

## **Las TIC en la enseñanza de la Biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales**

**Marta López García<sup>1</sup> y Juan Gabriel Morcillo Ortega<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>IES Luis García-Berlanga. E-mail: [martalogar@mi.madritel.es](mailto:martalogar@mi.madritel.es)

<sup>2</sup>Facultad de Educación. Universidad Complutense. E-mail: [morcillo@edu.ucm.es](mailto:morcillo@edu.ucm.es)

**Resumen:** La integración de las TIC en las asignaturas de ciencias adolece de falta de materiales concebidos para desarrollar el trabajo práctico con los alumnos. Los laboratorios virtuales constituyen un recurso que permite simular las condiciones de trabajo de un laboratorio presencial superando algunas de las limitaciones de estas actividades y propiciando nuevos enfoques. Los ejemplos recopilados en este artículo pretenden mostrar algunas de sus posibilidades.

**Palabras clave:** laboratorio virtual, enseñanza secundaria, actividades de biología, actividades con TIC

**Title:** ICT in biology teaching in secondary education: virtual labs

**Abstract:** The process of integrating ICT in sciences curricula suffers from a lack of proper materials developed for practical work with pupils. Virtual laboratories are a resource that can simulate the actual working conditions of real laboratories, thus overcoming some of said laboratories' limitations and offering new approaches to researchers. Examples described in this paper intend to show some of their possibilities.

**Key words:** virtual laboratory, secondary teaching, biology activities, ICT activities

### **Incorporación de las TIC a la enseñanza**

Uno de los rasgos que, indudablemente, va a caracterizar a las sociedades del S. XXI, es la incorporación plena de las TIC tanto al campo profesional como al personal. El ámbito educativo no sólo no puede sustraerse a esta realidad, sino que tiene ante sí el reto de hacer frente a las desigualdades sociales que se manifiestan en el acceso a la utilización de estas tecnologías y la alfabetización digital, hasta el punto de que "uno de los indicadores de calidad de la educación en los países desarrollados tecnológicamente debe ser la forma en que la escuela aborda y reduce la creciente *brecha digital*, o división social entre quienes saben y no saben utilizar las nuevas tecnologías para mejorar sus relaciones sociales y laborales" (Bautista, 2004). La sociedad necesita, cada vez más, gente preparada con competencias en el manejo de las TIC dentro de los distintos ámbitos profesionales y una ciudadanía igualmente preparada y familiarizada con la utilización de unas tecnologías que ya son necesarias para desenvolverse en sociedad. Es por tanto preciso que desde los centros educativos se facilite el acceso a unas herramientas indispensables para que

los estudiantes desarrollen las competencias necesarias para integrarse en un ambiente tecnológico cambiante.

La actitud de los profesores hacia la incorporación de estas tecnologías en el aula es bastante positiva como revelan numerosos estudios (Rodríguez, 2000; Carballo y Fernández, 2005; Orellana et al., 2004; Canales 2005), según los cuales el interés, la motivación y la valoración de la necesidad de actualización profesional en este campo son altos por parte de un porcentaje elevado de profesores. Esta circunstancia se corrobora también en estudios de ámbito europeo: el informe de la Comisión Europea de 2006 (European Commission, 2006) pone de manifiesto que el 80% de los profesores consideran provechoso el uso de las TIC por los alumnos, especialmente a la hora de practicar y hacer ejercicios, mientras que un quinto de los profesores europeos no ven ventajas en su utilización para la docencia.

Sin embargo, cuando analizamos los estudios sobre la utilización de las TIC que se están llevando a cabo realmente en las aulas, encontramos que la incorporación de estas tecnologías a la práctica docente habitual está lejos de ser una realidad. Una reciente revisión de las líneas de investigación sobre la integración de las TIC en el sistema escolar (Area, 2005) analiza algunos de estos estudios, encontrando que aún no permiten "comprender qué sucede cuando los ordenadores entran en las escuelas, las causas de la resistencia del profesorado a integrar las tecnologías en su práctica docente o cómo implementar exitosamente estrategias de incorporación escolar de las TIC en un determinado contexto regional o nacional" para concluir que, a pesar de casi dos décadas de esfuerzos continuados y de proyectos impulsados institucionalmente por las distintas administraciones educativas para la incorporación de las TIC a la enseñanza, todavía su uso no se ha generalizado ni se ha convertido en una práctica integrada en los centros escolares.

Indudablemente, la incorporación de estas tecnologías en las clases supone un desafío para el profesorado que encuentra numerosas barreras para su utilización en el aula. Estudios realizados con el fin de analizar las dificultades para la plena incorporación de las TIC en el aula en distintas comunidades autónomas (PROFORTIC, 2005; Bo y Sáez, 2005; Fuentes et al., 2005; ISEI-IVEI, 2004) coinciden en señalar, como principales obstáculos percibidos por los profesores: la escasez de recursos, la falta de formación del profesorado, la falta de materiales y modelos curriculares y la falta de tiempo y de motivación. Conclusiones parecidas se obtienen de estudios realizados a nivel europeo (BECTA, 2004), según los cuales las barreras para la integración de las TIC en la enseñanza estriban fundamentalmente en la dificultad de acceso a los recursos, la falta de competencia técnica y pedagógica, la falta de materiales curriculares, la falta de apoyo técnico y formativo, la falta de tiempo y la resistencia del profesorado a dicha integración. Estudios similares en Estados Unidos (Lara, 2006) identifican el acceso al hardware, la conexión a Internet, la disponibilidad de software y la formación del profesorado como los cuatro pilares básicos para la integración de la TIC en el aula.

Por otro lado, algunas voces (Pérez Moreno, 2003; Area, 2005) advierten sobre la implantación improvisada de las TIC en los centros sin

haber valorado previamente las características que esta debería tener en función de las necesidades educativas de los alumnos y sobre la falta de estudios que permitan identificar las claves de las innovaciones tecnológicas exitosas en la enseñanza. La sensación de que la aplicación de las TIC sucede más en el terreno de la comunicación y la información que del conocimiento y la formación está bastante extendida, aunque parezca un poco excesivo afirmar que "la aplicación de las TIC carece de un objetivo pedagógico y didáctico específico" (Pérez Moreno, 2003).

Sin hacer una generalización de lo que, efectivamente, pudiera darse puntualmente en alguna ocasión, sí parece cierto que faltan estudios que revelen cuáles son las necesidades específicas de las escuelas respecto a las TIC. No se trata de que los profesores, presionados por una situación impuesta, se afanen en buscar "alguna utilidad" de las TIC en su docencia, tratando para ello de abrir espacios dentro de la rígida organización escolar. Es decir, no se trata de que las escuelas se adapten a las TIC, sino al revés. La plena integración curricular de las TIC pasa por identificar contextos adecuados en los que estas tecnologías vengán a resolver problemas o carencias del sistema tradicional de enseñanza y por analizar nuevos enfoques didácticos, propiciados por los nuevos ambientes de aprendizaje, que redunden en una mejora contrastada de la calidad de la enseñanza, sin que pueda percibirse que sacrificamos la pedagogía en favor de la tecnología. Sólo con el convencimiento de la existencia de beneficios pedagógicos podemos esperar una participación decidida del profesorado en una empresa, el cambio metodológico, que, no lo obviemos, exige una gran dedicación personal.

Como afirma Area (2003), las redes telemáticas deberían ser "un factor que ayude a construir y desarrollar un modelo de enseñanza más flexible, donde prime más la actividad y la construcción del conocimiento por parte del alumnado a través de una gama variada de recursos que a la mera recepción pasiva del conocimiento a través de unos apuntes y/o libros", tarea que va más allá de ampliar las fuentes de información para la realización de trabajos con los alumnos o presentar los contenidos tradicionales bajo formatos digitales, eso sí, más novedosos.

### **Las TIC en la enseñanza de las ciencias**

Internet se ha convertido en el soporte técnico imprescindible para el desarrollo de nuevos modelos de enseñanza a la vez que en una potente herramienta didáctica que permite el acceso a una cantidad ingente de información y abre nuevos canales de comunicación rompiendo, como se ha dicho tantas veces, barreras temporales y espaciales. Según el mencionado informe de la Comisión Europea (European Commission, 2006), el material del que se sirven los profesores para utilizar en sus clases procede fundamentalmente de Internet en un 83%, alcanzando un 94% en Reino Unido, lo que probablemente constituye, como se apunta en el informe, un indicador del predominio de recursos disponibles en lengua inglesa. Ciertamente existen cada vez más portales educativos en Internet en los que podemos encontrar recursos didácticos para el aula, pero aún son insuficientes (sobre todo en español) y, en la mayoría de los casos, estos recursos constituyen documentos o actividades encaminadas a la búsqueda

de información o para reforzar conocimientos dentro del ámbito conceptual. Sin embargo, en las materias científicas, el trabajo experimental forma parte de su *corpus* disciplinar. Desde la enseñanza de las ciencias, la asociación entre teoría y trabajo práctico se entiende como una relación de necesidad (Hodson, 1994; Barberá y Valdés, 1996; De Pro, 1998; Izquierdo et al., 1999; Sanmartí et al., 2003, Cano y Cañal, 2006) y es asumida por la mayor parte del profesorado como una exigencia natural de su propia actividad profesional, hasta el punto de considerarse "incompleta" una enseñanza meramente teórica. Las actuales consideraciones didácticas conducen, además, a la necesidad de centrar el trabajo experimental preferentemente en los alumnos, considerando formatos diversos, entre ellos los de tipo investigativo. Los nuevos modelos pedagógicos apoyados en el aprendizaje virtual deben por tanto atender, en la didáctica de las ciencias experimentales, también a los objetivos procedimentales, que persiguen el desarrollo de determinadas destrezas intelectuales en relación con los procesos científicos. Las TIC, en tanto que permiten la interactividad del estudiante, pueden suponer una contribución importante en la formación de los estudiantes en este campo.

Pero, como hemos visto, uno de los obstáculos que ocupa un lugar destacado en los mencionados estudios sobre la integración disciplinar de las TIC es la falta de materiales curriculares para las diferentes disciplinas y niveles educativos adaptados a este nuevo entorno de aprendizaje. Esta percepción por parte del profesorado, cuando es evidente que cada vez encontramos más contenidos con fines educativos publicados en la red, probablemente esté reflejando la escasez de recursos diseñados para trabajar los procedimientos propios de las disciplinas.

La necesidad de elaborar los propios materiales didácticos en formato digital provoca ansiedad y frustración en un profesorado que carece de la formación que requiere esta empresa o que contempla el desarrollo de los materiales que necesitaría para su práctica docente diaria como una tarea inabarcable. Obviamente la necesidad de formación del profesorado para la integración de las TIC en el aula no incluye su formación como programadores, no es esa su función, sino la de conocer, seleccionar, utilizar y adaptar los materiales informáticos de modo análogo a como ya hacía con otro tipo de materiales (libros, vídeos, diapositivas, transparencias, etc.).

Los programas diseñados con un objetivo educativo específico, como los *learning objects*, no están sin embargo exentos de críticas, ya que existe una aparente desconexión entre el carácter generalmente instruccional de estos materiales y las tendencias actuales en educación que enfatizan la importancia del aprendizaje colaborativo y de las comunidades de aprendizaje. Pero la contextualización de estos materiales es tarea del profesorado, como ya lo era con los materiales tradicionales. Una imagen, un video, un texto o una fotografía (sean digitales o no) pueden ser adaptados a distintos escenarios educativos y con diferentes propósitos. Es el profesor el responsable de dar sentido pedagógico a estos materiales incorporándolos a sus actividades y utilizando las estrategias didácticas que considere más oportunas. La disponibilidad de software adecuado para las diferentes disciplinas, niveles y objetivos educativos, cuya utilización requiera una mínima preparación tanto por parte de los profesores como de

los estudiantes podría ser una de las claves para impulsar la utilización de las TIC en el aula, especialmente en el ámbito de los procesos científicos.

Existen aplicaciones de carácter general (procesadores de texto, bases de datos, hojas de cálculo, entornos de diseño gráfico..) que pueden ser utilizadas con esta finalidad, así como programas específicos de enseñanza de las ciencias asistida por ordenador (ejercicios, tutoriales, simulaciones, experimentos..), que permiten trabajar sobre objetivos educativos concretos y que son de gran interés en la educación científica y técnica por las posibilidades que ofrece el ordenador desde el punto de vista de la comunicación, la interactividad, el tratamiento de imágenes, la simulación de fenómenos y experimentos, la construcción de modelos, la resolución de problemas, el acceso a la información y el manejo de todo tipo de datos (Pontes, 2005).

Coincidiendo con Pontes (2005), algunas de las actividades basadas en el uso de las TIC que pueden llevarse a cabo en las clases de ciencias son:

- Como herramienta de apoyo a las explicaciones
- Para elaboración de trabajos de los alumnos
- Para la búsqueda de información en Internet o enciclopedias virtuales
- Para desarrollar tareas de aprendizaje a través del uso de software didáctico específico de cada materia con simulaciones, experiencias virtuales, cuestionarios de autoevaluación...
- Para utilizar el ordenador como elemento de adquisición y análisis de datos en experiencias de laboratorio asistido por ordenador

### **Los laboratorios virtuales**

Para trabajar sobre los procesos de la ciencia, habría que destacar, dentro del software específico, los laboratorios virtuales, que permiten desarrollar objetivos educativos propios del trabajo experimental. Se entiende por laboratorio virtual un sitio informático que simula una situación de aprendizaje propia del laboratorio tradicional. Los laboratorios virtuales se enmarcan en lo que se conoce como entornos virtuales de aprendizaje (EVA) que, "aprovechando las funcionalidades de las TIC, ofrecen nuevos entornos para la enseñanza y el aprendizaje libres de las restricciones que imponen el tiempo y el espacio en la enseñanza presencial y capaces de asegurar una continua comunicación (virtual) entre estudiantes y profesores" (Marqués, 2000).

Estos laboratorios, aplicados a la enseñanza secundaria, permiten:

- Simular un laboratorio de ciencias que permita solucionar el problema de equipamiento, materiales e infraestructura de los laboratorios presenciales.
- Recrear procesos y fenómenos imposibles de reproducir en un laboratorio presencial e intervenir en ellos.
- Desarrollar la autonomía en el aprendizaje de los estudiantes.

- Tener en cuenta las diferencias en el ritmo de aprendizaje de los alumnos a un nivel más profundo de lo que es posible en el laboratorio presencial (posibilidad de repetir las prácticas o alterar su secuencia, por ejemplo)
- Desarrollar en los estudiantes habilidades y destrezas en el uso de las TIC
- Desarrollar una nueva forma de aprendizaje que estimule en los estudiantes el deseo por aprender e investigar.
- Incluir sistemas de evaluación que permitan ajustar las ayudas pedagógicas a las necesidades de los alumnos
- Sustituir al profesor en las tareas más rutinarias, como la exposición de conceptos, permitiéndole dedicar más tiempo a los alumnos individualmente

Los laboratorios virtuales rompen con el esquema tradicional de las prácticas de laboratorio así como con sus limitaciones (espacio, tiempo, peligrosidad, etc.) y aportan una nueva perspectiva de trabajo. Sin embargo, a pesar de sus virtudes, parece existir cierta resistencia a hacer de ellos integrantes naturales del currículo de ciencias debido, por una parte, a la elevada inversión en tiempo y dinero necesaria para su diseño y por otra, a la falta de resultados empíricos acerca de su uso, aunque algunas experiencias avalan su viabilidad técnica y su valor educativo (Morcillo et al., 2007).

Las simulaciones y la realidad virtual son las herramientas que se utilizan habitualmente en estos laboratorios para reproducir los fenómenos reales en los que se basa la actividad. Las simulaciones constituyen excelentes herramientas para reproducir fenómenos naturales y mejorar su comprensión. Algunas sólo permiten visualizar el fenómeno y no van acompañadas de propuesta didáctica alguna, que queda a criterio del docente, pero otras son interactivas y permiten al estudiante modificar las condiciones del fenómeno y analizar los cambios que se observan. Las simulaciones pueden ser utilizadas para crear entornos constructivistas de aprendizaje en los que el proceso educativo se articula en torno al tratamiento de proyectos, cuestiones o problemas de interés para los alumnos que generen un proceso investigador (Esteban, 2002; García y Gil, 2006). Los estudiantes al interactuar con la simulación comprenden mejor los sistemas, procesos o fenómenos reales explorando conceptos, comprobando hipótesis o descubriendo explicaciones. Esta interactividad permite a los alumnos reestructurar sus modelos mentales al comparar el comportamiento de los modelos con sus previsiones. Las simulaciones no son un sustituto de la observación y la experimentación de fenómenos reales en un laboratorio, pero pueden añadir una nueva dimensión válida para la indagación y la comprensión de la ciencia.

Algunos laboratorios, para conseguir un mayor realismo utilizan aplicaciones de realidad virtual. La realidad virtual consigue un efecto de "inmersión" en un ambiente artificial en el que el usuario puede examinar, manipular e interactuar con los objetos, y suele asociarse a todo aquello que utiliza imágenes en tres dimensiones. Un mundo virtual es "un modelo matemático que describe un "espacio tridimensional", dentro de este

"espacio" están contenidos objetos que pueden representar cualquier cosa, desde una simple entidad geométrica, por ejemplo un cubo o una esfera, hasta una forma compleja, como puede ser un desarrollo arquitectónico, un nuevo estado físico de la materia o el modelo de una estructura genética. Se trata, en definitiva, de un paso más allá de lo que sería la simulación por computador, tratándose realmente de la simulación interactiva, dinámica y en tiempo real de un sistema" (Hilera et al., 1999).

Versiones virtuales de museos, programas de diseño tridimensional en arquitectura o aplicaciones para el entrenamiento técnico, por ejemplo de pilotos, son algunas de las aplicaciones más notorias, pero en la enseñanza son cada vez más utilizados. En este sentido, ya se está experimentando con universidades, campus, bibliotecas, laboratorios y aulas virtuales. En el caso de las aulas, estas aplicaciones constituyen, por ejemplo, un medio interactivo que permite a los estudiantes la inmersión en el ambiente de una clase simulada cuando vayan a realizar un curso de enseñanza asistida por ordenador. Los laboratorios virtuales diseñados a partir de simulaciones o bajo aplicaciones de realidad virtual son un recurso de gran interés en la enseñanza de las ciencias ya que favorecen la participación activa del alumno mediante la experimentación de fenómenos con los que puede interactuar.

### **Laboratorios virtuales para la enseñanza de la Biología en la educación secundaria**

Aunque se pueden encontrar ya bastantes ejemplos de laboratorios virtuales aplicados a la Física o la Química, desgraciadamente no hay muchos programas disponibles en la red para la enseñanza de la Biología y menos aún en español. Existen, eso sí, numerosas páginas que contienen simulaciones muy útiles para la enseñanza de la Biología, pero en las que la interactividad es muy limitada. Lo que sigue es una breve recopilación de recursos disponibles en Internet que, o bien han sido diseñados para el trabajo experimental y pueden utilizarse directamente o bien son susceptibles de incorporarse al mismo adaptándolos o incluyéndolos en las prácticas de laboratorio:

#### *1- Simulaciones de Biología general*

La excelente página del North Harris College de Houston (<http://science.nhmccd.edu/biol/animatio.htm>) contiene numerosos tutoriales y simulaciones sobre Biología celular, Inmunología, Microbiología o Anatomía y Fisiología humanas y también, sobre los mismos temas, la página francesa del sitio de Microbiología de la academia Creteil ofrece animaciones muy buenas (<http://www.ac-creteil.fr/biotechnologies/index.htm>).

En <http://www.physiologyeducation.org/> podemos encontrar simulaciones sobre Fisiología del Physiology Educational Research Consortium, proyecto colaborativo de 14 fisiólogos y profesores de diversas instituciones universitarias y médicas de Estados Unidos, cuya finalidad es desarrollar materiales y técnicas que ayuden a los estudiantes a comprender mejor los procesos fisiológicos.

El DNA Learning Center de Nueva York (<http://www.dnalc.org/home.html>) ofrece un buen tutorial interactivo sobre el ADN así como animaciones sobre cómo obtener líneas celulares embrionarias, huellas genéticas, la acción de la PCR, etc. Más animaciones y tutoriales sobre Biología celular se encuentran en "CELLS alive!" (<http://www.cellsalive.com/>) y en los módulos sobre Biología y recursos adicionales de la página de Biologymad (<http://www.biologymad.com/>).

Sobre desarrollo embrionario podemos encontrar animaciones, algunas traducidas al español (eso sí, pésimamente), en la página de la universidad de Stanford <http://www.stanford.edu/group/Urchin/contents.html>.

En la página personal de S.M. Halpine <http://home.earthlink.net/~shalpine/> también hay animaciones sobre biología celular e inmunología.

Muchas editoriales publican libros de texto que incluyen un CD-rom con simulaciones, tutoriales o ejercicios interactivos. Sumanas Inc. es una empresa de desarrollo de material multimedia para educación que diseña muchas animaciones para diferentes editoriales. Una extensa colección de animaciones desarrolladas por esta empresa se pueden encontrar en su página <http://www.sumanasinc.com/webcontent/animation.html>.

Otras editoriales, como W. H. Freeman (<http://bcs.whfreeman.com/thelifewire8e/>) o Wiley, (<http://www.wiley.com/legacy/college/boyer/0470003790/chapter/chapter.htm>) tienen algunos de sus textos disponibles en la red en formato hipertextual, los cuales incluyen gran cantidad de animaciones.

En español podemos encontrar algunas simulaciones en las páginas personales de algunos profesores como Lourdes Luengo (<http://www.arrakis.es/~ibrabida/biologia.html>) o Jose Luis Sánchez ([http://web.educastur.princast.es/proyectos/biogeo\\_ov/Animaciones/Indexe\\_anim.htm](http://web.educastur.princast.es/proyectos/biogeo_ov/Animaciones/Indexe_anim.htm)). También en Jugar y aprender Ciencias Naturales hay una simulación sobre las leyes de Mendel (<http://www.upv.es/jugaryaprender/cienciasnaturales/simumendel.htm#mendel>) y sobre biología vegetal, bajo suscripción, en eduMedia ([http://www.edumedia-sciences.com/m214\\_I3-biologia-vegetal.html](http://www.edumedia-sciences.com/m214_I3-biologia-vegetal.html)).

Algunas universidades latinoamericanas tienen páginas con animaciones en español, como la página del Departamento de Biología de la Universidad Autónoma de Honduras (<http://www.cra.unah.edu.hn/biologia/animaciones.html>) o la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste de Argentina (<http://www.biologia.edu.ar/>).

## *2- Laboratorios virtuales*

Mayor interactividad presentan algunos laboratorios virtuales específicamente diseñados con un objetivo educativo concreto. Así, en la página del Virtual Courseware Project (un proyecto de diseño de simulaciones interactivas online para laboratorios de ciencias de la Universidad de California y la National Science Foundation de Estados Unidos) el laboratorio virtual sobre Genética, "Drosophila" (<http://www.sciencecourseware.org/vcise/drosophila/>), permite visualizar y



cuantificar los resultados de cruzamientos de moscas *Drosophila* de diferentes fenotipos tras varias generaciones y analizar las hipótesis de trabajo. La información registrada sirve para realizar el informe de laboratorio cuya plantilla es proporcionada por el propio programa. Un cuestionario final permite comprobar el aprendizaje.

Otros ejemplos de laboratorio virtual pueden consultarse en la página "Biology Labs Online" de este mismo proyecto (<http://www.sciencecourseware.org/BLOL/>), aunque éstos solamente pueden utilizarse bajo suscripción. También mediante suscripción se puede trabajar con los laboratorios del catálogo Gizmo sobre diversos temas de Biología, aunque una demo permite visualizar sus características (<http://www.explorellearning.com/>).

En la página "Biology in Motion" se pueden encontrar actividades interactivas además de un laboratorio sobre evolución que permite introducir mutaciones en una población comprobar los efectos de la selección tras varias generaciones (<http://biologyinmotion.com/evol/>).

La universidad de Cornell ha desarrollado una serie de tutoriales para el laboratorio de Biología para trabajar en diversos temas como enzimas, ósmosis, diversidad animal y vegetal, genética, división celular, embriología o el manejo del microscopio y las pipetas a través de varias actividades interactivas ([http://biog-101-104.bio.cornell.edu/BioG101\\_104/BioG103-104.html](http://biog-101-104.bio.cornell.edu/BioG101_104/BioG103-104.html)).

La universidad de Wisconsin, a través de su página "Connecting Concepts: Interactive Lessons in Biology" (<http://ats.doit.wisc.edu/biology/lessons.htm>), ofrece varios laboratorios sobre ecología, evaluación, genética, biología celular, fisiología animal y fisiología vegetal, en cada uno de los cuales propone a los estudiantes una tarea de tipo investigativo.

El Brooklyn College (<http://www.brooklyn.cuny.edu/bc/ahp/BioWeb/BioWeb.Lab3.main.html>) ofrece un laboratorio de Microbiología que permite trabajar conceptos de Ecología como población, factores bióticos y abióticos, factores limitantes o capacidad de carga del ecosistema a partir del estudio del crecimiento de poblaciones de bacterias en presencia o ausencia de factores limitantes, así como el registro de datos y la elaboración de curvas de crecimiento exponencial y sigmoidal.

La página "The Virtual Biology Labs" (<http://bio.rutgers.edu/>) contiene 10 laboratorios virtuales (3 aún no disponibles) sobre diferentes temas de Biología.

Destrezas más avanzadas de la investigación científica se pueden trabajar en Biointeractive, página del Instituto Médico Howard Hughes (<http://www.hhmi.org/biointeractive/vlabs/index.html>), a través del "Laboratorio virtual de inmunología", que permite utilizar técnicas de ensayo inmunoenzimático (ELISA) para detectar la presencia o no de anticuerpos para una determinada enfermedad, así como de sus otros laboratorios disponibles sobre moscas transgénicas, identificación de bacterias, cardiología y neurofisiología.

También algunas editoriales incluyen laboratorios virtuales entre sus recursos disponibles en la red. Así, McGrawHill, a través del Online Learning

Center ([http://highered.mcgraw-hill.com/sites/0072437316/student\\_view0/online\\_labs.html](http://highered.mcgraw-hill.com/sites/0072437316/student_view0/online_labs.html)), permite el acceso a 31 laboratorios virtuales de Biología basados en la simulación de investigaciones que comienzan con una hipótesis que tiene que ser contrastada. Otra editorial, Pearson Prentice Hall, en su página "LabBench Main" ([http://www.phschool.com/science/biology\\_place/labbench/index.html](http://www.phschool.com/science/biology_place/labbench/index.html)), ofrece 12 laboratorios sobre distintos aspectos de Biología y Fisiología con simulaciones, actividades interactivas y cuestionarios de autoevaluación.

### *3- Disecciones*

También las disecciones para el estudio de los seres vivos, cada vez menos presentes en los laboratorios de enseñanza secundaria por razones, en parte, éticas y de disponibilidad de material, pueden realizarse ahora virtualmente en las aulas a través de programas informáticos. Ejemplos disponibles en Internet, en los que la anatomía interna se nos va descubriendo a golpe de ratón, son la disección de una rana en <http://frog.edschool.virginia.edu/> o de un cerdo en <http://tec.uno.edu/George/Class/2002Fall/EDCI4993603/webSites/BMaloney/pigdissection.htm>, aunque se pueden encontrar otros ejemplos en CD-ROM (<http://www.biolabsoftware.com/bls/pig.html>). Otro ejemplo de disección de una rana en 3D se encuentra en: [http://froggy.lbl.gov/#frog\\_anatomy](http://froggy.lbl.gov/#frog_anatomy).

### *4- Microscopía*

En relación a la microscopía, algunas instituciones, como el departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Delaware, han desarrollado programas que permiten incluso desarrollar destrezas manipulativas, aunque quizás no sea esta la aplicación más interesante de estos laboratorios. En este caso se trata de un programa instruccional en el que el alumno maneja virtualmente un microscopio y observa algunas preparaciones (<http://www.udel.edu/Biology/ketcham/microscope/>).

Para trabajar sobre diferentes tipos de microscopía electrónica, algo inaccesible para el común de los estudiantes, podemos recurrir a "Virtual Microscopy" de la página de la División de Microscopía Óptica del National High Magnetic Field Laboratory en colaboración con la universidad de Florida, la universidad estatal de Florida y el laboratorio Nacional de Los Álamos (<http://micro.magnet.fsu.edu/primer/virtual/virtual.html>); a la página del Exploratorium, el famoso museo de San Francisco (<http://www.exploratorium.edu/index.html>), donde podemos encontrar imágenes aceleradas de mitosis o desarrollo embrionario o a "The Virtual Microscope", desarrollado por la NASA (<http://virtual.itg.uiuc.edu/index.shtml>).

También se pueden obtener imágenes de microscopio óptico o electrónico (coloreadas o en blanco y negro) a partir de un banco de 1.800 imágenes clasificadas por categorías en <http://www.denniskunkel.com/>.

### *5- Laboratorios virtuales en español*

Aunque en inglés, como hemos visto, se pueden encontrar bastantes recursos, el panorama de los laboratorios virtuales en español es desolador.

La búsqueda de laboratorios virtuales de Biología en nuestro idioma arroja muy pocos resultados (aunque sí los hay de Física o Química) y no siempre responden a lo que supuestamente esperamos de estos programas. Podemos encontrar tutoriales sobre Biología en la página en español del Proyecto Biológico (Biology Project) de la Universidad de Arizona, gracias a la traducción que han llevado a cabo las universidades de Formosa, Chile, Alcalá de Henares, Valladolid y Valencia, así como simulaciones interactivas adecuadas para la enseñanza secundaria que plantean actividades para trabajar con mitosis de raíz de cebolla y cariotipos humanos y otras, de más nivel, sobre análisis de ADN (<http://www.biologia.arizona.edu/default.html>).

La estructura y procesos celulares se pueden estudiar utilizando los simuladores y las actividades propuestas por el "Laboratorio celular" de Manuel Merlo que podemos encontrar en la página de Averroes (red telemática educativa de Andalucía) [http://www.juntadeandalucia.es/averroes/recursos\\_informaticos/programas/laboratorio.php3](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/recursos_informaticos/programas/laboratorio.php3). Del mismo autor, "La Isla de las Ciencias" es una aplicación que permite estudiar diferentes aspectos de la herencia y la evolución así como de los ecosistemas, su dinámica y los impactos ambientales en una isla ficticia. El alumno debe responder a las cuestiones que se plantean en una "ficha de actividades" utilizando animaciones interactivas o buscando información en la red (<http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material082/index.html>).

"Cultivando en el Espacio" es un laboratorio virtual que reproduce experimentos sobre crecimiento de las plantas similares a los que se hacen a bordo de la Estación Espacial Internacional y se encuentra en la página Ciencias de la Vida del programa COFT (Classroom of the Future) de la página educativa sobre la Estación Espacial Internacional desarrollada con la cooperación de la NASA (<http://iss.cet.edu/spanish/lifescience/default.xml>).

En <http://learn.genetics.utah.edu/es/units/basics/builddna/> de la universidad de UTA podemos encontrar una simulación en español para construir una molécula de ADN. También los laboratorios virtuales de algunas universidades, accesibles en Internet, pueden utilizarse, en algunos casos, para profundizar sobre un determinado tema, como el "Laboratorio de Microbiología" del Departamento de Microbiología y Genética de la facultad de Farmacia de la Universidad de Salamanca (<http://edicion-micro.usal.es/web/educativo/MBAYC/f6.html>) que permite la identificación de bacterias tanto por métodos tradicionales como por métodos moleculares o el laboratorio sobre morfología e identificación de insectos de la Universidad Católica de Chile ([http://www.puc.cl/sw\\_educ/agronomia/insectos/](http://www.puc.cl/sw_educ/agronomia/insectos/)).

#### *6- Colecciones virtuales*

Aunque la mayoría de los laboratorios virtuales no permiten realizar más que las actividades para las que están diseñados, existe también la posibilidad de diseñar actividades experimentales utilizando las colecciones virtuales de seres vivos con las que empiezan a contar ya muchas universidades, y pueden suplir las carencias de ejemplares de seres vivos que son comunes a la mayoría de los centros de secundaria. Para actividades de observación, clasificación, etc. pueden ser útiles los herbarios

virtuales, como el de la universidad de las Islas Baleares (<http://www.uib.es/depart/dba/botanica/herbari/alfabetica/index.html>), el de la universidad de Navarra ([http://www.unav.es/botanica/visus/pagina\\_3.html](http://www.unav.es/botanica/visus/pagina_3.html)) o el de la universidad de Extremadura elaborado por Rafael Tormo (<http://www.unex.es/botanica/herbarium/>); colecciones de invertebrados como la de moluscos de la página "Malakos" (<http://www.eumed.net/malakos/index.html>) o las de la galería de imágenes del "Insectarium Virtual" (<http://www.insectariumvirtual.com/galeria/index.php>); otras colecciones como la parásitos del "Atlas electrónico de parasitología" de la Universidad Federal de Río Grande do Sul (<http://www.ufrgs.br/para-site/taxono.htm>) o la colección de hongos de la Sociedad Micológica de Madrid (<http://www.socmicolmadrid.org/galeria01.html>); colecciones de imágenes microscópicas, como las del "Atlas Interactivo de Histología" de la Universidad de Oviedo que contiene una colección de fotografías histológicas de libre acceso y abierta a la colaboración (<http://www.uniovi.es/morfologia/Atlas/es/index.htm>) o incluso bancos de datos como el que ha creado la Universidad de Barcelona sobre datos de biodiversidad en Cataluña (<http://biodiver.bio.ub.es/biocat/homepage.html>) o el banco de recursos digitales para la enseñanza de la Biología "Biodidac" que contiene fotografías, microfotografías y dibujos sobre un gran número de temas de Biología descriptiva (<http://biodidac.bio.uottawa.ca/>).

#### *7- Realidad virtual*

La realidad virtual es utilizada en muchos casos para conseguir efectos de gran realismo necesarios para algunas prácticas. Así, BioROM (<http://www.biorom.uma.es/contenido/index.html>) es una excelente página creada por varias universidades españolas e iberoamericanas dedicada al estudio de la bioquímica, la biotecnología y la biología molecular. Una parte de su contenido permite el manejo de modelos moleculares tridimensionales gracias a programas como Chime, Rasmol, Protein Explorer o Jmol y contiene además una colección de ejercicios de autoevaluación y numerosos enlaces.

Una idea de hacia dónde nos pueden llevar estas técnicas es el proyecto de creación de entornos virtuales para la enseñanza que se lleva a cabo por el Instituto Tecnológico de Virginia (<http://www.jwave.vt.edu/~achavali/cell/autoCADtoHTML.html>), donde se ha diseñado, entre otros entornos, una célula en CAVE, un espacio físico de unos 9 m<sup>2</sup> limitado por pantallas en las que se proyectan las imágenes diseñadas en AutoCAD y que permiten una visión tridimensional de la célula. Los estudiantes, provistos de gafas para visión en 3D pueden pasearse por el interior del retículo endoplasmático, por ejemplo.

### **Conclusiones**

El trabajo experimental es una parte fundamental de las disciplinas científicas. Uno de los obstáculos, percibidos por los profesores, para la incorporación de las TIC a la práctica docente en estas disciplinas es la carencia de materiales curriculares en formato digital diseñados para trabajar los contenidos procedimentales. Disponer de materiales suficientes

que permitan abordar estos contenidos es esencial para lograr la plena integración curricular de las TIC, ya que su diseño no está al alcance del común de los profesores. Una de las posibles vías de incorporación de las TIC al trabajo experimental la constituyen los laboratorios virtuales, los cuales pueden no sólo aportar nuevos enfoques para trabajar estos contenidos, sino que vienen a solventar algunos de los problemas que presenta el trabajo en el laboratorio tradicional (limitaciones de tiempo, peligrosidad, disponibilidad de material..). La breve recopilación de ejemplos sobre laboratorios virtuales para la enseñanza de la Biología que se ha reseñado en este trabajo pretende ser una muestra de las posibilidades actuales y futuras de estas tecnologías. La escasez de recursos disponibles en español debería suponer una llamada de atención acerca del largo camino que nos queda por recorrer.

### **Referencias bibliográficas**

Area Moreira, M. (2003). Guía didáctica: creación y uso de webs para docencia universitaria. *EDULLAB: Laboratorio de Educación y Nuevas Tecnologías de la Universidad de La Laguna*. <http://www.edullab.org/index.htm>

Area Moreira M. (2005). Tecnologías de la Información y la Comunicación en el sistema escolar. Una revisión de las líneas de investigación. *Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 11, (1) <http://www.sav.us.es/pixelbit/articulos/n15/n15art/art158.htm>

Barberá, O. y P. Valdés (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3), 365-379

Bautista García-Vera, A. (2004). Calidad de la educación en la sociedad de la información. *Revista Complutense de Educación*, 15, (2), 509-520

BECTA (British Educational Communications and Technology Agency), (2004). A review of the research literature on barriers to the uptake of ICT by teachers. <http://www.becta.org.uk>

Bo, R. M. y A. Sáez (2005). *Dimensiones obtenidas en los obstáculos percibidos para la integración de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (NTIC) por parte de los profesores de la Comunidad Valenciana*. Actas del XII Congreso Nacional de Modelos de Investigación Educativa. <http://www.uv.es/aidipe/XIICongreso/ActasXIIcongreso.pdf>

Canales Reyes, R. (2005). "Estudio de opinión y necesidades formativas de profesores, en el uso e integración curricular de las TIC, para sustentar una propuesta de formación orientada a la innovación didáctica en el aula". *DIM (Didáctica y Multimedia)* <http://dewey.uab.es/pmarques/dim/>

Cano, M. y P. Cañal (2006) Las actividades prácticas en la práctica: ¿qué opina el profesorado? *Alambique*, 47, 9-22

Carballo Santaolalla, R. y M.J. Fernández Díaz (2005). *La actitud del profesorado de primaria y secundaria de la Comunidad de Madrid ante las TIC: problemática y claves para su integración*. Actas del XII Congreso de Investigación Educativa: Investigación en Innovación Educativa. <http://www.uv.es/aidipe/XIICongreso/ActasXIIcongreso.pdf>

De Pro Bueno, A. (1998). ¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), 21-41

Esteban, M. (2002). El diseño de entornos de aprendizaje constructivista. *Revista de Educación a distancia*, 6  
<http://www.sav.us.es/pixelbit/articulos/n15/n15art/art158.htm>

EUROPEAN COMMISSION, (2006). Benchmarking Access and Use of ICT in European Schools 2006)  
[http://ec.europa.eu/information\\_society/eeurope/i2010/docs/studies/final\\_report\\_3.pdf](http://ec.europa.eu/information_society/eeurope/i2010/docs/studies/final_report_3.pdf)

Fuentes Esparrell, J.A., Ortega Carrillo, J.A. y M. Lorenzo Delgado (2005). Tecnofobia como déficit formativo. Investigando la integración curricular de las TIC en centros públicos de ámbito rural y urbano. *Educar*, 36 169-180

García, A. y M.R. Gil (2006). Entornos constructivistas de aprendizaje basados en simulaciones informáticas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5, (2)  
[http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen5/ART6\\_Vol5\\_N2.pdf](http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen5/ART6_Vol5_N2.pdf)

Hilera, J. R., Otón, S. y J. Martínez (1999). Aplicación de la Realidad Virtual en la enseñanza a través de Internet. *Cuadernos de documentación multimedia*, 8.  
<http://www.ucm.es/info/multidoc/multidoc/revista/num8/index8.html>

Hodson, D., (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 299-313

ISEI-IVEI, (2004). *Investigación: Integración de las TIC en centros de ESO*. <http://www.isei-ivei.net/cast/inves/invindex.htm>

Izquierdo, M. et al., (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares en ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), 45-49

Lara, S. (2006). Preparing Teachers and Schools for the 21st Century in the Integration of Information and Communication Technologies. Review of Recent Report in the U.S. *Interactive Educational Multimedia*, 12, 44-61

Marqués Graells, P. (2000). Impacto de las TIC en la educación: funciones y limitaciones. *DIM (Didáctica y Multimedia)*  
<http://dewey.uab.es/pmarques/dim/>

Morcillo, J. G.; García, E.; López, M. y N. Mejías (2006). Los laboratorios virtuales en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra: los terremotos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 14 (2); 150-156

Orellana, N., Almerich, G., Belloch, C. y I. Díaz (2004). La actitud del profesorado ante las TIC: un aspecto clave para la integración. Actas del V Encuentro Internacional Anual sobre Educación, Capacitación Profesional y Tecnologías de la Educación, Virtual Educa  
[http://www.uv.es/~bellochc/doc%20UTE/VE2004\\_5\\_6.pdf](http://www.uv.es/~bellochc/doc%20UTE/VE2004_5_6.pdf)

Pérez Moreno, J.G. (2003). Plataformas digitales y sus fracturas pedagógicas. *Revista Complutense de Educación*, 14, (2) 563-588

Pontes Pedrajas, A. (2005). Aplicaciones de las tecnologías de la información y de la comunicación en la educación científica. Primera parte: funciones y recursos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2 (1), 2-18

Pontes Pedrajas, A. (2005). Aplicaciones de las tecnologías de la información y de la comunicación en la educación científica. Segunda parte: aspectos metodológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 330-343

PROFORTIC: "La formación de los profesores en las TIC como dimensión clave del impacto en el proceso de integración: necesidades, currículo y modelos de formación-innovación". Coord. Jesús Suárez <http://metodos.uv.es/profortic/presentacion/marcopre.htm>

Rodriguez Móndejar, F. (2000). Las actitudes del profesorado hacia la informática. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 15 <http://www.sav.us.es/pixelbit/articulos/n15/n15art/art158.htm>

Sanmartí, N. et al., (2003) Los trabajos prácticos, punto de partida para aprender ciencias. *Aula de investigación educativa*, 113, 8-13.