



## LOS CAMBIOS DE PARADIGMAS EN LA INGENIERIA BIOQUIMICA DEL SIGLO XXI

Octavio Tonatiuh Ramírez Reivich

Instituto de Biotecnología. UNAM. Ave. Universidad 2001 Cuernavaca, Mor. C.P. 62210. Fax: (777)3138811.

Correo electrónico: tonatiuh@ibt.unam.mx

*Palabras clave: ingeniería bioquímica, bioprocesos, bioingeniería*

Durante milenios, la humanidad se ha beneficiado de los productos de la biotecnología tradicional. Diversas culturas de inicio de nuestra era, e inclusive anteriores, dominaron diferentes técnicas para elaborar tan preciados productos, que sin saberlo eran el resultado de la acción de microorganismos o sus partes. Los métodos usados eran completamente artesanales y basados en conocimiento empírico acumulado a lo largo de los siglos. Sin embargo, a partir de los descubrimientos de Louis Pasteur hacia finales del s. XIX, se reconoció que seres vivos o sus componentes eran los responsables de las transformaciones necesarias para generar dichos productos biotecnológicos. Los hallazgos de Pasteur no sólo revolucionaron el conocimiento científico y la percepción misma del mundo biológico sino que también sentaron las bases para el desarrollo racional de la biotecnología clásica. Con el progreso generado por la revolución industrial y la demanda de productos de mejor calidad para satisfacer mercados crecientes, surgió la necesidad por procesos tecnificados de gran escala que rindieran productos a los menores costos y mayores productividades. Tales procesos se empezaron a desarrollar hacia finales del s. XIX y principios del s. XX, gracias al esfuerzo conjunto de individuos con conocimientos en microbiología y química y la posterior incorporación de ingenieros químicos y mecánicos, entre otros. Fue entonces que hacia el primer tercio del s. XX nace la disciplina que hoy conocemos como ingeniería bioquímica.

La *ingeniería bioquímica* es la aplicación de principios físicos y químicos al procesamiento de materiales de origen biológico – derivados de microorganismos, células, o sus partes – para generar bienes y servicios. El entendimiento cuantitativo de los diversos procesos es el elemento fundamental que caracteriza a la ingeniería bioquímica sobre otras disciplinas afines de la biología. A través de tal comprensión cuantitativa, la ingeniería bioquímica tiene como objetivo central generar productos a los menores costos posibles y de la mejor calidad mediante bioprocesos que rindan la mayor productividad y que sean consistentemente reproducibles lote tras lote. Asimismo, los productos generados deberán ser seguros para el ser humano y el medio ambiente. Por su parte, la *ingeniería de bioprocesos*, es la combinación de los conocimientos de la ingeniería bioquímica con los de otras disciplinas, como la ingeniería mecánica, eléctrica, económica, industrial, etc., necesarias para la integración de un bioproceso completo que cumpla con las características arriba mencionadas. Finalmente, tanto la ingeniería bioquímica como la ingeniería de bioprocesos buscan el beneficio social y/o económico convirtiendo los descubrimientos básicos a nivel laboratorio en una realidad práctica.

A lo largo de escasamente un siglo, la ingeniería bioquímica e ingeniería de bioprocesos se originaron y consolidaron para constituirse en una actividad indispensable para transformar el potencial de la biotecnología en una realidad que proporciona bienestar a la sociedad. En el s. XX surgieron procesos altamente tecnificados para tratar aguas de desecho y producir compuestos en grandes volúmenes, como por ejemplo acetona, butanol, antibióticos, ácidos orgánicos, aminoácidos y proteína unicelular. Algunos de estos bioprocesos se han modernizado y siguen siendo utilizados, mientras que otros han sido desplazados por nuevas tecnologías debido principalmente a consideraciones económicas. El gran logro de la ingeniería bioquímica del s. XX fue el desarrollo de bioprocesos "monumentales", que por su escala generan productos con mercados mundiales de  $10^2$  a  $10^7$  ton anuales a precios desde unos cuantos centavos hasta no más de 1000 dólares por kg. Estos bioprocesos clásicos se caracterizan por ser de grandes volúmenes pero de productos con relativamente bajo valor agregado.

A raíz de la incorporación de nuevas disciplinas y conocimientos —particularmente en ingeniería genética, genómica, microelectrónica, computación e ingeniería de materiales— la ingeniería de bioprocesos ha experimentado un cambio de paradigma hacia el último cuarto del siglo XX. Ahora, los bioprocesos modernos no necesariamente son monumentales en escala sino que se caracterizan por su complejidad y el alto valor agregado de los productos generados. Además, independientemente de su escala y precio, los bioprocesos para producir tales productos son tan complejos o más que los bioprocesos monumentales e incorporan muchos o todos los componentes característicos de un bioproceso tradicional. En la presente conferencia se examinará el cambio, a lo largo del último siglo, de los problemas que han ocupado la atención del ingeniero bioquímico. Se discutirán los cambios de paradigmas de los bioprocesos modernos y la influencia de nuevas áreas del conocimiento, en la definición de los nuevos bioprocesos del futuro. Todo esto se ilustrará con ejemplos específicos de resultados del grupo de investigación del conferencista.

**Bibliografía** O. T. Ramírez; "Nuevos Bioprocesos", En: Fronteras de la Biología en los Inicios del Siglo XXI/ Ingeniería Celular: Biodiversidad e Industria, F. Bolívar y A. López-Munguía (eds.), El Colegio Nacional, 93-121 (2003).

O. T. Ramírez; "Ingeniería Bioquímica", En: Fundamentos y Casos Exitosos de la Biotecnología Moderna, F. Bolívar (ed.), El Colegio Nacional, 249 - 297 (2004).