

Microfluídica: El comportamiento de los fluidos en la microescala

Juan Cristóbal Torchia

No existe ningún impedimento en las leyes de la Física por el cual el ser humano no pueda manipular objetos y crear dispositivos en la escala atómica. Esta idea fue planteada por el célebre físico estadounidense Richard Feynman y la gran mayoría de textos sobre microfluídica suele abrir con las palabras del científico en su ahora afamada conferencia “Hay mucho espacio en el fondo”¹.

Unos años después comenzaron a fabricarse los primeros MEMS² basados en la experiencia que había legado la tecnología del circuito integrado. De esta manera fue posible diseñar máquinas y dispositivos a nivel microscópico para distintas aplicaciones siendo los acelerómetros de las bolsas de aire de los automóviles uno de los primeros productos MEMS comerciales. A partir de ahí se desarrolla toda la tecnología de miniaturización que desemboca en micro y nanotecnología.

Por otra parte, en la antigua Unión Soviética y en los EEUU, durante la década de los 60's se llevan a cabo pruebas en donde se simulan las mismas operaciones que existen en circuitos eléctricos utilizando fluidos (líquidos y gases) en pequeñas tuberías, lo cual se le ha llamado Fluídica. La idea consistía en imitar la naciente electrónica sin preocuparse por sobrecalentamiento debido al efecto de Joule. De esta manera, mediante el advenimiento de los MEMS y la Fluídica, se forma este campo de conocimiento conocido como la microfluídica, aprovechando la miniaturización y el conocimiento del flujo de fluidos.

Hoy en día existe una creciente industria basada en la microfluídica. El caso microfluídico más comercial es el método de inyección de tinta en impresoras donde un chorro micrométrico produce gotas que constituyen los puntos de tinta en la impresión.. Esta industria abastece a varios sectores productivos de un país, es completamente interdisciplinaria y sus aplicaciones aún no contemplan un límite práctico ya que alimenta la investigación y el desarrollo en el campo de los fenómenos de transporte, ciencia de materiales, electrónica, óptica, manufactura, química, biología, ciencias médicas, biotecnología, ciencias ambientales, telecomunicaciones, etc.

Aun con toda esta efervescencia, es un campo de estudio relativamente inexplorado y junto con la nanotecnología, cuyo hábitat son las escalas submicrométricas, representan el futuro científico-tecnológico. En América Latina se debe hacer un esfuerzo, no tan sólo en la parte de la investigación básica, si no en la innovación tecnológica que haga madurar un mercado ahora que se encuentra en edad temprana.

La relación superficie-volumen.

La principal característica de la microfluídica son los efectos que se producen en los fluidos en su medida que la escala geométrica se reduce. Cuando se comienza a reducir el tamaño de los objetos, los principios físicos obviamente no cambian, pero la importancia de ciertos fenómenos comienzan a influir más que otros por lo que el comportamiento de las sustancias en los dispositivos es diferente al que tendrían en escala macrométrica.

El peso, por ejemplo, es una fuerza debido a la gravedad que pierde influencia a medida que los tamaños decrecen. Por su parte, las fuerzas electrostáticas participan activamente en el movimiento

¹ En inglés *There's plenty of room at the bottom*, llevada a cabo en 1959.

² MEMS: Microelectromechanical Systems. En español: *Sistemas microelectromecánicos*

o equilibrio de sustancias en microcanales y en cambio, la instalación hidráulica de una casa habitación no depende del campo eléctrico en el lugar.

Existe un parámetro conocido como la *relación superficie-volumen* que no es más que la comparación entre las fuerzas superficiales y las fuerzas de cuerpo e indica un aumento en la importancia de las primeras con respecto a las segundas. Las fuerzas superficiales son aquellas que únicamente actúan en el área superficial como las fuerzas debido a la presión o la fricción. Las fuerzas de cuerpo se experimentan en todo el volumen de un objeto como la fuerza gravitacional, de inercia o centrífuga.

Esta *relación superficie-volumen* también explica que fenómenos como la tensión superficial, el flujo de calor, la difusión de especies, los efectos viscosos y electrocinéticas son predominantes cuando las sustancias se desplazan por microcanales.

Dispositivos microfluídicos

Los productos más conocidos de la microfluídica son los “chips”, pequeñas tabletas donde se encuentran los microcanales por donde fluyen las sustancias realizando operaciones de mezclado, separación, reacción, señalización, etc.

Las tabletas comenzaron siendo de materiales duros como el silicón y el vidrio aprovechando la experiencia adquirida de los circuitos electrónicos. Recientemente, materiales flexibles como polímeros, elastómeros e incluso papel se están utilizando para fabricar chips con ciertas ventajas de fabricación, conducción de fluidos, economía y cierta compatibilidad orgánica para aplicaciones *in vivo*³.

Existen varios métodos para la fabricación de los microcanales dentro del material que dependen de la naturaleza del mismo y es imposible describirlos apropiadamente en una nota divulgadora como esta. Sin embargo, se puede comentar que, en general, siguen los principios de fabricación de la industria del silicón para circuitos electrónicos. Algunos métodos utilizan químicos para la remoción de material, mientras que otros aprovechan los rayos UV para el mismo fin. En el caso del papel, los canales se construyen cuando entre ellos se vierte cera líquida como parte de un proceso sencillo y de bajo costo. La fabricación de chips en microfluídica es un área de estudio en permanente desarrollo.

Los dispositivos microfluídicos se clasifican de acuerdo a la operación que deben realizar. Los microcanales se pueden configurar de distintas maneras para una variedad de funciones. Van desde los más básicos como uniones T, Y o H para mezcla y observación de la interacción líquido-líquido hasta tabletas con cientos de funciones programables en ellas. El equipo asociado a estos chips incluye un sistema de bombeo, mangueras de plástico, conexiones y en algunos casos, microscopios.

Aplicaciones microfluídicas

Al tratarse de un campo de estudio tan reciente, cada vez más aparecen aplicaciones microfluídicas que no se tenían contempladas anteriormente. Como se mencionó, la microfluídica tiene un carácter interdisciplinario tanto para su estudio como para sus aplicaciones. Dentro de las aplicaciones más interesantes están aquellas asociadas a las ciencias biomédicas en donde la microfluídica aprovecha la miniaturización para realizar pruebas convencionales médicas utilizando mucho menos volumen de reactivos, que suelen ser costosos o difíciles de conseguir en ciertas regiones del mundo. El

³ *In vivo*: Uno de los métodos experimentales de las ciencias biomédicas que consiste en estudiar los efectos de tratamientos en seres vivientes, generalmente animales.

tiempo de espera para el diagnóstico de una enfermedad se reduce considerablemente con estos dispositivos debido a la velocidad de reacción y difusión que existen en tan pequeños espacios. La introducción de cierto medicamento en el cuerpo puede realizarse de manera programada y con la dosis exacta que se necesita en ese preciso momento con la ayuda de implantes de bombeo o inyección microfluídicos. La lista es extensa y emocionante por lo que flaco favor le hacemos con tan sólo unas líneas. En otras notas, haremos hincapié en las más atractivas aplicaciones de la microfluídica y sus ramificaciones en nuestra vida diaria.

En esta nota de divulgación es complicado explorar todas las facetas alrededor de la Microfluídica. El presente artículo pretende ser una introducción al tema que más adelante se seguirá desarrollando en profundidad. Lo que es importante es hacer énfasis en la oportunidad que se abre en materia de investigación básica y desarrollo de tecnología en este mundo de los fluidos confinados en espacios muy pequeños. Aunque existen problemas urgentes que resolver en nuestros países en desarrollo, nunca deben perderse de vista los problemas importantes ya que la solución a estos, tienen como consecuencia la disminución de los primeros.