

Propuestas de prácticas

Las levaduras: de modelo científico a modelo pedagógico

Yeast: from scientific model to didactic model

Carlos J. Martín-Blanco y Sofía Martín Nieto

I.E.S. Maestro Matías Bravo. Avda. Mar Egeo, s/n. 28341. Valdemoro, Madrid.
biología.mmb@gmail.com.

Recibido: 30-enero-2015. Aceptado: 27-marzo-2015

Publicado en formato electrónico: 5-junio-2015

Palabras clave: Didáctica, Levaduras, Microbiología, Biotecnología, Metabolismo.
Keywords: didacticism, yeast, microbiology, biotechnology, metabolism.

RESUMEN

Los contenidos microbiológicos vienen formando parte de los currículos de Biología en las sucesivas reformas educativas que se han implantado en nuestro país. Dichos contenidos abarcan diversas facetas relacionadas con los microorganismos, especialmente las descriptivas y taxonómicas aunque también aspectos ecológicos y biotecnológicos. Pese a la escasez de medios que suelen sufrir los centros de educación secundaria, se pueden plantear actividades de laboratorio con microorganismos no muy complejas y que no entrañen riesgos sanitarios para los alumnos. Los científicos recurrieron a las levaduras como organismos representativos de la organización eucariota para modelar su fisiología, genética, etc. Nosotros proponemos su uso como modelo didáctico que permita mostrar y conocer procesos biológicos que, de otra manera, serían difíciles de enseñar de forma práctica a los alumnos en los centros de secundaria. Planteamos su uso no sólo para mostrar la existencia de ciertos procesos debidos a la actividad microbiana, no sólo obtener los productos biotecnológicos asociados a las levaduras sino medir, cuantificar su actividad metabólica.

ABSTRACT

Microbiological contents have been included in the Biology curricula in the last educational reforms implanted in our country. Those contents cover several aspects about microorganisms, especially descriptive and taxonomic ones but ecological and biotechnological too. Despite the lack of means in secondary schools, simple lab activities with microorganisms can be developed without healthy risks for the students. Scientist invoke yeasts as a representative organism in the eucaryotic organisation to

model its physiology, genetics, etc. We propose its use as a didactic model that could show and understand biological processes that otherwise would be very difficult to teach in a practical way in secondary schools. We defend its use to measure and quantify metabolic activity instead of just showing the existence of some processes due to microbial activity or the obtaining of biotechnological products associated to yeast.

I. INTRODUCCIÓN

Los currículos que se han ido sucediendo a lo largo de las últimas décadas incorporaron en todos los casos contenidos relacionados con los microorganismos en las asignaturas de Ciencias Naturales, Biología y Geología y Biología tanto en Educación Secundaria Obligatoria (E.S.O.) como en Bachillerato. Entre estos contenidos destacan cuantitativamente los relacionados con aspectos descriptivos o taxonómicos, especialmente en los primeros cursos de E.S.O. para dar paso a una visión más sanitaria en el tercer curso y ecológica en el último curso de la etapa. En éste se incluyen breves alusiones biotecnológicas más relacionadas con la Genética que con la Microbiología. Posteriormente, en bachillerato, se retoman los mismos contenidos y se amplían de acuerdo a las capacidades de los alumnos a los que van dirigidos.

Estos son los conocimientos que representan la “alfabetización microbiológica” de los ciudadanos, los contenidos mínimos que debe conocer sobre la materia. Pero entre estos contenidos llama poderosamente la atención que se consideren necesarios ciertos aspectos prácticos y aplicados como la “utilización de la lupa y el microscopio óptico para la observación y descripción de organismos unicelulares” o más, si cabe, los primeros bloques que encabezan los currículos de secundaria titulados “Técnicas de trabajo” donde se incluyen contenidos meramente metodológicos de la investigación biológica. Se incluye, de forma expresa, la “Planificación y realización de investigaciones o estudios prácticos sobre problemas relacionados con las funciones celulares” en el currículo de 2º de bachillerato en la asignatura de Biología.

Ciertamente coincidimos con esta idea de integrar contenidos procedimentales que desarrollen las cualidades de los jóvenes investigadores aunque su presencia en la vida cotidiana y real de los institutos dista de estar generalizada. El enfoque constructivista de la enseñanza se ha comparado con el tradicional en algunas disciplinas biológicas como la genética arrojando mejoras significativas en los resultados (BANET & AYUSO, 2000; HACKLING & TREAGUST, 1984; ÍÑIGUEZ & PUIGSERVER, 2013; MARTÍNEZ AZNAR & IBÁÑEZ, 2005; PASHLEY, 2008).

2. LAS LEVADURAS COMO MODELO DIDÁCTICO

Los microorganismos y en particular las levaduras son material biológico especialmente interesante para poder realizar trabajos prácticos sobre el metabolismo. Las levaduras han sido utilizadas como modelos biológicos eucariotas en la investigación genética y del metabolismo como han destacado DAVIS (2003) y CHAUDHURI (2005). Recientemente ANNALURU, N. ET AL. (2014) han logrado sintetizar el primer cromosoma eucariótico: el cromosoma III de *Saccharomyces cerevisiae*. En educación secundaria han sido utilizadas por MARTÍN NIETO & MARTÍN BLANCO (2012) para estudiar la fermentación alcohólica en el laboratorio mediante dispositivos sencillos que permiten incluso cierto grado de cuantificación (BORONAT & LÓPEZ PÉREZ, 2011). Este tipo de enfoque nos parece especialmente completo porque no se limita a la observación del proceso biotecnológico o a la obtención de un producto sino que va más allá, permite además relacionar la microbiología con la biología molecular y el metabolismo, promoviendo una integración de conceptos tremendamente importante en estos niveles educativos.

En el curso 2013-2014 nos propusimos desarrollar una metodología que nos permitiese una aproximación al conocimiento del metabolismo de las levaduras. La idea era utilizar diversos glúcidos como nutrientes de éstas y estimar la actividad metabólica midiendo el dióxido de carbono liberado. Para ello utilizaríamos un sensor de CO₂ conectado a un ordenador que registra la concentración del gas (en ppm) cada segundo. Nuestra primera hipótesis de trabajo era que habría diferencias en la producción del residuo entre los diferentes azúcares utilizados.

Dentro de ellos esperábamos obtener una mayor actividad metabólica con los más complejos. La investigación constituiría la monografía de una de nuestras alumnas de Bachillerato Internacional (GONZÁLEZ ALONSO, 2014).

2.1 Material y métodos

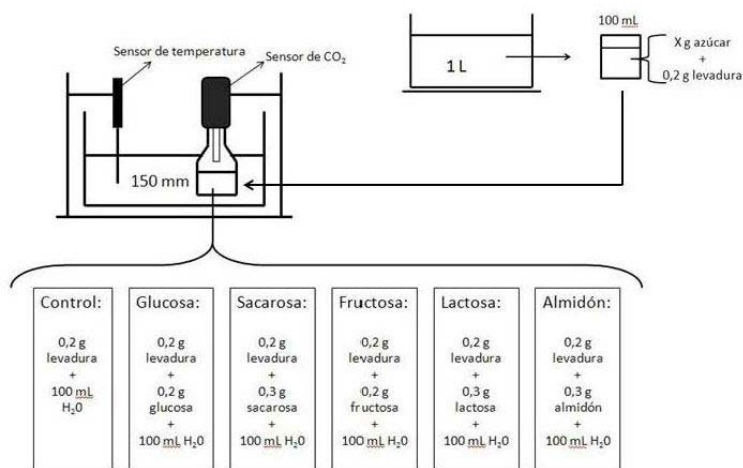


Figura 1. Diseño experimental utilizado para estudiar la actividad metabólica de *Saccharomyces cerevisiae*. El dispositivo básico es un recipiente hermético en el que se disponen la disolución a estudiar y la suspensión de levaduras. En el cierre se ajusta el sensor de CO₂. Este recipiente se incuba al baño maría utilizando un calentador con agua y un calentador eléctrico. Para controlar la temperatura de incubación se dispone un termómetro y el calentador se apaga o enciende manualmente para mantener una temperatura próxima a los 37°C. De cada experimento se realizaron 15 réplicas para obtener los parámetros estadísticos que caracterizan cada muestra de datos.

El montaje experimental se esquematiza en la figura 1. En un recipiente hermético se disponen la disolución problema y la suspensión de levaduras y en el cierre se ajusta el sensor de CO₂. Las levaduras se incubaron a una temperatura próxima a los 38°C. En las aplicaciones biotecnológicas las temperaturas utilizadas con la levadura de la cerveza son tremendamente variables dependiendo del tiempo que se quiera dejar la fermentación. Así en la obtención de cervezas de tipo Ale la temperatura oscila entre 20-25°C y en las de tipo Lager entre 7-11°C (KAVANAGH, 2005). Como no disponíamos de un baño termostático, el control de la temperatura se hizo manualmente utilizando un calentador eléctrico y un termómetro.

Las muestras a estudiar fueron disoluciones de diferentes glúcidos: glucosa, fructosa, sacarosa, lactosa y almidón. Para asegurar la homogeneidad en las concentraciones, se preparaba una disolución de cada azúcar de la que se tomaban los volúmenes deseados para cada réplica. La elección de los glúcidos se realizó tratando de

que estuvieran representados diferentes grados de complejidad estructural: monosacáridos, disacáridos y polisacáridos.

Para poder analizar los resultados con suficiente significación estadística se realizaron 15 réplicas de cada experimento y se comparó la actividad frente a cada glúcido con un control en el que se puso únicamente agua. Las mediciones se realizaron durante 10 minutos en cada caso de modo que las conclusiones a las que se llegue son sólo válidas sobre el uso a corto de los azúcares testados. Para comparar si las diferencias son significativas, se llevó a cabo un análisis de varianza.

Tabla 1. Media de la producción de CO₂ (ppm/s⁻¹) y desviación típica en los experimentos realizados. En todos ellos se realizaron 15 réplicas.

Glúcido	n	$\Delta[\text{CO}_2] / t$ (ppm/s ⁻¹)	s
Control	15	0,41	0,21
Glucosa	15	1,27	0,28
Sacarosa	15	1,34	0,54
Fructosa	15	0,83	0,33
Lactosa	15	0,37	0,09
Almidón	15	0,57	0,36

2.2 Resultados obtenidos

La tabla 1 muestra los valores medios y desviación típica de la producción de CO₂ por unidad de tiempo. Los valores presentan una fuerte oscilación: el máximo se obtiene con la sacarosa y es más de tres veces y media superior a la producción usando lactosa como nutriente. La desviación típica fluctúa bastante de unas series a otras mostrando que la heterogeneidad de los valores obtenidos en cada muestra es importante.

En la figura 2 representamos gráficamente los valores medios obtenidos mediante un diagrama de barras. En este gráfico se puede

apreciar que el experimento con lactosa arroja valores muy próximos al control y que el almidón no difiere esencialmente de ellos. La fructosa presenta unos valores ligeramente superiores y la sacarosa y la glucosa se muestran como los glúcidos que provocan un mayor efecto a corto plazo.

El análisis de varianza confirma la significación estadística de estos resultados. Dado que las variables parecen mostrar una notable heterocedasticidad, optamos por realizar un contraste no paramétrico (test de Kruskal-Wallis). El valor obtenido para el estadístico fue de 53,8747 ($p = 2,22386 \cdot 10^{-10}$) por lo que hay diferencias significativas entre las medianas de las variables estudiadas.

3. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos fueron un tanto sorprendentes (figura 3). El alto uso a corto plazo de la glucosa no es llamativo puesto que su simplicidad estructural y papel central el metabolismo la hacen el principal candidato como combustible. Por un razonamiento análogo esperábamos que el almidón (más complejo) fuera utilizado con más lentitud. Sin embargo llama la atención que la sacarosa (un disacárido) se utilice casi al mismo nivel que la glucosa y que la lactosa (también disacárido) produzca valores inferiores incluso al control.

La explicación a estos resultados la encontramos en DEACON (2006) y pone de manifiesto el papel de tres enzimas en el proceso de captación y uso de los azúcares. La rápida utilización de la sacarosa se debe a la presencia de una proteína transportadora específica presente en las membranas de las levaduras. El retraso en el uso de almidón es debido a la ausencia de amilasas, que tienen que ser sintetizadas en el momento. Finalmente, el retraso en la utilización de la lactosa es provocado por un motivo parecido: la enzima que degrada la lactosa (β -galactosidasa) no existe de antemano y la célula tiene que invertir un cierto tiempo en sintetizarla.

BIBLIOGRAFÍA

- ANNALURU, N. *et al.* 2014. Total Synthesis of a Functional Designer Eukaryotic Chromosome. *Science*, **344**: 55-58.
- BANET, E. & E. AYUSO. 2000. Teaching genetics at secondary school: a strategy for teaching about the location of inheritance information. *Science Education*, **84**: 313-351.
- BORONAT GIL, R. & J.P. LÓPEZ PÉREZ. 2011. El estudio de la fermentación en el laboratorio de educación secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, **8**(1): 111-114.

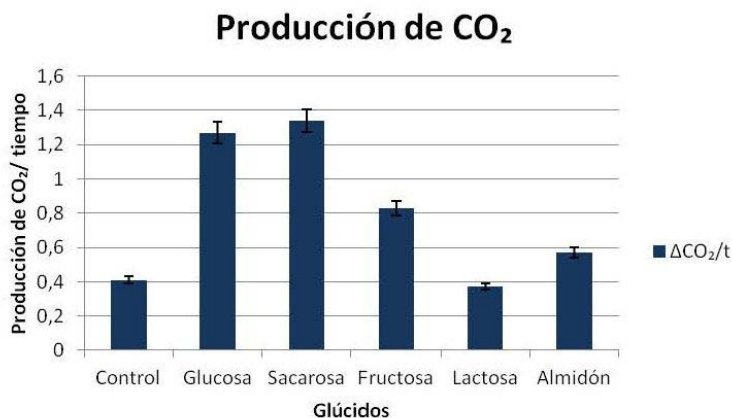


Figura 2. Gráfico comparativo de la producción de CO₂ de la levadura por la acción de los diferentes glúcidos utilizados. Las barras de error utilizadas, con un valor del 5%, representan la dispersión de nuestros datos.

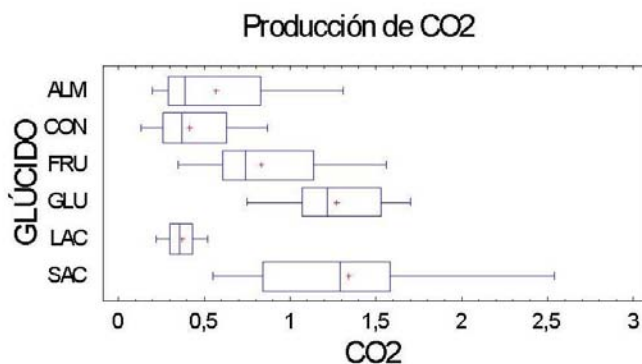


Figura 3. Gráfico de caja y bigotes que muestra las producciones de CO₂ de los glúcidos estudiados y el control. La caja muestra los valores comprendidos entre el primer y el tercer cuartil. Dentro de la caja se muestra la media (+) y la mediana (trazo vertical). Los segmentos representan los valores máximo y mínimo. En este caso habría que comparar las medianas ya que la heterocedasticidad de los valores no permite la utilización de métodos paramétricos ordinarios como el ANOVA, que se basan en la comparación de medias.

- CHAUDHURI, A. 2005. Yeast: a unicellular paradigm for complex biological processes. In: R. MAHESHWARI. *Fungi. Experimental Methods in Biology*. CRC. Taylor & Francis Group. Boca Raton.
- DAVIS, R.H. 2003. *The microbial models of molecular biology*. Oxford University Press. New York.
- DEACON, J.W. 2006. *Fungal biology*. 4ª Ed. Blackwell Publishing. Malden.
- GONZÁLEZ ALONSO, L. 2014. *Efecto de diferentes glúcidos en la actividad catabólica de la levadura de la cerveza*. Ponencia presentada en el XXVII Certamen de Jóvenes Investigadores. Instituto de la Juventud.
- HACKLING, M.W. & D. TREGUST. 1984. Research data necessary for meaningful review of grade ten highschool genetics curricula. *Journal of Research in Science Teaching*, **21**(2): 197-209.
- IÑIGUEZ, F. & M. PUIGSERVER. 2013. Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, **10**(3): 307-327.
- KAVANAGH, K. (ED.) 2005. *Fungi. Biology and applications*. John Willey & Sons, Ltd. Chichester.
- MARTÍN NIETO, S. & C.J. MARTÍN BLANCO. 2012. La enseñanza de la Biología y las Ciencias Ambientales del Bachillerato Internacional en el I.E.S. Maestro Matías Bravo (Valdemoro, Madrid, España). *Boletín Real Sociedad Española de Historia Natural, Sec. Biol.*, **106**: 137-150.
- MARTÍNEZ AZNAR, M. & T. IBÁÑEZ. 2005. Solving problems in genetics. *Internacional Journal of Science Education*, **27**(1): 101-121.
- PASHLEY, M. 2008. A chromosome model. *Journal of Biological Education*, **28**(3): 157-161.

