

LABORATORIO A MICROESCALA:  
UNA PEQUEÑA GRAN ALTERNATIVA

Patricia Morales Bueno\*

En la última década, una serie de artículos publicados en el *Journal of Chemical Education* han originado que muchos laboratorios de instrucción en las diferentes áreas de Química se tornen totalmente a la modalidad "micro". Por ejemplo, se reporta que en 1992, cerca del 80% de todos los laboratorios de Química Orgánica de los diferentes colleges y universidades de los Estados Unidos trabajaron a nivel "micro" [1]. La técnica también se está difundiendo en los centros educativos ingleses [2]. En el número correspondiente a Noviembre de 1989, se abre en el *Journal of Chemical Education* una sección editada por Arden P. Zipp, denominada *The Microscale Laboratory*, con el objetivo de convertirse en el foro central de difusión para experimentos novedosos y demostraciones en esta área [3].

En Enero de 1993, se funda el *National Microscale Chemistry Center* (NMC<sup>2</sup>), con la misión principal de difundir información acerca de los beneficios que trae consigo el convertir el laboratorio de instrucción de Química al nivel micro [4]. Este centro ha conseguido que por ejemplo, la conocida historieta *Archie*, editada por *Archie Comics Inc.*, incluya una historia creada especialmente para la difusión de la técnica, en el N° 119 de Abril de 1994 llamado *Jughead with Archie Digest* [4].

---

\* PUCP. Departamento de Ciencias. Sección Química.

¿Porqué una técnica que no es nueva, pues existen varios trabajos que se remontan a los años 1939-1946 que recomiendan ya esta modalidad, ha despertado tan inusitado interés? [5]. Veamos algunos de los beneficios demostrados en cada una de las áreas de la Química en donde la microescala ha logrado un gran desarrollo.

### *Química Orgánica*

Una de las principales razones para la introducción inicial de experimentos a microescala, era reducir la cantidad de solventes orgánicos, potencialmente dañinos, en el ambiente de los laboratorios de Química Orgánica a los niveles recomendados por la *Occupational Safety and Health Administration* [3].

Para conseguirlo, se redujo la escala del material de partida en 100 veces y en ciertos casos hasta 1000 veces. Así, los experimentos que normalmente partían en la escala de 5-20 g, se realizan a una escala de 50-100 mg, cuando el producto formado es un sólido y de 2-300 mg, cuando el producto formado es un líquido [2, 6]. De esta manera se consigue seguridad, pues cuando las reacciones se realizan en una escala milimolar o menos, se eliminan virtualmente los riesgos para la salud, ya que la atmósfera del laboratorio es de mucho mejor calidad y el contacto de los estudiantes con material tóxico de cualquier tipo se reduce considerablemente. Además, el riesgo de explosiones o incendios es también eliminado.

Se consigue también economía, el costo de sustratos, reactivos y solventes se reduce notablemente. El monto del gasto que normalmente era estimado para un estudiante puede llegar a cubrir el gasto de una clase entera por un año [2]. Esto permite aumentar la variedad de los experimentos, ya que muchas veces ocurre que se debe desestimar la realización de alguna práctica interesante por necesitar reactivos relativamente caros, si se trabaja a microescala ésto deja de ser un problema.

En cuanto al material, se ha comprobado que las roturas son menos frecuentes, ya que la relación tamaño/espesor es más favorable y se tienen piezas más robustas. Existen en la actualidad muchas firmas que producen material de vidrio especial para experimentos a microescala [3], sin embargo, muchos de estos experimentos se pueden llevar a cabo con material ordinario de laboratorio o adaptaciones muy simples que se pueden realizar fácilmente o que podemos innovar haciendo uso de nuestro ingenio [6].

Otro de los beneficios conseguidos al adoptar esta técnica es la drástica disminución de la cantidad de desechos químicos generados. Es muy común que los estudiantes preparen por ej. 5 g de un producto, usen unos cuantos miligramos para tomar un punto de fusión y un espectro (en el mejor de los casos) y luego el resto es desechado. ¿Para qué preparar mayor cantidad de producto que la requerida para su caracterización o posterior uso?

Desde el punto de vista académico, se encuentran también una serie de beneficios. En primer lugar, debemos reconocer que muchos experimentos implican un tiempo largo de ejecución, debido a que requieren períodos de espera para calentar, enfriar, evaporar solventes, agregar reactivos gota a gota, etc. Trabajando a microescala estas operaciones toman a lo más algunos minutos, por lo que en el mismo tiempo se pueden ejecutar más experimentos.

Los estudiantes asimismo, caen en la necesidad de tener mayor cuidado en el desarrollo de su práctica y aún cuando las cosas por alguna razón no resultasen bien, ellos pueden repetir la experiencia sin que esto implique una gran inversión de tiempo ni de material. Otra ventaja observada es que al agilizarse el desarrollo del experimento, el estudiante debe permanecer muy atento y seguir muy de cerca la reacción para poder así observar los cambios visibles que puedan evidenciar los cambios químicos que se están produciendo.

La microescala no limita el manejo de las técnicas clásicas de la Química Orgánica, a este nivel se siguen empleando la destilación a presión atmosférica, recristalización, extracción, partición, cromatografía, punto de fusión, punto de ebullición. Asimismo, se puede emplear con reacciones básicas como adición de bromo a un alqueno, deshidratación de un alcohol, oxidaciones, reducciones, esterificaciones, hidrólisis, sustitución electrofílica aromática, reacciones de formación de enlace carbono-carbono (Wittig, Diels-Alder, Knoevenagel) y aún en la síntesis de sistemas heterocíclicos [2]. A pesar de que normalmente la concentración de muchos productos naturales es muy baja, en algunos casos se ha conseguido utilizar con fines instructivos la técnica a microescala, como por ejemplo, separando limoneno de la cáscara de la naranja [7], separando y caracterizando ácido úsnico de un líquen [8] y cafeína del té [9].

Una evidencia de la popularidad adquirida por esta técnica es la publicación de varios manuales de laboratorio en los Estados Unidos. Los hay que contienen solo experimentos a microescala [8, 10], como también que ofrecen las dos opciones, macro y micro [11]. Estos manuales son actualmente de uso generalizado en la mayoría de centros educativos americanos.

Un beneficio importante también es la necesaria interrelación del trabajo a microescala con técnicas analíticas, principalmente el IR y la cromatografía de gases, lo cual permite que el estudiante se prepare desde sus primeros años para el trabajo de investigación.

### *Química General*

Esta área también está adoptando con entusiasmo en los centros educativos americanos el trabajo a microescala. ¿Las razones? : seguridad, reducción notable de costos, mayor facilidad para manipulación y almacenaje de los materiales y reactivos.

Frente al caso de la Química Orgánica, la aplicación de la técnica en Química General tiene una ventaja adicional, como a este nivel la mayoría de experimentos se realizan en solución acuosa, el equipo necesario se simplifica notablemente. Se ha difundido mucho el empleo de platos plásticos, utilizados normalmente para cultivos, como recipientes de reacción, estos tienen un bajo precio y los hay de muchos tipos y tamaños. Además se pueden utilizar pipetas serológicas de polietileno para transferir líquidos, estas también se encuentran en una gran variedad y a muy bajo precio [12, 13]. Este material puede ser usado muchas veces, pues pueden limpiarse con un lavado simple con agua. La disposición tipo matriz de los platos facilita a su vez la ejecución de una serie de experimentos, para lo cual se debe pensar en el diseño más conveniente.

La diversidad de experimentos que se pueden desarrollar dentro de esta área es muy grande. Se pueden tocar temas que van desde la química descriptiva hasta principios fisicoquímicos y la mayoría de ellos pueden realizarse a pequeña escala. De esta manera se han publicado ya algunos manuales de experimentos [14, 15, 16] y se presentan frecuentemente trabajos en las revistas especializadas como *Education in Chemistry* y *Journal of Chemical Education*.

### *Química Inorgánica*

Esta es el área que tal vez más recientemente se está acoplando a la técnica de microescala. En muchos laboratorios de instrucción la variedad de experimentos en Inorgánica se ha visto limitada considerablemente en los últimos años. Una de las principales razones es el desecho especialmente tóxico gene-

rado, por ej. si se trabaja con compuestos de plomo, mercurio, cadmio o bario. Además, el costo de la mayoría de reactivos es especialmente alto, teniendo por esto que limitar los experimentos al uso únicamente de los metales menos costosos.

Con la adopción de la técnica a microescala la cantidad de desechos generada se reduce drásticamente, además teniendo las precauciones adecuadas y escogiendo cuidadosamente los reactivos, se puede incrementar la variedad de metales utilizados en los laboratorios de instrucción. Los productos, en muchos casos, pueden luego ser reciclados a los materiales de partida [1], con lo que también se reducen los costos considerablemente.

El área de la Química Organometálica ha experimentado en los últimos treinta años un gran desarrollo, a pesar de ello, hay pocos experimentos de instrucción en esta área, debido especialmente al alto costo de los reactivos. Trabajando en la modalidad micro se han podido diseñar experimentos en donde se utilizan metales como rodio, paladio y platino, como por ej. la síntesis a microescala del trans-clorocarbonilbis[trifenilfosfina]rodio(I) y sus reacciones [17].

Después de todo lo expuesto y considerando las limitaciones de presupuesto, infraestructura y seguridad que normalmente tenemos en nuestros laboratorios de instrucción podemos entonces pensar, laboratorio a microescala ¿porqué no?.

#### REFERENCIAS

1. Szafran, Z., Singh, M., Pike, R. (1989) *J. Chem. Ed.* **66**, A263.
2. Breuer, S.W. (1991) *Educ. Chem.* **28**, 75.
3. Zipp, A.P. (1989) *J. Chem. Ed.* **66**, 956.
4. Szafran, Z., Pike, R., Singh, M. (1994) *J. Chem. Ed.* **71**, A151.
5. Stock, J. (1990) *J. Chem. Ed.* **67**, 898.
6. Mayo, D., Butcher, S., Pike, R., Foote, C., Hotham, J., Page, D. (1985) *J. Chem. Ed.* **62**, 149.
7. Garner, C., Garibaldi, C. (1994) *J. Chem. Ed.* **71**, A146.
8. Mayo, D., Pike, R., Butcher, S. (1989) **Microscale Organic Laboratory**, 2<sup>o</sup>Ed. John Wiley & Sons, New York, p. 158.
9. Ref (8), p. 162.
10. Williamson, K.L. (1988) **Microscale Organic Experiments** Heath: Lexington, MA.

11. Williamson, K.L. (1989) **Macroscale and Microscale Organic Experiments**. Heath: Lexington, MA.
12. Canham, G. (1994) *Educ. Chem.* **31**, 68.
13. Bennett, C., Manch, J., Stevens, F., Mellon, E. (1989) *J. Chem. Ed.* **66**, A90.
14. Russo, T. (1986) **Microchemistry for High School General Chemistry**. Kemtec Educational: Kensington, MD.
15. Mills, J.L., Hampton, M.D. (1988) **Microscale Laboratory Manual for General Chemistry**. Random House, New York.
16. The Woodrow Wilson National Fellowship Foundation Chemistry Institute (1987) **Microscale Chemistry**.
17. Singh, M., Szafran, Z., Pike, R. (1990) *J. Chem. Ed.* **67**, A180.