos cortos, ha hecho que los tiempos de reacción, que en técnicas convencionales frecuentemente eran muy grandes, se ajusten al tiempo realmente necesario. Aún más significativa es la notable disminución del tiempo requerido en microescala para las operaciones mecánicas y la purificación de los productos, por ejemplo, en extracción, filtración, destilación, secado, etcétera. Este tiempo ahorrado puede ser invertido en otras actividades asociadas al experimento y más significativas para el aprendizaje.
- Como consecuencia de todos estos factores, los niveles de autoconfianza y satisfacción del alumno aumentan.

Retos o inconvenientes de las técnicas en microescala

Indudablemente las ventajas de la microescala son muchas, pero también tiene algunos retos o inconvenientes como pueden ser:

- Una mayor necesidad de equipo analítico un tanto sofisticado y costoso, como cromatógrafos de gases y espectrofotómetros de infrarrojo.
- La dificultad de aplicar óptimamente algunas técnicas como destilación fraccionada, destilación al vacío y extracción con embudos de separación.
- La dificultad de efectuar la observación de algunos de los fenómenos notorios en escala mayor, como la transferencia de calor. Por ejemplo, el problema del control de una temperatura baja en una reacción fuertemente exotérmica, que es un reto en escala convencional, en microescala puede pasar prácticamente inadvertido.
- El requerimiento de reactivos mucho más puros, de una escrupulosa limpieza del material y la limitación de no poder usar grasa para sellar juntas esmeriladas, ya que en las técnicas de microescala la misma cantidad de un contaminante es porcentualmente mucho más significativa. De hecho, se puede llegar fácilmente al extremo de que un contaminante, como sería la grasa usada en las juntas, exceda el peso de los reactivos.
- La necesidad de material especial y de equipos de medición mucho más precisos, y por lo tanto más costosos y delicados, como son las micropipetas graduadas, micropipetas automáticas y balanzas analíticas o semianalíticas.

Conclusiones

Como profesionales o estudiantes de las áreas de la química parece válido cuestionarse qué utilidad y qué impacto final en nuestro ejercicio profesional o en nuestra formación tendría esta aproximación de la microescala en los laboratorios si, como es probable, ahora trabajamos o después iremos a trabajar en la industria química en la que generalmente los criterios de producción a gran escala son los imperantes.

Si somos congruentes con los valores educativos que pretendemos, la meta final y más importante que debemos buscar al implantar un programa de microescala en una institución educativa, al igual que otros programas o áreas de conocimiento, no es la búsqueda únicamente de los beneficios inmediatos, sino el lograr que las siguientes ideas fundamentales se vuelvan parte integral del modo de pensar de cada uno de nuestros alumnos: reducción racional en el uso de sustancias químicas, mejoría en la calidad del aire, exposición limitada a reactivos potencialmente peligrosos, reciclado, y reducción en la misma fuente de los desperdicios generados. En resumen, **queremos inducir un cambio cultural en el modo de visualizar el uso de las sustancias químicas de tal forma que nuestros profesionales y egresados tengan un impacto importante en la industria química del futuro y que ello incida en el beneficio de la sociedad.**