

Ciencia a pequeña escala

Una técnica de “poco es mejor” que reduce enormemente la cantidad de productos químicos utilizados en los laboratorios de ciencias.



Por Alan Slater
Traducción por Francisco Javier Díaz

Áreas o materias: ciencias naturales, estudios medioambientales.

Conceptos claves: conciencia medioambiental, seguridad, química verde.

Destrezas: técnicas de microciencia.

Lugar: en el aula, en el exterior.

Materiales: pipetas de plástico y placas de pocillos.

Yo fui químico de investigación y desarrollo en la industria petroquímica justo cuando la preocupación por los temas de contaminación comenzó a tener auge. Una actitud general entonces era que “la solución a la polución es la disolución”. Echa las sustancias perjudiciales a la tierra, los ríos o al aire y olvídalas. Todos hacíamos también esto en nuestra vida diaria – pinturas y productos de limpieza iban directamente a los desagües, y del alcantarillado al mar. En el laboratorio de la clase de ciencias, grandes botellas de las de dos kilogramos (5 libras) de productos químicos se gastaban cada año. Muchos de nosotros podremos recordar una clase de ciencias

donde se producían derrames o explosiones de algún aparato. Luego, al final del periodo, se lavaba todo en el fregadero o se tiraba al cubo de la basura.

En aquellos buenos tiempos, asignábamos al menos 600 dólares cada curso para materiales de laboratorio en nuestro instituto. Ahora las cosas, apenas gastamos 100 dólares para los 1000 estudiantes de ciencias que utilizan los productos químicos y otros equipos relacionados en nuestros cursos. Y esto es porque hacemos la mayoría de nuestros experimentos a una escala pequeña. La ciencia a *microescala* es la técnica más innovadora y emocionante que he visto en mis más de 30 años de enseñanza. Utilizando una gota de una solución no más grande que este pequeño punto • y granos de soluto del tamaño de este guión —, podemos obtener los mismos resultados de laboratorio que obteníamos antes, y reducimos la cantidad de materiales que usamos, al menos, 10 veces y, a menudo, 100 veces o más.

Aunque la *microciencia* tiene su mayor impacto en las clases de química, tiene aplicaciones en las clases de ciencia en general y en las de biología y allá donde se utilicen productos químicos. Dirige las cuestiones sobre contaminación, la destrucción de residuos, la seguridad en el laboratorio y

nuestras actitudes hacia el medioambiente, incluso mantiene al mismo tiempo la experiencia de “con las manos” y ahorra tiempo tanto para el profesor como para el estudiante. Todos, incluso el medioambiente, ¡son ganadores!.

El equipo

Hará unos 20 años en los Estados Unidos, un grupo de muy creativos profesores observó la última tecnología de plásticos utilizada en los laboratorios médicos y se dieron cuenta de los usos potenciales de estos sencillos equipos de plástico usados en química. Con sólo dos sencillos objetos de plástico se podía empezar a trabajar:

una placa de pocillos y una pipeta.

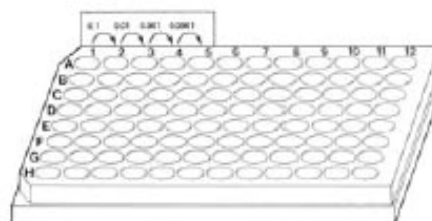
Aunque ambos objetos se destruyen, en el campo de la medicina, también se pueden reutilizar muchas veces en la escuela. Algunas de estas placas de pocillos han estado en servicio durante más de 10 años; y aunque las pipetas no aguantan tanto tiempo, se hacen de plástico reciclable.

Las placas de pocillos más comunes que se vienen utilizando constan de 96 pocillos, que sería equivalente a 96 tubos de ensayo. También las hay de 24 y de 6, e incluso diseñas específicamente para su utilización en las clase de ciencias en los institutos de secundaria. Las placas para reacciones



Placa de pocillos para reacciones de combinación diseñada para su uso en institutos.

de combinación (pocillos dobles) consisten en una mitad de la placa de 96 pocillos (por ejemplo, 48



Haciéndose una idea de la Ciencia a Microescala

Utilizar micro-cantidades significa:

Mayor seguridad, porque se utilizan pequeñas cantidades de productos químicos (0.02 ml de solución o 1-2 granos de soluto) y los estudiantes tienen más control sobre la reacción.

Menos residuos, porque con esas pequeñas cantidades lo que se tira o destruye es mínimo.

Menos espacio de almacenaje se necesita para los materiales, ya que se sólo se necesita guardar pequeñas cantidades, ya sea como disoluciones o como sólidos. Una disolución para una clase entera se puede guardar en una micropipeta. El inventario de los productos químicos de la clase se puede ver reducido al menos un 90%, y probablemente mucho más.

Menos roturas, porque el equipo básico es de plástico y bastante duradero.

Ahorro de dinero en equipos y productos químicos. Una placa de pocillos puede durar 10 años o más, por lo que una botella de 500 g de productos químicos podría durar 1000 años o más.

Limpieza más rápida y mucha menos agua para limpiar los utensilios.

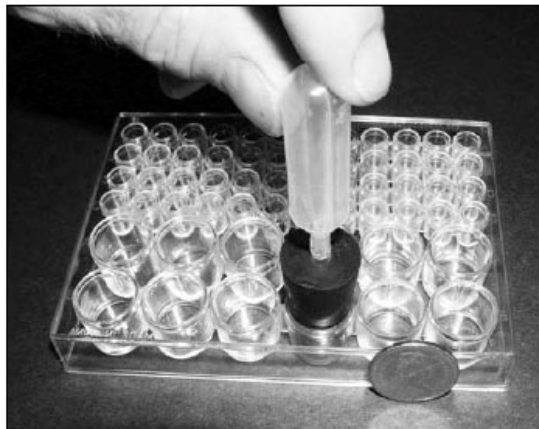
Se necesita menos agua destilada, así que ahorramos agua para refrigerar y energía en la destilación.

Se ahorra tiempo en hacer los experimentos y, como resultado, muchos estudiantes quieren repetir, y repiten, los experimentos de laboratorio. En lugar de lavar los cacharros y de tener que correr a la siguiente clase, los estudiantes tienen tiempo para reflexionar tras los experimentos y para introducir los datos obtenidos en un ordenador y sacarlos en una hoja desplegable. Se puede emplear más tiempo en diseñar los experimentos y en desarrollar capacidades de mayor complejidad.

El profesor ahorra tiempo en la preparación de las clases, ya que se necesitan pequeñas cantidades de productos y materiales y hay poco equipo que manejar y llevar de un lado a otro. Por ejemplo, uno solo puede transportar las disoluciones para diez clases en una pequeña caja de herramientas.

¿Cuáles son las desventajas? Muy pocas, pero...

- Se necesita una buena balanza electrónica, capaz de leer hasta 0.001 g, para un trabajo cuantitativo en el instituto. Si no es posible, hay que hacer disoluciones mucho más concentradas o mayores volúmenes de las disoluciones.
- Como cualquier método nuevo, las nuevas técnicas se deben aprender.



Produciendo y recogiendo gas en una placa de pocillos

pequeños pocillos) y otra mitad de de una placa de 24 (por ejemplo, 12 pocillos grandes), y algunos están hechos de plástico resistente a productos orgánicos. Cada pocillo de una placa de 96 puede contener unos 0'3 ml de disolución (entre 12 y 16 microgotas), y las filas y columnas se etiquetan. La placa de 24 pocillos sustituye las jarritas en la mayoría de los experimentos, con cada pocillo conteniendo un volumen de menos de 4 ml.

Las placas de pocillos suelen estar hechas de poliestireno, que es duradero y fácil de limpiar. Las manchas difíciles se pueden quitar con torundas de algodón y agua (se deben evitar la mayoría de disolventes orgánicos excepto sobre las placas de combinación orgánico-resistentes). Como el poliestireno no absorbe el agua, las disoluciones y la limpieza se puede hacer de modo rápido y efectivo. Para agitar se pueden utilizar cepillitos o agitadores de plástico. Lo usual es que las placas cuesten entre dos y seis dólares cada una.

Las pipetas están hechas de polietileno y se pueden comprar para repartir hasta 50 gotas por ml. Así, una simple gota puede ser tan pequeña como 0'02 ml, o 0'02 gramos. A menudo una gota es todo lo que se necesita para un experimento en el que antes se podría haber utilizado 10 ml o más. Las pipetas son de las que no absorben el agua y se limpian fácilmente, y pueden distribuir gotas justas si se manejan correctamente. También se pueden cortar para construir una variedad de otras piezas para el equipo, tal como se describe en el aparato de destilación que se muestra debajo. Hay cuatro tipos de pipetas que se utilizan normalmente. Si se compran en grandes cantidades, cada una cuesta entre cinco y ocho céntimos de dólar.

Experimentos

Con estas dos simples piezas del equipo, una placa de pocillos y una pipeta, los estudiantes pueden hacer fácilmente una extensa gama de experimentos, tales como comprobaciones de la densidad de los



Sencillo montaje para demostrar la electrolisis usando solamente 5 ml de disolución

líquidos, curvas de solubilidad de un soluto como nitrato potásico, cromatografía de tinta hidrosoluble, recogida y análisis de diferentes gases comunes, electrólisis de diversas disoluciones iónicas y de células de combustible, y verificación de componentes proteicos en alimentos. He aquí algunos breves ejemplos:

- Sólidos blancos del supermercado se pueden analizar en busca de sustancias desconocidas.
- Cualquier gas se puede producir y recoger con seguridad y de modo rápido con una placa de pocillos, un tapón de un agujero y una pipeta graduada (ver la foto). Por ejemplo, el oxígeno se puede obtener de una lejía bien conocida, el peróxido de hidrógeno, utilizando un sencillo mineral, una piedra de pirolusita. Este un catalizador que se puede usar repetidas veces. El oxígeno incluso se puede comprobar con un fósforo. Incluso las mezclas de hidrógeno-oxígeno pueden explotar de modo seguro con este montaje.
- La electrólisis de muchas disoluciones se puede llevar a cabo en 5 o 10 minutos con 5 ml de disolución (ver la foto). Un montaje similar, utilizando electrodos de grafito, pueden disociar una disolución de sulfato de magnesio (Sales de Epsom) para conseguir hidrógeno y oxígeno. Desconectando la batería y usando un multímetro se puede mostrar una célula de combustible con un voltaje de unos 2 voltios. Esto costaría alrededor de 5 dólares.
- Dos pipetas graduadas se pueden recortar y, con un tubo de goma conector en forma de T, construir un sencillo montaje de destilación para ser empleado en un baño de agua caliente.

- Para experimentos de disolución o neutralización de mezclas (por ejemplo, ácido/base), la escala numérica a lo largo de la parte superior de la placa de pocillos es ideal para su uso como escala de concentración o de pH. Un creativo estudiante de último curso de Secundaria utilizó una placa de pocillos de 96 y unas pipetas para determinar la cantidad relativa de un ingrediente activo presente en varios productos de consumo como aspirinas, zumos o vino.

La primera vez que probé con este nuevo método, utilicé un viejo laboratorio semi-micro y fui reduciendo proporcionalmente desde grandes gotas hasta una sola gota pequeña. Los resultados no solo fueron buenos sino que serían más rápidos y fáciles para los estudiantes. Entonces empecé a preguntarme “¿Por qué utilizo tanto?. ¿Podría utilizar 10 o incluso 100 veces menos?”. En casi cada caso la respuesta que me resonaba era sí. Donde antes utilizaba 10 ml de una disolución y un cilindro graduado, ahora podía usar 0,1 ml (5 gotas) mediante una pipeta pequeña – con una reducción del 99% de las de uso en química. Incluso en montajes que no se podían hacer en una placa de pocillos se podrían reducir proporcionalmente por lo menos 10 veces. Una reacción que usara 200 ml se modificaba sencillamente para usar 20 ml y se podía hacer en un pequeño recipiente. Donde una vez utilicé 50 litros de agua destilada para un experimento, ahora necesitaba sólo 5 litros. Con unos 100 dólares en materiales de plástico y una mente que se hace preguntas, ¿podría reducir el uso de productos químicos en un 90% o 99 %!. Esto significaba que mis residuos químicos también se reducirían entre un 99 y un 99%. Mis viejas botellas de 2 kilogramos e incluso mis botellas de 500 gramos ya eran unos dinosaurios.

Los estudiantes en el laboratorio afrontan cada día diversas maneras de reducir el uso de sus materiales. De hecho, a menudo supone un juego ver quién puede hacer una reacción con el mínimo número de gotas. Si se derrama algo, no suele ser más de un mililitro – apenas un lío horrible para limpiarlo- y proporciona un ejemplo de reducción en la realidad. Qué fácil es limpiar todo esto en nuestro laboratorio comparado con lo que se lleva a cabo en la planta de aguas residuales o la eliminación que se hace río abajo.

Excepto por el enjuague final de las placas y las pipetas, los estudiantes no arrojan desechos por el fregadero. Los pocos residuos que se generan se han reducido más por la búsqueda constante de nuevos procesos que por los propios residuos producidos en sí. Por ejemplo, podemos guardar

residuos de soluciones de cobre y más tarde retirar los iones de cobre mediante la adición de pequeños trocitos o limaduras de hierro de nuestro laboratorio.

Mis estudiantes han acogido con entusiasmo este nuevo hacer en los experimentos de laboratorio. No están solos: a través de mi compromiso con las técnicas de microciencia, he presentado talleres por distintos lugares de todo Norte América, Inglaterra y África. Hay un interés global en esto, y desde luego muchos usos de ciencia a pequeña escala en países en desarrollo donde la educación en las ciencias podría de otro modo continuar el camino que recorrimos muchos años atrás.

¡Nuestro mayor problema en el aula es ahora el gas residual!. Se utiliza tan poca agua para limpiar y que se va por los desagües, que se pueden atascar y de ese modo los gases pueden volver de nuevo al laboratorio.

Alan Slater es profesor de química y de ciencias jubilado, que ha impartido talleres por toda Norte América e Inglaterra sobre microquímica y microciencia, y ha recibido una gran cantidad de premios y menciones por su trabajo en esta área. Es coautor, junto a Geoff Rayner-Canham, de Química Microescalar (Addison-Wesley, 1994), un manual de laboratorio para microquímica y una guía del profesor para química en educación secundaria. Actualmente vive en Santa María (Saint Mary), Ontario (Canadá).

Traducción: Francisco Javier Díaz, biólogo por la Universidad de Sevilla. Profesor de Educación Secundaria en el Instituto Kursaal, Algeciras (España). Especialista en Ciencias Medioambientales y de la Tierra y en temas de Convivencia y Disciplina en la escuela.

Suministros:

Canadá

BorealNorthwest www.boreal.com, buscar en “microchemistry”. Una buena fuente de equipos para microquímica, materiales y manuales de laboratorio.

Estados Unidos

Educational Innovations, www.teachersource.com, buscar en “microscale” una lista de placas de pocillos y pipetas disponibles.

Kemtec Educational Products

www.kemtecscience.com/Chemistry.htm, ver la sección de Microchemistry bajo “Chemistry kits”.

Flinn Scientific. PO Box 219, Batavia, IL 60510-0219, 1-800-452-1261, flinn@flinnsci.com, www.flinnsci.com. LA mejor fuente de equipos y libros de laboratorio en los Estados Unidos. Su catálogo contiene abundantes ideas.