

# ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS PARA LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA MOLECULAR Y LA BIOTECNOLOGÍA, EN ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN MEDIA

Antonio Said Navarro, Elba Acevedo Jones  
*Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación*

Blanca Urzúa Orellana, Víctor Cifuentes Guzmán, Dionisia Sepúlveda Lillo  
*Universidad de Chile*

**RESUMEN:** El proyecto tuvo como objetivo contribuir a la formación científica, desarrollo de habilidades y destrezas experimentales en estudiantes de educación media, mediante la realización de módulos experimentales en biología molecular y en biotecnología. Los estudiantes, a través de la metodología científica, resolvieron la situación problema de aislar, clonar y expresar un gen de interés industrial en una levadura. Para ello, manipularon y caracterizaron, citológica y bioquímicamente, los microorganismos empleados en el proyecto. Luego, aislaron, amplificaron y secuenciaron el gen que codifica por la enzima alfa-acetolactato descarboxilasa, a partir de un plásmido bacteriano. Posteriormente, clonaron el gen en un vector de expresión dual y, realizaron ensayos de transformación genética en levadura y, evaluaron la actividad enzimática, mediante ensayo *in vitro*.

**PALABRAS CLAVE:** Método científico, biología molecular, biotecnología, módulos experimentales, didáctica de las ciencias.

## **OBJETIVO GENERAL**

Contribuir al aprendizaje de las ciencias y a la formación científica en jóvenes estudiantes a través de la experimentación y desarrollo de módulos experimentales en biología molecular y en biotecnología.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Mejorar la motivación de los estudiantes hacia el área científica.
2. Mejorar la comprensión de la naturaleza del material genético.
3. Fortalecer las habilidades y destrezas experimentales en ciencias.
4. Adquirir habilidades de búsqueda y selección de información científica relevante en ciencias.

- 
5. Fortalecer el trabajo grupal y colaborativo y, el debate formal, en ciencias.
  6. Motivar en los docentes la transposición didáctica de algunas actividades experimentales al aula.
  7. Difundir los resultados del proyecto, a la comunidad en general.

## MARCO TEÓRICO

Los programas de estudio de primero a cuarto año de educación media en Chile incorporan diversos contenidos teóricos relativos al área de biología molecular (estructura del material genético, regulación de la expresión génica en organismos procariontes y eucariontes, genoma humano) y, de manera particular, a nivel de tercero y cuarto medio, contenidos programáticos de biotecnología (aplicaciones de la ingeniería genética en la salud, tales como la clonación, la terapia génica, la producción de hormonas, aplicación de la ingeniería genética en el sector agroalimentario, entre otros) (Mineduc, 2009). Por otra parte, algunas mallas curriculares de la formación de Profesores(as) en las universidades del país, no contemplan una asignatura formal de biología molecular y/o de biotecnología. Por tanto, algunos docentes que imparten las asignaturas del área de ciencias en los colegios no presentan una formación teórica y práctica lo suficientemente sólida en estas áreas del conocimiento. Otro aspecto importante a considerar es que, un alto porcentaje de los colegios de educación media científico-humanista no disponen de una sala taller-laboratorio y, si disponen de ella, no cuentan con la implementación básica para que los estudiantes puedan desarrollar algunas actividades experimentales relacionadas con estos tópicos. De esta manera, los estudiantes no pueden desarrollar habilidades y destrezas experimentales en un laboratorio de ciencias y, sólo ven la enseñanza científica como un conjunto de conocimientos teóricos, desmotivando en ellos su interés por las ciencias y, por tanto, por continuar estudios en carreras científicas que ofrecen las universidades del país.

## METODOLOGIA

En el proyecto participaron 103 estudiantes de segundo y tercer año de educación media, pertenecientes a 9 colegios de la región Metropolitana (Santiago) y, 10 Profesores(as) del área de ciencias de los respectivos colegios. Se conformaron 40 estaciones de trabajo, cada una constituida de 2-3 estudiantes, que trabajaron en los laboratorios de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación todos los días sábado de 9:00 a 13:00 hrs. y, durante la semana, en el colegio en la confección del portafolio grupal.

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); lectura complementaria de artículos de interés científico; búsqueda y selección de información científica relevante mediante el acceso a libros especializados de ciencias; selección, lectura y discusión de artículos de INTERNET y, entrevistas a científicos y personal profesional de industrias del área de la biología molecular y de la biotecnología (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 grupal 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 enfatizó la capacidad de redacción de informes finales de cada uno de los módulos experimentales, como una manera de promover la discusión grupal y, la capacidad de sintetizar la información científica.

Se incentivó la difusión científica, a través del diseño, elaboración y presentación de los resultados experimentales en las diversas actividades de difusión (semana de la Ciencia y la Tecnología del Programa EXPLORA-CONICYT y, en las exposiciones científicas organizadas por los colegios participantes en el proyecto). En forma paralela, cada grupo de trabajo elaboró material didáctico audiovisual complementario a los módulos experimentales presentados en la exposición final del proyecto.

## RESULTADOS

A partir de la siguiente situación problema, ¿cómo se puede realizar la transferencia de un gen de interés biotecnológico, desde un organismo procarionte (una bacteria) hasta un organismo eucarionte (una levadura)?, los estudiantes y Profesores(as) de colegios realizaron diversas actividades experimentales para dar respuesta a esta interrogante.

Durante el proyecto, estudiantes y Profesores(as) desarrollaron módulos experimentales de biología molecular y de biotecnología, cuyos resultados experimentales fueron registrados en un portafolio grupal. Asimismo, realizaron lecturas complementarias de un total de 21 artículos editados por el equipo académico del proyecto sobre temáticas específicas, para cada módulo.

En el transcurso del proyecto los estudiantes se plantearon situaciones problema, derivadas de los temas específicos de los módulos. Estas temáticas fueron seleccionadas, tomando en consideración la opinión de los Profesores(as) y del equipo académico. Producto de un trabajo de investigación bibliográfica se presentaron 5 temas en sesiones de debate formal, fortaleciendo, de esta manera, las capacidades de procesamiento y síntesis de la información científica y de comunicación oral y escrita.

Con la finalidad de dar respuesta a la situación problema del proyecto los estudiantes desarrollaron nueve módulos experimentales. Estos módulos fueron diseñados de manera secuencial, en cuanto a contenidos científicos y, de complejidad creciente, respecto a las habilidades y destrezas experimentales.

### ¿Qué se realizó en este proyecto?

La transferencia del gen que codifica por la enzima alfa-acetolactato descarboxilasa, desde una bacteria a una levadura.

### ¿Cómo se realizó esta transferencia genética?

#### *1. Actividades previas.*

Debido a la heterogeneidad de conocimientos previos en el ámbito científico que presentaron los estudiantes participantes de este proyecto, producto de los diferentes niveles que cursan en educación media y los tipos de establecimientos educacionales de los cuales ellos provienen (colegios municipalizados, particulares subvencionados y particulares), se hizo necesario nivelar estas diferencias a través de actividades teóricas y experimentales, tales como:

---

a) Actividades en el laboratorio de ciencias.

Los estudiantes conocieron diversos instrumentos científicos y materiales básicos que se emplean en un laboratorio de ciencias.

b) Preparación de soluciones químicas y medios de cultivo.

Los estudiantes conocieron diversas formas de expresar la concentración de soluciones químicas y, prepararon soluciones molares, porcentaje peso/volumen y, diluciones seriadas.

Prepararon medios de cultivo sólido y líquido para el crecimiento de microorganismos (bacterias y levaduras) y, practicaron técnicas de siembra y aislamiento microbiano (bacterias y levaduras).

c) Caracterización citológica y bioquímica de microorganismos

Los estudiantes realizaron la caracterización citológica de los microorganismos que se trabajaron en el proyecto: *Escherichia coli* DH5 y de *Saccharomyces cerevisiae* 288C, empleando técnicas de tinción simple, vital y diferencial Gram, cuando corresponde. Los estudiantes, mediante la aplicación de pruebas bioquímicas convencionales y kits comerciales (API20E, para Enterobacterias e ID32C, para levaduras) identificaron, a nivel de género y especie, los dos microorganismos en estudio.

2. Aislamiento de ADN plasmidial

Los estudiantes, a partir de colonias transformadas de *Escherichia coli* DH5, aislaron el plásmido pAAR6 el cual contenía un fragmento de 1,4 kb con el gen que codifica para la enzima  $\beta$ -acetolactato descarboxilasa y, lo sometieron a ensayo de restricción con la enzima EcoRI. Seguidamente, aislaron y clonaron este fragmento en el plásmido pBluescript:

3. Ensayo de transformación genética en bacteria.

Los estudiantes lograron transformar una cepa de *E. coli* DH5 con el plásmido pBluescript conteniendo el fragmento de interés.

4. Ensayo de transformación genética en levadura.

Posterior a los ensayos de aislamiento, amplificación y secuenciación genética del gen  $\beta$ -ALDC, los estudiantes realizaron ensayos de transformación genética de *S. cerevisiae* 288C, utilizando un vector de expresión en levadura. Aislaron colonias transformadas en medio selectivo y determinaron la actividad enzimática *in vitro*.

5. Difusión de los resultados del proyecto.

Los estudiantes realizaron las siguientes actividades:

- Desarrollo de una actividad experimental, por colegio, en sus respectivas academias de ciencias.
- Presentación de algunos módulos experimentales en exposiciones y/o ferias científicas realizadas en sus colegios o, producto de la invitación a otros colegios.
- Cada colegio diseñó y elaboró un panel, que fue presentado en la exposición final del proyecto,

incluyendo el diseño y elaboración de material de difusión (trípticos, PPT y modelos, cuando correspondía).

---

## 6. *Transposición didáctica.*

Los Profesores(as) de los colegios participantes realizaron la transposición didáctica al aula de algunas de las actividades experimentales realizadas en el proyecto, durante el primer y segundo semestre académico.

## CONCLUSIONES

1. Los pre-test y post-test aplicados a los estudiantes del proyecto, muestran una tendencia positiva y una motivación de ellos hacia el área científica.
2. Los estudiantes, a través, del conocimiento teórico y experimental en biología molecular y en biotecnología, logran una mayor y mejor comprensión de la naturaleza del material genético.
3. Los estudiantes son capaces de plantear y de resolver, situaciones problema en biología molecular y en biotecnología.
4. Los estudiantes son capaces de buscar, seleccionar, organizar y comunicar información científica relevante en ciencias.
5. El desarrollo de módulos experimentales en ciencias fortalece el trabajo grupal y colaborativo entre los estudiantes y, de éstos con sus Profesores(as) de aula.
6. Los Profesores(as) disponen de materiales educativos en biología molecular y en biotecnología que permiten su transposición didáctica al aula, facilitando el proceso de enseñanza- aprendizaje de estos contenidos programáticos en la sala de clases.
7. Los estudiantes son capaces de difundir, a la comunidad estudiantil y Profesorado, los resultados experimentales logrados en el proyecto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gibbs, W. y Fox, D. (2000) Tendencias en Educación: Enseñanza de las Ciencias. *Investigación y Ciencia*, Vol. 282 (3), pp. 77-81.
- Ministerio de Educación (2009). Programas de Estudio y Propuesta de Ajuste Curricular. ([http://www.mineduc.cl/index5\\_int.php?id\\_portal=47&id\\_contenido=17116&id\\_seccion=3264&c=10](http://www.mineduc.cl/index5_int.php?id_portal=47&id_contenido=17116&id_seccion=3264&c=10))
- 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.
- 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.