

# **MODULOS EXPERIMENTALES INTERACTIVOS EN BIOTECNOLOGIA: UNA ESTRATEGIA DIDACTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES EN EDUCACION MEDIA**

**SAID NAVARRO, ANTONIO; BARRIOS RÍOS, OSCAR Y, ACEVEDO JONES, ELBA**  
Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación. Santiago. Chile.

---

**Palabras clave:** Método científico; Microorganismos; Biotecnología; Módulos experimentales; Enseñanza interactiva.

## **OBJETIVOS**

El **objetivo general** del proyecto fue contribuir al aprendizaje de las ciencias a través de la experimentación, diseño y elaboración de módulos experimentales representativos de procesos biotecnológicos.

Los **objetivos específicos** fueron:

1. Caracterizar morfológica, bioquímica y genéticamente microorganismos que se emplean en investigación científica básica y aplicada a procesos biotecnológicos.
2. Manipular el material genético de microorganismos y aprender técnicas básicas que se emplean en microbiología industrial y en biotecnología.
3. Diseñar módulos interactivos experimentales y módulos interactivos de auto-aprendizajes para la enseñanza y aprendizaje de la biotecnología utilizando microorganismos mediante recursos convencionales y las NTIC.

## **MARCO TEÓRICO**

En relación a las habilidades que la Educación Media debe fomentar se encuentran: las de investigación, que tienen relación con la capacidad de identificar, procesar y sintetizar información de una diversidad de fuentes; organizar información relevante acerca de un tópico o problema; revisar planteamientos a la luz de nuevas evidencias y perspectivas; suspender los juicios en ausencia de información suficiente; las habilidades comunicativas, que se vinculan con la capacidad de exponer ideas de manera coherente y fundamentada, haciendo uso de diversas y variadas formas de expresión; las de resolución de problemas, las de análisis, interpretación y síntesis de información y conocimiento; de comparar similitudes y diferencias, de entender el carácter sistémico de procesos y fenómenos; de diseñar, planificar y realizar proyectos; de pensar; monitorear y evaluar el propio aprendizaje; de manejar la incertidumbre y adaptarse a los cambios en el conocimiento.

Teniendo en consideración lo anterior se realizó un proyecto enmarcado en el proceso de enseñanza y divulgación de las ciencias con estudiantes de Enseñanza Media de la Región Metropolitana (Santiago), a través del desarrollo de actividades experimentales de laboratorio convencional y el uso de las NTIC en un

proceso de enseñanza no formal, pero proyectado al aula en los colegios. Este proyecto se planteó con un carácter experimental donde los estudiantes trabajaron durante cuatro semestres académicos en actividades experimentales en laboratorio convencional, en procesos de fermentación a escala de laboratorio con el uso de sensores y, en didáctica de las Ciencias Naturales donde los estudiantes se capacitaron en el diseño de módulos de aprendizaje y su posterior aplicación al diseño y elaboración de módulos experimentales interactivos transponibles al aula.

Considerando la importancia que tiene la biotecnología, el avance científico experimentado en este campo, el enfoque interdisciplinario necesario para su estudio y, que está considerado como un tema transversal a nivel de enseñanza media en los colegios, se propuso trabajar en el proyecto con microorganismos dada la importancia que estos tienen en diversos procesos biotecnológicos de interés industrial y, por el rol fundamental que cumplen en la biosfera. Por una parte, el hombre obtiene beneficios de ciertos microorganismos (elaboración de algunos alimentos, producción de antibióticos y, otros productos), como también, los microorganismos juegan un rol importante en la mantención del equilibrio dinámico de los ecosistemas (Prescott, Harley y Klein, 1999). Lo anterior, sin duda, plantea la necesidad que los jóvenes estudiantes puedan conocer y manejar técnicas experimentales de biología molecular básica y aplicada para que puedan proyectarlas en el diseño y elaboración de módulos experimentales interactivos de procesos biotecnológicos donde participen los microorganismos.

## **DESARROLLO DEL TEMA**

**1 Público objetivo:** participaron 90 estudiantes que cursan de primero a tercer año de enseñanza media de doce colegios de la Región Metropolitana, con la colaboración de 15 Profesores de Biología y Ciencias Naturales de los respectivos colegios.

En la etapa de divulgación científica los productos del proyecto fueron dados a conocer a un total aproximado de 32.000 estudiantes de Enseñanza Básica y de Enseñanza Media y, unos 300 Profesores del área científica pertenecientes a 24 comunas de la Región Metropolitana

**2 Estrategia metodológica:** se aplicó el método de aprendizaje cooperativo tomando en consideración las sugerencias de Yager (2000) de aplicación del modelo de aprendizaje constructivista. Se enfatizó en el método de indagación científica interactiva a través de la investigación bibliográfica y el conocimiento práctico (Storey y Carter, 1992), la búsqueda de información mediante consulta a profesionales o especialistas en la materia (Gibbs y Fox, 2000) y, de discusión de trabajo grupal de los estudiantes mediante la incorporación del debate formal estructurado como medio de fortalecer el aprendizaje y el desarrollo del pensamiento crítico (Mead y Scharmann, 1994).

Se enfatizó el trabajo de laboratorio empleando el método científico deductivo basado en la observación de fenómenos y principios biológicos, el planteamiento de situaciones problemas, la formulación de hipótesis, el diseño y elaboración de experimentos, la obtención y discusión de los resultados experimentales y, las conclusiones.

Se trabajó mediante el empleo del portafolio grupal e individual como una estrategia didáctica de enseñanza y aprendizaje de biología molecular y de biotecnología. Lo anterior, permitió monitorear y evaluar los logros obtenidos en el conocimiento científico y de las habilidades y destrezas para la búsqueda, organización y clasificación de información especializada.

Se capacitó a los estudiantes en la estructuración de un diseño experimental tipo para que pudiesen elaborar sus propios módulos experimentales. Los estudiantes elaboraron un informe final que fue presentado y discutido en debate formal. En forma paralela, cada grupo de trabajo elaboró material didáctico audiovisual de apoyo al módulo experimental.

Los módulos experimentales fueron presentados en las diversas actividades de difusión (Semana de la Ciencia y de la Tecnología, y, en las exposiciones científicas programadas en el marco del Proyecto Explora-Conicyt). Además, se presentaron tres módulos al XXVI Congreso Chileno de Microbiología.

**3 Plan de Trabajo:** contempló la selección de los estudiantes basado en el interés personal de cada uno de ellos una vez conocidos los objetivos del proyecto; la conformación de grupos de trabajo; la capacitación de los estudiantes en técnicas básicas de manipulación y caracterización morfo-fisiológica y genética de microorganismos; y de técnicas básicas de biología molecular y de biotecnología; la capacitación en el manejo de interfase y de sensores y su aplicación a procesos fermentativos a escala de laboratorio; capacitación en la búsqueda y selección científica relevante a partir de diversas fuentes bibliográficas; capacitación en el diseño de proyectos; selección de temas o problemas de interés en biología molecular y en biotecnología; selección y diseño de módulos experimentales interactivos y actividades de divulgación de los mismos a la comunidad estudiantil.

#### **4 Resultados experimentales**

Los grupos de trabajo diseñaron y elaboraron seis módulos experimentales interactivos en biología molecular y de procesos biotecnológicos (“Extracción y purificación de ácidos nucleicos mediante matrices de bajo costo”; “Biorremediación: aislamiento de bacterias de desechos contaminados con hidrocarburos”; “Genotoxicidad en levaduras”; “Transformación genética de *Escherichia coli*”; “Búsqueda de un método de desalinización biológica” e, “Inmovilización de células de *Saccharomyces cerevisiae* y su aplicación en procesos fermentativos”).

##### **1. Módulo experimental: “Inmovilización de células de *Saccharomyces cerevisiae* y su aplicación en procesos fermentativos”).**

###### *Introducción*

La inmovilización de células es la unión o su incorporación en un sistema de fase sólida específica que permite el intercambio de sustratos, productos, inhibidores, etc. Pero, al mismo tiempo, separa la biomasa celular catalítica de la fase que contiene los sustratos y productos.

La tecnología de inmovilización celular disminuye la mayoría de los problemas que plantea la fermentación utilizando células libres. Este sistema tiene la ventaja de poder manejar la densidad celular, previa al inicio de la fermentación. Además, facilita el sistema de operación del proceso de fermentación continua, evitando el paso de eliminar las células del fermentador. La inmovilización celular desacopla el crecimiento microbiano de los procesos metabólicos de interés industrial. Es así, que diversos grupos de investigación han empleado este sistema de células inmovilizadas para la obtención de variados productos de interés industrial, como asimismo, en el tratamiento de desechos de residuos líquidos y sólidos.

###### *Hidromiel*

El hidromiel es una de las bebidas fermentadas más antiguas que el hombre ha consumido. El hidromiel es producto de la fermentación alcohólica de la miel diluida con agua mediante la acción de levaduras pertenecientes al género *Saccharomyces*.

###### *Hipótesis*

La inmovilización de células de *Saccharomyces cerevisiae* en una matriz inerte optimiza el proceso de fermentación alcohólica de hidromiel, en relación a la fermentación de este sustrato utilizando células libres de esta levadura.

###### *Objetivo general*

Evaluar la actividad fermentativa de células inmovilizadas de *Saccharomyces cerevisiae* utilizando hidromiel como sustrato de fermentación.

###### *Objetivos específicos*

1. Inmovilizar células de *Saccharomyces cerevisiae* en matrices inertes de alginato de sodio.

2. Preparar hidromiel a partir de miel de Ulmo.
3. Comparar la actividad fermentativa de la levadura en un fermentómetro utilizando levadura inmovilizada y levadura no inmovilizada.

## Resultados experimentales

### 1. Determinación del número de células viables por esfera de alginato

La viabilidad del cultivo de levaduras evaluada con la tinción vital de azul de metileno fue de un 96%. Lo anterior, nos permitió determinar que en la mezcla de alginato de sodio y de células de levaduras, se tenía un número total de  $1,76 \times 10^9$  células. Dado que, se generó un total de 525 esferas de la mezcla alginato-levadura, esto nos dio una relación de  $3,35 \times 10^6$  células de levaduras atrapadas en cada esfera de alginato. De manera similar, en el ensayo de fermentación control se utilizó el mismo número de levaduras libres en la mezcla de fermentación.

### 2. Evolución de la fermentación alcohólica

El comportamiento de la fermentación alcohólica del sistema con células inmovilizadas respecto a aquél de un sistema de células libres, usando hidromiel como sustrato, se evaluó a través de la determinación de los grados Brix.

En la tabla adjunta se presentan los valores de grados Brix determinados en las dos condiciones experimentales señaladas anteriormente.

Días de fermentación	Sistema con células libres	Sistema con células inmovilizadas
Condición inicial	21,0	21,0
1	19,0	19,0
2	17,0	17,0
3	15,5	14,5
4	13,0	12,5
5	11,0	10,0
6	9,5	8,5
7	8,5	8,0
8	8,0	8,0
9	8,0	8,0

El sistema de células libres como el de células inmovilizadas presenta, hasta el octavo día de fermentación, un descenso de 62,0 % de los grados Brix.

### 3. Determinación del grado alcohólico

La determinación cualitativa de la presencia de alcohol mediante la reacción de color con el reactivo nitrato cérico amoniacal, demostró la presencia de etanol entre el tercer y quinto día de fermentación en ambos sistemas experimentales.

La determinación cuantitativa de alcohol mediante destilación al noveno día de fermentación en ambos sistemas, fue de 4,8 grados alcohólicos.

## CONCLUSIONES

- a. El sistema de inmovilización celular en matriz de alginato de sodio permite mantener la viabilidad celular durante todo el desarrollo del proceso fermentativo.
- b. La fermentación alcohólica de hidromiel mediante células de levaduras inmovilizadas disminuye la duración del proceso fermentativo, respecto al sistema de células libres.

c. La inmovilización celular, a diferencia del sistema convencional que utiliza un cultivo partidor de levaduras libres en suspensión, impide la formación de sedimento celular permitiendo, de esta manera, simplificar el proceso de recuperación del producto de la fermentación alcohólica.

d. Ambos sistemas de fermentación alcohólica de hidromiel, en las condiciones experimentales ensayadas, producen un grado alcohólico similar.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- GIBBS, W. y FOX, D. (2000) Tendencias en Educación: Enseñanza de las Ciencias. *Investigación y Ciencia*, Vol. 282 (3), pp. 77-81.
- MEAD, J.M. y SCHARMANN, L.C. (1994). Enhancing critical thinking through structured academy controversy. *The American Biology Teacher*, Vol. 56 (7), pp. 416-419.
- PRESCOTT, L. M., HARLEY, J. P. y KLEIN, D. A. (1999). *Microbiology*. United States of America: Mc Graw – Hill.
- STOREY, R y CARTER, J. (1992) Why the scientific method? *Science Teacher*, Vol. 59 (9), pp. 18-21.
- YAGER, R. E. (2000). The constructivist learning model. *Science Teacher*, Vol. 67 (1), pp. 44-45.