

# ESTIMACIÓN DE BIOMASA Y UN PRODUCTO SECUNDARIO DURANTE UNA FERMENTACIÓN TIPO BATCH UTILIZANDO REDES NEURALES ARTIFICIALES.

Enrique Herrera L.<sup>1</sup>, Anne Gschaedler<sup>1</sup>, Raúl Leal<sup>2</sup>, Jesus Ramirez<sup>1</sup>, M. Luz Nuñez<sup>1</sup>.

1. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. A. C., Av. normalistas 800. Colinas de la normal, 44270. Guadalajara, Jal. México. [eherrera@ciatej.net.mx](mailto:eherrera@ciatej.net.mx). 2. (ITESO) Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente A. C. Periférico sur 8585, C.P. 45090, Tlaquepaque, Jalisco.

**Palabras Clave:** Estimación de variables, Redes neurales, *Phaffia rhodozyma*.

**Introducción.** En los procesos biotecnológicos se busca producir biomasa y/o un producto secundario, esto lleva a que es deseable y necesario conocer los valores de estas variables mientras ocurre la fermentación. Conocer los valores de biomasa y de producto secundario fuera de línea se puede lograr tomando muestras periódicamente para su determinación por diversas técnicas analíticas. En este trabajo se propone realizar estimaciones de biomasa de la levadura *Phaffia rhodozyma* y del producto secundario astaxantina utilizando redes neurales artificiales (RNA). Se puede consultar la bibliografía para abundar en el tema de RNA [1]. Las aplicaciones más importantes de RNA en el área biotecnológica son: control de fermentadores, modelado del proceso [2] y estimación de variables [3].

**Metodología.** En esta investigación se utilizó una RNA con conexiones hacia adelante, con el algoritmo de entrenamiento Levenberg Marquardt. Las entradas de la red fueron, porcentaje de oxígeno disuelto, antiespumante agregado y el tiempo que duro la fermentación, la salida de la red era la biomasa y el pigmento estimado. Se utilizaron distinto número de neuronas en la capa oculta con funciones de activación sigmoidales. El preprocesamiento de la información para el entrenamiento consistió en suavizar e interpolar las variables de entrada y el vector deseado, posteriormente se escoge una muestra del vector que represente el comportamiento de las fermentaciones y finalmente se normalizan los vectores de entrada y el vector deseado. La red es entrenada con un conjunto de vectores de entrada y vectores deseados, cuando se llega a un valor de error aceptable se detiene el entrenamiento y se prueba la red con un vector de entrada diferente al entrenamiento.

**Resultados y Discusión.** Las estimaciones que dieron el menor error tanto para la biomasa como para el pigmento en diferentes fermentaciones se logró con una RNA con 3 neuronas en la capa oculta y cuando las variables de entrada fueron el porcentaje de oxígeno disuelto y el tiempo, ver tabla 1. Se debe recalcar que cuando los datos de prueba difieren mucho de los datos de entrenamiento las RNA son incapaces de generalizar y realizan una aproximación muy pobre de la biomasa y del pigmento.

Es necesario contar con un buen conjunto de ejemplos de entrenamiento que representen el comportamiento de la mayoría de los procesos de fermentación, en la figura 1 se presenta una estimación de biomasa hecha por una RNA en periodos de media hora.

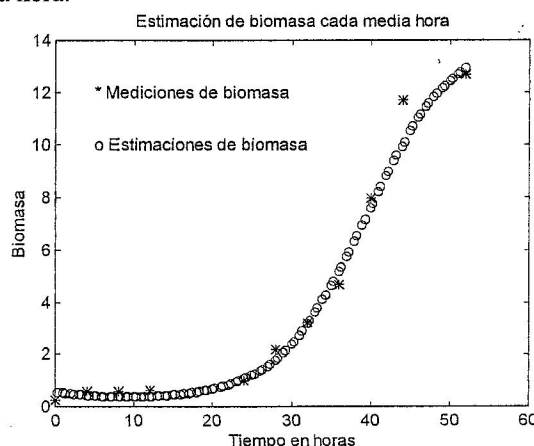


Figura 1. Estimación en línea de biomasa.

**Conclusiones.** Es posible lograr buenas estimaciones de biomasa y pigmento en línea, cuando la RNA ha sido entrenada adecuadamente con datos representativos de varias fermentaciones.

Tabla 1. Valor de error para distintas entradas de la RNA.

	Tiempo Oxígeno	Tiempo Antiespumante	Tiempo Oxígeno Antiespumante
Biomasa	7.45 %	7.63 %	7.76 %
Pigmento	8.96 %	9.19 %	9.36 %

## Bibliografía.

1. Freeman, Skapura, "Redes neuronales algoritmos, aplicaciones y técnicas de programación", Addison-Wesley/ Dias Santos, 1991.
2. M J. Willis, G. A. Montague, C. Di Massimo, M. T. Tham, A. J. Morris, "Artificial neural networks in process estimation and control", Automatica, Vol 28, No 6, pp. 1187-1187, 1192.
3. R. Leal, P. Butler, P. Payne, "Data fusion and artificial neural networks for biomass estimation", IEE Proceedings, Science, Measurement and Technology, Vol 144, No 2, pp. 69-72, March 1997.