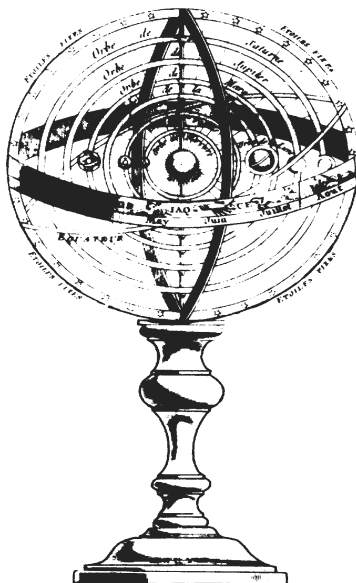


INNOVACIONES DIDÁCTICAS



DESARROLLO DE UN CURSO DE BIOLOGÍA CONTEXTUALIZADO EN EL BACHILLERATO: EL CASO DEL PROYECTO SALTERS-NUFFIELD ADVANCED BIOLOGY

REISS, MICHAEL J.

Institute of Education, University of London, 20 Bedford Way, Londres WC1H 0AL, Reino Unido
m.reiss@ioe.ac.uk

Resumen. *Salters-Nuffield Advanced Biology* (SNAB, «Biología Avanzada Salters-Nuffield») es un nuevo curso de biología de nivel avanzado para estudiantes de 16-19 años de edad, correspondiente al nivel inglés «advanced level». Fue lanzado en Inglaterra y Gales en septiembre de 2005; desde septiembre de 2002 se han ensayado pruebas piloto en las que han participado alrededor de cuatro mil estudiantes. Este trabajo discute las razones para desarrollar actualmente un nuevo curso de biología avanzada, la filosofía del proyecto y cómo se escribieron los materiales y se diseñaron las orientaciones didácticas. Se presta particular atención a las implicaciones didácticas del desarrollo del curso y a la participación del profesorado en el proyecto. El objetivo del proyecto es diseñar un curso actualizado que entusiasme a los estudiantes, que el profesorado y otros profesionales de la biología encuentren apropiado y que aproveche al máximo los desarrollos actuales en la biología y en la didáctica.

Palabras clave. Biología, participación del profesorado, TIC (tecnologías de la información y la comunicación), evaluación, estrategias didácticas.

Developing a new context-based biology course

Summary. *Salters-Nuffield Advanced Biology* (SNAB) is a major new advanced level biology course for 16-19 year-olds. It was launched in England and Wales in September 2005; from September 2002 it has been piloted with around 4,000 students. This paper discusses the reasons for developing a new advanced biology course at this time, the philosophy of the project and how the materials have been written and the specification (syllabus) devised. Particular attention is paid to the pedagogical implications of developing the course and to the participation of teachers in the project. The aim of the project is to provide an up-to-date course that enthuses students, is considered appropriate by teachers and other professionals in biology, and takes full advantage of modern developments in biology and in teaching.

Keywords. Biology, teacher involvement, ICT, assessment, pedagogy.

CONTEXTO HISTÓRICO

En Inglaterra y Gales, y en varios otros países con lazos históricos con el Reino Unido, los exámenes de *advanced level* («nivel avanzado») son aquéllos que se hacen a los estudiantes que permanecen en el sistema educativo formal después de los 16 años de edad. Desde septiembre de 2000, los exámenes de *advanced level* se aplican en dos partes, cada una de un año. Al final del primer año cada estudiante recibe una certificación de AS; al final del segundo año, aquellos estudiantes que continúan con la asignatura después del año de AS (generalmente, dos tercios de los primeros) obtienen la certificación final de A2, cuya calificación está constituida como sigue: la mitad proviene de las notas obtenidas durante y al final del segundo año de estudio y la otra mitad proviene de las notas del certificado AS.

Hasta cierto punto, la biología de *advanced level* en Inglaterra y Gales pareció estar, durante los años noventa, en un estado más saludable que la física y la química de *advanced level* (Reiss, 1998). El número de candidatos creció sostenidamente a lo largo de los noventa y pareció haber menos quejas, aunque los datos son anecdóticos, de quienes impartían cursos universitarios de biología acerca del conocimiento de los estudiantes de las carreras de grado en el área.

Había y todavía hay, sin embargo, preocupación acerca de la biología de *advanced level*, pues existe creciente evidencia (aunque, otra vez, mayormente anecdótica) de que la enseñanza de la asignatura produce poco compromiso de los estudiantes, es poco variada y también aburrida (Lock, 1998). Nos encontramos ahora en un siglo que probablemente estará dominado por la biología, y sin embargo no ha habido en el Reino Unido, hasta el proyecto que describimos aquí, ninguna iniciativa curricular importante para la asignatura desde que se lanzó la Biología de Nuffield hace alrededor de treinta años. Varios grupos, entre los que destacan el *National Council for Biotechnology Education* (<http://www.ncbe.reading.ac.uk/>) y *Science and Plants for Schools* (<http://www.saps.plantsci.cam.ac.uk/>), han hecho un trabajo significativo y valioso, pero incluso en esos grupos los resultados han estado restringidos a pequeñas secciones de los programas.

Los programas de biología de *advanced level*, introducidos en Inglaterra y Gales en septiembre de 2000 (momento en el cual todos los programas de *advanced level* tuvieron que ser revisados), no consiguieron reflejar muchos de los importantes avances de la biología en sus diversos campos: biología molecular, biología celular, fisiología, agricultura, genética, biotecnología, ecología, biología del comportamiento, neurobiología y evolución. Además, los libros de texto de biología de *advanced level* y otros recursos disponibles simplemente reflejan los programas vigentes, presentando una imagen bastante estrecha de lo que es ser biólogo, ya sea en la industria o en la investigación, y usando en forma decepcionantemente escasa los desarrollos actuales de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para la enseñanza y el aprendizaje (Hall et al., 2003).

Todo esto sucede en un tiempo en el que existe creciente reconocimiento de que las diferentes estrategias didácticas en la enseñanza de la biología tienen efectividades variadas (Killermann, 1996), de que los estudiantes aprenden mejor ciencia cuando son activos y reflexivos (Woolnough et al., 1999) y de que no hay forma de reemplazar el entusiasmo y el compromiso de estudiantes y profesorado (Holbrook, 1999; Reiss, 2005). Al mismo tiempo, se da un consenso amplio entre industriales y organizaciones como *Science, Technology and Mathematics Council* alrededor de la necesidad de reformar los currículos de ciencias y de biología (Anon, 1999; Gadd, 1999).

EL PROYECTO *SALTERS-NUFFIELD ADVANCED BIOLOGY* («BIOLOGÍA AVANZADA *SALTERS-NUFFIELD*»)

El 1 de septiembre de 2000, el Centro de Currículo de la Universidad de York y el Centro de Proyectos Curriculares Nuffield lanzaron el Proyecto *Salters-Nuffield Advanced Biology* (SNAB). Se trata de una iniciativa curricular de gran envergadura para desarrollar un nuevo curso de biología AS y A2. Nuestra intención ha sido producir un curso moderno, relevante y atractivo que convoque a los estudiantes, tenga en cuenta los muchos avances recientes en biología y utilice las estrategias de enseñanza y las tecnologías más apropiadas para posibilitar el aprendizaje de los estudiantes.

Buena parte de la ciencia escolar tiene la reputación de ser difícil, aburrida, desconectada de los intereses de los estudiantes e irrelevante para la sociedad en su conjunto (Reiss, 2000; Osborne et al., 2003). Los programas han sido contruidos tradicionalmente desde el punto de vista de los científicos, desarrollando las ideas de la forma que los científicos consideran sensata. Esto significa, en general, que se da prioridad a los conceptos científicos (Hart, 2002). Pero muchos estudiantes ven las cosas de manera diferente y quieren que el profesorado les muestre *por qué* los conceptos son importantes. Una posibilidad es que el contexto —o la línea argumental— funcionen como «fuerza motriz».

Hasta cierto punto, algunos autores y algunos programas de biología de *advanced level* usan la aproximación de estudio de caso o de guión, en particular, en algunos módulos opcionales (por ejemplo: «Aplicaciones de la genética» y «Tecnología de los alimentos»). Se ha afirmado que los currículos de biología existentes representan de manera inadecuada lo que hacen los biólogos (Roberts y Gott, 1999). *Salters-Nuffield Advanced Biology* pretende ser un curso coherente que entusiasme a los estudiantes y al profesorado mostrando una imagen de lo que la biología actual utiliza en la investigación, en la industria y en la vida diaria. Este curso retoma anteriores cursos contextualizados desarrollados en la Universidad de York: *Salters Advanced Chemistry* (<http://www.york.ac.uk/org/seg/salters/chemistry/>) y *Salters-Horners Advanced Physics* (<http://www.york.ac.uk/org/seg/salters/physics/>).

La historia de la ciencia sugiere que mucho trabajo fundamental en biología es motivado por el contexto. Hoy en día, los gobiernos y las empresas privadas (por ejemplo, en la industria farmacéutica) gastan grandes sumas de dinero en investigación aplicada. A menudo, tal investigación aplicada conduce a avances científicos fundamentales, pero es un error pensar que el camino de la ciencia básica a la tecnología es simple y unidireccional. Enseñar por medio del contexto puede ser, a menudo, una forma más realista de modelizar la producción del conocimiento científico (Reiss, en prensa). En otras palabras, hay razones epistemológicas, además de pedagógicas y motivacionales, para enseñar la biología contextualizada.

La iniciativa generó rápidamente gran interés entre el profesorado y los didactas de la biología. Alrededor de cuatrocientas personas pidieron incluirse en la base de datos; muchos de ellos ofrecieron también colaborar. Se estableció una página web (www.advancedbiology.org) y una lista de correos (ams12@york.ac.uk) para mantener informados a quienes estuvieran interesados y para permitirnos contar con la colaboración experta que se nos ofrecía.

CONSULTA

Se inició un proceso amplio de consulta para determinar el contenido general y la forma del curso (Hall et al., 2001). El proceso incluía reuniones con biólogos, profesorado, investigadores en didáctica y estudiantes. Las discusiones uno a uno con biólogos de la universidad y de otros lugares permitieron identificar las áreas clave de la biología que se espera que contribuyan significativamente al futuro de la disciplina y a la sociedad en general. Incluimos esas áreas de la biología en el curso para asegurarnos de que el producto fuera actual, desafiante y motivador para los estudiantes.

Una característica singularmente alentadora del proceso de consulta fue el considerable grado de consenso entre la gente de los diversos grupos que entrevistamos. En particular, hubo fuerte consenso acerca de que: *a*) el curso debía proveer una introducción amplia a la biología, con un buen balance entre sus diversas subdisciplinas (biología molecular, genética, ecología, etc.); *b*) el curso debía desarrollar en los estudiantes la capacidad de pensar creativa y críticamente (cf. Lawson et al., 2000); *c*) el curso no debía estar sobrecargado de contenidos. Citamos como ejemplo a un profesor universitario de biología que reflexionaba sobre su propia enseñanza.

«Cuando enseñaba, cada año que pasaba sacaba cosas, y cada año los asesores externos venían a examinar a los estudiantes y decían que ellos comprendían mejor que el año anterior. Parecía que sabían más. Creo que, probablemente, en mi último año estaba enseñando menos de la mitad de lo que enseñaba cuando empecé y ellos lo comprendían mejor. Significaba que cuando leían algo en otra parte se beneficiaban de ello, en lugar de tener una montaña de informaciones. Hay un beneficio real

en enseñar menos: los estudiantes retienen más. Se debe encontrar el equilibrio justo: que no sea tan poco que lo puedan retener pero resulte una fracción ínfima. Bombardear a la gente con informaciones no la entusiasma para nada.»

Cuando le preguntamos a un profesor universitario de biología y miembro de la Royal Society «¿Cuál cree usted que es la biología de punta que debería estar en un curso para estudiantes de *advanced level*?», él respondió:

«Lo divido en tres partes. En primer lugar, tiene que incluir la ciencia reduccionista, la biología molecular y celular, que ha avanzado tanto. Pero también tiene que incluir un segundo componente, la biología integrada, para unificar el conocimiento de las células y las moléculas en términos de funciones de los organismos; y obviamente, en tercer lugar, tiene que atacar las cuestiones más globales de naturaleza ambiental.»

Lo más interesante de esta cita, que se dio también en muchas otras respuestas a esta pregunta, fue que, a pesar de que se preguntaba por la «biología de punta», la respuesta dada es muy equilibrada: no está centrada en el campo de especialidad del científico que responde (fisiología animal, en este caso).

Además de realizar muchas entrevistas individuales, tuvimos cuatro reuniones de consulta en los primeros seis meses del proyecto; de estas reuniones participaron más de cien profesores y profesoras y didactas de la biología. Las reuniones de consulta fueron valiosas para dar forma al desarrollo de la filosofía, la estructura y el contenido del curso. La relación estrecha con un gran número de profesores y profesoras de biología de *advanced level* en actividad nos ha asegurado que los puntos que ellos consideran importantes han venido siendo incorporados desde el inicio.

PRODUCCIÓN DEL CURSO

A lo largo del curso se estudian los principios biológicos en el contexto de las aplicaciones de la biología a la vida real, haciendo que el contenido sea más relevante para los estudiantes. Una vez que se decidió sobre la estructura esquemática del curso, a saber, cinco temas para AS y cuatro para A2 en el piloto (que después quedaron en cuatro temas para AS y cuatro para A2 en la versión nacional que comenzó en septiembre de 2005), se examinaron los contextos a incluir. Se apoyó este proceso con las discusiones con biólogos y con el profesorado de *advanced level*. Los contextos debían ser de actualidad, interesantes para los estudiantes, pero también duraderos. Por esta razón, no quisimos poner demasiado material sobre «crisis» recientes o actuales en la biología, tales como la encefalopatía espongiiforme bovina; la vacuna para sarampión, paperas y rubéola; o la fiebre aftosa, por miedo a que estas cuestiones quedaran desactualizadas rápidamente. Por otra parte, contextos como el cambio climático global, la ingeniería genética y la fibrosis quística probablemente nos acompañarán por muchos años.

Se seleccionaron diez potenciales contextos y se presentaron, en enero de 2001, en el congreso de la Association for Science Education (un congreso anual de didáctica de las ciencias al que asisten aproximadamente cuatro mil profesores y didactas de las ciencias). Los comentarios recibidos fueron positivos y nos ayudaron a decidir sobre el mejor orden para los temas.

En esta etapa nos centramos simultáneamente en dos partes importantes del proyecto: escribir los materiales que usarían los estudiantes y diseñar el programa que sería examinado. No puede enseñarse ningún programa en el *advanced level* en Inglaterra y Gales sin la aprobación de la QCA (*Qualifications and Curriculum Authority*, «Autoridad de las Calificaciones y el Currículo»). En junio de

2002 se consiguió, tras una prolongada negociación con la QCA, la aprobación del programa piloto; esto permitió lanzarlo a tiempo, en septiembre de 2002, en alrededor de 45 centros (es decir, escuelas y *colleges*), con alrededor de 1.200 estudiantes tomando inicialmente el curso. En la tabla 1 se presenta un resumen de los ocho temas del curso de septiembre de 2005 (afortunadamente aprobado por la QCA en forma mucho más expeditiva). Se reproducen los resúmenes tal cual aparecen en el programa (que el Cuerpo de Acreditación, Edexcel, pone a disposición del público en <http://www.edexcel.org.uk/qualifications/QualificationAward.aspx?id=72373>). Esperamos haber conseguido un equilibrio entre el material fresco y actualizado y los contenidos clásicos de la biología sin que el programa resultara sobrecargado de contenidos excesivos.

Tabla 1
Resumen de los ocho temas del programa en el curso *Salters-Nuffield Advanced Biology* (SNAB).

<p>Tema 1 (AS). Estilo de vida, salud y riesgos Este tema se apoya en el conocimiento que los estudiantes traen al curso acerca del funcionamiento del sistema circulatorio y acerca de la importancia de la dieta para mantener la salud del cuerpo. Se examina el papel de la dieta y de otros factores del estilo de vida en el cuidado de la salud, con particular referencia al corazón y a la circulación sanguínea y a las enfermedades cardiovasculares. También se detallan las estructuras y funciones de algunos carbohidratos y lípidos en este contexto. Se cubre el concepto de <i>riesgos para la salud</i>, junto con las formas en las cuales las enfermedades cardiovasculares pueden ser diagnosticadas.</p> <p>Tema 2 (AS). Genes y salud Este tema considera los siguientes principios biológicos: las propiedades de los materiales y su transporte a través de las membranas celulares y de las superficies de intercambio gaseoso, la estructura y la replicación del ADN, la síntesis de proteínas y la herencia monohíbrida, a través del contexto de la enfermedad genética de la fibrosis quística (FQ). Se examina el potencial que ofrecen las terapias génicas en el tratamiento de la FQ. El tema también permite la discusión acerca de las cuestiones sociales y éticas que rodean el diagnóstico y el tratamiento de las enfermedades genéticas.</p> <p>Tema 3 (AS). La voz del genoma Este tema sigue la historia del desarrollo de los organismos pluricelulares desde una única célula y hasta el individuo complejo. Se enfatiza la contribución del Proyecto Genoma Humano a nuestra comprensión de los genes humanos y su acción. En este tema se enseña la estructura de la célula, la diferenciación celular, la organización tisular, la división celular, el control del desarrollo, el papel de las células madre, la expresión génica y la importancia de la fertilización.</p> <p>Tema 4 (AS). Plantas y cambio climático El tema comienza enfocándose en cómo las plantas superan los problemas asociados con estar enraizadas en un lugar e investiga cómo hemos explotado esas soluciones. El tema tiene secciones tanto sobre el uso tradicional como sobre el uso innovador de las plantas, incluyendo las fibras vegetales y su utilidad, el uso de extractos de plantas, la modificación genética de plantas y los envases biodegradables de almidón. Los principios biológicos generales tratados incluyen la relación entre anatomía y funcionamiento, el transporte de agua en las plantas, el rol del almidón y la controversia alrededor de las plantas genéticamente modificadas. Se consideran los efectos del cambio climático en las plantas y en los animales.</p> <p>Tema 5 (A2). Del lado salvaje Este tema comienza con la crisis que atraviesa la biodiversidad y examina el papel de la clasificación en la catalogación de la biodiversidad. Luego se considera la diversidad genética y ecológica. Esto les da a los estudiantes una comprensión de cómo funcionan los ecosistemas. Se construye así conocimiento acerca de que la fotosíntesis es el principal proceso en la mayoría de los ecosistemas y esto lleva a cómo los organismos están adaptados a sus ambientes. El tema continúa inspeccionando cómo la biodiversidad ha surgido a través de la selección natural y de la evolución. Los estudiantes examinan luego cómo los ecosistemas y su biodiversidad pueden ser protegidos a través de la conservación <i>in situ</i> y <i>ex situ</i>; se discute en particular el papel cambiante de los zoológicos. Los estudiantes verán que la conservación exitosa requiere de una comprensión de las interacciones entre la vida silvestre y las poblaciones humanas, así como de un conocimiento científico tanto de la genética como de la ecología. Al final del tema, los estudiantes serán capaces de entender cómo una comprensión científica nos puede hacer conscientes de nuestras responsabilidades como «administradores» del ambiente.</p> <p>Tema 6 (A2). Infección, inmunidad y medicina forense Este tema comienza examinando cómo los patólogos forenses usan una amplia variedad de técnicas de análisis para determinar la causa de</p>
--

la muerte de los organismos, incluyendo los seres humanos, y para establecer el tiempo que ha pasado desde que ocurrió la muerte. Luego se examina cómo las bacterias y los virus usan una variedad de rutas para entrar en sus huéspedes y cómo éstos han desarrollado evolutivamente barreras y mecanismos internos para combatir las infecciones. Estas protecciones no siempre son exitosas y mucha gente en el mundo todavía muere de enfermedades infecciosas. Este tema también investiga las batallas evolutivas que ocurren entre los invasores patógenos y sus huéspedes.

Tema 7 (A2). Corre por tu vida

Este tema está centrado en las adaptaciones fisiológicas que permiten a los seres humanos, en particular a los deportistas, y a otros animales desarrollar un ejercicio físico intenso. Se explora el vínculo entre la fisiología de un animal y su rendimiento. Este tema resume los requerimientos bioquímicos de la respiración y revisa los vínculos entre homeostasis, fisiología muscular y rendimiento. El tema termina examinando cómo la tecnología médica está permitiendo que más gente practique deportes, y discutiendo la cuestión de si se puede justificar que los atletas utilicen sustancias que aumentan el rendimiento.

Tema 8 (A2). Materia gris

El contexto se plantea al considerar cómo el funcionamiento del sistema nervioso nos permite ver. Se examinan las técnicas para obtener imágenes del cerebro y la existencia de regiones cerebrales. El tema también muestra cómo la comprensión de la estructura y del funcionamiento del cerebro es relevante para cuestiones tales como la respuesta a estímulos, el desarrollo de la visión y el aprendizaje. Se revisan los métodos que se utilizan para comparar las contribuciones de *natura* y *nurtura* al desarrollo del cerebro y para examinar el rol de la genética y de los modelos animales en la comprensión de la estructura del cerebro. El tema requiere que los estudiantes discutan la ética del uso de animales para la investigación médica. Otra cuestión que se investiga es cómo los desequilibrios en la química del cerebro pueden llevar a enfermedades como el mal de Parkinson.

Para dar una idea más detallada del contenido de un tema típico, la tabla 2 lista los objetivos de aprendizaje para el Tema 3, «La voz del genoma». Este tema de hecho contiene mucha de la biología que le resulta familiar al profesorado de biología del Reino Unido que trabaja con estudiantes de entre 16 y 19 años de edad: por ejemplo, estructura de la célula, mitosis y meiosis, diferencias entre células eucariotas y procariotas, gametos de mamíferos y fertilización, inducción génica e interacciones entre genoma y ambiente. El tema incluye además nueva información y material sobre ética, en particular, cuestiones relacionadas con la investigación con células madre y el Proyecto Genoma Humano.

Hemos intentado en el curso posibilitar al máximo que los estudiantes se involucren con las cuestiones estudiadas, que las examinen críticamente y que sean capaces de desarrollar sus propias opiniones fundamentadas en evidencias. Por ejemplo, en el Tema 4 usamos la evidencia relacionada con el cambio climático global como una forma de introducir la cuestión de qué constituye una hipótesis científica válida y por qué. Esto debería ayudar a los estudiantes a entender que puede haber explicaciones alternativas para las observaciones científicas. En este tema, ni suponemos ni insistimos en que el actual cambio climático está causado por la humanidad. Primero revisamos las pruebas de que el clima realmente está cambiando; luego analizamos la evidencia para afirmar que este cambio es causado por la acción humana en lugar de ser natural. Por la misma razón, terminamos el Tema 4 con un análisis de la forma en que diferentes páginas web presentan datos sobre el cambio climático, para ilustrar cómo las conclusiones científicas sobre temas controvertidos pueden a veces depender de quién llega a ellas. Creemos que el Tema 4 es especialmente apropiado dado que ahora estamos en la Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible (2005-2014), promovida por la UNESCO.

Cada uno de los ocho temas han sido escritos por un equipo de alrededor de cinco o seis autores. Muchos o todos los autores en cada equipo son profesores y profesoras de biología de *advanced level* en actividad, sea en escuela o en *college*. Cada uno de nuestros equipos incluía a un investigador en biología o estaba en contacto con uno. En el caso de la cuestión del cambio climático del Tema 4, el director del equipo era el Dr. David Slingsby, en ese momento un profesor de escuela con un doctorado en ecología; el académico más involucrado en el tema fue el renombrado ecólogo vegetal Prof. Philip Grime, de la Universidad de Sheffield.

Se le dio a cada equipo un preciso informe (filosofía del curso, extensión total requerida, número de figuras permitidas, cronograma de entrega de los borradores, etc.); los grupos asistieron a un seminario informativo de un fin de semana. Además de producir los textos que se incluyeron en los libros del curso para los estudiantes, se le pidió a cada equipo que diseñara entre 15 y 20 actividades (discutidas con más detalle en la próxima sección). Los equipos consiguieron cumplir con las consignas en diversa medida. Durante la reunión informativa, cada equipo comenzó a trabajar en lo que consideraba una buena línea argumental y en un conjunto de consignas para los estudiantes. A lo largo del proceso de escritura, cada equipo interactuó con el equipo central de SNAB (Michael Reiss y Anne Scott desde septiembre de 2000, Angela Hall desde enero de 2001, Cathy Rowell desde septiembre de 2002), recibiendo retroalimentación de él. Una vez que cada equipo entregó sus materiales, el equipo central de SNAB los revisó, y a menudo también escribió materiales adicionales y actividades particulares. Luego los materiales fueron corregidos y enviados a dos o tres académicos para su revisión. Se incorporaron los comentarios de los revisores antes de que los materiales del curso fueran a Heinemann, la editorial que los publicó.

EL COMPONENTE ELECTRÓNICO DEL CURSO

El texto de los temas para los estudiantes aparece en libros de texto convencionales; el primero de los cuatro libros cortos para el piloto fue Hall et al. (2002a). Para el curso que se publicó en septiembre de 2005 hay dos libros de texto: el libro de AS para los estudiantes, ya publicado (Hall et al., 2005), y el libro de A2 (aparece en mayo de 2006). Sin embargo, los datos recolectados en los primeros meses del proyecto (fines de 2000 y principios de 2001) no sólo mostraron que, como se esperaba, cada escuela y *college* donde se enseña biología de *advanced level* tiene lectores de CD-ROM y acceso a Internet, sino que esto también sucede en la mayoría de las casas de los estudiantes que toman el curso. De acuerdo con esto, el curso tiene un fuerte componente electrónico, aunque nos aseguramos de que los estudiantes pudieran perfectamente tomar el curso mientras su centro tuviera un lector de CD-ROM (el primer disco de los cuatro que tuvo el piloto era Hall et al., 2002b) o acceso al sitio web del proyecto (<http://www.snabonline.com/default.asp> para el piloto; www.snabonline.com/login.aspx para la versión nacional).

El componente electrónico del curso se desarrolló en diferentes niveles. Cada CD-ROM (y el área de la web asociada a él) contiene lo que llamamos «actividades». Las

actividades incluyen trabajos prácticos; por ejemplo, en el Tema 3 tenemos varias actividades prácticas, algunas novedosas, otras bien establecidas. Dos de las actividades prácticas del Tema 3 son obligatorias (esto se indica en el programa escribiéndolas en cursiva; ver Tabla 2). Cada actividad práctica viene en hasta tres archivos: uno para el estudiante (existe casi siempre), uno para el profesorado (existe siempre) y uno para el personal técnico (existe si se necesita equipamiento).

Además de los trabajos prácticos, novedosos o tradicionales, hemos incluido otras actividades. Hay una introducción multimedia a cada tema y una prueba de revisión para que los estudiantes completen antes de comenzar con los temas de AS; hay recortes de periódicos y otros materiales escritos que se espera que los estudiantes consulten; hay sugerencias para discusiones y debates que los estudiantes pueden realizar; hay enlaces a páginas web apropiadas que contienen datos actualizados; hay animaciones para mostrar a los estudiantes lo que sucede en el tiempo (por ejemplo, en la replicación del ADN, en la síntesis de proteínas, en el transporte a través de membranas y en la fotosíntesis); hay tutoriales sobre ideas bioquímicas y matemáticas clave para la biología; hay material suplementario para profundización; hay guías sobre cómo usar las TIC (por ejemplo, para dibujar gráficas en Excel o para utilizar una cámara); hay también pruebas de recapitulación y otros materiales.

Tabla 2

Los logros de aprendizaje para el Tema 3, «La voz del genoma».

Las prácticas centrales (esto es, las prácticas que los estudiantes necesitan realizar para los exámenes) están en cursiva.

<p>Tema 3. La voz del genoma <i>Logros de aprendizaje</i> Los estudiantes deberían ser capaces de:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Describir la ultraestructura de una típica célula eucariota (núcleo, ribosomas, retículo endoplasmático liso y rugoso, mitocondria, centríolos, lisosomas, nucleolo). 2. Explicar el papel del retículo endoplasmático rugoso (REr) y del aparato de Golgi en el intercambio de proteínas entre las células. 3. Distinguir entre las ultraestructuras de las células eucariotas y procariotas. 4. Explicar el papel de la replicación del ADN y de la mitosis en el ciclo celular. 5. Explicar el significado de la mitosis para el crecimiento y para la reproducción asexual. 6. <i>Describir las fases de la mitosis y cómo pueden observarse prácticamente.</i> 7. Explicar cómo los gametos de mamíferos están especializados para sus funciones, incluyendo la reacción acrosómica. 8. Explicar la importancia de la fertilización en la reproducción sexual. 9. Explicar cómo la meiosis reduce a la mitad el número de cromosomas e introduce variaciones a través de la variación al azar (no se requieren las fases de la meiosis, el <i>crossing over</i> ni los quiasmas). 10. Explicar qué se entiende por células madre, pluripotencialidad y totipotencialidad. 11. Discutir las implicancias morales, éticas y espirituales de la investigación con células madre. 12. Explicar cómo los genes se pueden activar y desactivar por factores de la transcripción del ADN y cómo esta activación de los genes da lugar a células especializadas. 13. <i>Describir cómo se puede demostrar prácticamente la expresión de un gen por medio de la inducción de β-galactosidasa.</i> 14. Explicar cómo ciertas características pueden ser afectadas tanto por el genotipo como por el ambiente: altura humana, color de piel, color de pelo y cánceres, entre otras. 15. Explicar que los cánceres surgen de una división celular incontrolada (no se requiere un conocimiento detallado de los puntos de control del ciclo celular) y describir las causas genéticas, ambientales y ligadas al estilo de vida para el cáncer. 16. Discutir los principales logros del Proyecto Genoma Humano y las cuestiones sociales, morales y éticas que él suscita.

El CD-ROM y el sitio web tienen un entorno de aprendizaje opcional «a medida». Los profesores y profesoras pueden subir mensajes a una «cartelera» para comunicarse con sus clases y pueden ponerles tareas a los estudiantes, con consignas y fechas de entrega. Las calificaciones de las pruebas electrónicas al final de cada tema se almacenan automáticamente en el libro de calificaciones del sistema, que también puede recibir calificaciones ingresadas manualmente u otros datos. Hay también un grupo de discusión del profesorado vía web y otros dos grupos para estudiantes y técnicos. La intención es que el componente electrónico del curso permita a los estudiantes trabajar más autónomamente de lo que es usual en los cursos de biología de *advanced level*. El curso debería también ayudar al profesorado a hacer frente a una gran diversidad de capacidades en los estudiantes y a organizar el trabajo con aquellos estudiantes que se pierden partes del curso por enfermedad o por otras causas.

EVALUACIÓN DEL TRABAJO DEL CURSO

Somos conscientes de que todo nuevo curso necesita tener una serie de mecanismos de evaluación que se ajusten a sus objetivos. Invitamos a los cuerpos de acreditación existentes a que enviaran criterios para el desarrollo de los programas y para la evaluación del curso y, después de una entrevista, firmamos contrato con Edexcel. Hemos trabajado con Edexcel para producir una serie de instrumentos que evitaren los escollos típicos de la evaluación en ciencias de *advanced level*. En particular, nos hemos esforzado por producir mecanismos de evaluación del trabajo del curso que permitieran a los estudiantes demostrar lo que saben sin necesidad de pasar, junto con el profesorado, a través de una serie estéril y aparentemente interminable de rituales en los cuales el trabajo práctico se repite rutinariamente para permitir que la mayor cantidad posible de estudiantes den pruebas al profesorado, para que éste llene listas en las que se dice que ellos pueden hacer todo lo que el programa dice.

La mitad de la nota por el trabajo en el curso SNAB de AS se asigna por un informe (hecho en un procesador de textos) sobre una visita que el estudiante ha hecho o un tema que ha estudiado. Por ejemplo, los estudiantes pueden ir a un hospital, un zoológico o una industria farmacéutica y luego elaborar un informe sobre un aspecto particular de la biología que ellos vieron en acción. Alternativamente, los estudiantes pueden elaborar un informe sobre casi cualquier cuestión de la biología, esté o no en el curso.

La otra mitad de la nota por el trabajo en el curso de AS se asigna a una Revisión de Trabajos Prácticos. Este instrumento evalúa las habilidades de conocimiento, experimentales e investigativas desarrolladas durante el curso. Edexcel distribuye en los centros una prueba de Revisión de Trabajos Prácticos; los centros reparten la prueba a sus estudiantes en una fecha determinada. Más o menos una semana después, se les da a los estudiantes una hora para resolver la prueba bajo supervisión. Para

completar esta prueba, los estudiantes necesitan recurrir a su portafolio de trabajos prácticos. No es indispensable que los estudiantes hayan completado todos los prácticos, aunque el no haberlos completado restringirá los materiales escritos que ellos podrán usar para responder a las preguntas de la Revisión de Trabajos Prácticos. Todo el trabajo del curso de AS es calificado por Edexcel.

En el A2, los estudiantes entregan un informe escrito de hasta tres mil palabras sobre una investigación experimental que ellos han diseñado y llevado adelante. Se espera que esta investigación tome el tiempo equivalente a dos semanas de lecciones y tareas; por supuesto, este tiempo puede estar distribuido en un período de mucho más de dos semanas. La investigación utilizará las habilidades desarrolladas durante el AS. En el A2, los estudiantes serán evaluados por su capacidad de planificar y poner en práctica procedimientos experimentales, de interpretar sus resultados experimentales y de informar sobre su trabajo. El informe debe incluir la presentación y el análisis de datos numéricos obtenidos por el estudiante. Debe ser elaborado con un procesador de textos y entregado en un disco, enviado por correo electrónico o subido al sitio web de Edexcel. El informe será calificado por el profesor o profesora; algunos informes seleccionados serán inspeccionados por un moderador nombrado por Edexcel.

INVOLUCRAR AL PROFESORADO

Es obvio que cualquiera que desarrolle un nuevo curso debe involucrar a las personas que lo impartirán pero, como señala Jon Ogborn, el profesorado necesita estar mucho más que solamente involucrado (Ogborn, 2002). Los equipos del proyecto tienen que «soltar» sus materiales y, para que el curso realmente tenga éxito, el profesorado debe adueñarse de él; esto incluye no sólo usar sino también transformar los materiales. En nuestro caso, esto ha significado, por ejemplo, que mientras que se proveía los materiales electrónicos piloto en forma de archivos .pdf, hemos entregado algunos de los materiales nacionales como archivos .doc, para que los profesores y profesoras pudieran adaptarlos más fácilmente.

Por supuesto, no es suficiente sólo con proporcionar los materiales, incluso si el profesorado ha estado involucrado en su desarrollo y puede transformarlos para que se ajusten a su contexto y a sus necesidades. Hemos llevado adelante unos cursos de capacitación de dos días y medio para los centros que participan del proyecto (sea en el piloto o en la versión nacional). La mayoría de los centros enviaron a un solo profesor o profesora a estos cursos, aunque algunos centros mandaron a dos o más; también organizamos un día de entrenamiento para los técnicos en biología. Como se podría esperar, buena parte de esos cursos se dedicó a que el profesorado participante tuviera tiempo de explorar los abundantes materiales. Pero también dedicamos un cierto tiempo a la filosofía del curso y a que los participantes pudieran llevar adelante algunas actividades coordinados por miembros del equipo central de SNAB (Anne Scott, Angela Hall, Cathy Rowell

y yo mismo). La intención es ayudar al profesorado a tomar conciencia de:

- la manera en que los contextos pueden ser usados para involucrar a los estudiantes pero también para sacar a la luz los principios de biología subyacentes;
- cómo el curso les da, tanto a ellos como a sus estudiantes, mayor autonomía;
- que el curso funciona mejor si se utilizan enfoques interactivos de enseñanza y aprendizaje.

No obstante, no es fácil cambiar la forma en que uno enseña, como señalan los trabajos sobre desarrollo profesional continuo. La investigación en este tema muestra la importancia del apoyo de parte de la administración del centro; la exploración de principios, demostración, práctica, retroalimentación y tutoría en el lugar de trabajo; la disponibilidad de suficiente tiempo y de una adecuada evaluación; el trabajo con los colegas; la acción docente (Joyce & Showers, 1988; Cordingley et al., 2003; Loucks-Horsley et al., 2003; Pintó, 2005). Como se ha señalado:

«[...] al profesorado y a los científicos y científicas les toma una incalculable cantidad de tiempo –años más que días o meses– reexaminar sus propias experiencias, principios y prácticas sobre la ciencia y la educación científica e implementar estrategias coherentes y consistentes para combatir las desigualdades que existen actualmente en todos los niveles de nuestro sistema educativo» (Bianchini y Cavazos, 2001, pp. 286-287).

¿HACIA DÓNDE VAMOS AHORA?

El proyecto se aproxima ahora al final de la fase piloto (Figura 1), que termina en agosto de 2006 (cuando los estudiantes que comenzaron el AS piloto en septiembre de 2004 completan su A2). En septiembre de 2005 el proyecto se hizo (inter) nacional y comenzó a ser más autosuficiente desde el punto de vista económico, dado que se obtiene financiación de las tasas de examen y de la venta de los materiales del curso. La QCA ha observado el progreso del piloto y ha nombrado a la Dra. Jenny Lewis, de la Universidad de Leeds, para que dirija, en tres centros, una evaluación formativa en profundidad que nos ayude a aprender del piloto y nos permita modificar los materiales y el programa para la versión postpiloto. Se ha alentado a los y las estudiantes, técnicos y profesorado de todos los centros para que envíen por Internet su retroalimentación en forma continua; muchos lo han hecho (ver <http://www.advancedbiology.org/teaching/>), mientras que una muestra de los centros (once en total) completaron cuestionarios detallados sobre cada tema. Miembros del equipo central de SNAB visitaron algunos de los centros piloto para recoger informalmente datos sobre cómo marchaba el proyecto. Además, Ofsted (la agencia responsable en Inglaterra de inspeccionar las escuelas) rindió un bello tributo a SNAB cuando inspeccionó uno de los centros piloto en 2004:

«En un corto período de tiempo después de haber comenzado el curso, los estudiantes han aprendido a pensar como piensan los biólogos y a usar el lenguaje de la disciplina en forma fluida y precisa [...] Continúan aprendiendo muy bien a lo largo del curso, de manera tal que en algunas de las lecciones su trabajo es realmente sorprendente [...] excelente participación, motivación sobresaliente y buena actitud hacia el estudio [...] Un factor central en esta enseñanza excelente es el nuevo curso que la escuela ha adoptado recientemente. Actividades soberbias y un excelente uso de las tecnologías de la información y la comunicación llevan a un progreso de excepcional calidad. Todos los estudiantes se desempeñan muy bien» (Ofsted, 2004, p. 44).

Jenny Lewis comunicará sus resultados por separado, pero su trabajo muestra claramente que mientras algunos profesores y profesoras lograron enseñar el curso piloto de forma tal que maximizaron el aprendizaje de los estudiantes, otros continuaron enseñando de una manera bastante convencional, ejerciendo un férreo control sobre lo que hacía cada estudiante; así, por ejemplo, hubo relativamente poca discusión entre los estudiantes en clase. A la luz de los trabajos acerca del cambio en el profesorado, esto no resulta del todo sorprendente. Por ejemplo, un estudio de un nuevo curso para estudiantes de la misma edad que los de SNAB (*AS Science for Public Understanding*, «Ciencia de AS para la Comprensión en el Público»: <http://www.aqa.org.uk/qual/gceonly/sci.html>) concluyó:

«Nuestro principal resultado, por tanto, es que mientras el curso tiene éxito en alcanzar su primer objetivo de «apoyar y desarrollar el disfrute y el interés por la ciencia» y ha dado pasos significativos para alcanzar el objetivo (b) de alentar a los estudiantes a “interesarse en los informes de los medios de comunicación sobre cuestiones y eventos que involucran ciencia y tecnología”, la falta de habilidades didácticas que *requiere el profesorado para este tipo de curso* y de apoyo curricular estratégico limita alcanzar los otros cinco objetivos. Cambiar las culturas que forman y moldean al profesorado es, desafortunadamente, una tarea mucho más difícil que simplemente cambiar el currículo. De hecho, requiere considerable apoyo, esfuerzo y tiempo» (Osborne et al., 2002, p. 10).

Hemos hecho frente a esto poniendo más énfasis, durante la instancia de capacitación de los profesores y profesoras, en cómo el curso puede ser enseñado más efectivamente y escribiendo módulos de desarrollo profesional continuado para el profesorado. La idea de estos módulos es que los grupos de profesores y profesoras dentro de los centros puedan dedicar juntos entre una hora y una hora y media a cada módulo para desarrollar sus propias habilidades didácticas. Por ejemplo, tenemos un módulo titulado «Enseñanza de la biología contextualizada a través de guiones (líneas argumentales)» y otro llamado «Debate ético». Las razones para estos dos módulos son que enseñar contextualizadamente es central para el curso y que, aunque tenemos más enseñanza sobre aspectos éticos de la biología que la mayoría de los cursos de biología, la investigación muestra que muchos profesores y profesoras encuentran

difícil enseñar estos temas (ver Levinson, 2004). Además, el Centro de Proyectos Curriculares Nuffield está ahora financiando a un profesor de biología experimentado, que enseñó en el piloto de SNAB, para que pase un día por semana trabajando con nuevos centros para ayudarlos a comenzar el curso.

CONCLUSIONES

Sabemos que en toda Europa los y las jóvenes están insatisfechos con mucho de lo que hacen en la ciencia escolar (Schreiner y Sjøberg, en prensa). La enseñanza de la biología, afortunadamente, no sufre de los mismos problemas que la enseñanza de la física o de la química. Sin embargo, se puede afirmar que los currículos de biología de secundaria no han respondido a los rápidos avances en la disciplina. Y lo que es quizás más importante, a menudo no están proporcionando a los estudiantes las habilidades que ellos necesitan hoy en día, tanto si trabajan en carreras relacionadas con la biología como si simplemente son ciudadanos en un mundo donde la biología parece tener cada vez mayor influencia sobre la sociedad y sobre las vidas de las personas.

Salters-Nuffield Advanced Biology es un curso de uno o dos años para estudiantes de entre 16 y 19 años de edad que pretende hacer frente a estas deficiencias. El curso piloto mostró tener muchas fortalezas y resultó popular entre los estudiantes, el profesorado y los inspectores

por igual. Sin embargo, la filosofía del curso es particularmente demandante para las estrategias didácticas del profesorado. Hemos tratado de poner en marcha mecanismos para apoyar al profesorado frente a las expectativas puestas en ellos. Los próximos dos años deberían mostrar hasta qué punto hemos tenido éxito.

NOTA

Ponencia presentada en el VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias (Granada, 7 al 10 de septiembre de 2005).

AGRADECIMIENTOS

Estoy particularmente agradecido con todas las personas involucradas en la producción y la enseñanza del curso y con los estudiantes que lo tomaron. Agradezco a mis colegas Anne Scott, Angela Hall y Cathy Rowell, a los miembros de nuestros Comités de Administración y de Asesoramiento, a Heinemann (nuestra editorial), a Edexcel (nuestro Cuerpo de Acreditación) y a nuestros financiadores: el Instituto Salters, la Fundación Nuffield, el *Wellcome Trust*, ICI, Boots, Pfizer, Zeneca Agrochemicals y la *Royal Society of Chemistry*. También agradezco mucho a los organizadores del *VII Congreso Internacional de Investigación en la Enseñanza de las Ciencias* por invitarme a hablar y por llevar a buen término tan excelente y agradable congreso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANON (1999). Sykes advises universities to turn clock back. *Chemistry & Education*, 18, p. 687.
- BIANCHINI, J.A. y CAVAZOS, L.M. (2001). Promoting inclusive science education through professional development: Challenges faced in transforming content and pedagogy, en Calabrese Barton, A. y Osborne, M.D. (eds.). *Teaching science in diverse settings: Marginalized discourses and classroom practice*, pp. 259-293. Nueva York: Peter Lang.
- CORDINGLEY, P., BELL, M., RUNDELL, B. y EVANS, D. (2003). The impact of collaborative CPD on classroom teaching and learning. *Research Evidence in Education Library. Version 1.1*. Londres: EPPI-Centre, Social Science Research Unit, Institute of Education.
- GADD, K. (1999). Hotspots in post 16 science. *Post Sixteen Science Issues*, 29, pp. 17-18.
- HALL, A., REISS, M. y SCOTT, A. (2001). Developing a new advanced level biology specification. *Science Teacher Education*, 31, pp. 14-16.
- HALL, A., REISS, M. y SCOTT, A. (eds.). (2002a). *Salters-Nuffield Advanced Biology AS Student Book 1, Pilot edition*. Oxford: Heinemann.
- HALL, A., REISS, M. y SCOTT, A. (eds.). (2002b). *Salters-Nuffield Advanced Biology AS Student, Teacher and Technician Resource, CD-ROM 1, Pilot edition*. Oxford: Heinemann.
- HALL, A., REISS, M.J., ROWELL C. y SCOTT, C. (2003). Designing and implementing a new advanced level biology course. *Journal of Biological Education*, 37, pp. 161-167.
- HALL, A., REISS, M., ROWELL, C. y SCOTT, A. (eds.). (2005). *Salters-Nuffield Advanced Biology AS Student Book*. Oxford: Heinemann.
- HART, C. (2002). Framing curriculum discursively: Theoretical perspectives on the experience of VCE Physics. *International Journal of Science Education*, 24, pp. 1.055-1.077.
- HOLBROOK, J. (1999). World conference on science: Science for the twenty-first century A New Commitment 26 June - 1 July 1999, Budapest, Hungría. *Science Education International*, 10(3), pp. 5-7.
- JOYCE y SHOWERS (1988). *Student achievement through staff development*. Nueva York: Longman.
- KILLERMANN, W. (1996). Biology education in Germany: Research into the effectiveness of different teaching methods. *International Journal of Science Education*, 18, pp. 333-346.
- LAWSON, A.E., CLARK, B., CRAMER-MELDRUM, E., FALCONER, K.A., SEQUIST, J.M. y KWON, Y.J. (2000). Development of scientific reasoning in college biology: Do two levels of general hypothesis-testing skills exist? *Journal of Research in Science Teaching*, 37, pp. 81-101.
- LEVINSON, R. (2004). Teaching bioethics in science: Crossing a bridge too far? *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 4, pp. 353-369.
- LOCK, R. (1998). Advanced-level biology - Is there a problem. *School Science Review*, 80(290), pp. 25-28.
- LOUCKS-HORSLEY, S., LOVE, N., STILES, K.E., MUNDY, S. y HEWSON, P.W. (2003). *Designing Professional Development for Teachers of Science and Mathematics, 2nd edn*. California: Corwin Press, Thousand Oaks.
- OFSTED (2004). Inspection report on King Ecgbert School, Sheffield. Unique reference number 107129. Disponible en <<http://www.ofsted.gov.uk/reports/index.cfm?fuseaction=summary&id=107129>> (página visitada en agosto de 2005).
- OGBORN, J. (2002). Ownership and transformation: Teachers using curriculum innovation. *Physics Education*, 37, pp. 142-146.
- OSBORNE, J., DUSCHL, R. y FAIRBROTHER, R. (2002). *Breaking the mould? Teaching science for public understanding*. Londres: The Nuffield Foundation.
- OSBORNE, J., SIMON, S. y COLLINS, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25, pp. 1.049-1.079.
- PINTÓ, R. (2005). Introducing curriculum innovations in science: Identifying teachers' transformations and the design of related teacher education. *Science Education*, 89, pp. 1-12.
- REISS, M.J. (1998). The future of life science education. *School Science Review*, 79(289), pp. 19-24.
- REISS, M.J. (2000). *Understanding science lessons: Five years of science teaching*. Buckingham: Open University Press.
- REISS, M.J. (2005). The importance of affect in science education, en Alsop, S. (ed.). *The affective dimensions of cognition: Studies from education in the sciences*, pp. 17-25. Dordrecht: Kluwer.
- REISS, M.J. (en prensa). Teacher education and the new biology. *Teaching Education*.
- ROBERTS, R. y GOTT, R. (1999). Procedural understanding: Its place in the biology curriculum. *School Science Review*, 81(294), pp. 19-25.
- SCHREINER, C. y SJØBERG, S. (en prensa). Et meningsfullt naturfag for dagens ungdom? [A meaningful school science for today's youth?] *Nordina*, 2.
- WOOLNOUGH, B.E., MCLAUGHLIN, S. y JACKSON, S. (1999). Learning by doing - Two classroom studies of pupils' preferred ways of learning science. *School Science Review*, 81(294), pp. 27-34.