

CONTROL DE BIOPROCESOS

ALEJANDRO VARGAS CASILLAS,
GLORIA MORENO, JAIME PÉREZ

El control automático está presente en mucha de la tecnología actual y los bioprocesos no son la excepción, incipiente, pero con mucho potencial para lograr desarrollos importantes. Esta es una frase que requiere explicación. En términos prácticos, el control automático es la disciplina de la ingeniería (y quizá también de las matemáticas) que se encarga de lograr que un sistema (desde un avión o barco hasta una pequeña parte de un teléfono celular) se comporte como lo desea el usuario a pesar de todas las perturbaciones e incertidumbres a las que está expuesto, casi sin intervención humana.

En la Unidad Académica Juriquilla del Instituto de Ingeniería trabajamos con bioprocesos. Estos son sistemas biológicos, por ejemplo, los biorreactores, donde microorganismos especializados transforman residuos como el agua residual o la mal llamada basura orgánica en productos de valor agregado; o bien, simplemente remueven los compuestos contaminantes. Desde el punto de vista del control automático, éste es un sistema dinámico (porque las relaciones causa-efecto no son inmediatas) que tiene entradas y salidas, siendo las primeras aquellas variables que podemos manipular o que influyen en el comportamiento del sistema (las causas), y las segundas, las variables que podemos medir o que nos interesa que tengan un comportamiento deseado (los efectos).

Por ejemplo, en un biorreactor que empleamos para producir biogás a partir de agua residual, una variable de entrada manipulable es el caudal de entrada, y una variable de entrada no manipulable (una perturbación) es la concentración y composición de lo que está entrando al reactor. En cambio, una variable de salida mensurable es el caudal de metano generado, mientras que una variable de salida de interés que no podemos medir fácilmente es la concentración del contaminante en el agua tratada.

Además de estas variables existen otras que no son consideradas ni de entrada ni de salida, pero que sí influyen en la dinámica del proceso. En el biorreactor anterior, un ejemplo son las concentraciones de los diversos microorganismos presentes en el reactor o las concentraciones de los compuestos disueltos en el agua que está siendo tratada.

El control automático se emplea con relativa frecuencia en mucha de la tecnología cotidiana: para regular la velocidad de lectura de un disco duro o para mantener una corriente eléctrica en un circuito de un teléfono inteligente, entre muchos otros ejemplos. Sin embargo, no es tan común emplearlo en bioprocesos, especialmente en aquellos que se usan para tratamiento de residuos. Hay varias razones para ello, pero tres importantes son: la dificultad para hallar modelos matemáticos precisos debido a la incertidumbre de los procesos biológicos (y el desconocimiento que aún tenemos de ellos); no se cuenta con sensores rápidos y confiables para medir algunas variables de interés; y no se puede manipular muchas variables del proceso.

A pesar de estas dificultades, se ha demostrado tanto teórica como experimentalmente que es posible incrementar el desempeño y confiabilidad de este tipo de procesos si se usa

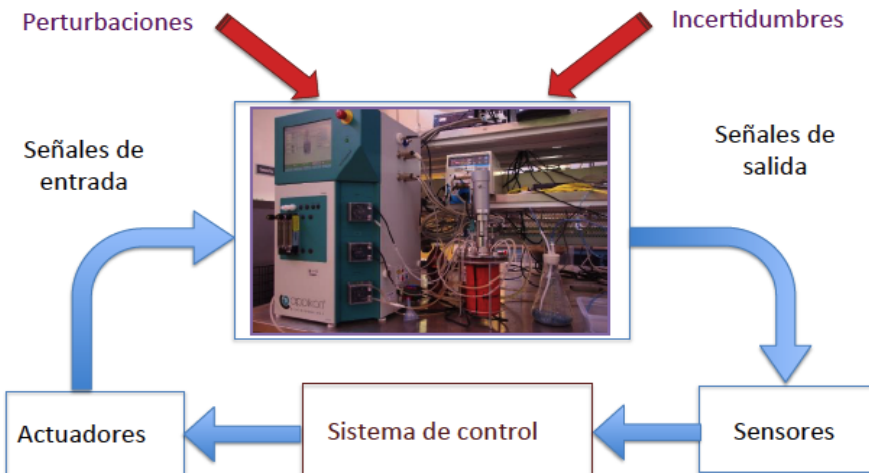


Figura 1. Ilustración de un sistema retroalimentado: un fermentador oscuro empleado para tratar agua residual y producir hidrógeno es sujeto a entradas controladas y perturbaciones, pero hay salidas que pueden medirse mediante sensores; con ellas un controlador decide de forma automática cómo manipular las entradas para maximizar la producción de hidrógeno. El modelo matemático empleado está sujeto a incertidumbres. La fotografía es del biorreactor empleado en el laboratorio para las pruebas experimentales de producción de hidrógeno a partir de agua residual

control automático. Esto es: se diseña e implementa un dispositivo (generalmente programado en una computadora) que, midiendo las salidas, manipula de forma automática algunas entradas para que todas las variables de interés se comporten como uno desea. En la Unidad Académica Juriquilla del IIUNAM trabajamos esta línea de investigación, desde el modelado matemático de la dinámica de los bioprocesos, hasta la implementación práctica de controladores en biorreactores de laboratorio a mayor escala, pasando también por algo de instrumentación para estos sistemas.

La investigación que se hace es de vanguardia, pues son pocos los grupos a nivel internacional que, como nosotros, reúnen especialistas en control automático para trabajar

directamente con especialistas en procesos biológicos. De esta manera, algunas de nuestras investigaciones con logros importantes recientes han sido: la optimización de procesos de tratamiento de efluentes tóxicos; la maximización y estabilización de la producción de biogás (metano o hidrógeno) con sistemas anaerobios; un control adecuado del filtrado en sistemas con membranas sumergidas para retrasar su colmatación; y la mejora sustancial en la producción de biopolímeros a partir de residuos, entre otros.

No cabe duda que este tipo de investigación multidisciplinaria redundará en logros importantes y ha posicionado al Instituto de Ingeniería como referente mundial en la investigación de este tipo de biosistemas. |

Figura 2. Simulación del biorreactor con un controlador que maximiza la tasa de producción de biogás. El controlador decide cuándo alternar entre dos caudales de la bomba de entrada de agua residual (señales de abajo), con base en la lectura del caudal de hidrógeno generado. La tasa máxima depende de la concentración del sustrato en el influente, por tanto, también es cambiante, pero el controlador se adapta

