

# PATOLOGÍAS DEL MEZCLADO LAMINAR EN GEOMETRÍAS TÍPICAS DE BIOREACTORES

Alvarez, Mario Moisés, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey  
Centro de Biotecnología, Avenida Eugenio Garza Sada 2501 sur, Monterrey N.L. México, C.P. 64849  
Fax: 818-328-4131, [mario.alvarez@itesm.mx](mailto:mario.alvarez@itesm.mx).

Elías, Myriam, UANL, Planta de Fermentaciones de la Facultad de Biología, Monterrey N.L., México  
Arratia, Paulo y Muzzio, Fernando J., Rutgers University, Department of Chemical and Biochemical Engineering,  
Piscataway, NJ, U.S.A

*Palabras clave: mezclado, bioreactor, geometría*

**Introducción.** Para propósitos de cultivos bacterianos o fungales, el uso de regímenes de agitación turbulenta es preferido(1) y necesario. Sin embargo, procesos especializados tales como el cultivo de líneas celulares animales, demandan condiciones más benignas de agitación dada la sensibilidad de dichas células al estrés mecánico. Poco se ha trabajado en mezclado en tanques agitados operados en flujo laminar (2).

El propósito central del presente trabajo es ilustrar patologías de mezclado que ocurren en bioreactores operados en flujo laminar.

**Metodología.** Patrones de mezclado en geometrías típicas de fermentadores son observadas utilizando trazadores químicos (rodamina y fluoriceína) y reacciones ácido base bajo condiciones de iluminación ultravioleta y laser (2). Hemos empleado, tanto tanques sin deflectores, como jarras de fermentación con aspersores y deflectores. El efecto del uso de una o varias turbinas Rushton es también analizado. El desempeño de impulsores radiales (Rushton) y axiales también se documenta. Adicionalmente, se han evaluado tiempos de mezclado en estos sistemas.

**Resultados y discusión.** La figura 1 (a) muestra un tanque operado en condiciones de flujo laminar ( $Re=100$ ), agitado por tres turbinas Rushton. El líquido de trabajo (glicerina) ha sido adicionado con azul de Bromotimol, de manera que áreas de pH ácido se mostrarán amarillas, y áreas de pH básico se mostrarán azules. Una serie de inyecciones ácido-base ha sido efectuada, revelando el alto grado de heterogeneidad en las condiciones posibles de pH en un bioreactor típico. La figura 1 (b) muestra resultados de un experimento de inyección de un trazador fluorescente en un tanque similarmente agitado por 3 turbinas axiales. En este caso, el tanque es cortado por una hoja de luz laser, exponiendo solo el plano iluminado. De esta forma es posible observar el patrón de mezclado en un corte 2D. La presencia de 6 celdas de recirculación, y la existencia de planos de separación entre ellas es claramente observable. Estas separatrices actúan como barreras contra la transferencia de masa entre celdas. Su existencia en bioreactores laminares es particularmente preocupante si se considera que el control de pH en estos sistemas se hace convencionalmente por inyección de neutralizadores en la celda superior, lugar altamente segregado. La persistencia de zonas segregadas de naturaleza toroidal arriba y debajo de

los impulsores es así mismo revelada por los experimentos presentados en 1 (a) y (b) (ver ref(3)). Estas zonas pueden sobrevivir, si el sistema no es perturbado, por espacio de horas. Experimentos realizados en fermentadores de 14 Lt. equipados con aspersores y deflectores, revelan el efecto positivo de estos obstáculos al flujo en la reducción de tiempos de y reducción de los volúmenes segregados, (al introducir asimetrías en el sistema (4)), pero tiempos de mezclado en el orden de minutos a decenas de minutos son aún posibles, dependiendo de condiciones dinámicas ( $Re$ ), y geométricas (punto de inyección, distancia entre propelas, etc.).

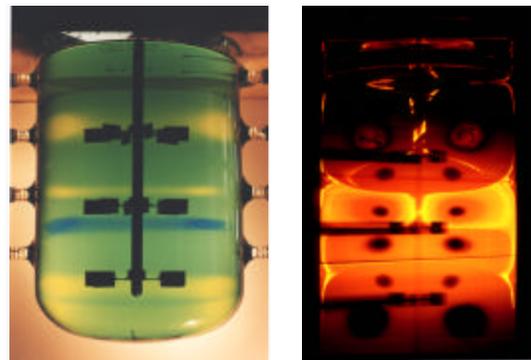


Fig. 1. Alto grado de heterogeneidad en tanques agitados en flujo laminar. (a) Visualización en 3D, (b) en 2D

**Conclusiones.** Los resultados experimentales presentados revelan patologías de mezclado asociadas con sistemas laminares tipo tanque: presencia de planos de separación, regiones segregadas regulares persistentes, tiempos de mezclado lentos y altamente dependientes del punto de inyección.

## Bibliografía.

1. Jian Li, Z., Shukla, V., Wenger, K.S., Fordyce, A.P., Petersen, A.G., and Marten, M.R. (2002). Effects of Increased Impeller Power in a Production-Scale *Aspergillus oryzae*. *Fermentation. Biotechnology Progress*. 18: 437-444.
2. Alvarez, M. M.; Zalc, J.M., Shinbrot, T., Arratia, P., and Muzzio, (2002). Mechanisms of Mixing and Creation of Structure in Laminar Stirred Tanks. *AIChE Journal*. 48 (10): 2135-2148.
3. Lamberto, D.J., F.J. Muzzio, P.D. Swanson, and A.L.Tonkovich (1996). Using Time-Dependent RPM to Enhance Mixing in Stirred Vessels. *Chemical Engineering Science*. Vol. 51(5): 733-741.