

## Viaje al Interior de un Biorreactor: Imágenes y su Análisis

(Segunda Parte)

Dr. Gabriel Corkidi Blanco  
Miembro de la Academia de  
Ciencias de Morelos  
Instituto de Biotecnología, UNAM  
Campus Morelos

El ser humano, así como muchas otras especies tienen la capacidad de percibir la 'tercera dimensión' del ambiente que nos rodea. Por ejemplo, si uno trata de ensartar un hilo por el ojal de una aguja, con mucha precisión el hilo puede apuntar de manera certera hacia el agujero. ¿Pero qué pasa si tratamos de hacerlo con un ojo cerrado? Para entender mejor este problema, uno puede hacer una prueba cerrando un ojo y estirando los dos brazos lateralmente, tratar de unir los dedos índice de cada mano, moviendo los brazos rápidamente. Repitiendo esto varias veces, seguramente las puntas de los dedos no alcanzaron a tocarse en algunas ocasiones. Hacerlo ahora con los dos ojos. Es claro con esta prueba, que un solo ojo no puede percibir con precisión la información de posición tridimensional de lo que nos rodea.

En nuestro capítulo anterior, observábamos un fenómeno muy interesante que ocurría dentro de un biorreactor. Pudimos distinguir pequeñas gotas o burbujas que aparentemente se localizaban en el interior de las gotas de aceite. ¿Por qué es tan interesante este fenómeno? Estas gotas son las que proveen de nutrientes al hongo que queremos cultivar. La superficie externa de la gota es la que se pone en contacto con el hongo para transferirle los nutrientes, por lo que el tamaño de esta superficie estará relacionado a la eficiencia de esta transferencia. Asimismo, las burbujas que se encuentran dentro del aceite, no podrán transferir oxígeno al cultivo por estar capturadas dentro del aceite.

¿Pero cómo podemos estar seguros de que lo que estamos observando no se trata de una ilusión óptica? Al observar este tipo de imágenes, uno se puede preguntar si lo que aparentemente se ve 'adentro' realmente lo está, o se trata de una superposición de planos focales, en otras palabras, ¿cómo podemos realmente saber si estas aparentes gotas están 'adentro', 'adelante' o 'atrás' de la gota

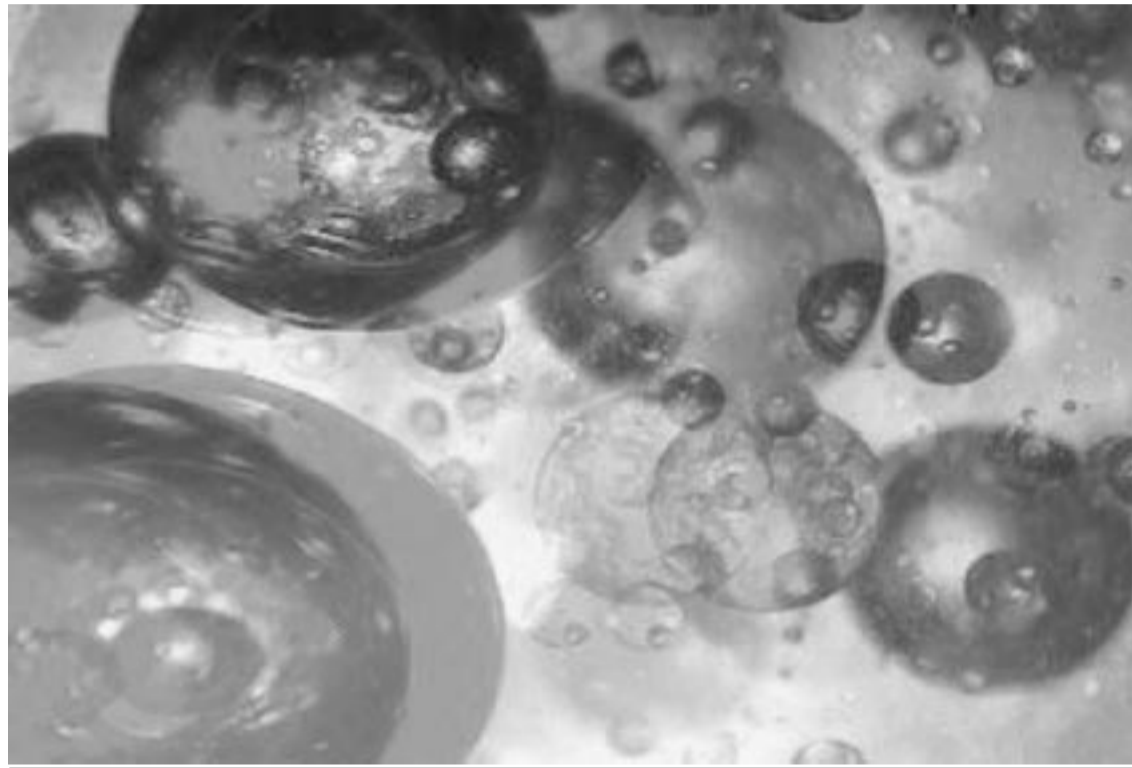


Imagen estéreo.

de aceite? La confusión que puede provocar este aspecto en los cálculos de transferencia de nutrientes si no se toma en cuenta la información de la posición tridimensional de gotas y burbujas, nos puede llevar sin duda a resultados radicalmente diferentes en cuanto a las hipótesis que se han planteado. Por estas razones, llegamos a la conclusión de la necesidad de poder adquirir la información tridimensional de la posición espacial de las gotas y burbujas, de manera a poder analizar con certeza su posición en el espacio.

Para lograr esto, decidimos aprovechar características especiales que nos brinda el estereomicroscopio. Este aparato permite observar objetos microscópicos (como cualquier microscopio), pero desde dos ángulos de vista diferentes, así como los ojos observan un mismo objeto desde dos puntos de vista espacialmente diferentes. Esto permite, por triangulación, tener la información de la profundidad a la que se encuentra cada punto que forma cada gota y cada burbuja (y por lo tanto su ubicación en el espacio tridimensional en el que se está moviendo). De esta manera, pudimos adquirir pares de imágenes estereoscópicas que si se observan con lentes estereoscópicas (un lado rojo y el otro cian –siendo

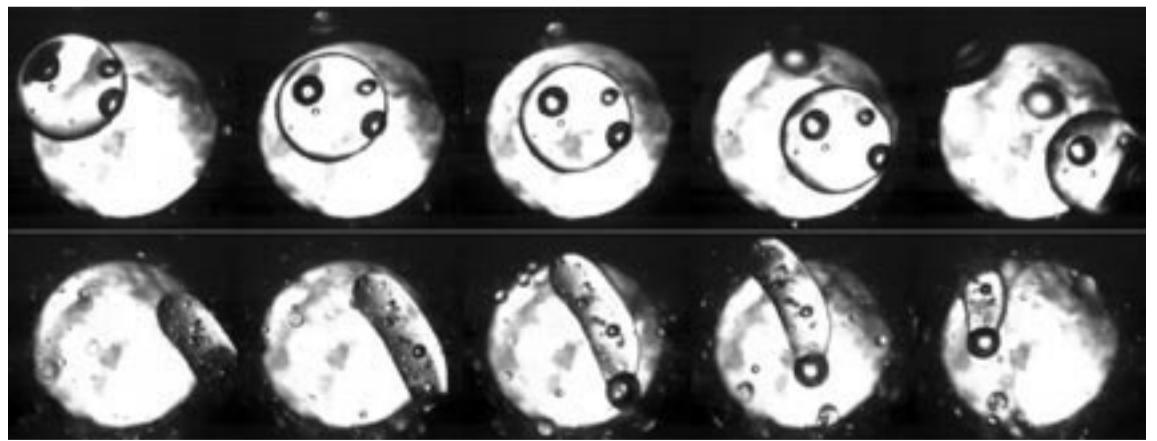
este último el color generado al mezclar el verde y el azul-), podrá apreciarse cómo ciertas microgotas que aparentemente se encuentran dentro de las gotas de aceite no lo están y viceversa. Claro que sería impráctico y muy cansado usar estos lentes para analizar estas imágenes, pero lo importante es que con esta información tridimensional, podemos ya entrenar a la computadora para que realice estos cálculos de manera automática, sin tener que usar los lentes.

Filmación de cine de alta velocidad. Para terminar esta contribución, me gustaría platicar sobre las últimas técnicas de Visión por Computadora

que estamos utilizando para filmar secuencias de imágenes que nos permiten no sólo ver un instante (foto instantánea) de un proceso complejo de mezclado, sino un video-cine que permita mostrar los mecanismos que pueden intervenir en la formación de las gotas y burbujas, como podrían ser colisiones entre ellas o interacciones con los impulsores que mezclan, por ejemplo. La estrategia de adquisición debe de ser completamente diferente para este caso. Utilizamos un endoscopio como el que utilizan los médicos para hacer observaciones por ejemplo del tracto digestivo, el cual puede sumergirse en el tanque para ver los eventos que ocurren. El

endoscopio es un dispositivo óptico conformado por un tubo de 10 mm de ancho, por 50 cm de largo. En la punta del endoscopio hay unas lentes que enfocan la imagen al extremo del tubo que está fuera del tanque. En este extremo se acopla una cámara de TV, pero esta vez, no cualquier cámara, ya que los eventos que queremos filmar de forma secuencial –es decir, sin perder la trayectoria de las gotas y burbujas entre cuadros de video- ocurren a velocidades tales, que una cámara convencional sólo capturaría imágenes 'sueltas' del proceso. Para poder filmar estos eventos, acoplamos al endoscopio una cámara digital de alta velocidad muy especial y de alto costo, que puede capturar más de 5,000 imágenes por segundo. Con este sistema se logró la toma de secuencias de imágenes en diversas zonas del tanque, incluyendo las de mayor turbulencia. La alta velocidad de adquisición (5130 imágenes/segundo) permitió visualizar de manera detallada las estructuras complejas que se forman en estas zonas.

Podemos concluir que este viaje al interior del biorreactor para poder filmar los eventos micrométricos que ocurren en su interior, ha sido una aventura llena de retos. Esperamos que este viaje haya podido ilustrar de manera concreta la utilidad y potencial de las herramientas que provee la Visión por Computadora, y subrayar el valor del trabajo interdisciplinario que promueve la interacción de grupos de trabajo de diversas disciplinas, implicando el planteamiento y solución de problemas originales y relevantes. Más información sobre nuestro trabajo en [www.ibt.unam.mx/labimage](http://www.ibt.unam.mx/labimage).



Imágenes tomadas a alta velocidad.