

Acceso libre: Una ganancia para la educación*

A. Malcolm Campbell**

Davidson College, Carolina del Norte, Estados Unidos

Traducción de Sergio Loaiza

Club de traducción, Grupo CHHES –Biogénesis- U. de A.

La próxima generación de científicos de las ciencias naturales, está en este momento haciendo sus estudios de pregrado –y el éxito de esta generación depende de la calidad de la educación que reciban. Es claro que las expectativas para la educación de pregrado están cambiando (Collins et al. 2003). Cuando el Consejo Nacional de Investigación publicó sus recomendaciones para el cambio de la formación de pregrado de los futuros científicos de las ciencias naturales, el reporte BIO2010, una de las recomendaciones principales fue el acceso a investigación basada en el estudiante: “Las Instituciones de Educación Superior deben proveer oportunidades a todos sus estudiantes para involucrarse en la investigación...” (National Research Council, 2003). Como cada investigador lo sabe, la investigación comienza con la literatura, no en el laboratorio. Por consiguiente, un señalamiento no explícito, dentro del reporte BIO2010, es que los estudiantes necesitan un acceso libre a la literatura científica con el ánimo de involucrarlos en la investigación y formarlos como científicos líderes en el siglo XXI.

Muy pronto en mi carrera como profesor, discutí la educación de postgrado con un colega en el Instituto Tecnológico de Massachusetts. Él decía que los nuevos estudiantes graduados conocen acerca de los diferentes métodos, pue-

den aun recitar definiciones bastante refinadas –pero si se les interroga sobre cuál sería el mejor método para responder a una pregunta particular, ellos no estarían seguros. Esto reforzó mi actitud hacia la enseñanza y la evaluación. Comprendí que la enseñanza de la ciencia debe ser estructurada de la misma manera como todos los científicos aprenden nueva información: En el contexto de una pregunta de su interés o sobre la base de una necesidad de aprendizaje. Este nuevo estilo de enseñanza, “educación aplicada”, me exigiría organizar materiales de lectura para los estudiantes, ya que la mayoría de los textos son escritos por alguien que ya conoce toda la información y la ha organizado sobre esa base de conocimiento. Por ejemplo, la descripción de la membrana celular, la estructura de las proteínas y la traducción de señales en los capítulos 5, 12, y 15 respectivamente, (una extensión de 227 páginas) no es útil para la mayoría de los estudiantes. Es más sensato presentar estos tres tópicos uno después del otro.

Gradualmente, convertí todos mis cursos a este formato de “educación aplicada” en el cual los estudiantes aprendían nueva información en la misma forma como lo hacen los científicos. Comencé por formular preguntas que podrían ser contestadas al adquirir los conocimientos proveídos por los textos o la literatura. Con el tiempo, comprendí que las publicaciones científicas son herramientas de enseñanza ideales, porque ellas cubren información bajo el contexto de una pregunta interesante y nuevo material es introducido de acuerdo con la necesidad. Esto me llevó a coleccionar series de publicaciones científicas relacionadas, buscando mis propios materiales para el curso (<http://www.bio.davidson.edu/courses/Molbio/Publicschedule.html#anchor99574051>). Así, por ejem-

* Open Access: A PLoS for Education. Tomado de: PLoS Biology. Vol.2,Nº5, mayo 2004. Los artículos de PLoS Biology son de acceso libre y pueden traducidos, reproducidos y utilizados de cualquier manera posible, siempre y cuando se cite la referencia original respectiva

** Profesor Asociado de Biología en el Davidson College, Carolina del Norte, Estados Unidos. Director fundador del Consorcio del Genoma para la Educación Activa. E-mail: macampbell@davidson.edu

plo, en mis clases los estudiantes leen primero una elegante publicación de Munro y Pelham (1987) quienes descubrieron el tetrapéptido Lisina-Ácido Aspártico-Ácido Glutámico-Leucina (KDEL) como señal de retención para las proteínas destinadas a permanecer en la luz del retículo endoplásmico. Luego, los estudiantes leen cuatro publicaciones adicionales, una de las cuales posee datos no concluyentes y una sobreinterpretación de los datos. A través de esta serie de publicaciones, los estudiantes aprenden a confiar en su propia valoración de los datos más que en la de los autores: ésta es una mejoría sustancial en el pensamiento y en la actitud de los estudiantes hacia la literatura. No enfatizo los detalles particulares de estos artículos, pero quiero que los estudiantes alcancen habilidades de pensamiento de un orden mayor. Por tanto, mis exámenes consisten de gráficos obtenidos de publicaciones científicas que los estudiantes nunca han visto antes. A ellos se les pide que interpreten las figuras tal como ellas aparecen en las publicaciones o diseñar nuevos experimentos que respondan a una nueva pregunta, según su aprendizaje de la figura publicada. Al evaluarlos de este modo, los estudiantes comprenden rápidamente que memorizar los detalles no es productivo, pero que aprender a leer la literatura científica y a diseñar experimentos bien controlados es mucho más provechoso (<http://www.bio.davidson.edu/courses/Molbio/molecular.html#2003exams>). Con base en este logro, he diseñado mi curso de genómica sobre el principio de la “educación aplicada” (Ver debajo; ver también: <http://www.bio.davidson.edu/genomics>).

El acceso a la información transforma la educación

Cuando era un estudiante graduado (a finales de 1980 y principios de 1990), PubMed fue restringido a aquellas instituciones que pudiesen pagar la suscripción; ahora PubMed es de acceso libre para todo aquel que disponga de Internet. Este cambio en el acceso a PubMed ha mejorado significativamente la formación de pregrado al dar a los estudiantes la oportunidad de realizar búsquedas de la literatura para sus informes de laboratorio, artículos, seminarios y por supuesto para su investigación original. El acceso libre a la información en las ciencias naturales ha seguido evolucionando con el más reciente fenómeno en publicaciones –el acceso libre a las revistas. PubMed Central (<http://www.pubmedcentral.nih.gov/>) es un rico repositorio y portal para artículos de libre acceso, BioMed Central (<http://www.biomedcentral.com/>) publica un creciente número de revistas de acceso libre, y existen unas pocas revistas nuevas de carácter educativo y con acceso libre como *Cell Biology Education* (<http://www.cellbioed.org>) y el *Journal of Undergraduate Neuroscience Education* (<http://www.funjournal.org>). *PloS Biology*, que es el más nuevo

actor en el terreno del acceso libre, ha potenciado el creciente entusiasmo por las publicaciones, y ha tenido un impacto mejorador en la educación de pregrado. Mis estudiantes pueden disfrutar ahora del acceso a una creciente porción de la literatura, con la misma facilidad que lo hacen los premios nobeles y los investigadores en las instituciones más ricas.

Es interesante que la presión por un acceso libre haya llevado a muchas revistas, que se adquirirían por suscripción, a permitir un acceso gratis a los artículos después de 2 ó 12 meses de haber sido publicados. Este acceso libre tardío es útil para los ajustes de los cursos en el siguiente año académico, pero no para el semestre actual. Infortunadamente, debido al alto costo de la suscripción de muchas revistas, la biblioteca de mi institución (como muchas otras) es forzada a hacer elecciones difíciles acerca de las revistas que podremos adquirir. El número de suscripciones a las revistas está disminuyendo en proporción al aumento de los costos, pero afortunadamente esta disminución está siendo compensada por la creación de nuevas revistas con acceso libre.

La promesa del Internet

He sido profesor de pregrado desde 1993 y he notado una tendencia en la manera como hago la docencia. Progresivamente he entregado publicaciones científicas a mis estudiantes, para que así ellos puedan aprender a leer aquellos artículos y mejoren su pensamiento crítico. Una razón para mi uso acrecentado de publicaciones científicas es el desarrollo de los PDF. Cuando comencé a usar por primeras vez los artículos de revistas en mi curso de biología molecular, la clase debía realizarse en la biblioteca para que así pudiésemos pasar a través de los voluminosos volúmenes y detectar los subtítulos importantes, cuyas figuras frecuentemente serían desperdiciadas en fotocopias de calidad regular. Luego, aprendí a convertir las figuras en imágenes digitales y a crear páginas Web, de modo tal que pude proyectarlas en clase y los estudiantes estuvieron en capacidad de imprimirlas en versiones con calidad láser (<http://www.bio.davidson.edu/molecular>). Ahora empleo los archivos PDF para que mis estu-

diantes los impriman y para presentarlos en mis clases sin perder información debido a la realización de reformas o a la resolución de problemas.

Con mi creciente seguridad en el uso de publicaciones científicas en mi clase de biología molecular, comencé a experimentar con artículos científicos con mis estudiantes nuevos. Los estudiantes de primer año no están listos para evaluar críticamente datos complejos, pero ellos están dando sus primeros pasos dentro de la lectura de artículos de revisión y ocasionalmente de artículos originales. Cuando los estudiantes de primer nivel realizan las presentaciones de sus hallazgos en los cursos de laboratorio, un número creciente están empleando PubMed y artículos en PDF cuando ellos están disponibles.

Los estudiantes han estado leyendo artículos de investigación básicos desde antes de que los archivos en PDF estuviesen disponibles, pero el creciente acceso a los artículos en línea y la mejorada calidad del formato ha realizado significativamente el uso de los artículos científicos y de revisión en el curriculum de pregrado. Es común para los estudiantes que reciben cursos de laboratorio y que se encuentran en un nivel superior de lectura, el leer artículos científicos (DeBurman 2002; Hall y Harrington 2003; Kitchen et al. 2003; Mulnix 2003), y en los seminarios se presentan primordialmente resultados de la literatura científica (Wright y Boggs 2002; Hales 2003; Lom 2003).

El uso de los recursos con libre acceso para una educación creativa...

Durante los últimos tres años, he enseñado en pregrado un curso de genómica (<http://www.bio.davidson.edu/genomics>) en el cual he capitalizado una confluencia de dos tendencias en el campo: bases de datos de dominio público y revistas de acceso libre (Campell 2003). En mi clase de genómica, los estudiantes tienen tres asignaturas para las cuales ellos requieren tomar información de bases de datos (<http://www.bio.davidson.edu/courses/genomics/>

2003/cain/home.html). Pero los cursos de genómica no son sólo para sus beneficiarios, porque otras clases en muchas instituciones (por ejemplo, introducción a la biología, bioquímica, desarrollo celular, genética, microbiología, biología molecular [<http://www.bio.davidson.edu/courses/Molbio/standardsHP.html#anchor78181983>] y neurociencias), requieren que los estudiantes aprovechen las bases de datos de dominio público (Dyer y LeBlanc 2002; Honts 2003). Este año, introdujimos una base de datos sobre el genoma para nuestros estudiantes del primer nivel de biología (<http://www.bio.davidson.edu/people/macampbell/Hope/DQ/DQ9.html> y www.bio.davidson.edu/people/macampbell/Hope/DQ/DQ10.html). Los estudiantes de primer año emplean el buscador del Genoma y BLAST para determinar las causas moleculares de la fibrosis quística y la enfermedad de Huntington, respectivamente. El beneficio de las bases de datos públicas y la literatura de acceso libre para los educadores es obvio e inmediato. Las imágenes pueden ser empleadas en lecturas, los artículos científicos pueden ser distribuidos fácilmente y en corto tiempo para su uso en clase. No hay necesidad de preocuparse por el acceso limitado debido a los costos de la suscripción ni por obtener un permiso de derechos de autor, lo cual es una molestia y en algunas ocasiones un proceso costoso para los docentes muy ocupados. Para reducir el trabajo no productivo de los docentes, las revistas de acceso libre han creado ya un ambiente que está mejorando hoy día la educación de pregrado, con beneficios a largo plazo en la creación de estudiantes formados y graduados en investigación.

Los estudiantes que, a través de sus labores académicas, son expuestos a la literatura de dominio público frecuentemente desarrollan una esperanza de que todos los artículos científicos estarán disponibles libremente para ellos desde cualquier computadora y se frustrarán si no tienen acceso a todos los artículos de revistas que ellos quieren y necesitan leer. Crecientemente, mis estudiantes me envían archivos en PDF que contienen artículos de revistas con acceso libre, los cuales ellos han leído y desean compartir conmigo. ¿Quién habría creído que el acceso libre a las revistas resultaría en que los estudiantes aprovecharan la literatura en búsqueda de artículos relevantes y que enviasen estos últimos a sus instructores para su consideración? Además de los artículos científicos relacionados con sus propias clases e investigaciones, los estudiantes también disfrutaban la lectura de los “tópicos candentes” de las publicaciones científicas y aquellas historias que rápidamente alcanzan la prensa popular. Los ejemplos incluyen el uso de técnicas de secuenciamiento y microarreglos de DNA para identificar el agente causal del SARS (Wang et al. 2003) y un muy buen artículo de revisión acerca de una pequeña secuencia de RNA con funciones inhibitorias (Dillin 2003).

Dos logros educativos comunes son: primero, motivar a los estudiantes a ser escépticos de las afirmaciones no sustentadas y, segundo, capacitar a los estudiantes para evaluar los datos críticamente. Un camino para alcanzar este logro es aprovechar la curiosidad natural de los estudiantes e interrogarlos para que comparen lo relatado en la prensa popular con lo señalado en la literatura científica [http://\(www.bio.davidson.edu/courses/genomics/2003/poulton/p21.html\)](http://www.bio.davidson.edu/courses/genomics/2003/poulton/p21.html). Las revistas con acceso libre hacen que estos dos logros educativos sean mucho más realizables porque los estudiantes pueden utilizar los hallazgos actuales inmediatamente, sin tener que esperar por préstamos interbibliotecarios, lo cual puede tomar dos semanas, puede costar hasta 20 Dólares por artículo, y puede resultar en fotocopias a blanco y negro de poca calidad.

...Y para retar el pensamiento

Si queremos que los estudiantes alcancen un mayor nivel de pensamiento (Bloom et al. 1956), necesitamos construir nuestros cursos de tal manera que los estudiantes puedan aprender mediante ejemplos y sean recompensados por aprender a evaluar los datos críticamente y por examinar la evidencia antes de creer las afirmaciones hechas por los autores (Brill y Yarden 2003). Los estudiantes rápidamente se dan cuenta de que los comportamientos intelectuales son recompensados en los exámenes. Si las preguntas de los exámenes requieren simplemente que los estudiantes regurgiten aseveraciones, entonces es poco probable que los estudiantes demuestren un alto nivel de pensamiento. Es difícil crear buenas preguntas para los exámenes que cubran el material del curso y que recompensen a los estudiantes que han aprendido a leer críticamente y a interpretar los datos. Durante los últimos años, en forma creciente, he retomado la literatura actual en búsqueda de datos para mis preguntas. Por ejemplo, para mi clase de genómica en otoño del 2003, empleé un artículo publicado en *PLoS Biology* que utiliza microarreglos de DNA para analizar el ciclo de vida del *Plasmodium* causante de la malaria (Bozdech et al. 2003). Pedí a los estudiantes que interpretaran varias de las figuras, empleando sus propias palabras. Debido a mi decisión de emplear una revista de acceso libre, mis estudiantes tuvieron también un acceso completo a la información de soporte, que dos estudiantes utilizaron para mejorar sus respuestas. Por esta razón, las respuestas de estos dos estudiantes fueron mejores que las mías. Otra pregunta del examen requirió que los estudiantes utilizaran una base de datos asociada a la publicación de Bozdech (<http://malaria.ucsf.edu/index.php>). Se les pidió a los estudiantes que combinaran lo aprendido de la publicación y del curso y eligieran nuevas proteínas (además de aquellas descritas en Bozdech et al. [2003]) que fuesen buenas candidatas para

vacunas según en el tiempo de transcripción de los genes. Para responder estas preguntas, los estudiantes ejecutaron los primeros pasos en investigación real, lo cual recompensa a los estudiantes por aprender habilidades de pensamiento de orden superior. Al final del examen, se les dio la oportunidad para obtener puntos adicionales (un máximo de tres puntos aparte de los 100 que se podían alcanzar en el examen) si realizaban una crítica constructiva dirigida a los responsables de la base de datos. Alrededor del 70% de los estudiantes enviaron comentarios, incluyendo el siguiente: “Recientemente he usado su base de datos, y encontré difícil el buscar los datos de la expresión de genes del *Plasmodium* a causa de múltiples restricciones. Por ejemplo, sería útil si existiera un modo de identificar todos los genes dentro de cierto grupo funcional que decline dentro de cierto tiempo. ¿Es esto posible en esta base de datos? Los curadores muy profesionalmente respondieron a las sugerencias de los estudiantes, lo que resultó en tres nuevas vías de búsqueda que fueron adicionadas a la base de datos, como puede verse en el lado izquierdo de la página principal (<http://www.malaria.ucsf.edu/index.php>). Como resultado de estas interacciones profesionales, los estudiantes se convierten en participantes dentro de una comunidad de académicos, al interactuar con investigadores en la Universidad de California, San Francisco, mientras realizan sus exámenes.

El uso de las revistas de acceso libre para la docencia y la realización de exámenes ya ha mejorado mis cursos. Puedo generar preguntas que son más interesantes, más educativas, y más actuales. Además, logré dos tareas simultáneamente: estoy al tanto de los nuevos desarrollos en mi campo y escribo preguntas de exámenes. ¿Pero qué piensan los estudiantes? No he evaluado formalmente las actitudes de los estudiantes, pero he recogido información de las evaluaciones finales de los cursos al culminar el semestre, y he encontrado comentarios como el siguiente: “Una de las mejores partes de todo el curso, para mí, fueron los exámenes. Los exámenes realmente me dieron la oportunidad de mostrar cómo puedo trabajar a través de problemas reales. Este curso definitivamente incrementó mis habilidades para pensar críticamente. Cada examen incluía nuevas

ideas y problemas para resolver. Disfruté la idea de que cada examen sería una experiencia de aprendizaje”.

El Futuro

La enseñanza es muy semejante a la crianza de los niños. Como los padres, los educadores entregan oportunidades de aprendizaje en parte haciendo el papel de modelos de los comportamientos que queremos que nuestros estudiantes aprendan. Al escoger la literatura más actual como material para los exámenes, mis estudiantes se dan cuenta de que me mantengo al día con la literatura en mi campo, y que existen siempre nuevas oportunidades para aprender, analizar y diseñar experimentos, etc. Al elegir artículos de revistas de acceso libre como aquellos publicados en *PLoS Biology*, mis estudiantes se benefician del acceso libre a la literatura científica. El acceso libre a la literatura investigativa incrementa el aprendizaje de los estudiantes y a ayuda a crear la nueva generación de graduados, que entonces, quedarán mejor formados. Las publicaciones con acceso libre proveen una mezcla adecuada de beneficios para educadores y para estudiantes.

Agradecimientos

Me gustaría agradecer a mis estudiantes por su buena voluntad para experimentar con los límites del binomio enseñanza/aprendizaje. También, desearía agradecer a Barbara Lom por su lectura crítica de este manuscrito y sus útiles sugerencias.

Referencias

Bloom BS, Englehart MD, Furst EJ, Hill WH, Krathwohl DR (1956) A taxonomy of educational objectives. Handbook 1, Cognitive domain New York: McKay. 207 p.

Bozdech Z, Llinás M, Pulliam BL, Wong ED, Zhu J, et al. (2003) The transcriptome of the intraerythrocytic developmental cycle of *Plasmodium falciparum*. *PLoS Biol* 1: e5 doi://10.1371/journal.pbio.0000005.

Brill G, Yarden A (2003) Learning biology through research papers: A stimulus for question-asking by high-school students. *Cell Biol Educ* 2: 266–274.

Campbell AM (2003) Public access for teaching genomics, proteomics, and bioinformatics. *Cell Biol Educ* 2: 98–111.

Collins FS, Green ED, Guttmacher AE, Guyer MS (2003) A vision for the future of genomics research. *Nature* 422: 835–847.

DeBurman SK (2002) Learning how scientists work: Experiential research projects to promote cell biology learning and scientific process skills. *Cell Biol Educ* 1: 154–172.

Dillin A (2003) The specifics of small interfering RNA specificity. *Proc Natl Acad Sci U S A* 100: 6289–6291.

Dyer BD, LeBlanc MD (2002) Meeting report: Incorporating genomics research into undergraduate curricula. *Cell Biol Educ* 1: 101–104.

Hales K (2003) Biology. 362: Human genetics. Available at <http://www.bio.davidson.edu/people/kahales/Bio362HumanGenetics.html> via the Internet. Accessed 9 January 2004.

Hall AC, Harrington ME (2003) Experimental methods in neuroscience: An undergraduate neuroscience laboratory course for teaching ethical issues, laboratory techniques, experimental design, and analysis. *J Undergrad Neurosci Educ* 2: (Suppl) A1–A7.

Honts JE (2003) Evolving strategies for the incorporation of bioinformatics within the undergraduate cell biology curriculum. *Cell Biol Educ* 2: 233–245.

Kitchen E, Bell JD, Reeve S, Sudweeks RR, Bradshaw WS (2003) Teaching cell biology in the large-enrollment classroom: Methods to promote analytical thinking and assessment of their effectiveness. *Cell Biol Educ* 2: 180–194.

Lom B (2003) Biology. 351: Group investigation in developmental neurobiology. Available at <http://www.bio.davidson.edu/people/balom/351syll.html> via the Internet. Accessed 9 January 2004.

Mulnix AB (2003) Investigations of protein structure and function using the scientific literature: An assignment for an undergraduate cell physiology course. *Cell Biol Educ* 2: 248–255.

Munro S, Pelham HRB (1987) A C-terminal signal prevents secretion of luminal ER proteins. *Cell* 48: 899–907.

National Research Council (2003) *BIO2010: Transforming undergraduate education for future research biologists* Washington, District of Columbia: The National Academies Press. 191 p.

Wang D, Urisman A, Liu Y-T, Springer M, Ksiazek TG, et al. (2003) Viral discovery and sequence recovery using DNA

microarrays. *PLoS Biol* 1: e2 doi://10.1371/journal.pbio.0000002.

Wright R, Boggs J (2002) Learning cell biology as a team: A project-based approach to upper-division cell biology. *Cell Biol Educ* 1: 145–153.

